ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ

- НАЗЕМНАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА
- СКВАЖИННАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА
- ШАХТНО-РУДНИЧНАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА
- АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА
- МОРСКАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

НЕДРА

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

УТВЕРЖДЕНА
Министерством геологии СССР
24 декабря 1981 г.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ

Наземная электроразведка
Скважинная электроразведка
Шахтно-рудничная электроразведка
Аэроэлектроразведка
Морская электроразведка

ЛЕНИНГРАД
«НЕДРА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1984

УДК 550.837 (083.96)

Инструкция по электроразведке: Наземная электроразведка, скважинная электроразведка, шахтно-рудничная электроразведка, аэроэлектроразведка, морская электроразведка/М-во геологии СССР. — Л.: Недра, 1984. — 352 с.

Рассмотрены методы электроразведки, широко применяемые для решения задач геологического картирования и структурной геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий. Приведены основные требования, предъявляемые к производству электроразведочных работ методами наземной, скважинной, шахтно-рудничной, морской и аэроэлектроразведки. Требования составлены на основе обобщения опыта применения электроразведки в различных геологических условиях и направлены на повышение геологической эффективности электроразведочных работ. Выполнение требований настоящей инструкции является обязательным для всех организаций страны, ведущих электроразведочные работы.

Для геофизиков и геологов, связанных с электроразведочными работами.

Прил. 141, список лит. 230 назв.

ИНСТРУКЦИЯ
ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ

Редактор издательства *Л. А. Рейхерт*
Переплет художника *В. Т. Левченко*
Технический редактор *Н. П. Старостина*
Корректоры *Н. Д. Баримова, О. Г. Шаляпина*

ИБ № 5133

Сдано в набор 05.08.83. Подписано в печать 30.05.84. М-33554. Формат $60\times90^1/_{16}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 22. Усл. кр.-отт. 22. Уч.-изд. л. 31,99. Тираж 8900 экз. Заказ № 289/677. Цена 1 р. 90 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», Ленинградское отделение, 193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12.

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

И $\frac{1904050000-326}{043(01)-84}$ 121—84

© Издательство «Недра», 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ

Инструкция по электроразведке составлена по заданию Управления геофизических работ Мингео СССР в отделе электроразведки Всесоюзного научно-исследовательского института разведочной геофизики научно-производственного объединения Рудгеофизика (ВИРГ НПО Рудгеофизика) Мингео СССР. В ее составлении приняли участие специалисты ВИРГ и КазВИРГ НПО Рудгеофизика, ЦНИГРИ, ВНИИгеофизики НПО Нефтегеофизика, ВМНПО Союзморинжгеология, СНИИГГИМС, ВостсибНИИГГИМС, ВСЕГИНГЕО, ВИЭМС, ПГО Севзапгеология, ПО Центрказгеология, ПГО Севморгеология, МГРИ, ЛГИ, ЛГУ, Свердловского горного института, ИГ УНЦ АН СССР, Южного отделения института океанологии АН СССР, ФМИ АН УССР, НПО Сибцветметавтоматика, ЦКБ «Геофизика»: Г. С. Франтов (ответственный исполнитель), Г. В. Астраханцев, И. А. Барышникова, В. А. Белаш, В. М. Беляев, В. Г. Беляков, Г. И. Березин, В. П. Бубнов, Ю. И. Булгаков, А. А. Вакульский, Г. П. Варгин, В. И. Векслер, А. Б. Великин, А. В. Вешев, Р. С. Глебов, И. С. Гольдберг, С. Г. Гордеев, А. С. Гурьевич, И. А. Доброхотова, М. Н. Егоров, А. А. Елисеев, Е. М. Ершов, Б. Д. Жильников, В. Х. Захаров, М. В. Захаров, Д. М. Карпушин, Г. Ф. Игнатьев, В. И. Иголкин, Г. А. Исаев, Ф. М. Каменецкий, Г. П. Капралов, Л. Д. Карнов, Е. С. Киселев, А. К. Козырин, А. В. Колесник, В. А. Комаров, Ю. С. Корольков, Б. Е. Костыгов, В. И. Красников, А. В. Куликов, В. Ф. Лебедев, Л. В. Лебедкин, В. И. Лемец, Ю. В. Леонтьев, В. М. Леончиков, Л. М. Любавин, Е. Ф. Любцева, Г. Н. Михайлов, В. И. Михалевский, О. В. Назаренко, А. С. Нахабцев, И. И. Неганов, В. Д. Новак, Г. П. Новицкий, Г. Н. Новожилов, Г. В. Орлов, М. И. Пертель, Ю. Б. Поддергин, А. С. Поляков, Ю. Н. Попов, В. И. Поспеев, Г. В. Прис, В. И. Пятницкий, Г. В. Редько, Ю. С. Рысс, А. П. Савин, А. П. Савицкий, Б. Г. Сапожников, В. Ф. Сарбаш, Э. С. Седельников, М. П. Седов, М. В. Семенов, В. С. Соловьев, Г. М. Сомов, В. В. Сочельников, Ю. С. Спасенных, В. А. Сумотохин, И. П. Сухов, Г. А. Тарасов, Е. И. Терехин, В. М. Тимофеев, В. С. Титлинов, А. С. Тясто, М. Н. Унгерман, В. А. Фаворов, М. А. Холмянский, Г. А. Чернявский, Г. Я. Черняк, В. А. Шафаренко, Е. А. Шемякин, С. Н. Шерешевский, В. Р. Шефер, Б. В. Яговкин, А. В. Яковлев, И. А. Яковлев, Ю. В. Якубовский.

Предварительно в 1980 г. НПО «Геофизика» был издан для обсуждения организациями, производящими электроразведочные работы, Проект инструкции по электроразведке. *

В обсуждении Проекта инструкции приняли участие: организации Мингео РСФСР, Мингео Казахской ССР, Мингео Украинской ССР; ПГО — Башкиргеология, Востказгеология, Запказгеология, Запсибгеология, Оренбурггеология, Приморгеология, Севзапгеология, Севказгеология, Сибруда, Уралгеология, Читагеология, Дальгеология, Укргеофизика; Мингео Узбекской ССР; управления геологии — Белорусской ССР, Грузинской ССР, Киргизской ССР, Таджикской ССР, Туркменской ССР; Союзгеолфонд, Союзгипронеруд; институты — Нижне-Волжский НИИГГ, Геологический институт Кольского филиала АН СССР,

* Инструкция по электроразведке. Проект. Л., НПО «Геофизика», 1980. Ч. 1. 378 с.; ч. 2. 150 с.

Институт океанологии АН СССР им. П. П. Ширшова, Красноярское отделение СНИИГГНМС, Сибирское отделение института геологии и геофизики АН СССР, ПНИИС; Московский, Пермский и Воронежский университеты, а также другие организации.

Отзывы по разделам Проекта инструкции дали: И. М. Блох, Ю. В. Вязовецкий, Б. М. Ефимов, А. И. Засыпкин, В. В. Истратов, А. А. Котченко, В. И. Лепсверидзе, Я. В. Маркушин, В. В. Мартьянов, Н. Е. Матюхин, Г. Г. Миллер, Н. П. Орехов, М. В. Радионов, В. П. Селиверстов, В. В. Семенов, В. Д. Семенов, В. А. Солодовников, Ю. Ф. Соломкин, Г. С. Стародубов, А. Г. Тархов, Г. Э. Фельд, В. Ф. Фриш, Д. П. Цветков, Ю. А. Чесалов, Л. А. Шац, А. Л. Шпильков.

Отдельные разделы Проекта инструкции были просмотрены или апробированы в качестве временных инструкций по отдельным методам в партиях и экспедициях ПГО Севзапгеология.

Ряд указаний инструкции был доработан с учетом рекомендаций А. С. Семенова.

Получены дополнения к Проекту от А. К. Аузина, Ф. Б. Бакшта, А. П. Бачина, А. П. Боголюбова, Б. Ф. Борисова, Л. Л. Ваньяна, Л. С. Волкова, Ю. А. Гличева, И. К. Гогитидзе, Ю. В. Голикова, А. М. Грекалова, Б. С. Григоркина, А. В. Гулимова, А. Я. Давыдова, К. С. Денисова, Л. Б. Дзайнукова, В. П. Долгобородец, О. П. Дрыботия, А. А. Жамалетдинова, С. Н. Закутского, Э. Ф. Запорожского, В. Н. Земцова, Г. М. Иванова, Е. Н. Исаева, И. Н. Калантадзе, В. П. Кальварской, Р. М. Каменецкой, Е. Ю. Капелюшника, А. П. Квашнина, Е. М. Квятковского, Р. Я. Кивелюка, М. И. Киселева, Н. Н. Кленчина, В. Н. Ключкина, А. Л. Корнилова, И. А. Кудрявцевой, О. И. Кунта, Г. Л. Купермана, Е. П. Купчинского, Л. Е. Назаркина, Н. М. Нейштадта, А. А. Огильви, А. Д. Петровского, С. А. Позднякова, Г. В. Полякова, А. Ф. Постельникова, И. М. Розенфарба, А. К. Романюка, Б. В. Рыжего, И. А. Саввы, Б. С. Светова, Ф. И. Свияженинова, З. Я. Сегеля, В. Ф. Сидоренко, В. И. Страхова, В. В. Тикшаева, Ю. Т. Уваркина, А. Д. Федина, П. В. Храмышкина, Р. Е. Чавушяна, Г. С. Чиркова, К. А. Шанцина, Ю. Г. Шварцмана, В. А. Шевнина, В. М. Шувалова, Н. М. Шувал-Сергеева, В. С. Ястребова.

Вопросы техники безопасности согласованы с Раменским филиалом ВНИИгеофизики (В. А. Котюков).

В процессе работ получены консультации и помощь от В. Д. Бадалова Д. Р. Бархатова, Б. Ф. Борисова, А. И. Бочарова, О. К. Владимирова, Э. А. Гавели, М. И. Голода, В. В. Голубкова, А. А. Грачева, Н. П. Григорьевой, М. Н. Дятловой, Л. В. Егоровой, А. Д. Ефимова, Е. Б. Изотовой, Л. М. Иоффе, Л. Т. Исаева, Г. А. Карвелиса, Б. Н. Маркова, А. В. Матвеева, В. Е. Никитского, П. Н. Петухова, Л. Е. Подгорной, А. А. Рыжова, Ю. А. Семина, А. А. Смирнова, М. Н. Столпнера, А. А. Фельдмана, В. И. Федюка, А. Ф. Фокина, И. Б. Хургина, Г. А. Черменского, Р. Т. Чиркина.

Авторами сделана в 1980 г. информация об издании Проекта инструкции по электроразведке в г. Апатиты (Всесоюзное совещание по электромагнитным зондированиям с МГД-генераторами), в г. Ленинакане (конференция молодых ученых), в г. Караганде (школа по обмену опытом в области скважинной геофизики), на курсах повышения квалификации ИТР в ЛГИ, ВИТР, в г. Красноярске — 29—30 сентября на совещании по индуктивной электроразведке Минцветмета, 1—3 октября — на Всесоюзной геофизической конференции, в 1982 г. на Всесоюзном научно-техническом семинаре в г. Октябрьском 1—5 ноября, а также в публикации в Известиях вузов (Сер. Геология и разведка, 1981, № 11).

Инструкция согласована с начальником Управления геофизических работ Мингео СССР В. Ю. Зайченко и заведующим отделом Управления В. А. Ерховым. Инструкция утверждена заместителем Министра геологии СССР Ю. Г. Эрвье 24 декабря 1981 г.

В процессе обсуждения собран большой материал, в значительной степени учтенный при подготовке окончательного текста Инструкции. Составители глубоко признательны всем, оказавшим помощь в работе над Инструкцией.

В современных условиях работа, учитывающая изменения Инструкции по электроразведке, должна вестись постоянно. Поэтому систематически будут

собираться сведения для ее дополнения и уточнения. Кроме того, предполагается периодическое издание материалов к Инструкции, содержащих каталоги аппаратуры, перечни программ, условные обозначения, основные термины и другие важные для проведения работ сведения.

Общие сведения об Инструкции даны в разд. 1.1, 1.2.

В конце Инструкции приведен список основной литературы по методам.

Инструкция по электроразведке является одним из средств реализации «Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах» (1975 г.).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. ВВЕДЕНИЕ

1.1.1. В настоящей инструкции изложены основные технические требования, предъявляемые к электроразведочным работам всеми методами, применяемыми в СССР.

1.1.2. Соблюдение изложенных в инструкции технических требований является обязательным для всех организаций СССР, выполняющих электроразведочные работы.

1.1.3. Настоящая инструкция является основным документом для согласования с инструкциями по другим видам геологических работ. Она является также основным документом для всех издаваемых в СССР методических руководств, норм выработки, учебных пособий, программ обработки данных, справочников, словарей, наглядных пособий и других материалов, предназначенных для обслуживания электроразведочных работ и подготовки специалистов в этой области.

1.1.4. Настоящая инструкция действует вместо «Инструкции по электроразведке»: ч. I. Методы постоянного тока, естественного поля и теллурических токов. М., Госгеолтехиздат, 1961. 152 с.; ч. II. Методы переменных электромагнитных полей и вызванной поляризации. М., Недра, 1966. 232 с.

1.2. МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Электроразведка предназначена для решения широкого круга геологических задач и объединяет группу методов прикладной геофизики, основанных на наблюдении и изучении особенностей распределения характеристик электромагнитных полей естественного или искусственного происхождения, обусловленного дифференциацией горных пород и руд по физическим свойствам (удельной электропроводности, диэлектрической проницаемости, магнитной проницаемости, вызванной поляризуемости и др.).

Методы электроразведки применяются для решения ряда специальных задач (геологического картирования, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, при гидрогеологических, инженерно-геологических изысканиях и различного рода специальных съемках, в частности археологических).

Методы электроразведки являются направленными на решение геологических задач способами, основанными на изучении и анализе электромагнитных полей на земной поверхности, в скважинах, шахтах, в атмосфере и море, а также на изучении физических свойств горных пород и руд.

В зависимости от поставленной задачи и конкретной геологической обстановки в работах по одному и тому же методу используются различные установки для наблюдений. Производимое по этому признаку более дробное деление метода носит название его модификации.

С другой стороны, методы электроразведки по условиям, в которых производятся наблюдения, делятся на наземные, аэро-, морские, скважинные и шахтные варианты, отражающие технологию работ. Сама суть метода остается единой во всех проявлениях: модификациях и вариантах.

Наличие большого числа геологических объектов с самыми различными свойствами, а также разнообразие источников и наблюдаемых характеристик поля привели к созданию ряда методов электроразведки. В инструкции рассматриваются следующие методы,

Наземная электроразведка

1. Метод естественного электрического поля
2. Метод заряда
3. Метод электропрофилирования
4. Метод электрического зондирования
5. Метод вызванной поляризации
6. Методы магнитотеллурического поля
7. Методы электромагнитного зондирования
7.1. Метод частотного и дистанционного зондирования гармоническим электромагнитным полем
7.2. Метод зондирования становлением электромагнитного поля
8. Методы электромагнитного профилирования
8.1. Низкочастотный индуктивный метод незаземленной петли
8.2. Низкочастотный индуктивный метод длинного кабеля
8.3. Метод дипольного электромагнитного и индуктивного профилирования
8.4. Метод переходных процессов
9. Методы радиоэлектромагнитного профилирования — радиокип
10. Метод переменного естественного электрического поля
11. Метод переменного естественного магнитного поля
12. Метод блуждающих токов

Скважинная электроразведка

1. Методы скважинной электроразведки постоянным (низкочастотным) током
2. Метод дипольного электромагнитного профилирования в скважинах
3. Радиоволновые методы
4. Скважинный вариант метода естественного электрического поля
5. Скважинные варианты метода вызванной поляризации
6. Скважинные варианты метода переходных процессов
7. Контактный способ поляризационных кривых
8. Метод частичного извлечения металлов

Аэроэлектроразведка

1. Аэроэлектроразведка методом дипольного индуктивного профилирования
2. Аэроэлектроразведка методом длинного кабеля
3. Аэроэлектроразведка методом радиоэлектромагнитного профилирования — радиокип
4. Аэроэлектроразведка методом переходных процессов

Морская электроразведка

1. Дипольно-осевое зондирование с непрерывными измерениями
2. Морской вариант зондирования становлением электромагнитного поля
3. Электропрофилирование с непрерывными измерениями
4. Электрозондирование многоэлектродными установками при движении судна
5. Морской вариант магнитотеллурического зондирования
6. Морской вариант метода естественного электрического поля

Шахтно-рудничная электроразведка

1. Метод дипольного индуктивного профилирования в железорудных карьерах
2. Шахтный вариант метода дипольного электромагнитного профилирования
3. Метод вызванной поляризации при картировании руд в карьерах месторождений цветных металлов

4. Электромагнитные измерения в скважинах подземного бурения с помощью комплексных станций

5. Шахтно-рудничные радиоволновые методы

Изучение электрических и магнитных свойств горных пород и руд (удельной электропроводности, магнитной проницаемости, диэлектрической проницаемости и их анизотропии, а также вызванной поляризуемости)

Группу методов, основанную на изучении удельной электропроводности, иногда называют методом сопротивлений.

Различают группы методов, основанные на изучении электромагнитных полей естественных и искусственных источников поля, а среди последних — подгруппы, основанные на изучении частотных характеристик гармонических полей или переходных характеристик импульсных полей. Все, что делается в электроразведке, сводится к зондированию или профилированию.

Изучение свойств производится как на обнажениях (параметрические измерения), так и на образцах в лабораторных условиях. В помощь интерпретации выполняется моделирование.

1.3. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ С ДРУГИМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ И ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

1.3.1. Геологическое картирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых требуют комплексирования различных методов геологоразведочного производства с целью полного, достоверного, быстрого и экономичного решения геологических задач. Геофизические методы, в том числе электроразведка, являются частью общего геологоразведочного комплекса, представленного геологическими, геофизическими, геохимическими и технико-механическими (бурение, проходка горных выработок) методами и средствами.

1.3.2. Место электроразведочных работ в общем комплексе геологических исследований и их конкретные задачи определяются в каждом случае исходя из реальной геолого-геофизической обстановки, возможностей методов и решения поставленных задач в данных условиях, экономической целесообразности их применения с учетом стадии работ.

1.3.3. При проведении работ необходимо руководствоваться действующими в системе Мингео СССР директивными указаниями и методическими рекомендациями по комплексированию геологических и геофизических, в том числе электроразведочных, методов. При определении рационального комплекса методов используется также весь накопленный опыт работ в сходных геологических условиях.

1.3.4. Геофизические, в том числе электроразведочные, исследования на стадиях регионального геологического изучения, поисково-съемочных и поисковых работ выполняются планомерно с постепенным охватом всей площади исследуемого региона и последовательным укрупнением масштаба детальности исследований.

Методы электроразведки являются ведущими при изучении площадей рудных районов, сложенных слабомагнитными и слабоконтрастными по плотности метаморфическими и осадочными комплексами пород при наличии разницы в электрических свойствах, а также для решения задач структурного картирования, при работах на угольных месторождениях, гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях.

1.3.5. Ведущим геофизическим методом на стадиях поисков и разведки рудных месторождений является электроразведка. Наиболее широко применяются методы электропрофилирования, заряда, вызванной поляризации, переходных процессов в различном их сочетании, с помощью которых решаются разнообразные задачи — от детального изучения морфологии рудовмещающих и рудоконтролирующих структур до выделения отдельных рудных тел и определения их размеров и элементов залегания.

Наземные геофизические работы следует рационально сочетать с подземными, скважинными и шахтными геофизическими исследованиями с целью обнаружения рудных тел в межскважинном и межвыработочном пространстве, корреляции рудных интервалов, оценки распространения оруденения на глубину, изучения морфологии рудных тел скважинной и шахтной электроразведкой методами естественного электрического поля, вызванной поляризации, переходных процессов, электрической корреляции, радиоволнового просвечивания и сейсмоэлектрического эффекта.

Методы аэроэлектроразведки включают в комплекс выборочно: методы длинного кабеля, дипольного индуктивного профилирования, радиокип в сверхдлинноволновом диапазоне — при геокартировании и поисках проводящих зон; метод переходных процессов — при поисках руд низкого удельного сопротивления (медноколчеданных, медно-никелевых). В условиях шельфа аналогичные задачи решаются методами морской электроразведки.

1.3.6. Рациональный выбор методов, правильное их использование и интерпретация результатов наблюдений основываются на знании электрических, магнитных и поляризационных свойств горных пород и особенностей их изменения в разрезе. Поэтому рекомендуется проводить сбор и изучение данных по электрическим свойствам горных пород, слагающих район исследования, на всех стадиях применения электроразведочных работ.

1.3.7. Определяющее значение при выборе рационального комплекса имеют размеры, форма, физические свойства и глубина залегания геологических объектов и месторождений полезных ископаемых с учетом требований промышленности.

1.3.8. Конечной целью геофизических работ являются картирование и изучение геологических объектов, поиски рудных полей, месторождений и отдельных залежей, оконтуривание и оценка выявленных рудных объектов, а также решение горно-технических задач.

1.4. ВИДЫ И МАСШТАБЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ СЪЕМОК. СЕТИ НАБЛЮДЕНИЙ (прил. 1)

1.4.1. Электроразведочные съемки делятся на маршрутные и площадные. Маршрутные съемки используют при рекогносцировке района работ, в том числе для решения опытно-методических вопросов, или получении общих сведений о геоэлектрической характеристике района работ. Площадные съемки являются основным видом электроразведочных работ.

Различают основную (или общую) съемку, перекрывающую всю исследуемую площадь, и детализационную, как правило, более крупномасштабную, которую используют с целью получения дополнительной геологической информации в пределах относительно небольших участков площади общей съемки. Профили наземных работ или маршруты аэроработ при основной съемке называют рядовыми, или рабочими.

1.4.2. Площадные электроразведочные съемки различаются:

1) по геологическим задачам — картировочные, поисковые, разведочные, картировочно-поисковые, поисково-разведочные, гидрогеологические, инженерно-гидрогеологические, специальные и т. д.;

2) по масштабам — мелкомасштабные, среднемасштабные, крупномасштабные и детальные;

3) по точности — выделяют те участки, где за счет методических приемов и аппаратурных средств повышают точность работ.

1.4.3. С целью контроля проводятся измерения по отдельным профилям.

1.4.4. При производстве площадных работ методами электроразведки масштабы определяются поставленными задачами, характером и условиями залегания объекта исследований, а также масштабами геологических исследований, ведущихся в районе. Масштаб съемки должен соответствовать масштабу окончательных карт основных геологических результатов работ или быть на разряд крупнее.

1.4.5. Расстояние между профилями и точками наблюдений определяется масштабом съемки и конкретной геологической задачей, особенностями геологического строения и возможностями различных электроразведочных методов. Ориенти-

ровочные сведения по масштабам и расстояниям между точками наблюдений приведены в прил. 1.

1.4.6. При выборе сети наблюдений электроразведочных работ, проводимых в помощь геологическому картированию в масштабах 1 : 200 000—1 : 25 000, следует руководствоваться требованиями, предъявляемыми к точности нанесения геологических объектов на геологические карты, изложенными в действующих инструкциях по геологической съемке.

1.4.7. При выборе масштабов и сети точек наблюдения расстояния между профилями задаются такими, чтобы искомый объект (рудные тела, структуры и т. д.) минимальных размеров мог быть четко отмечен не менее чем на двух профилях. При прослеживании выявленных или известных объектов расстояние между профилями определяется необходимой степенью детальности их изучения.

1.4.8. Детализационные работы на участке выявленных аномалий ведутся, как правило, в следующем по крупности масштабе. На основании результатов детализационных работ с учетом данных других методов (если таковые ставились) производится задание скважин и горных выработок.

1.4.9. При выборе сети электроразведочных наблюдений можно руководствоваться также существующими методами аналитического расчета полей над локальными геологическими объектами.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ (прил. 2—5)

2.1. Электроразведочные работы ведутся по проекту, составляемому в виде или самостоятельного документа для отдельно действующей партии, или специального раздела проекта для партии (отряда) комплексной геофизической, геолого-съемочной или геологоразведочной экспедиции (партии). В составлении проекта работ должны, как правило, принимать участие основные исполнители полевых работ.

2.2. Проектирование электроразведочных работ осуществляется в соответствии с действующими инструктивными и нормативными документами Мингео СССР, настоящей инструкцией, а также приказами и распоряжениями министерств и ведомств СССР и союзных республик. При проектировании каротажных работ, ведущихся электроразведочными партиями (отрядами), должны учитываться указания инструкций и руководств по каротажным работам, при проектировании аэроэлектроразведочных и морских работ — требования соответствующих министерств и ведомств в области эксплуатации судов и летательных аппаратов.

2.3. Основанием для проектирования электроразведочных работ отдельно действующей партии является установленное вышестоящей организацией геологическое задание на проект работ и техническое задание на работы, выполняющиеся комплексными геофизическими или геологоразведочными партиями (экспедициями).

2.4. Под объектом геофизических работ понимается территория (район, участок), геофизическая аномалия, структура, рудное поле, геологическое тело (или его часть), шельф и т. п. с определенными пространственными границами, в пределах которых в соответствии с геологическим (техническим) заданием и проектом предусматривается проведение работ необходимой детальности одним или несколькими видами электроразведочных исследований, обеспечивающими максимально однозначное решение поставленной геологической задачи.

2.5. Название проекта на электроразведочные работы должно соответствовать геологическому (техническому) заданию и отражать наименование стадии проведения геологоразведочных работ. Электроразведочные работы выполняются на следующих стадиях геологоразведочных работ: региональные геологические и геофизические работы, поиски месторождений полезных ископаемых, предварительная разведка, детальная разведка, разведка эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода и эксплуатационная разведка.

2.6. Проект состоит из двух частей: 1) геолого-методической и 2) производственно-технической со сметой.

Геолого-методическая часть составляется организацией — исполнителем работ на объекте и апробируется научно-техническим советом соответствующей геофизической (геологической) организации. В эту часть проекта входят следующие разделы: геологическое задание; географо-экономическая характеристика района работ; обзор, анализ и оценка ранее выполненных работ; геологическая и геофизическая характеристика объекта работ; методика и объемы проектируемых работ и требования к их качеству.

В производственно-технической части проекта, апробируемой аналогично предыдущей, излагаются вопросы организации работ, техника их производства, а также приводятся все необходимые технические и технико-экономические расчеты. Эта часть проекта составляется в следующем порядке: общий раздел; проектирование; подготовительный период к полевым работам; полевые работы; камеральные работы;

мероприятия по технике безопасности и охране окружающей среды, включая охрану недр, а также рекультивацию земель (прил. 5).

При проектировании электроразведочных работ излагаются геологические задачи, подлежащие решению, выбирается и экономически обосновывается рациональный комплекс геофизических методов и видов проверочных работ. Определяются объемы производственных и опытно-производственных (методических) работ по каждому методу. Обосновываются сеть наблюдений, тип, схема и размеры установок, условия заземления питающих электродов и число измеряемых параметров, порядок контроля за качеством с указанием необходимого объема повторных и контрольных измерений. Обосновываются категории трудности, способ размотки и смотки проводов и другие нормообразующие факторы, определяющие условия производства работ.

Любые отклонения от требований настоящей инструкции должны быть обоснованы проектом работ. Разделы проекта должны быть предельно краткими.

2.7. Электроразведочные работы выполняются партиями или отрядами, являющимися организационно либо самостоятельными производственными единицами, либо входящими в состав комплексных экспедиций (партий). Электроразведочные партии и отряды организуются в соответствии с действующими в системе Мингео СССР положениями. В зависимости от объема и характера работ электроразведочная партия может быть одно- или многоотрядной, а отряд, как правило, одноприборным.

2.8. Укомплектование партии (отряда) кадрами производится в соответствии с видами и объемами работ, предусмотренными в проекте.

Инженерно-технический состав партии (отряда) комплектуется из работников следующей номенклатуры: начальник партии (отряда), старший (главный) геофизик, геофизик (инженер-оператор, инженер-интерпретатор), старший техник (оператор, вычислитель), техник (оператор, вычислитель), специалисты смежных специальностей (геологи, геодезисты, топографы, петрографы и др.). Число работников соответствующей квалификации по каждой партии (отряду) определяется согласно действующим нормам выработки и наставлениям («Единые нормы выработки на полевые геофизические работы» и «Наставления по производству топографо-геодезических работ при геофизических исследованиях» и т. п.). В отдельных специфических случаях пользуются укрупненными комплексными расценками.

2.9. Начальник партии (отряда) несет ответственность за ее работу с момента организации и до ликвидации работ, включая составление и сдачу окончательного отчета. Начальник партии (отряда) обеспечивает правильное решение поставленных геологических задач, выполнение работ в соответствии с проектом и требованиями действующих в Мингео СССР инструкций, осуществляет контроль за качеством работ и своевременным составлением текущих и окончательных отчетов, а также других документов по роду деятельности партии (отряда). Начальник партии (отряда) несет ответственность за правильное использование и сохранность аппаратуры с момента ее получения со склада до сдачи на склад.

Начальник партии (отряда) обязан регулярно, не реже одного раза в месяц, производить приемку всех полевых материалов с оценкой их качества и подсчетом подлежащего актированию объема выполненных работ. Начальник партии (отряда) вносит в вышестоящую инстанцию предложения по уточнению и изменению проекта работ, необходимость которых вытекает из полученных результатов проведенных исследований, а в случае выяснения явной нецелесообразности дальнейшего продолжения работ — предложения об их прекращении.

2.10. Старший (главный) геофизик следит за правильностью ведения работ в методическом и техническом отношении, непосредственно обеспечивает контроль за качеством измерений и наблюдений, правильностью ведения технической документации; руководит обработкой, интерпретацией и оформлением материалов; непосредственно участвует в составлении отчетности по деятельности партии (отряда). В тех партиях (отрядах), где должность старшего (главного) геофизика не предусматривается, его функции выполняет начальник партии (отряда).

Начальник партии (отряда) и старший (главный) геофизик принимают меры по обеспечению партии (отряда) необходимыми инструкциями, руководствами, наставлениями и другими документами по всем вопросам производства работ; организуют в случае необходимости обучение сотрудников работе с новой аппаратурой; проводят систематическую работу по повышению квалификации персонала партии; организуют дело рационализации и изобретательства.

Начальник и старший (главный) геофизик партии (отряда) обязаны ознакомить всех инженерно-технических работников с проектом работ и систематически обсуждать с ними исполнение их рабочих планов.

2.11. Инженер-оператор несет ответственность перед начальником партии (отряда) за рабочее состояние аппаратуры, технически и методически правильное производство наблюдений с конкретной аппаратурой, обеспечивающее качественное выполнение требований проекта работ.

Инженер-оператор организует всю работу и руководит ею на участке, производит наблюдения и записывает их в журнал *, следит за правильностью и полнотой документации, руководит первичной обработкой материалов, ежедневно ведет дневник по форме прил. 2, регулярно передает начальнику партии (отряда) или инженеру-интерпретатору полевую документацию, принимает участие в камеральной обработке материалов, в составлении отчетов, а также в ремонте и наладке аппаратуры.

2.12. Старший техник (техник-оператор), работающий в качестве помощника инженера-оператора, непосредственно участвует в работе, следит за правильностью действий рабочих на установках, поддерживает в исправном состоянии аппаратуру и оборудование, принимает участие в их ремонте, под руководством инженера-оператора ведет документацию полевых наблюдений и полевую графику.

Старший техник (техник-оператор), работающий самостоятельно, выполняет все обязанности, указанные для инженера-оператора в 2.11.

2.13. Инженер-интерпретатор непосредственно руководит камеральной обработкой материалов. Совместно с начальником и старшим (главным) геофизиком партии (отряда) или по их поручению производит приемку полевой документации от полевых отрядов, руководит обработкой и осуществляет интерпретацию материалов, принимает участие в составлении текущей и окончательной отчетности и отвечает за правильность оформления всех отчетных материалов партии (отряда) наряду с начальником и старшим (главным) геофизиком партии (отряда).

2.14. Старший техник (техник)-вычислитель, работающий в поле под руководством инженера (старшего техника, техника), ведет полевую документацию и графику. Старший техник (техник)-вычислитель, работающий в камеральном бюро, действует под руководством инженера-интерпретатора, производит контрольные вычисления, построение и вычерчивание (при отсутствии картографа) необходимых графиков и карт, выполняет другие работы по обработке и интерпретации полевых материалов.

2.15. Персонал электроразведочных партий (отрядов) организует и выполняет работы в соответствии с действующим «Положением об обязанностях, правах и ответственности руководителей и инженерно-технических работников организаций, предприятий и учреждений системы Министерства геологии СССР за состоянием охраны труда и техники безопасности».

---

* Формы журналов, титульного листа журналов и формы других записей результатов полевых измерений по всем методам приводятся в прил. 3 и др.

3. МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛЕВЫХ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

3.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

3.1.1. Основными техническими средствами для производства электроразведочных работ являются измерительные и генераторные устройства и комплексные электроразведочные станции, а также вспомогательное оборудование: электроды, контрольно-измерительная аппаратура, лебедки, комплекты кабелей, аппаратура телефонной и радиосвязи, источники питания и т. п.

3.1.2. По эксплуатационному назначению электроразведочная аппаратура делится на наземную, скважинную, шахтно-скважинную, для работ в карьерах и рудниках, воздушную (аэроэлектроразведочную), морскую, а также для изучения электрических и магнитных свойств.

3.1.3. Использование электроразведочной аппаратуры допускается только по ее целевому назначению. Все виды работ с аппаратурой (эксплуатация, ремонт, наладка, транспортировка и т. д.) должны выполняться в строгом соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации (ГОСТ 2.601—68). Персонал, обслуживающий электроразведочную аппаратуру и оборудование, должен иметь на них соответствующую документацию.

К работе с электроразведочной аппаратурой допускаются только лица, прошедшие соответствующий инструктаж.

3.1.4. Электроразведочные партии (отряды) в соответствии с видом работы обеспечиваются необходимыми топографо-геодезическими инструментами и аппаратурой, аэронавигационной или аппаратурой для морской навигации. Партии (отряды), которыми наряду с электроразведочными работами производится каротаж скважин, снабжаются необходимой каротажной аппаратурой и оборудованием.

3.1.5. При получении со склада аппаратуры, оборудования и материалов их техническое состояние должно быть проверено начальником партии или его доверенным лицом. Аппаратура, полученная со склада, должна быть отрегулирована, испытана и иметь паспорта установленной формы. Принимаемая электроразведочная аппаратура и оборудование по комплектности и состоянию должны удовлетворять паспортным данным и требованиям настоящей инструкции. К приборам придаются запчасти и принадлежности, необходимые для нормальной эксплуатации.

Приборы не должны иметь внешних повреждений. Все электрические контакты должны быть надежными, а клеммы, гнезда, вилки и т. п. не иметь следов загрязнения и коррозии. Топографо-геодезическая и каротажная аппаратура принимаются партией (отрядом) применительно к требованиям соответствующей эксплуатационной документации.

3.1.6. Вскрытие и ремонт аппаратуры могут производиться только в условиях полевых или стационарных мастерских лицами, допущенными к ремонту радиоаппаратуры. Результаты каждого вскрытия, проверки и ремонта заносятся в формуляр прибора и паспорт (или журнал) технической эксплуатации.

3.1.7. Отдельные типы вновь выпускаемой аппаратуры относятся к средствам измерения и должны проходить соответствующую метрологическую аттестацию. Метрологические характеристики приборов, не относящихся к категории средств измерения и не подлежащих аттестации, подвергаются поверке в полевых или стационарных лабораториях в соответствии с регламентом по методике, указанной в инструкции по их эксплуатации. Результаты каждой поверки заносятся в журнал (паспорт) технической эксплуатации и в формуляр.

3.1.8. Кроме основной электроразведочной аппаратуры полевые партии должны быть снабжены источниками питания, кабелями, вспомогательной аппаратурой, оборудованием, материалами и инструментом.

3.1.9. Для геофизических работ промышленностью выпускаются провода различных марок, удовлетворяющие основным требованиям выполнения полевых работ. При работах в скважинах и при морских электроразведочных работах используются каротажные и морские кабель-тросы.

3.1.10. При производстве электроразведочных работ необходимо тщательное выполнение требований «Правил безопасности при геологоразведочных работах», «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», инструкций по технике безопасности для рабочих применительно к их профессии, разделов «Требования безопасности» в эксплуатационной документации на конкретное оборудование.

3.2. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

3.2.1. Топографо-геодезическое обеспечение электроразведочных работ включает:

1) перенесение в натуру проекта расположения пунктов наблюдений (разбивки магистралей, профилей и т. п.);

2) закрепление определенных пунктов соответствующими знаками;

3) определение планового положения и высот пунктов наблюдений;

4) составление топографической основы для отчетных карт;

5) технический контроль и оценку точности выполнения работ.

Топографо-геодезическое обеспечение должно опережать электроразведочные работы или проводиться одновременно с ними, что регламентируется графиком проведения работ партии (отряда). Результаты работ излагаются в соответствующих разделах отчета партии (отряда).

Для производства топографо-геодезических работ используются угломерные и дальномерные приборы (нивелиры, дальномеры), рейки и другое оборудование в соответствии с требованиями действующих наставлений по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных и геофизических работ.

3.2.2. Топографо-геодезические работы в зависимости от их объема и сложности выполняются специальными топографо-геодезическими экспедициями, партиями, отрядами или бригадами.

Простейшие топографические работы (задание профилей простым угломерным прибором, разбивка их с помощью мерной ленты или размеченного провода и некоторые другие) могут вестись силами самих электроразведочных партий (отрядов).

3.2.3. Характер топографо-геодезических работ, их объем, точность и последовательность выполнения определяются при проектировании электроразведочных исследований с учетом конкретных условий (наличие топографических карт, топогеодезических пунктов, степень пересеченности местности и т. д.).

3.2.4. Топографо-геодезические работы ведутся с соблюдением требований, изложенных в действующих основных положениях по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ.

Все топографо-геодезические работы документируются в соответствии с требованиями действующих наставлений по топографо-геодезическому обеспечению геофизических работ.

3.2.5. Электроразведочные партии должны иметь топографические карты тех масштабов, в которых ведутся геофизические работы, а также аэрофотоснимки. При отсутствии соответствующих топогеодезических карт и снимков возможно использование карт и снимков других масштабов, выбранных как можно ближе к заданному. Однако это должно быть особо оговорено в проекте электроразведочных работ.

3.2.6. Точки наблюдений закрепляются на местности, как правило, при разбивке сети; точки, выявленные в результате электроразведочных работ, — одновременно с завершением работ на планшете (участке).

3.2.7. Если по характеру электроразведочных работ окажутся целесообразными отступления от приведенных выше требований к топографо-геодезическим

работам, изменения методики и техники последних обосновываются соответствующими изменениями (дополнениями) к проекту электроразведочной партии (отряда) и согласовываются в установленном порядке.

3.2.8. В случае работы в карьерах подготовка топографической сети имеет свою специфику. При разбивке профилей точки наблюдений закрепляются реперами, сложенными из камней, и на каждом 5-м или 10-м пикете с целью исключения ошибок в привязке укладывается бумажная этикетка с наименованием пикета. Поскольку долгосрочное сохранение разбитой сети в карьере невозможно, необходимый комплекс электроразведочных исследований следует проводить сразу же после разбивки сети.

3.2.9. В случае аэроэлектроразведочных и морских работ привязка и прокладка съемочных маршрутов производятся с помощью специализированного навигационного (радиогеодезического) оборудования, в соответствии с действующими указаниями. В аэроэлектроразведке для привязки широко применяется аэрофотосъемка.

3.2.10. До окончания всех топографо-геодезических работ на объекте электроразведочные работы считаются незавершенными.

3.3. МЕТОДЫ НАЗЕМНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Методы наземной электроразведки служат для изучения геологического разреза по изменению электрических свойств горных пород и руд по горизонтали (методы профилирования) и на глубину (методы зондирования).

В них используются электромагнитные поля, существующие в Земле, и их вариации (методы естественного электрического поля, переменного электрического и магнитного поля, магнитотеллурические методы), а также поля, искусственно создаваемые различными источниками постоянного тока (метод заряда, электропрофилирования, зондирования и др.) и переменного тока (электромагнитного зондирования, электромагнитного профилирования, радиоэлектромагнитного профилирования и др.). Часть используемых полей имеет физико-химическую природу (метод естественного электрического поля, метод вызванной поляризации, контактный способ поляризационных кривых, метод частичного извлечения металлов).

Методы наземной электроразведки применяются для решения задач в рудных районах — детальное и крупномасштабное геологическое картирование и поиски месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых; структурных задач — региональное мелкомасштабное геологическое картирование, поиски и разведка месторождений угля, нефти и газа, а также инженерно-гидрогеологических задач.

3.3.1. МЕТОД ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ (прил. 6—7)

3.3.1.1. Метод естественного постоянного электрического поля (ЕЭП) применяется для поисков и разведки сульфидных месторождений, графитовых залежей и пластов антрацита и при геологическом картировании (по графитизированным и пиритизированным толщам пород), а также при решении некоторых гидрогеологических задач (определение направления подземных потоков, выявление мест фильтрации воды из водохранилищ и др.). Необходимым условием для постановки работ методом ЕЭП является наличие геологической, гидрогеологической и гидрохимической обстановки, благоприятствующей созданию достаточно интенсивных естественных электрических полей. Препятствием для применения метода являются блуждающие токи.

3.3.1.2. Работы по методу ЕЭП проводятся наиболее часто в масштабах 1 : 50 000—1 : 25 000—1 : 10 000. В отдельных случаях, например при маршрутных съемках, они могут выполняться в более мелких масштабах.

Профили разбиваются вкрест известного или ожидаемого простирания изучаемых объектов.

3.3.1.3. Наблюдения, как правило, производятся по способу потенциала. Способ градиента применяется лишь в условиях, когда вследствие влияния помех (блуждающие и меняющиеся во времени поля и теллурические токи) измерение

потенциала невозможно, и в отдельных случаях при маршрутных работах (например, при изучении коррозии трубопроводов) и т. д.

3.3.1.4. Наблюдения ведутся с относительно простой аппаратурой (электронные компенсаторы типа ЭСК-1, АЭ-72 и т. п.). В качестве заземлений используются неполяризующиеся электроды, для соединения установки — легкие провода типа ГПСМПО, ПСРП и др. При этом клеммой (—) прибора следует считать ту, которая при проверке прибора батарейкой при переключателе полярности в положении (+) и отклонении стрелки измерителя вправо была соединена с отрицательным полюсом батареи. Работа с приборами осуществляется в соответствии с требованиями заводских инструкций (см. 3.1.3).

3.3.1.5. При работе методом ЕЭП особое внимание обращается на состояние неполяризующихся электродов. Разность потенциалов между парой работающих электродов (собственная поляризация электродов) не должна превышать первых единиц милливольт (1 — 2 мВ) и должна быть устойчивой во времени (см. 3.3.1.6, 3.3.1.7). Для выполнения этого требования медные неполяризующиеся электроды должны заливаться химически чистым раствором медного купороса. Для изготовления раствора применяется дистиллированная (или чистая дождевая) вода. Все работающие на профиле электроды должны заливаться из одной порции раствора медного купороса. Необходимо следить, чтобы при залитых электродах медные стержни были всегда целиком погружены в раствор медного купороса. Пробка электрода при завинчивании должна иметь резиновое уплотнительное кольцо. Для уменьшения фильтрации раствора медного купороса из пористого сосуда рекомендуется приготовлять его с агар-агаром.

Верхняя часть корпуса электрода, пробка и соединительные вилки должны быть сухими и чистыми.

Необходимо следить, чтобы на профиле работающие в паре электроды имели по возможности близкие температуры; в жаркую погоду электроды следует предохранять от прямых солнечных лучей.

Во время перерывов в наблюдениях электроды содержатся в идентичных условиях (устанавливаются рядом в одной лунке).

3.3.1.6. Подготовка электродов к работе проводится на базе партии. Керамическую часть электрода погружают на 1—1,5 сут в воду для пропитывания. Медные стержни зачищаются мелкой шлифовальной шкуркой, протираются ваткой и свинчиваются с керамической частью, предварительно заполненной раствором медного купороса (см. 3.3.1.4, 3.3.1.5).

Собственная поляризация электродов измеряется путем наблюдения разности потенциалов между электродами, попарно поставленными на расстоянии 10—15 см друг от друга во влажную землю. Если увлажнение делается путем полива, то его производят за 1,5—2 ч до эксперимента.

Устойчивость поляризации проверяется путем многократных (по 5—10 раз) наблюдений с перестановкой и встряхиванием электродов. Изменение поляризации между измерениями не должно превышать 1—2 мВ.

Если электроды не удовлетворяют этим требованиям, применяют меры по приведению их в рабочее состояние. Прополаскивают медные стержни в 15 %-ном растворе азотной кислоты, проверяют герметичность изоляции медных стержней, герметичность закрытия электрода пробкой с медным стержнем. В случае необходимости стержни электрода покрывают электролитическим слоем меди.

3.3.1.7. Отряд (бригада), работающий на профиле, должен иметь комплект неполяризующихся электродов (три-четыре штуки) и раствор медного купороса (0,5—0,7 л). Для работы на профиле из комплекта электродов выбирают такую пару, которая дает минимальную и наиболее устойчивую поляризацию. Изменение поляризации электродов должно быть малым и не влиять на характер наблюдаемого поля.

3.3.1.8. Для измерения разности потенциалов между двумя точками профиля неполяризующиеся электроды устанавливают в лунки с разрыхленной почвой и плотно обжимают (вся пористая часть электрода должна находиться в контакте с почвой). При сухой почве лунки за 0,5—1 ч до наблюдения поливают водой (независимо от входного сопротивления измерителя). При работе на скальном грунте заземления делают в рыхлой (переносной) почве, которая за 0,5—1 ч до измерений поливается водой до полного увлажнения. Если вблизи точки заземления имеются участки с растительным слоем, заземления устраивают на них.

3.3.1.9. Измерения в модификации потенциала, как правило, ведут с магистральной точки профиля, на которой устанавливаются измерительный прибор и катушка с проводом.

Неподвижный электрод (всегда *N*) располагается вблизи магистральной точки профиля. Измерения начинаются с магистральной точки, на которой устанавливается подвижный электрод (всегда *M*), перемещаемый по профилю.

Наблюдения ведутся поочередно или одновременно на обеих сторонах профиля (в последнем случае используются две приемные линии). По окончании наблюдений на последней точке каждой из сторон профиля производится намотка проводов на катушку с остановками для повторных наблюдений. Последнее повторное измерение производится при установке подвижного электрода *M* на магистральной точке.

При работе с проводами малой прочности (тонкий хлорвиниловый провод с медными жилами), а также в сильно пересеченной или залесенной местности, когда управление с магистральной точки профиля затрудняется, катушки с проводом и измерительный прибор находятся около подвижного электрода *M* и перемещаются вместе с ним. Свободный конец провода при этом закрепляется у нулевой точки и присоединяется к неподвижному электроду *N*. По окончании наблюдений на профиле бригада возвращается к начальной точке, производя смотку провода и повторные наблюдения. Повторные измерения проводятся через 10 точек в спокойном поле и через 5 — в аномальном.

3.3.1.10. На больших планшетах, в условиях интенсивных и промышленных помех, а также при маршрутных съемках, когда длина провода на катушке мала по сравнению с длиной профиля, наблюдения проводятся поинтервально.

В каждом интервале измерение поля ведется при одном положении неподвижного электрода *N*, допускаются работы с двумя линиями в ту и другую стороны от электрода *N*. Точка стояния неподвижного электрода выбирается так, чтобы последующий интервал перекрывался с предыдущими тремя — пятью точками (перекрытие).

При смотке провода производятся повторные наблюдения (см. 3.3.1.19).

3.3.1.11. Собственная поляризация электродов измеряется до и после работы на каждом профиле или на каждой стороне профиля в соответствии со схемой наблюдений.

3.3.1.12. При переходе с профиля, на котором закончены наблюдения, на следующий производится увязка значений поля между профилями по магистральным точкам (точкам стояния неподвижного электрода *N* на профилях).

По окончании наблюдений на всех профилях планшета производится повторная увязка значений поля всех профилей по магистрали. Электрод *N* при этом по возможности остается в одной точке. Если длина провода мала, то увязка продолжается относительно вновь выбранной магистральной точки с таким расчетом, чтобы с этой точки была повторена увязка трех — пяти профилей. Повторная увязка по магистрали производится дважды — при прямом и обратном ходах.

При длинных профилях (2 км и более) необходимо производить увязку и по крайним точкам профилей. Если на одном участке расположено несколько планшетов, то измеряемые на них естественные поля приводятся к одному уровню (производится увязка поля планшетов) по аналогии с увязкой поля по профилям. При наличии на участке съемки электрических помех для получения надежного результата увязка производится многократно.

На планшете работ методом ЕЭП необходимо иметь одну-две точки, выбранные в спокойном поле и долговременно закрепленные на местности, значения поля в которых увязаны со значениями поля на участке.

3.3.1.13. Перед построением графиков естественного поля по планшету все наблюденные его значения на профилях должны быть пересчитаны к значению поля в одной точке планшета (обычно к магистральной точке одного из профилей). Увязка значений поля планшетов между собой производится путем поднятия или опускания графиков поля одного планшета относительно графиков поля другого планшета на значение среднего смещения в точках перекрытия (обычно три — пять точек).

3.3.1.14. Детализационные работы на выявленных аномалиях должны производиться сразу после съемки планшета или той его части, в пределах которой оконтуривается аномалия. При детализационных работах в пределах небольших планшетов наблюдения проводятся с одной точки стояния электрода *N*. В этом случае результаты наблюдений получаются увязанными.

3.3.1.15. Наблюдения в модификации градиента ведутся по замкнутым полигонам, каждый из которых представляет собой два профиля, увязанных по магистрали и крайним точкам. Наблюдения производятся с перестановкой электродов через один пикет (при переходе передний электрод остается на месте, задний переносится через два интервала вперед). При переходе с точки на точку подключение проводов к прибору не меняется. Провод, подключенный к клемме M прибора, всегда направлен вперед по ходу профиля. Возможен и другой способ измерений — с одновременным перемещением обоих электродов, что особенно существенно для горно-таежной местности. Повторные наблюдения выполняются через 10 точек в спокойном поле, через 5 — в аномальном. Собственная поляризация электродов измеряется через 1 км профиля.

3.3.1.16. По наблюденным градиентам вычисляется значение потенциала по профилям. При наличии невязок более допустимых (см. 3.3.1.19) наблюдения на соответствующих полигонах повторяются.

3.3.1.17. Результаты наблюдений записываются в полевой журнал по формам прил. 6, 7.

По форме прил. 6 в графе 2 записывается положение электрода M, в графе U — потенциал точки M относительно неподвижного электрода (наблюдаемая разность потенциалов); в графе $\Delta\overline{U}$ — собственная эдс (поляризация электродов); в графе U_0 — разность потенциалов, приведенная к нулевой точке планшета.

По форме прил. 7 в графе 2 записывается положение электродов N, M; в графе ΔU — измеренная разность потенциалов; в графе $\Delta\overline{U}$ — поляризация электродов; в графе $\Delta U'$ — разность потенциалов, исправленная с учетом поляризации электродов; в графе $\Delta U''$ — то же, что и в предыдущей, но исправленное с учетом невязки; в графе U — значение потенциала.

Параллельно с записью вычерчиваются графики наблюденных величин. Результаты измерений везде даются в милливольтах с указанием знака (+) или (—).

3.3.1.18. Оценка точности наблюдений при работах в модификации потенциала производится по средней разности между основными и повторными наблюдениями. Средняя разность по планшету не должна превышать 5 мВ. Расхождение наблюдений на отдельных точках при этом не должно превышать 15 мВ, в аномальных точках ± 15 % от измеряемого значения.

При наличии на участке работ резко меняющихся во времени аномалий (до 20—30 мВ/сут и более) область распространения последних при расчете средней погрешности во внимание не принимается (наличие таких аномалий должно быть документально установлено в результате неоднократных наблюдений).

3.3.1.19. При работах в модификации градиента потенциала оценка точности наблюдений производится по величине невязки, которая не должна превышать 5 % суммы абсолютных значений измеренных градиентов (разностей потенциалов) по полигону. Расхождение наблюдений на отдельных точках в спокойном поле не должно превышать 5 мВ, в аномальных полях — 15 мВ.

В тех случаях, когда потенциал не вычисляется, оценка точности наблюдений производится по среднему расхождению основных и повторных наблюдений разности потенциалов, которое не должно превышать 5 мВ по профилю.

3.3.1.20. Помимо повторных наблюдений, проводимых на каждой 5-й или 10-й точке, необходимо вести специальные контрольные наблюдения: на профилях, когда по характеру кривые существенно отличаются от соседних, на участках профилей с незакономерным поведением кривых или с большими расхождениями основных и повторных наблюдений, а также в аномальных зонах.

При детализации аномалий основные наблюдения повторяются полностью как на основном, так и на смежном профилях.

Общий объем контрольных наблюдений (не считая повторных) при работах по методу ЕЭП может составлять от 5 до 30 % общего объема работ в зависимости от устойчивости воспроизводимости результатов наблюдений.

3.3.2. МЕТОД ЗАРЯДА (прил. 8—17)

3.3.2.1. Метод заряда (МЗ) применяется на этапе поисково-разведочных работ, если искомый или разведуемый объект обладает повышенной удельной электропроводностью по сравнению с вмещающей средой. Метод позволяет оценивать размеры

объекта исследований, элементы залегания, определять наличие связи между отдельными рудопроявлениями, вскрытыми разными выработками, а также проводить поиски новых рудных тел в соседстве со вскрытыми, определять скорость и направление течения подземных вод и т. п.

3.3.2.2. Работы по МЗ проводятся как в крупных (обычно 1 : 10 000 и крупнее), так и в мелких масштабах. Метод заряда различается по типу источника поля (переменный и постоянный ток) и по способу измерения параметров поля (градиента потенциала, потенциала, измерения различных характеристик электромагнитного поля и т. д.).

Наземный и скважинный варианты МЗ используются как самостоятельно, так и комплексно при благоприятных условиях их применения (см. 3.4.1).

3.3.2.3. В зависимости от характера решаемых задач и геолого-геофизических условий в МЗ производятся измерения электрического или магнитного поля тока заряда. Измерение характеристик электрического поля проводится на участках резкой контрастности удельной электропроводности исследуемых объектов и вмещающих пород, если объекты имеют формы вытянутые или близкие к изометрическим (жилы или линзы) и при любом их залегании вплоть до горизонтального. Для успешного проведения работ необходимы хорошие условия заземлений приемной линии. Измерения характеристик магнитного поля заряда проводятся в тех случаях, когда объекты исследования имеют вытянутую (близкую к линейной) форму крутопадающих жил и линз. Измерение характеристик магнитного поля имеет преимущество перед измерением характеристик электрического поля в следующих случаях: если объекты имеют сравнительно низкую удельную электропроводность (неэквипотенциальные проводники), поверхностные образования неоднородны по удельному сопротивлению и мощности; при работах в районах развития разного рода осыпей, курумов (т. е. с плохими условиями заземлений); на участках высокого стояния уровня грунтовых вод, а также в зимнее время.

В нормальном поле точечного источника тока отсутствует вертикальная компонента магнитного поля, что позволяет проводить наблюдения чисто аномальных эффектов и повышает эффективность работ методом заряда с измерением магнитного поля при выявлении объектов слабой контрастности по удельному сопротивлению.

3.3.2.4. При измерениях напряженности магнитного поля $|H|$ может быть использована аппаратура типа ИМА-1, ИКС с входным преобразователем (магнитным индукционным датчиком типа МИД-1) и т. п. Для измерений напряженности как электрического, так и магнитного поля в наземном и скважинном вариантах МЗ применяется аппаратура «Лазурит» или аналогичная ей. С помощью этой аппаратуры возможно изучение вещественных компонент трех составляющих магнитного поля $\mathrm{Re}\ H_x$, $\mathrm{Re}\ H_y$, $\mathrm{Re}\ H_z$, синфазных с током в питающей линии. При этом обеспечиваются помехозащищенность и учет знака. Для электрического поля применяют аппаратуру и станции типа АЭ-72, СВП-74 и др.

А. Метод заряда с измерением характеристик электрического поля

3.3.2.5. В случае применения метода заряда с измерением характеристик электрического поля (МЗЭП) для определения элементов залегания заряженных тел и поисков новых объектов по профилям, ориентированным вкрест преобладающего простирания объектов, на всей исследуемой площади измеряется градиент потенциала. Эти наблюдения являются основными. В отдельных случаях они дополняются измерением потенциала в каждой 5—10-й точках (в качестве опорных), с тем чтобы с учетом значений градиентов потенциала имелась возможность вычислить поле потенциала для всего планшета. Для решения частных вопросов, например выяснения связи между двумя или большим количеством вскрытых рудных проявлений, работы могут проводиться по отдельным (одному или нескольким) профилям или скважинам. Простирание вскрытого рудопроявления можно определить путем прослеживания двух-трех изолиний потенциала.

3.3.2.6. Работы по измерению характеристик электрического поля заряда при отсутствии или слабом уровне помех выполняются на постоянном токе, при помехах (особенно на частоте 50 Гц) применяется переменный ток низкой частоты с использованием избирательной помехозащищенной измерительной аппаратуры.

3.3.2.7. Подготовительные работы: устройство удаленного электрода, точек заряда, установку источников питания схемы, подготовку и раскладку проводов — рекомендуется проводить одновременно с разбивкой сети наблюдений. Допускается увеличивать площадь планшета параллельно с проведением измерений на готовых профилях.

3.3.2.8. Магистраль сети наблюдений задается в направлении предполагаемого простирания исследуемого объекта. Профили задаются перпендикулярно магистрали. Расстояние между профилями берется в три-четыре раза меньше предполагаемого размера искомого объекта по простиранию, обычно 20, 50 или 100 м. Длина профилей берется в зависимости от поставленной задачи. Если ширина участка более 3 км, задаются две-три параллельные магистрали. Для определения элементов залегания исследуемого объекта длина профиля l в каждую сторону от магистрали, заданной по ожидаемому простиранию объекта, определяется выражением $l = 5h + d$, где h — глубина до верхней кромки объекта, d — протяженность оруденения на глубину.

При малой глубине залегания объектов (до 50 м) расстояние между точками уменьшается до 10 м. Влияние удаленного питающего электрода не должно заметно сказываться на результатах наблюдений или может учитываться при обработке материалов.

3.3.2.9. Для планшетов площадью в один или несколько квадратных километров удаленный питающий электрод относится от планшета работ на расстояние, в два раза большее, чем диагональ планшета (но не менее 2 км), в направлении, примерно перпендикулярном преобладающему простиранию горных пород. В случае отнесения удаленного электрода по простиранию пород расстояние до удаленного электрода необходимо брать в 1,5 раза больше, чем при сделанных выше рекомендациях.

3.3.2.10. В качестве источников питания, обеспечивающих необходимую силу тока, применяются стабилизированные генераторные установки, батареи 29 ГРМЦ-13 или аккумуляторы. Источник питания включается в любой точке цепи между изучаемым планшетом и удаленным электродом. Обычно его устанавливают в месте, наиболее удобном в отношении обслуживания транспортом.

Отрицательный полюс батареи (источника питания) всегда подключается к погруженному электроду, что обеспечивает единообразие материала.

3.3.2.11. Точка заряда устраивается с помощью заземления в 1—5 рудных подсечениях, относящихся к одному исследуемому объекту, так, чтобы добиться минимального сопротивления заземления. Если рудопроявление вскрыто горной выработкой, то точка заряда устраивается с помощью стальных шпилек, вбиваемых в места трещин или в специальные шпуры. В некоторых случаях контакт с объектом исследований целесообразно осуществлять с помощью глинистого соленого пластыря. В скважинах контакт исследуемого объекта с токонесущим проводом осуществляется с помощью щеточных (вертикальные скважины) или специальных свинцовых электродов (наклонные скважины). Применять штанги в качестве электродов (заземлений) можно только в наклонных скважинах и при большой видимой мощности объекта. Электроды опускают в скважину на каротажном кабеле или проводе типа ГПСМП. Оптимальное место точки заряда при этом уточняется измерением силы тока в цепи питания при перемещении электрода в пределах намеченного интервала заземления. Электрод закрепляется в точке, в которой сила тока в цепи питания будет наибольшей.

Особое внимание должно быть уделено устройству точки заряда в скважинах, когда в районе работ наблюдается высокое стояние грунтовых вод. В этих условиях при плохом контакте токонесущего провода с объектом часть тока будет распространяться к дневной поверхности непосредственно по раствору, обсадной трубе и растекаться от устья скважины. Контроль качества контакта (отсутствие выноса тока) в скважинах производится путем прослеживания изолинии потенциала. Исходная точка для прослеживания изолинии потенциала берется на расстоянии 3—5 м от устья скважины. В случае выноса тока к дневной поверхности (плохой контакт токовой линии с объектом) изолиния потенциала в форме окружности оконтурит устье скважины. При отсутствии выноса тока изолиния потенциала у устья скважины не замыкается, идет параллельно простиранию объекта. Допускается также наблюдение потенциала по профилю, проходящему через зарядную скважину, и по форме кривой делают вывод о наличии выноса тока к дневной поверхности по стволу

скважины. Необходимо или ликвидировать причину выноса, или остановить работы.

3.3.2.12. Перед началом полевых работ производится подготовка и проверка всего оборудования (см. 3.9.9).

В качестве приемных электродов в случае постоянного тока применяются латунные или медные шпильки. Каждый электрод желательно сделать из одной шпильки. Для уменьшения переходного сопротивления рекомендуется глубже забивать шпильки или увеличить их число (сопротивление цепи MN должно быть не больше 5—10 кОм).

Измерение потенциала производится относительно удаленного измерительного электрода N_∞, который обычно выносится за планшет в сторону, противоположную удаленному токовому электроду. Заземление этого электрода может быть групповым (сделано из многих шпилек) при условии, что отдельные шпильки располагаются по одной изолинии потенциала или по кругу с диаметром не более 1 м. Электрод N_∞ соединяется с измерительным прибором при помощи провода типа легкого хлорвинилового.

Если электрод N не выносится за пределы планшета или располагается у точки заряда, то измерения потенциала на постоянном токе выполняются с учетом знака, а при обработке производится пересчет результатов наблюдений относительно удаленного электрода N_∞.

3.3.2.13. В полевом журнале дается схема расположения сети наблюдений, на которой указываются местоположения точек заряда, удаленных электродов (питающего и измерительного), а также местоположение и полярность источника питания.

В этом случае работы на планшете начинаются с измерения потенциала поля по точкам на магистрали для всех профилей относительно электрода N. Эти измерения выполняются со 100 %-ным контролем. На основании этих измерений вычисляется относительный потенциал всех точек на магистрали, строятся графики потенциала по магистрали для каждой точки заряда.

3.3.2.14. При одном положении приемных электродов производится поочередное наблюдение градиента потенциала или потенциала, или той и другой величины. Сочетание наблюдений градиента потенциала и потенциала особенно важно при детализационных работах.

Сила тока в питающей цепи измеряется и фиксируется в журнале через 10—20 точек наблюдений. В случаях изменения силы тока измерение производится чаще (в 3-й и 4-й точках), при необходимости постоянство силы тока контролируется на каждой точке.

3.3.2.15. Значение измеряемого потенциала всегда относится к точке M (потенциал в точке N_∞ принимается равным нулю). При измерениях градиента потенциала (разности потенциалов) необходимо строго следить за знаком измеряемых значений. Необходимо, чтобы в процессе наблюдений не менялось относительное положение приемных электродов. Электрод, расположенный в сторону большего номера пикета, всегда должен быть подключен к клемме M прибора. Для градиента точка записи относится к середине приемной линии.

3.3.2.16. При наблюдениях в модификации градиента потенциала длина приемной линии и шаг в зависимости от глубины залегания объекта обычно берутся равными 10—20 или 50 м. Наблюдения ведутся поочередно в каждую сторону профиля от магистрали или одновременно в обе стороны.

Для построения отчетных графиков вычисляют градиент потенциала на постоянном токе $\Delta U/I$, где ΔU — измеренная разность потенциалов, мВ; I — сила тока, А; в случае потенциала вычисляется U/I.

При построении графиков для количественной интерпретации, а также при использовании измерительной линии различной длины допускается построение модуля напряженности электрического поля

$$|E| \approx \frac{\Delta U}{I} \frac{1}{l_{MN}}, \qquad (1)$$

где l_{MN} — разнос электродов M и N.

3.3.2.17. Аномальные участки детализируются путем сгущения точек наблюдения по профилям и сгущения сети профилей. Размеры приемной линии сокращаются в два — четыре раза при определении точек перехода через нуль.

Детализация, как правило, должна проводиться после завершения основной съемки.

3.3.2.18. При трудных измерениях должны браться повторные отсчеты, общее число которых должно быть не менее 30 % общего числа наблюдений.

При рядовой съемке делается контроль путем повторных измерений (без изменения положения электродов) в объеме 10 %. Оценка точности наблюдений производится по средней относительной разности наблюденных значений на контрольных профилях путем контрольных измерений (с новой установкой электродов), которая по планшету не должна превышать 5 %. Относительная разность измеряемых значений на отдельных точках не должна превышать 15 %.

В сырую погоду при каждой перестановке измерительной аппаратуры и перекладке проводов измеряются разности потенциалов утечки. Измерения производятся при отключенных рабочих заземлениях, при двух-трех положениях приемной линии на участках профилей, наиболее близко расположенных к токовым проводам. Разность потенциалов утечки при этом не должна превышать 5 % от измеряемой разности потенциалов (при подключении точки заряда).

3.3.2.19. Вспомогательные работы проводятся методом профилирования на профилях, по которым ведется количественная интерпретация или на которых выявлена аномалия. При большой мощности поверхностных образований разносы AB симметричного профилирования увеличиваются до двух—трех глубин до точки заряда (см. 3.3.2.31).

3.3.2.20. В каждом районе работ по методу заряда необходимо провести определение характеристик анизотропии осадочных пород (коэффициента анизотропии Λ, азимута простирания и угла падения анизотропных пород). Коэффициент анизотропии и простирание пород определяются на основании прослеживания двух-трех изолиний потенциала от точечного заземления на дневной поверхности безрудного участка по соотношению большой и малой осей эллипса изолиний. Угол падения анизотропных пород определяется по кривой градиента потенциала поля погруженного электрода, полученной на профиле, который проходит над эпицентром точки заряда (см. также 5.4).

3.3.2.21. Запись наблюдений при работе в модификации градиента ведется по форме, приведенной в прил. 8, в модификации потенциала — в прил. 9.

3.3.2.22. Изучение характеристик электрического поля заряда на переменном токе низкой частоты производится в модификации градиента потенциала и изолиний потенциала. При этом работы ведутся на каждой точке заряда раздельно.

3.3.2.23. Подготовка планшета при выполнении вспомогательных работ по прослеживанию изолиний потенциала, например при необходимости оценить простирание рудного тела, включает подготовку магистрали (как для работ на постоянном токе) и трех — пяти профилей. Центральный профиль, проходящий в 20—30 м от проекции точки заряда на дневную поверхность, называется базисным. Обычно профили задаются на расстоянии 150—200 м друг от друга, а пикеты на магистрали и профилях устанавливаются через 10 м.

3.3.2.24. На базисном профиле, в качестве которого используется один из профилей, проложенных перпендикулярно магистрали вблизи проекции точки заряда на дневную поверхность, измеряется значение градиентов и определяется особая точка, от которой ток течет в разные стороны (точка, соответствующая изменению знака градиента при работах на постоянном токе). Особая точка определяется в районе резко выраженного минимума градиента на базисной линии. Для установления точного местоположения особой точки один из электродов приемной цепи располагают в 10—15 м от точки, где наблюдаются резкие изменения градиента, а второй перемещают по профилю с шагом 2—3 м в направлении особой точки. При каждом положении подвижного электрода измеряется разность потенциалов. До подхода к особой точке измеряемые значения будут расти, а дальше уменьшаться. Максимальное значение соответствует искомой точке. Местоположение ее уточняется с шагом 0,5 м. После определения местоположения особой точки измеряется разность потенциалов между ней и ближайшими пикетами.

На основании измеренных значений градиента потенциала $\Delta U/l$ строится кривая потенциалов, а по ней определяется местоположение исходных точек для прослеживания изолиний потенциалов. Исходные точки выбираются так, чтобы разность потенциалов между ними была одинаковой; обычно среднее расстояние между

изолиниями составляет около 20—30 м, минимальное — не менее 10 м, а максимальное — не более 50 м.

Для нахождения местоположения исходных точек на местности один из электродов измерительной цепи устанавливают в особой точке базисного профиля, а второй перемещают в одну из сторон профиля до тех пор, пока на приборе не будет наблюдаться заданное значение разности потенциалов. Эта точка стояния подвижного электрода принимается за исходную точку первой изолинии. Затем неподвижный электрод устанавливают в исходной точке первой изолинии и аналогично находят местоположение исходной точки второй изолинии и т. д. Все исходные точки для прослеживания изолиний должны находиться по одну сторону профиля от особой точки. Для контроля точности прослеживания изолиний на другой стороне профиля от особой точки располагают контрольные точки.

3.3.2.25. Цепь для прослеживания изолиний потенциала состоит из двух щупов, один из которых соединен с измерительным прибором гибким изолированным проводом длиной 25—30 м, а второй — с прибором отрезком провода 1—1,5 м. Прослеживание изолиний выполняется оператором и рабочим. В начале работ рабочий устанавливает удаленный от прибора щуп в исходной точке, а оператор с другим щупом и прибором отходит на 20—25 м в направлении предполагаемого простирания изолинии и заземляет щуп последовательно в нескольких точках, расположенных по линии, перпендикулярной предполагаемому простиранию изолинии. В точке, где показание прибора равно нулю или минимально, устанавливается веха с надписью римскими цифрами номера изолинии и арабскими — номера точки. Аналогично находятся вторая и последующие точки изолинии потенциала. Разрыв в работе по прослеживанию изолинии и ее привязки не допускается.

При пересечении изолинией профилей или магистрали ее положение определяется по отношению к пикетам на этих профилях. Запись наблюдений производится в журнале (прил. 10).

После прослеживания изолиний потенциала измеряется градиент по всем вспомогательным профилям магистрали и по двум взаимно перпендикулярным профилям, один из которых проходит по особым точкам.

3.3.2.26. Оценка точности прослеживания изолиний потенциала производится по отклонению конечных точек изолиний от исходной. Расхождение конечной и начальной точек изолинии должно быть не более 10 м на 1 км изолинии. Контрольными следует также считать соответствующие вспомогательные точки, расположенные на базисной линии (по другую сторону от особой точки). Оценка точности измерений градиентов производится так же, как и при работах на постоянном токе.

3.3.2.27. Полевая документация при работе на переменном токе включает журнал градиентов и план изолиний.

3.3.2.28. При окончании работ по МЗ с измерением электрического поля демонтаж установки разрешается только после предварительной интерпретации материалов съемки и выполнения детализационных работ на аномальных участках.

3.3.2.29. Комиссии по приемке полевых материалов предъявляют: журналы полевых и контрольных наблюдений; планы графиков градиента потенциала (или потенциала) на топооснове; планы изолиний потенциала (если они строились); местоположение точки заряда и удаленного электрода, нанесенное на топооснову для расчета нормального поля (см. также 3.9.20).

3.3.2.30. Неровности, углы наклона скатов которых меньше 10°, как правило, не вносят в результаты измерений визуально заметных искажений, при бо́льших углах следует выделять аномалию от неоднородностей рельефа. Неровности рельефа выявляются по топографической карте или по плану местности, масштаб которых позволяет снимать отметки высот с погрешностью, меньшей 10 % от ширины основания неровности. Отдельные неоднородности, на которые падает менее трех точек наблюдения, можно исключить из рассмотрения.

3.3.2.31. При наличии поверхностных неоднородностей по удельному сопротивлению (наносов) следует особенно тщательно закартировать границу их выклинивания (например, по данным электропрофилирования), так как наибольшее искажение поля заряда наблюдается именно у кромки наносов.

Учет влияния наносов в методе заряда необходим во всех тех случаях, когда их наличие отмечается по данным методов, изучающих удельное сопротивление. Допускается погрешность определения мощности наносов 25 %.

3.3.2.32. Для количественного определения влияния неоднородностей рельефа и наносов, отбраковки ложных аномалий и подбора рудного объекта в методе заряда проводятся расчеты на ЭВМ по программе «Ландшафт» или аналогичной ей.

3.3.2.33. Метод заряда применяется в гидрогеологии для определения направления и действительной скорости движения подземных вод с целью исследования подземных потоков до глубины 100 м в модификации изолиний потенциала.

3.3.2.34. Съемку изолиний потенциала производят по системе радиальных лучей, расходящихся от устья скважины под углом 45° друг к другу. В соответствии с методическими рекомендациями питающий электрод погружают в скважину до середины водоносного пласта; второе заземление относят на расстояние, примерно в 10—15 раз превышающее глубину погружения первого заземления; в качестве электролита применяется поваренная соль, которая погружается в скважину до уровня водоносного пласта (см. также 3.3.23 и т. д.).

3.3.2.35. После погружения электролита снимается первая серия эквипотенциальных линий. Расстояние от изолиний до устья скважин выбирается в пределах от 1 до 2,5 глубин погружения питающего электрода в скважину.

3.3.2.36. Необходимо снять две-три замкнутые изолинии. Эквипотенциальные линии, снятые до введения соли или сразу же после засоления скважины, называются базисными изолиниями. Результаты наблюдений записываются в журнал (прил. 12).

3.3.2.37. Съемка производится непрерывно или периодически при неизменном положении неподвижного электрода и непрерывном добавлении соли в скважину. Периодическую съемку производят в условиях малых скоростей движения подземных вод (до 1—2 м/сут).

3.3.2.38. Обработка материала включает в себя построение изолиний потенциала, определение максимальных смещений изолиний, направления смещений, а также построение графиков для определения скорости потока в соответствии с методическими рекомендациями.

3.3.2.39. Применение метода заряда с целью изучения морфологии рудного поля как единого целого получило название мелкомасштабной модификации, которая используется для выделения и оконтуривания участка земной коры, внутри которого заключены геологически взаимосвязанные рудные тела, входящие в данное рудное поле, а также для обнаружения и прослеживания основных частей (ветвей) внутри данного рудного поля.

Результаты работы методом заряда при изучении рудных полей заключаются: а) в построении объемной системы изоповерхностей измеренного потенциала электрического поля от заряженного рудного поля; б) в создании модели рудного поля, построенной в виде карты, планов и разрезов рудного поля, на основе геологического истолкования указанной объемной системы изоповерхностей потенциала.

3.3.2.40. Для проведения работ необходимо выбрать оптимальную точку заряда в рудном поле, которая должна быть связана электрически по возможности с большим числом рудных залежей в рудном поле, обладающих наибольшей площадью поверхности; оптимальную точку заряда следует выбирать из числа тех, которые по данным токового каротажа обладают наименьшим переходным сопротивлением заземления. Зарядное подсечение должно размещаться по возможности ближе к прикорневым частям рудного поля (исходя из известной морфологии его составных частей) с целью уменьшения сопротивления току при его растекании в соседние ветви, быть как можно глубже, чтобы проводящие ветви рудного поля оказались между точкой заряда и поверхностью, на которой производятся измерения.

Для построения системы изоповерхностей потенциала поля на участке все скважинные и наземные наблюдения необходимо выполнять с одними и теми же долговременными заземлениями. Площадь съемки должна быть в своем максимальном размере не менее чем в три раза больше ожидаемого максимального размера рудного поля, установленного по другим данным, например по размеру наземной аномалии ВП, и примерно такой же в ширину, с тем чтобы форма внешних изолиний потенциала от заряженного рудного поля приближалась к окружности.

3.3.2.41. Для технического выполнения мелкомасштабной модификации заряда, учитывая, что работы проводятся на большой площади и обычно в условиях промышленных электрических помех, следует использовать низкочастотный переменный ток (1—4 Гц) и мощные генераторные группы, например от электроразведочных станций ВПС-63, ЭРС-67, СВП-74 и др. Необходимо также удалять второй пита-

ющий электрод на несколько километров (до 7—10 км) от участка работ, используя для этой цели провода с низким сопротивлением. Прокладка таких питающих линий в обжитых районах в целях обеспечения безопасности должна выполняться по столбам.

3.3.2.42. Наблюдения по мелкомасштабной модификации заряда как на поверхности земли, так и в скважинах и горных выработках следует вести с установкой потенциала, приводя все наблюдения к единому уровню, близкому к истинному нулевому потенциалу, т. е. к потенциалу «бесконечно» удаленной точки. Проведение работ установкой градиента потенциала здесь допустимо, но менее целесообразно, так как в поле градиента потенциала существенно проявляются все мелкие неоднородности среды различного удельного сопротивления в районе измерительных электродов.

3.3.2.43. Одновременно с площадью съемки выбирается сеть наземных и скважинных измерений. По-видимому, для рудных полей, имеющих размеры в длину не менее 1 км, оптимальной можно считать наземную сеть (200÷250) × (50÷100) м, а для рудных полей с меньшими размерами ветвей — сеть 100 × 20 м.

Наблюденные значения потенциала электрического поля заряда на рудном поле представляются в виде планов изолиний или графиков потенциала на геологической основе: на карте участка, погоризонтных планах и разрезах.

Рекомендуются два способа получения более или менее приближенных представлений о строении рудного поля. Первый способ имеет качественный характер. На изученной бурением части рудного поля рекомендуется выбрать изоповерхности, внутри которых находятся рудные скопления, и на основе приближенного представления о форме этих изоповерхностей во всем объеме участка выделить на планах и разрезах участка рудного поля объемы под дальнейшую буровую разведку. Второй способ основан на выполнении расчета электрического поля от сложных заряженных проводников с помощью программ для ЭВМ. Подбор морфологии заряженных проводников в этом случае выполняется согласно требованиям соответствующих методических пособий.

Б. Метод заряда с измерением характеристик магнитного поля

3.3.2.44. Работы по методу заряда на переменном токе низкой частоты с измерением магнитного поля (МЗМП) проводятся по профилям, идущим перпендикулярно предполагаемому простиранию изучаемого объекта или по лучам, расходящимся от точки заряда.

3.3.2.45. Для выделения аномалии, обусловленной рудным телом, нормальное поле питающей цепи и заземлений должно быть исключено из результатов наблюдений или учтено при интерпретации. Знание основных закономерностей распределения нормального поля питающей цепи является обязательным условием успешного применения метода. Представление о степени искажения результатов наблюдений полем токонесущего кабеля необходимо на самом начальном этапе работ при выборе направления выноса удаленного электрода по отношению к предполагаемому простиранию рудного тела.

1. Не следует выносить второй электрод питающей цепи в направлении ожидаемого простирания вскрытого рудного тела и выполнять наземные наблюдения на продолжении кабеля по профилям, перпендикулярным ему. Пространственное совпадение аномалии от рудного тела с такими особенностями нормального поля, как максимум горизонтальной (направленной вдоль профиля) и смена знака (минимум) вертикальной составляющих, усложняет истолкование результатов наблюдений.

2. Нецелесообразно раскладывать наземную часть цепи перпендикулярно простиранию заряженного проводника и располагать профили параллельно проводу (вкрест простирания рудного тела). При такой схеме наблюдений вертикальная составляющая нормального поля имеет крайне неоднородный характер и непосредственно над проводником наблюдается резкий спад, на фоне которого не проявляется четко аномальный эффект.

3. Предпочтительнее раскладывать токонесущий кабель под углом 30—50° к простиранию рудного тела и располагать профили вкрест последнего. При такой схеме аномальный эффект, обусловленный подземным проводником, наблюдается на спокойном фоне нормального поля и положение зоны повышенной плотности тока

может быть достоверно установлено по результатам наблюдений суммарного поля.

3.3.2.46. Известны различные способы расположения пунктов наблюдений по отношению к питающей цепи, при которых отдельные составляющие нормального магнитного поля на дневной поверхности равны нулю, что позволяет измерять непосредственно аномальное поле. К ним относятся следующие способы.

1. Наблюдения на продолжении прямолинейной наземной части цепи, когда профили разбиваются радиально от зарядной скважины и провод раскладывается на продолжении каждого профиля. Этот способ связан с большой трудоемкостью подготовительных работ.

2. Наблюдения аномального поля по радиальным лучам, которые можно выполнять и при неизменном положении питающей цепи, компенсируя нормальное поле особым расположением наземной части провода. Для этого используются два удаленных заземления, расположенных на одной прямой симметрично зарядной скважины. Компенсация нормального поля на любом профиле-луче достигается соответствующим подбором силы токов, текущих в противоположных направлениях по кабелю.

3. Наблюдения при расположении верхнего заземления питающей цепи у устья горной выработки (шурфа, скважины), через которую осуществляется ввод тока в рудное тело. В этом случае нормальное поле питающей цепи устраняется полностью (в случае однородных или горизонтально-слоистых сред) и объектом наземных наблюдений является аномальное поле. Достоинством питающих установок, заземленных в вертикальных скважинах, является возможность прослеживания рудных тел в противоположных направлениях при неизменном положении генератора в питающей цепи. Целесообразно использование питающих установок, заземленных в наклонных скважинах. При этом нормальное поле на поверхности земли полностью не скомпенсировано, но ослаблено в значительной степени, и эффект от заряженных проводников наблюдается без существенных искажений. Способы расположения питающей цепи обеспечивают прослеживание вскрытых и выявление незаряженных проводников непосредственно по результатам полевых наблюдений без трудоемких расчетов нормального поля токонесущего кабеля. В ряде случаев целесообразны повторные измерения поля с различным расположением питающей цепи. Они значительно повышают достоверность сведений о положении рудных тел и тем самым исключают их пропуск при бурении.

3.3.2.47. Для работ МЗМП по профилям подготавливается сеть наблюдений. Профили задаются на расстоянии 50—100 м друг от друга. Точки на профилях наиболее часто устанавливаются через 20 м. Длина профилей и их количество определяются перспективной площадью, подлежащей изучению. При этом учитывается мощность генератора тока и чувствительность измерительной аппаратуры к полезному сигналу.

При работах по лучевой схеме наблюдения проводятся последовательно по 6—12 лучам. Длина каждого луча берется в 1,5 раза больше предполагаемого простирания исследуемого объекта от точки заряда. Удаленный электрод и кабель с током относятся от точки заряда в сторону, противоположную лучу. При этом луч, по которому проводятся наблюдения, и прямая линия, на которой расположен кабель, должны составлять угол 180°. Общие требования к расстоянию до положения удаленного электрода такие же, как в разд. А.

Удаление одного из заземлений с целью уменьшения влияния его поля приводит к увеличению длины подводящих ток проводов. Допустимая длина провода, при которой сохраняется распределение поля, как в случае постоянного тока, в зависимости от рабочей частоты и удельного сопротивления пород может быть определена с помощью палетки (прил. 13).

3.3.2.48. На каждой точке стояния прибора измеряются амплитуды и углы трех ортогональных составляющих вектора напряженности магнитного поля: H_x — горизонтальная составляющая, направленная вдоль профиля или луча; H_y — горизонтальная составляющая, перпендикулярная профилю или лучу; H_z — вертикальная составляющая; ψ — азимут направления полного вектора напряженности магнитного поля относительно положительного направления линии профиля; α — угол наклона полного вектора напряженности магнитного поля к горизонтальной плоскости.

Документация полевых работ ведется по форме, приведенной в прил. 11.

3.3.2.49. При высоком уровне промышленных помех, а также в случае сложного характера магнитного поля, обусловленного наличием апофиз или смежных рудных тел, целесообразно измерять синфазную с током в питающей линии вещественную компоненту пространственных составляющих поля Re H_x, Re H_y, Re H_z.

При этом опорное напряжение может подаваться на измерительный прибор либо непосредственно с питающей линии, либо с магнитного индукционного преобразователя (датчика), расположенного вблизи питающей линии, либо с заземленных на безрудном участке электродов.

3.3.2.50. Для контроля за работой аппаратуры на планшете вне рудного тела выбирается контрольный пункт, на котором жестко закрепляется источник поля в виде квадратной либо круглой незаземленной петли или заземленного на концах прямолинейного отрезка провода длиной 20—50 м. Колышками фиксируются точки стояния приборов в центре петли или напротив середины заземленного провода на расстоянии, не превышающем его длину.

На контрольном пункте производится определение коэффициента преобразования (чувствительности к полю) магнитного индукционного преобразователя (датчика) C, необходимого для пересчета эдс выходного сигнала измерителя в вольтах в единицы напряженности магнитного поля — А/м (Э). Здесь же производится маркировка магнитного индукционного преобразователя, выходных клемм генератора и цепи опорного напряжения, обеспечивающая однозначность определения направления поля Re H_x, Re H_y, Re H_z, т. е. знака пространственных компонент.

Коэффициент преобразования магнитного индукционного преобразователя вычисляется по формуле, В/(А/м) или В/Э,

$$C = U/|H|, \tag{2}$$

где U — значение эффективного напряжения на выходе измерителя, В; $|H|$ — модуль напряженности магнитного поля (или его вещественная компонента Re H) данного источника, А/м (Э) (при единичном значении силы тока на рабочей частоте). Перед определением коэффициента преобразования (чувствительности к полю) магнитного индукционного преобразователя измеритель сигналов должен быть прокалиброван.

Определение коэффициентов C выполняется ежедневно перед началом и в конце рабочего дня, а также после устранения возникших неисправностей или регулировок измерителей. Одновременно в процессе измерений следят за тем, чтобы сила тока поддерживалась по возможности постоянной.

3.3.2.51. Маркировка выходных клемм генератора, цепи опорного напряжения и магнитного индукционного преобразователя производится из условного предположения, что источник поля питается постоянным током. Положительное направление поля Re H_x, Re H_y, Re H_z определяется правовинтовой системой связи силовых линий поля с направлением тока в источнике.

3.3.2.52. Оценка погрешности полевых измерений магнитного поля производится на основании контрольных и повторных наблюдений, которые составляют до 10 % от общего объема работ.

Количественная оценка погрешности измерений составляющих H_x, H_y, H_z пространственных компонент модуля $|H|$ или вещественных составляющих Re H_x, Re H_y, Re H_z поля производится на основе расчета средней относительной погрешности, исходя из формулы, %

$$\delta = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\Delta H_j}{|H|}\cdot 100 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\Delta H_j}{\sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}}\cdot 100, \tag{3}$$

где ΔH_j — разность основных и повторных измерений составляющих поля H_x, или H_y, или H_z; $|H|$ — модуль полного вектора напряженности магнитного поля, измеренный непосредственно или вычисленный на основании наблюдений пространственных компонент поля; n — число повторных наблюдений.

Выражение (3) применяется также для оценки погрешности при измерении Re H. Средняя относительная погрешность не должна превышать 5—7 %. Средняя абсолютная погрешность в определении азимутального ψ и зенитного α углов должна быть не более 1—2°.

3.3.2.53. Результаты наблюдений по профилям поля H_x, H_y, H_z или Re H_x, Re H_y, Re H_z, выраженные в вольтах, приводятся к единичному значению силы тока

в питающей линии и переводятся в единицы напряженности магнитного поля посредством умножения на коэффициент, 1/(В·м),

$$K_{\text{п}} = 1/(CI), \tag{4}$$

где C определяется формулой (2). Форма журнала градуировки приведена в прил. 15.

Вычисление напряженности поля H производится с учетом коэффициента перевода $K_{\text{п}}$ по формуле

$$H = K_{\text{п}}U. \tag{5}$$

Полученные данные изображаются в виде графиков составляющих поля и углов с указанием исходных сведений, необходимых для расчета нормального поля питающей линии. При вычислении нормального поля необходимо знать координаты питающих электродов и расположение токоподводящего кабеля.

Составляющие аномального поля вычисляются по формуле

$$|H_{ai}| = |H_{ci}| - |H_{ni}|, \tag{6}$$

где $|H_{ai}|$ — модуль напряженности аномального поля, А/м (Э); $i = x, y, z$; $|H_{ci}|$ — модуль напряженности суммарного поля; $|H_{ni}|$ — модуль напряженности нормального поля (если $H_{ni} \neq 0$ за счет выбора установки). Аномальное поле с учетом выражения (6) вычисляется по формуле

$$|H_{\text{a}}| = \sqrt{|H_{ax}|^2 + |H_{ay}|^2 + |H_{az}|^2}.$$

При измерении вещественной компоненты вместо H_{a} аномальное поле вычисляется по формуле

$$\text{Re}\, H_{ai} = \text{Re}\, H_{ci} - \text{Re}\, H_{ni}, \tag{7}$$

где $\text{Re}\, H_{ai}$ — напряженность аномального поля вещественной компоненты; $\text{Re}\, H_{ci}$ — напряженность суммарного поля, А/м (Э); $\text{Re}\, H_{ni}$ — напряженность нормального поля, А/м (Э); $i = x, y, z$.

Форма журнала для обработки приведена в прил. 14.

В процессе интерпретации аномального поля на основании графиков напряженности составляющих определяют местоположение рудного тела, уточняют угол его падения, размеры по простиранию, выявляют невскрытые рудные тела. При интерпретации графиков аномальных полей используют имеющиеся в литературе методические рекомендации.

3.3.2.54. Комиссии по приемке полевых материалов предъявляют журналы полевых и контрольных наблюдений, журналы эталонировки аппаратуры, графики характеристик магнитного поля, исходные данные для расчета нормального поля питающей цепи: местоположение заземлений и конфигурация кабеля, данные инклинометрии по зарядной и измерительной скважинам (см. также 3.9.20).

3.3.3. МЕТОД ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ (прил. 18—21)

3.3.3.1. Метод электропрофилирования (ЭП) на постоянном токе с наблюдением напряженности постоянного или низкочастотного электрического поля предназначен для изучения геоэлектрического разреза в горизонтальном направлении. При этом низкочастотное электрическое поле интерпретируется как постоянное.

Методом ЭП решаются задачи на стадиях, связанных с геологическим картированием, поисками месторождений твердых полезных ископаемых, подземных вод, и при инженерно-геологических работах. Различные модификации ЭП позволяют более эффективно подчеркивать те или иные особенности геоэлектрического разреза, более экономично решать конкретные геологические задачи; модификации различаются большей или меньшей сложностью при производстве работ.

Условия, необходимые для применения метода ЭП, следующие: крутое падение крыльев складок, зон нарушений, контактов; резкое различие в удельном сопротивлении слагающих толщ; относительная простота геоэлектрического разреза; выдержанность удельного сопротивления в каждой из толщ; при поисках залежей полезных ископаемых — значительная разница в удельной электропроводности залежи и вмещающей породы, относительная выдержанность значений удельного

сопротивления залежи и вмещающих пород, бо́льшая протяженность залежи по сравнению с глубиной залегания.

Модификации ЭП, разносы питающих и приемных линий, положение электродов, сеть наблюдений, тип аппаратуры выбираются в зависимости от решаемых геологических задач, характера и глубины залегания изучаемых объектов и условий работы. Вид установок — заземленные или незаземленные — зависит от условий заземления.

А. Электропрофилирование с заземленными установками

3.3.3.2. Для решения задач геологического картирования применяется симметричное электропрофилирование (СЭП) с установками $AMNB$ и $AA'MNB'B$ и дипольное электропрофилирование (ДЭП) с установкой $ABMN$. Работы ведутся в различных масштабах — от маршрутных исследований до съемок масштаба 1 : : 10 000 и крупнее. Разносы AB установки $AA'MNB'B$ в зависимости от требуемой глубины исследования могут изменяться от первых километров до первых сотен метров. Установки $AMNB$ и $ABMN$ с разносами l_{AB} и $l_{OO'}$ порядка 200 м и менее применяются в относительно простых геоэлектрических условиях для исследований на небольших глубинах. Установка $AA'MNB'B$ применяется в относительно сложных геоэлектрических условиях.

Комбинированное (КЭП) и дипольное электропрофилирование, а также ЭП в модификации градиента применяются для поисково-разведочных целей (поисков и разведки сульфидых рудных тел, пегматитовых и кварцевых жил, угольных пластов и др.) и детального геологического картирования.

Другие модификации ЭП (дифференциальные установки, модификации вращающегося поля и двух составляющих, установка потенциала и др.) применяются в тех случаях, когда их преимущества подтверждены результатами опытно-методических работ на известных геоэлектрических разрезах изучаемого района. Дифференциальное электропрофилирование с многоэлектродными и дивергентными установками применяется для решения инженерно-геологических задач. Работы ведутся, как правило, в крупных масштабах (1 : 10 000 и крупнее).

3.3.3.3. КЭП и СЭП выполняются, как правило, на постоянном токе с помощью аппаратуры типа АЭ-72 или аналогичной. При работе на переменном токе следует применять возможно более низкие частоты или принимать меры для учета (исключения) влияния токового провода. ДЭП и ЭП в модификации градиента выполняются обычно с использованием низкочастотной аппаратуры типа ИКС-1, ИКС-50, АНЧ-3 или аналогичной (см. 3.1).

3.3.3.4. Работы методом ЭП в большинстве случаев ведутся по заранее разбитой сети. Профили ориентируются по возможности вкрест простирания изучаемых объектов с учетом рельефа местности (см. 3.2).

3.3.3.5. При ЭП в модификации градиента при одном положении питающих электродов AB отрабатывается участок, включающий от 3 до 15 и более соседних профилей. Измерения ведутся в средней части AB (модификация срединного градиента — СГ) на профилях длиной до $0{,}8l_{AB/2}$ в обе стороны от осевой линии планшета, не доходя до питающих электродов на расстояние, обеспечивающее необходимую глубинность исследований. Иногда проводятся наблюдения за пределами питающих электродов (модификация внешнего градиента — ВГ) на расстояниях $(3 \div 5)\ l_{AB/2}$ от середины линии AB. Провод питающей линии раскладывается по прямой между заземлениями A и B. Для рабочих частот 5—20 Гц и при разносах l_{AB} порядка первых километров расстояние между проводом и ближайшим к нему профилем наблюдений должно быть не менее 10—20 м. При бо́льших разносах и частотах это расстояние определяется необходимой глубинностью исследований. Удаленность крайних профилей зависит от возможности проведения достоверных измерений и обычно не превышает $(1 \div 2)\ l_{AB/2}$.

Генератор тока с рабочей частотой 5—20 Гц может быть включен в любом месте питающей цепи. В случае рабочих частот звукового диапазона генератор следует располагать у одного из заземлений установки.

Детализация (сгущение сети профилей и уменьшение шага наблюдений), как правило, должна проводиться после завершения основной съемки планшета на

участках с неуверенной корреляцией особенностей графиков наблюдений, представляющих интерес в геологическом отношении. При перестановке линии AB смежные или соприкасающиеся профили соседних планшетов должны перекрываться.

3.3.3.6. При использовании любой модификации ЭП в случаях обнаружения аномалий на окончаниях профилей измерения должны быть продолжены до уверенного выхода в нормальное поле.

3.3.3.7. Разносы установок и размеры приемных и питающих линий при ЭП выбираются такими, чтобы изучаемый объект фиксировался наиболее четко. При выборе разносов пользуются данными рекогносцировочных ВЭЗ и результатами опытно-методических работ, выполненных на нескольких профилях через известные объекты, аналогичные искомым.

3.3.3.8. Разносы установки $AA'MNB'B$ должны быть кратны длине l_{MN} и шагу наблюдений. Разница между разносами должна быть по крайней мере более $2l_{MN}$, а их отношение друг к другу выбирается таким, чтобы наиболее полно изучить существенные характеристики геоэлектрического разреза. Работы с установкой $AA'MNB'B$ могут вестись с одной питающей линией, имеющей разрывы у заземлений A' и B', или с двумя независимыми линиями. В первом случае наблюдение вначале производится с короткой линией, после чего провод у заземлений A' и B' переключается на длинную линию.

3.3.3.9. При КЭП оптимальная длина разносов l_{AO} и l_{OB} зависит от глубины расположения и размеров объектов поисков и может быть ориентировочно определена по формуле

$$l_{AO} = \frac{1}{4}\left(8h_2 + \frac{\rho_2}{\rho_1} d_1\right), \qquad (8)$$

где d_1 — мощность поверхностных образований; h_2 — предполагаемая глубина до верхней кромки искомого объекта; ρ_1 и ρ_2 — удельные электрические сопротивления поверхностных образований и вмещающих пород соответственно.

Шаг наблюдений и длина разносов MN установки берутся в интервале 20—80 м. Для устранения влияния удаленного электрода на результаты измерений он относится на расстояние не менее $(5 \div 10)\ l_{AO}$ от планшета работ, предпочтительнее за зону пород высокого удельного сопротивления с малой мощностью поверхностных образований.

3.3.3.10. При ДЭП размеры питающей и приемной линий, как правило, берутся одинаковыми. Различные размеры линий (малые размеры приемной при относительно больших размерах питающей линии) применяются лишь при детализационных работах с двухсторонней дипольной установкой.

3.3.3.11. При работе с различными модификациями ЭП выполняются общие требования по борьбе с помехами.

Контроль влияния утечки при СЭП производится систематически: в сухую погоду контролируется не менее 5 %, а в сырую или при влажной почве — не менее 10 % от всего числа наблюдений. Влияние утечки в линиях проверяется путем попеременного отключения питающих заземлений, если источник питания находится в центре. При расположении источника питания у одного из заземлений проверка утечки производится только при отключении удаленного от источника питания заземления. При КЭП влияние утечки проверяется при отключении только заземлений, расположенных на профиле измерений. Во избежание влияния утечек при работе в сырую погоду или при влажной траве питающие провода не должны располагаться ближе чем на 4—5 м от профиля. Разность потенциалов утечки не должна превышать 5 % от измеряемой разности потенциалов. В случае обнаружения утечки ее надо локализовать и устранить. При работе на переменном токе с установками градиента и ДЭП вместо проверки утечки осуществляется визуальный контроль за качеством изоляции проводов питающих и приемных линий при их раскладке.

Для заземлений приемной линии на постоянном токе следует применять латунные штыревые электроды. В случае плохих условий для заземлений нужно контролировать значения переходных сопротивлений приемной линии и при необходимости принимать меры для улучшения заземлений.

Влияние электрических помех линий электропередачи и связи, а также сверхдлинноволновых радиостанций устанавливается по отношению уровней наблюдае-

мых разностей потенциалов при включении и выключении тока установки. Допустимое значение отношения должно быть не менее 2—3.

В трудных условиях для измерений необходимо выполнять повторные наблюдения в объеме, достаточном для достижения заданной точности наблюдений.

3.3.3.12. Погрешность наблюдений при ЭП определяется по относительной разности значений $\rho_к$ (или $\Delta U/I$) основных и контрольных (на тех же точках) измерений. Средняя относительная разность по участку съемки не должна превышать 5—10 %: быть минимальной (до 5 %) при последующем использовании результатов полевых измерений для количественной интерпретации и не более 10 % в условиях помех.

3.3.3.13. По результатам измерений на постоянном токе $\Delta U/I$ вычисляют кажущееся удельное сопротивление $\rho_к$ по формуле, Ом·м,

$$\rho_к = K\,\Delta U/I, \tag{9}$$

где K — коэффициент установки, м.

3.3.3.14. Коэффициенты установок для рассматриваемых модификаций ЭП вычисляются по формулам:

$$K = \frac{2\pi}{1/l_{AM} - 1/l_{BM} - 1/l_{AN} + 1/l_{BN}};$$

для СЭП с установками $AMNB$

$$K_{СЭП} = \frac{\pi\left(l^2_{AB/2} - l^2_{MN/2}\right)}{2l_{MN/2}}; \tag{10}$$

для КЭП с установками AMN,B_∞

$$K_{КЭП} = \frac{\pi\left(l^2_{AO} - l^2_{MN/2}\right)}{l_{MN/2}}; \tag{11}$$

для ДЭП с установками $ABMN$

$$K_{ДЭП} = \frac{\pi\left(l^2_{OA} - l^2_{MN/2}\right)\left(l^2_{OB} - l^2_{MN/2}\right)}{l_{MN/2}\left(l^2_{OB} - l^2_{AO}\right)}; \tag{12}$$

для модификации СГ с установками $AMNB$

$$K_{СГ} = \frac{\pi}{l_{MN/2}\left(\dfrac{l+x}{[(l+x)^2+y^2]^{3/2}} + \dfrac{l-x}{[(l-x)^2+y^2]^{3/2}}\right)}, \tag{13}$$

где $l_{AB/2}$ — полудлина AB; $l_{MN/2}$ — полудлина MN; y — расстояние от питающей линии AB до профиля наблюдений; x — расстояние от середины профиля наблюдений до середины приемной линии MN. При этом сила тока измеряется в миллиамперах, разность потенциалов — в милливольтах, длина линии и координаты x, y точки наблюдения — в метрах.

Коэффициенты установок могут быть определены с помощью таблиц.

3.3.3.15. При интерпретации наблюдений необходимо учитывать, что значения $\rho_к$, рассчитанные с помощью формул (9)—(13) при измерениях на переменном токе, практически совпадают со значениями $\rho_к$ при измерениях на постоянном токе лишь при значениях параметра $p_{ЭП}$, больших 25—50 мкГн/м. При меньших значениях $p_{ЭП}$, в особенности на профилях, расположенных вблизи питающей линии (для установки градиента), значения $\rho_к$ на переменном токе могут быть существенно завышены по сравнению с соответствующими значениями для постоянного тока. Однако в большинстве случаев завышение значения не оказывает заметного влияния на относительный характер кривых и, следовательно, на разрешающую способность ЭП. Параметр $p_{ЭП}$, мкГн/м, определяется по формуле $p_{ЭП} = \rho/(l^2 f)$, где ρ измеряется в ом-метрах, f — в герцах, разнос уста-

новки l — в километрах. Для оценки $p_{\text{ЭП}}$ вместо ρ используется среднее значение $\rho_к$; $l = l_{AB/2}$ или $l = l_{OO'}$ соответственно для установок градиента и дипольного профилирования. При малых значениях $p_{\text{ЭП}}$ расчет кажущегося удельного сопротивления на переменном токе $\rho_к$ выполняется в соответствии с методическими рекомендациями.

3.3.3.16. Основным способом графического изображения результатов наблюдений является построение карты (планов) графиков $\rho_к$ ($\Delta U/I$). Точки графиков должны соответствовать центрам приемных линий. На карте графиков указывают район и участок работ, вид установки, горизонтальный и вертикальный масштабы, дату работ, название партии и отряда, условные обозначения к графикам, а также вычерчивают схему установки с указанием расстояний между электродами и схему расположения профилей с указанием ориентировки относительно стран света. Схема установки градиента должна быть совмещена со схемой профилей с указанием местонахождения генератора. Схемы установок КЭП и ДЭП следует оформлять в виде «ключей» установок (прил. 22), показывающих ориентировку питающих электродов по странам света и условное обозначение соответствующих им графиков.

3.3.3.17. По окончании работ на участке съемки производится предварительная интерпретация полученного материала. На выявленных аномалиях проводятся детализационные исследования, а при необходимости выполняются электрозондирования и другие электроразведочные работы.

3.3.3.18. Учет влияния рельефа местности и перекрывающих рыхлых отложений производится в соответствии с методическими рекомендациями. Оценка влияния рельефа местности обычно выполняется по топографической карте с сечением изогипс 2—5 м.

3.3.3.19. Результаты наблюдений модификациями профилирования записываются в журнал соответствующей формы (прил. 18). В графе «Примечание» указывается привязка наблюдений к горным выработкам и скважинам, при необходимости вычерчивается абрис местности, записываются сведения о погоде и других факторах, влияющих на результаты наблюдений.

3.3.3.20. Полевые материалы (журналы записей результатов измерений в поле, графики наблюдений по профилям, карты, разрезы и т. д.) сдаются комиссии по приемке полевых материалов в соответствии с требованиями 3.8, 3.9.

Б. Электропрофилирование с незаземленными установками

3.3.3.21. При поверхностном покрове, неблагоприятном для устройства заземлений (каменные россыпи, сухие пески, мерзлый грунт, лед, снежный покров и т. п.), электропрофилирование выполняется с незаземленными приемными и питающими линиями по методике бесконтактного измерения электрического поля (БИЭП).

3.3.3.22. Методика БИЭП основана на измерении в воздухе составляющих электрического поля с помощью незаземленной приемной линии, расположенной вблизи земной поверхности. Низкочастотное электрическое поле (100—5000 Гц) возбуждается с помощью заземленной, незаземленной и частично заземленной питающих линий.

Методика БИЭП применяется при электропрофилировании в модификациях СГ, ДЭП и КЭП, а также при изучении электрического поля заряженного рудного тела. При этом основные требования к производству полевых и камеральных работ указанными видами ЭП сохраняются (см. 3.3.3, А).

3.3.3.23. Для работ с незаземленными рабочими линиями используется аппаратура типа БИЭП. Запись результатов наблюдений производится в журналы соответствующих модификаций ЭП (прил. 18).

3.3.3.24. При наблюдениях с незаземленной приемной линией электрическое поле, так же как и в случае заземленной линии, определяется по результатам измерения разности потенциалов ΔU приемных электродов. В качестве электродов в незаземленной приемной линии используются достаточно протяженные проводники: отрезки проводов, металлические штыри. Незаземленный приемный электрод принимает в электрическом поле потенциал, по значению равный среднему значению потенциала первичного поля в объеме, занятом проводником (под пер-

вичным здесь понимается поле, существующее до внесения в него проводника-электрода).

Разнос (действующая длина) незаземленной приемной линии определяется длиной отрезка, соединяющего геометрические центры приемных электродов. Середина этого отрезка является электрическим центром приемной линии, к которому относятся результаты наблюдений при их графическом изображении.

3.3.3.25. При ЭП в модификации градиента в зависимости от требуемой детальности работ применяется один из трех вариантов конструкции незаземленных приемных линий (прил. 19): подвесная, стелющаяся или штыревая. При ДЭП и КЭП используется стелющаяся линия.

3.3.3.26. Штыревая и подвесная линии имеют симметричную конструкцию и рассчитаны на подключение к симметричному входу индикатора напряжения. Стелющаяся линия подключается к несимметричному входу прибора, причем с «нулевой» входной клеммой N индикатора должен соединяться металлический браслет, закрепленный на руке оператора. Электрический центр приемной линии совпадает для штыревой и подвесной линий с их геометрическим центром, а для стелющейся линии он смещен от геометрического центра в сторону оператора на расстояние, равное 1/4 длины провода линии.

3.3.3.27. Подвесная линия при наблюдениях поддерживается оператором и двумя рабочими на высоте 1—1,5 м над землей параллельно земной поверхности.

Штыревая линия ориентируется оператором по направлению определяемой составляющей электрического поля с помощью уровней и компаса. При измерениях горизонтальной составляющей поля она удерживается рукой за центр на высоте 0,8—1 м над землей на расстоянии не менее 0,2—0,3 м от оператора. При определении вертикальной составляющей поля центр линии поддерживается над землей на постоянной высоте в интервале 1—1,5 м. В момент измерения электроды линии не должны касаться травы, кустов и веток деревьев.

3.3.3.28. При сильном ветре измерение малых уровней разностей потенциалов ΔU (50—100 мкВ) с помощью стелющейся линии осложнено интенсивными электрическими помехами, обусловленными электризацией изоляции провода. В этом случае необходимо повысить уровень измеряемых значений ΔU, увеличив выходной ток генератора или уменьшив разнос установки. Если эти меры окажутся недостаточными, необходимо перейти к наблюдениям с подвесной линией, следя за тем, чтобы при взятии отсчета ΔU провода линии не соприкасались с травой, кустами и деревьями.

3.3.3.29. Действующие и отключенные линии электропередачи, а также прочие свободно лежащие на земле длинные провода (например, провода взрывной магистрали) могут вызвать появление ложных аномалий ΔU. В связи с этим наличие таких проводов вблизи незаземленной приемной линии следует отмечать в полевом журнале с целью последующей отбраковки наблюдений при их камеральной обработке.

3.3.3.30. Незаземленная емкостная питающая линия состоит из двух отрезков изолированных проводов, стелющихся по земле. Внешние концы проводов изолируются, внутренние подключаются в центре линии к генератору тока. Эти провода служат незаземленными питающими электродами. У частично заземленной питающей линии лишь один из питающих электродов является незаземленным. Стекание тока с незаземленного электрода происходит благодаря «емкостной утечке», равномерно распределенной по его длине. При прокладке провода по траве и кустам высота его над землей не должна превышать 0,5—1 м. Активное сопротивление изоляции незаземленного питающего электрода должно быть более 10 МОм.

3.3.3.31. При электропрофилировании в модификации СГ наряду с заземленной питающей линией AB используются емкостная и индуктивная незаземленная питающие линии, выполненные проводом ГСП-0,35, -0,50.

Емкостная линия раскладывается в форме прямоугольной полупетли с основанием, параллельным профилям наблюдений. Планшет съемки располагается во внутренней области полупетли. Профиль, ближайший к основанию, должен быть удален от него на расстояние 150—200 м. Расстояние от провода полупетли до ближайшей к нему точки наблюдения определяется необходимой глубинностью исследований. Полуразнос $l_{AB/2}$ питающей линии равен полудлине основания — обычно 300—600 м. Схема установки СГ с емкостной питающей линией показана

в прил. 20, *а-I*. Для параметров $p_{ЭП} \geqslant 10$ мкГн/м коэффициенты K установки вычисляются по формуле, *м*,

$$K = \frac{K_{т.\,е} l^2_{AB/2}}{2l_{MN/2}}, \qquad (14)$$

где $K_{т.\,е}$ — безразмерные коэффициенты таблицы прил. 20, *в*; $l_{AB/2}$, $l_{MN/2}$ — полуразносы питающей и приемной линий, м.

Индуктивная линия укладывается в форме прямоугольной петли, замкнутой на генератор тока. Отношение длин боковой стороны к основанию петли 1 : 2. Основание ориентируется параллельно профилям наблюдений, расположенным во внешней области петли. Расстояние от основания петли до ближайшего профиля определяется необходимой глубинностью исследований. Полуразнос $l_{AB/2}$ индуктивной линии равен полудлине основания петли — обычно 250—500 м. Схема установки СГ с индуктивной питающей линией показана в прил. 20, *а-II*. Для параметров $p_{ЭП} \geqslant 10$ мкГн/м электрическое поле петли практически не зависит от удельного сопротивления однородной среды. Расчет $\rho_к$ для указанных значений $p_{ЭП}$ возможен лишь при известном значении среднего удельного сопротивления пород $\rho_{ср}$ участка съемки. В этом случае коэффициент K рассчитывается по формуле, м,

$$K = \frac{\rho_{ср} \cdot 10^5}{2l_{MN/2}f} K_{т.\,и},$$

где $K_{т.\,и}$ — коэффициент из таблицы прил. 20, *в*, м/Гн; $\rho_{ср}$ — в ом-метрах; $l_{MN/2}$ — полуразнос приемной линии, м; f — частота, Гц.

3.3.3.32. Незаземленная емкостная питающая линия установки ДЭП собирается из двух отрезков гибкого кабеля в резиновой оболочке — типа РПШ-2×0,35, ШБРЛ-2×0,5 или аналогичного. Разнос (действующая длина) питающей линии равен длине отрезка, соединяющего геометрические центры электродов. Середина этого отрезка служит электрическим центром питающей линии. Разнос всей установки $l_{OO'}$ определяется расстоянием между электрическими центрами питающей и приемной линий.

Частично заземленная питающая линия КЭП образована удаленным заземлением и одним незаземленным электродом, выполненным из гибкого кабеля. Разнос установки равен расстоянию между электрическим центром приемной линии и геометрическим центром незаземленного питающего электрода.

Схемы и рекомендуемые размеры рассмотренных установок профилирования приведены в прил. 21. Там же изображены схемы заземленных установок, эквивалентных незаземленным по длине разносов.

Для стабилизации разносов установки внутренние концы незаземленных электродов питающей и приемной линий рекомендуется соединять пеньковым шпагатом или капроновым шнуром.

Приемка полевых материалов ведется в соответствии с требованиями 3.3.3.20.

3.3.4. МЕТОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (прил. 22-37)

3.3.4.1. Электрическое зондирование (ЭЗ) — метод изучения геоэлектрического разреза по кривым зависимости кажущегося удельного сопротивления от расстояния между питающими и приемными электродами установки. Зондирование используется для изучения геоэлектрического разреза на глубину (см. 3.3.7). Метод основан на наблюдении напряженности постоянного электрического поля или низкочастотного, по своим характеристикам не отличающегося от постоянного.

Работы по методу зондирования проводятся в различных масштабах.

Условия, благоприятные для применения метода электрического зондирования, следующие: пологие формы складчатости или подземного рельефа (углы наклона геоэлектрических границ до 20°), наличие опорного геоэлектрического горизонта, отсутствие экранирующих (высокого и низкого удельного сопротивления) горизонтов в надопорной толще. Метод вертикального электрического зондирования может

применяться также для выявления структур с углами падения до 40—50°. В этом случае используется специальная методика с применением асимметричных установок.

Работы по методу ЭЗ проводятся на стадиях, связанных с геологическим картированием, с поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых, при разведке структур, перспективных на нефть и газ, при съемках специального назначения: гидрогеологических и инженерно-геологических, а также при режимных наблюдениях за водными потоками. Результаты зондирования используются для изучения электрических, водно-физических и теплофизических свойств горных пород, а также для введения поправок в гравитационные наблюдения, оценки перспективности литогеохимических аномалий и т. д.

В зависимости от задач, размеров и глубин залегания объектов, наличия топографических карт наблюдения могут производиться по предварительно разбитой сети или с привязкой точек зондирования по карте. Крупномасштабные работы (масштаб 1 : 25 000 и крупнее), как правило, ведутся по заранее разбитой сети.

Наблюдения по методу ЭЗ выполняются с различными установками (прил. 22). Модификации зондирования и разносы выбираются в зависимости от геологических задач и геоэлектрических условий работ. Работы, связанные с исследованиями на относительно небольших глубинах, ведутся преимущественно по схеме $AMNB$ и реже AMN, B_∞. Длина разноса l_{AB} редко превышает 20 км (прил. 26). При глубинных исследованиях применяются дипольные установки.

Максимальная длина разносов определяется необходимостью отчетливой фиксации на кривой зондирования исследуемого опорного горизонта. Соответствующий этому горизонту прямолинейный участок кривой ВЭЗ, параллельный оси разносов или составляющий с ней угол, близкий к 45°, должен быть охарактеризован не менее чем тремя точками, расположенными не более чем через 2 см на стандартном логарифмическом бланке.

Рекогносцировочные зондирования выполняются с максимально большими разносами, предусмотренными проектом работ.

3.3.4.2. Направление разносов AB выбирается с учетом тектонических и геоморфологических особенностей района работ, условий проходимости местности и удобства производства работ.

Следует по возможности избегать пересечения проводами резко неоднородных толщ, залегающих вблизи дневной поверхности, железнодорожных рельсов, резких форм рельефа, речек, застроенных участков, трасс высоковольтных линий и т. д.

3.3.4.3. Положение точек заземлений при работе по схемам $AMNB$ и AMN, B_∞ определяется по длине проводов, которые предварительно размечаются в соответствии с принятыми интервалами разносов. При работе с дипольными схемами длина разносов определяется по разбитому пикетажу. Направление линий задается с помощью угломерных инструментов, а положение заземлений — по размеченному проводу.

3.3.4.4. При устройстве заземлений, особенно при работе с большими разносами, должны быть приняты все необходимые меры для уменьшения сопротивления заземлений.

В случае неблагоприятных условий заземления в данном пункте наблюдений положение электродов может быть смещено относительно заданной точки в место, более благоприятное для устройства заземления (например, с увлажненной почвой). Когда такие смещения вызывают изменения разносов и значений $\rho_к$ не более чем на 1—2 %, они не учитываются. При бо́льших смещениях вносятся соответствующие поправки в значения разносов и коэффициента K.

При работах с установками $AMNB$ или AMN, B_∞ смещение заземлений предпочтительно делать перпендикулярно линии разносов. При этом смещение заземлений до значения $0{,}1l_{AO}$ может не учитываться. При дипольных зондированиях смещение точек питающих и приемных заземлений от заданного направления не должно превышать $0{,}02l_{AB}$ и $0{,}02\ l_{MN}$.

Заземления питающих линий устраиваются с помощью стальных или железных, а приемных при работе на постоянном токе — с помощью медных или латунных электродов. При работе со станциями приемные заземления устраиваются с помощью неполяризующихся электродов. Изменение разности электродных потенциалов неполяризующихся электродов не должно превышать 10 мкВ/мин.

В районах, где поверхностные рыхлые отложения имеют высокое удельное сопротивление, при больших разносах рекомендуется устраивать заземления на достаточно большой глубине, где действие пород высокого удельного сопротивления (например, мерзлых пород) ослаблено.

3.3.4.5. При работах на малых разносах каждое заземление производится с помощью одного электрода. При увеличении размеров установок число электродов увеличивается. Расстояние между двумя соседними электродами должно быть более удвоенной длины заземленной части электродов. Заземление, состоящее из большого числа электродов, выполняется в виде круга, квадрата или прямой линии; в последнем случае электроды следует располагать примерно перпендикулярно направлению разносов. Длина всего заземления (расстояние между крайними электродами) или диаметр круга должны быть не более 0,1 расстояния до ближайшего измерительного или питающего заземления. При малых разносах необходимо следить, чтобы глубина погружения электрода в землю не превышала 0,1 расстояния до ближайших заземлений. Изложенные требования связаны с необходимостью соблюдения точечности заземлений, следующей из теории.

3.3.4.6. Работы по методу ЭЗ ведутся с помощью приборов типа АЭ-72, ИКС-50, ЭСК-1, АНЧ-1, АНЧ-3 или электроразведочных станций типа ЭРС, а также другой аналогичной аппаратуры. Результаты измерений записываются в полевые журналы по формам прил. 23—25.

Зондирование с разносами 1—2 км производится на постоянном токе с помощью электронных компенсаторов типа АЭ-72, ЭСК-1, а в случае благоприятных условий (малое влияние индукции и емкостной утечки питающего провода) — на переменном токе с помощью аппаратуры типа АНЧ-3, АНЧ-1, ИКС-50. Электронные компенсаторы могут применяться до разносов 6 км, если отсутствуют заметный процесс становления поля, а также интенсивные блуждающие и теллурические токи. В неблагоприятных условиях зондирования с разносами более 2 км следует производить с электроразведочной станцией.

В отдельных случаях, когда использование электроразведочных станций затруднено (труднопроходимая местность) или нерационально по экономическим соображениям (при малом числе зондирований), а также в условиях геологического разреза с большим удельным сопротивлением пород ($\rho > 10^3$ Ом·м) допускается выполнение зондирований с электронными компенсаторами с разносами до 10 км. При этом должны быть приняты меры, обеспечивающие получение необходимой точности наблюдений (см. 3.3.4.20).

При выполнении зондирований с помощью электроразведочной станции измерения на малых разносах выполняются электронными компенсаторами, а также приборами ИКС, АНЧ. При переходе от измерений с приборами к измерениям с осциллографической записью необходимо иметь как минимум одну-две общие точки измерений. Использование аппаратуры типа АНЧ целесообразно в условиях промышленных помех.

3.3.4.7. При выполнении зондирования с небольшими разносами в качестве источников питания используются батареи типа 29-ГРМЦ-13, 69-ГРМЦ-6 и в отдельных случаях (в условиях геоэлектрического разреза с высоким удельным сопротивлением) — батареи серии ПМЦГ, АМЦГ и другие с напряжением 100—400 В.

3.3.4.8. При производстве полевых работ с электроразведочной станцией необходимо строго соблюдать правила техники безопасности (см. 3.1.3).

3.3.4.9. Перед началом работы электроразведочная станция должна быть проверена на утечку с помощью мегомметра. Сопротивление изоляции регистрирующих каналов ΔU относительно корпуса осциллографа должно быть не менее 5 МОм.

При хорошей изоляции проводов и сухой почве контроль утечки в методе ЭЗ по схеме $AMNB$ производится при переходе с минимальной приемной линии на следующую и при максимальных разносах AB. При сырой погоде, влажной почве, низком качестве проводов и в других случаях, когда контрольные измерения показывают заметное влияние утечек, контроль на утечку производится на каждой приемной линии при максимальных разносах AB для данной линии MN. При работе с дипольными установками контроль утечки в линиях производится при максимальном значении разноса AB. Влияние утечки считается допустимым, если сумма разностей потенциалов, измеренных при попеременном отключении электродов A и B, не превышает 5 % измеряемой разности потенциалов (наблюденной с обо-

ими включенными заземлениями). В схемах, при которых влияние утечки проверяется при отключении только одного электрода, вместо суммы берется только одна измеренная разность потенциалов. При измерении утечки выполняются требования техники безопасности. Данные при проверке на утечку фиксируются в полевом журнале, а при работе с электроразведочной станцией, кроме того, на осциллограмме. С АНЧ емкостные и индуктивные влияния питающей линии на приемную учитываются по методическим рекомендациям.

3.3.4.10. Сопротивление измерительной цепи при осциллографировании без предварительного усилителя должно обеспечивать условия работы гальванометра, близкие к критическому режиму. Режим работы гальванометра определяется по виду градуировочных импульсов.

Для улучшения отношения измеряемый сигнал/помеха в случае необходимости допускается демпфирование гальванометра.

3.3.4.11. При сильных вариациях поля теллурических токов перед началом измерений и после окончания рабочего цикла (импульсы ΔU и градуировочные импульсы) рекомендуется в течение 1—2 мин регистрировать нулевую линию, характеризующую вариации поля теллурических токов.

3.3.4.12. При работе с осциллографом фильтр RC канала ΔU применяется в случае высокочастотных помех, которых не удается избежать путем изменения расположения измерительной линии.

3.3.4.13. Число импульсов тока на одном разносе зависит от значения ΔU и сложности его измерения, а также от характера и интенсивности помех. В благоприятных условиях на малых разносах запись делают с двумя-тремя импульсами тока, а при разносах $AB \geqslant 1000$ м число импульсов должно быть не менее пяти. При наличии помех число импульсов увеличивают; причем моменты записи ΔU должны быть приурочены ко времени относительного спокойствия поля теллурических токов.

При выполнении измерений на последних разносах зондирования для получения надежных результатов целесообразно иметь несколько записей, произведенных в различные интервалы времени.

3.3.4.14. Длительность импульсов тока должна быть не менее 5 с и по крайней мере в два-три раза больше длительности переходного процесса. Скорость лентопротяжного механизма следует подобрать таким образом, чтобы импульсы ΔU занимали на осциллограмме участки длиной от 2 до 6 см. Продолжительность становления поля и связь его с размерами установки определяются на основании выполненных наблюдений в данном районе (или по данному профилю зондирования).

На поверхности проводящего слоя с суммарной проводимостью S, подстилаемого породами высокого удельного сопротивления, для достаточно больших размеров установок зондирования время становления поля t_c в секундах ориентировочно может быть определено по формулам:

а) для установки $AMNB$ $t_c = 2{,}0Sl_{AB}$;

б) для экваториальной дипольной установки $t_c = 1{,}5SL$;

в) для осевой дипольной установки $t_c = 1{,}9SL$.

Здесь величина S выражается в сименс, а L (расстояние между центрами линий AB и MN) — в метрах.

3.3.4.15. Минимально допустимое отклонение пишущего блика гальванометра устанавливается в зависимости от измеряемого значения ΔU, уровня и характера помех. При низком уровне помех минимально допустимое отклонение составляет 10 мм, при этом число импульсов n должно удовлетворять неравенству $\sqrt{n} \geqslant 100/(3A_0)$, где A_0 — отклонение блика гальванометра, мм.

Во всех случаях минимально допустимое отклонение блика гальванометра должно быть обусловлено необходимостью определения ΔU по осциллограмме с погрешностью не более 3 %.

3.3.4.16. Градуировку каналов ΔU_1, ΔU_2 и тока I производят на всех чувствительностях, на которых проводилась запись. Градуировочные импульсы должны быть различной полярности. Расхождение в разнополярных градуировочных импульсах не должно превышать 2 %. Значения градуировочных импульсов должны быть близки к значениям записанных разностей потенциалов ΔU, но не менее 25 мм. При высоком уровне помех число градуировочных импульсов должно быть доведено до 8—10 и более.

3.3.4.17. Перед началом работ в том или ином районе с использованием приемных линий длиной 1,5—2,0 км необходимо надежно определить время максимальной интенсивности поля теллурических токов на основе круглосуточных наблюдений вариаций теллурических токов и составить распорядок рабочего дня партии таким образом, чтобы измерения на больших разносах выполнялись при минимальной интенсивности вариаций поля теллурических токов (см. 3.3.6).

3.3.4.18. Измерительная аппаратура электроразведочных станций должна проверяться и эталонироваться в соответствии с требованиями заводских технических инструкций по эксплуатации. До и после ремонта, затрагивающего узлы градуировочного устройства и токовые шунты, производится внеочередная эталонировка. Относительное расхождение результатов двух смежных эталонировок является допустимым, если оно не превышает 2 %.

3.3.4.19. При работах по методу ЭЗ должны выполняться требования, изложенные в 3.8.

Во всех точках, где нарушается закономерный ход кривых, должны проверяться правильность размеров и ориентировки (при дипольных схемах) линий, браться повторные отсчеты, производиться проверки на утечку в линиях (при работе с установками $AMNB$ и AMN, $B\infty$), особенно при резком изменении сопротивлений заземлений.

3.3.4.20. При повторных измерениях отклонение значений $\rho_к$ от их среднего арифметического не должно превышать ± 5 %. Абсолютная разность средних арифметических значений $\rho_к$ контрольного и основного зондирований для каждого разноса не должна превышать 5 %. На больших разносах при трудных условиях измерений допускается абсолютное значение относительной разности до ± 7 %.

В случае исследования слабоконтрастных разрезов и при необходимости получить более точно кривую $\rho_к$ проводят съемку повышенной точности с абсолютным значением относительной разности наблюдений до 3 %. Это достигается сгущением интервалов разносов, увеличением числа повторных измерений на одних и тех же разносах и обеспечением соответствующей силы тока.

При зондированиях, выполняемых при решении задач инженерной геологии и гидрогеологии в условиях меняющегося во времени геоэлектрического разреза, для обеспечения абсолютного значения относительной разности наблюдений до 5 % контрольные измерения должны проводиться в максимально сжатые сроки. С этой целью при режимных наблюдениях гидрогеологического характера допускается проведение контрольных измерений одновременно с основными по другим приборам. Отклонение от требуемых ± 5 % могут составлять закономерные смещения начальных кривых, вызванные промерзанием (оттаиванием) или высыханием (увлажнением) поверхностного слоя пород. Такие участки кривых, если установлены причины смещения, при оценке общей точности наблюдений могут в расчет не приниматься. См. также 3.9.

3.3.4.21. Для выяснения возможных искажений, связанных с горизонтальной неоднородностью разреза, должны быть выполнены «крестовые» зондирования в точках, равномерно расположенных по всей площади исследования, а по профилям проведено электропрофилирование. Крестовые зондирования производятся также в тех случаях, когда по характеру полученной кривой можно предполагать резкое проявление горизонтальной неоднородности. В тех точках, где получены резко различные кривые зондирования, должны быть выполнены вспомогательные наблюдения еще в одном азимуте. Зондирования у скважин, зондирования в процессе рекогносцировочных работ и в других особых случаях должны выполняться при двух взаимно перпендикулярных разносах.

Число крестовых зондирований определяется из условия не менее 3 % к общему числу зондирований, включая обязательные зондирования у всех (или большинства) скважин, находящихся на исследуемой площади. Если таких скважин нет, то необходимо выполнить зондирование у скважин, расположенных поблизости от района работ в сходных геоэлектрических условиях.

В специальных случаях для установления степени и преимущественного направления горизонтальной неоднородности (например, при поисках и разведке трещинно-карстовых вод) выполняются круговые зондирования по четырем азимутам через 45°.

3.3.4.22. При работе с аппаратурой типа ЭСК, АЭ-72 и др. результаты наблюдений записываются в полевой журнал (прил. 23). Параллельно вычерчивается кривая зондирования на логарифмическом бланке с модулем 6,25 см (рекомендуется

вниз откладывать характеристики разноса: $l_{AB/2}$ или действующие расстояния $\overline{L}$, см. 3.3.4.45, вправо — $\rho_к$). До нанесения на бланк результата измерений при данном разносе переход на следующие разносы не разрешается.

3.3.4.23. Основным первичным документом регистрации измерений при работе с электроразведочными станциями является осциллограмма, которая оформляется оператором по соответствующим формам (прил. 29).

3.3.4.24. Сотрудник партии (отряда), принимающий от операторов электроразведочных станций полевые материалы, заносит в журнал регистрации осциллограмм (прил. 30) дату выполнения измерений, номер зондирования, номера полевых журналов и номера осциллограмм. Графа «Примечание» заполняется после обработки осциллограмм. Она должна содержать сведения о качестве полевых наблюдений и пригодности осциллограмм для дальнейшей обработки.

3.3.4.25. На осциллограммах эталонировки должны быть проставлены: дата эталонировки, номер осциллографа, номер электроразведочной станции, номера и номиналы эталонировочных сопротивлений и прибора, наименование положений переключателя отводов токового шунта и положений переключателей градуировочного устройства. Эталонировочные осциллограммы должны быть подписаны оператором, проводившим эталонировку.

Промежуточные вычисления, связанные с обработкой эталонировочных осциллограмм, выполняются непосредственно на осциллограммах. Окончательные результаты записываются в журнал эталонировки (прил. 31).

При обработке записей ΔU и I используются данные последней эталонировки.

3.3.4.26. При больших разносах регистрация силы тока выполняется на осциллографе. Установившееся отклонение пишущего блика на записях I должно быть не менее 25 мм. Результаты измерений и промежуточных вычислений записываются на осциллограмме. Значения силы тока для каждого импульса заносятся в журнал обработки осциллограмм (прил. 32). Для контроля за силой тока I необходимо выполнять отдельные визуальные наблюдения по амперметру класса 1,0, установленному в станции в соответствии с требованиями заводской инструкции по эксплуатации.

Допустимое отклонение пишущего блика устанавливается в соответствии с требованиями, изложенными в 3.3.4.15, 3.3.4.29.

Градуировочные отклонения должны быть соизмеримы с рабочими импульсами ΔU, например составлять 1/3 ширины осциллографической бумаги.

3.3.4.27. Записи ΔU обрабатываются в две руки различными работниками партии в полевой период. Обработка во вторую руку записей ΔU производится в основном только для разноса l_{AB}, $L \geqslant 3$ км после составления опорных графиков t_c — времени становления поля (по законченным профилям).

3.3.4.28. Записи ΔU с высокочастотным и неравномерным размывом, среднее значение которого превышает 10 % установившегося отклонения пишущего блика, считаются непригодными для обработки.

3.3.4.29. Осциллограммы считаются браком:

1) при полном или частичном отсутствии данных в паспорте осциллограммы или при плохой фотообработке ее;

2) при отсутствии проверки на утечку (см. 3.3.4.9) (при зондировании с установками AMN, B_∞ и $AMNB$);

3) при колебаниях силы тока в питающей цепи за время одного импульса, превышающих 2 %;

4) вследствие нарушения требований, изложенных в 3.3.4.10, 3.3.4.13, 3.3.4.14, 3.3.4.16;

5) при наличии непроверенных незакономерных результатов измерений («выскоков»).

3.3.4.30. Все этапы вычислений, связанные с обработкой осциллограмм, отражаются в журналах обработки осциллограмм ΔU (прил 32).

3.3.4.31. Интерпретатор партии ведет журнал $\rho_к$ (прил. 33). Окончательное значение $\rho_к$, наносимое на бланк, определяется как среднее арифметическое результатов обработки в первую и вторую руки.

3.3.4.32. Контроль за правильностью обработки осциллограмм осуществляется начальником (главным, старшим геофизиком) партии. Начальник (главный, стар-

ший геофизик) партии (отряда) регулярно выполняет контрольную обработку наиболее сложных записей ΔU.

3.3.4.33. Комиссия, принимающая полевые материалы от партии (отряда), проверяет соблюдение требований и правил настоящей инструкции, других действующих директивных документов и производит оценку качества работ.

Электроразведочные партии (отряды), выполняющие зондирования с электроразведочными станциями, наряду с другими материалами предъявляют комиссии:

1) полевые журналы операторов (журналы генераторной группы и полевых лабораторий);
2) все осциллограммы, полученные партией (отрядом);
3) журнал эталонировки;
4) журнал регистрации осциллограмм;
5) журналы обработки осциллограмм (первая и вторая рука);
6) журнал $\rho_к$;
7) журнал контрольной обработки осциллограмм;
8) профили и карты $\rho_к$ (допускается представление предварительных вариантов).

Интерпретация зондирований может производиться с помощью палеток или с использованием ЭВМ.

3.3.4.34. При оценке качества работ, выполненных с электроразведочными станциями, помимо общих требований к качеству работ учитываются также: качество осциллограмм, правильность их обработки и полнота записи результатов обработки осциллограмм в журнал.

А. Вертикальное электрическое зондирование

3.3.4.35. Центры вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) рекомендуется располагать на прямолинейных профилях, направление которых совпадает с направлением разносов питающей и приемной линий (за исключением маршрутных съемок).

3.3.4.36. ВЭЗ выполняется с установкой *AMNB*. Для выбора длины разносов *AB* и *MN* следует руководствоваться указаниями, содержащимися в 3.3.4.1 (прил. 26—27).

Коэффициент $K_{ВЭЗ}$ и кажущееся удельное сопротивление $\rho_к$ рассчитываются по формулам:

$$K_{ВЭЗ} = \pi l_{AN} l_{AM} / l_{MN}; \tag{15}$$

$$\rho_к = K_{ВЭЗ} \Delta U / I, \tag{16}$$

где l_{AN}, l_{AM}, l_{MN} — соответствующие расстояния между электродами; I — сила тока, мА; ΔU — разность потенциалов, мВ. Если сила тока дается в сантиамперах, коэффициент $K_{ВЭЗ}$ уменьшается в 10 раз, в амперах — в 1000 раз. Необходимо учитывать, что значения $\rho_к$, рассчитанные по формуле (16), при измерении на переменном токе практически совпадают со значениями $\rho_к$, измеренными на постоянном токе, лишь при значениях параметра $\rho/\left(l^2_{AB/2} f\right)$ больше 25—50 мкГн/м (см. 3.3.3.15).

Наблюдения на первых двух разносах с линией $l_{MN/2} = 0{,}125$ м, указанные в прил. 26, могут быть опущены, если нет необходимости изучения удельного сопротивления или расчленения приповерхностного слоя геоэлектрического разреза.

Таблицы прил. 26—27 могут использоваться и при работе с установкой *AMN*, B_∞. В этом случае коэффициент $K_{ВЭЗ}$ должен быть удвоен.

При применении других разносов *AB* и *MN*, не указанных в упомянутых таблицах, следует придерживаться следующих правил. Точки на кривой ВЭЗ, изображенной в логарифмическом масштабе, по линии разносов должны располагаться более или менее равномерно; начальная длина разноса *AB* должна быть выбрана такой, чтобы на кривой зондирования выделялся слой с удельным сопротивлением ρ_1; отношение длины последующего разноса *AB* к длине предыдущего не должно превышать 1,5—1,7; отношение длины разноса l_{AB} к длине l_{MN} должно быть не менее 3,0; максимальное отношение l_{AB} к l_{MN} определяется наименьшим зна-

чением разности потенциалов, допустимым для измерения в каждом конкретном случае.

3.3.4.37. При переходе от одних разносов MN к другим обязательно перекрытие кривой ВЭЗ минимум в двух точках. При глубинных зондированиях, начиная с разносов $AB = 4$ км, а также в случае больших расхождений в перекрытиях на меньших разносах число перекрытий следует увеличить до трех-четырех, если наблюдения с самой короткой приемной линией могут быть выполнены с достаточной точностью (см. 3.3.4.20).

3.3.4.38. Размотку проводов при выполнении ВЭЗ следует вести по предварительно провешенному профилю или направлять по прямой с помощью естественных визиров или компаса. Следует избегать отклонения от прямолинейной прокладки проводов на угол, больший 10°.

Измерение расстояний между заземлениями должно проводиться с погрешностью не более 1 %. В тех случаях, когда расстояния между ближайшими заземлениями не превышают 3 м, погрешность измерения расстояний допускается до 3 %.

При работе с большими разносами AB для уменьшения влияния индукции приемную линию MN следует относить в сторону по перпендикуляру к направлению разносов питающей линии на расстояние, не превышающее 0,1 длины разносов питающих электродов.

3.3.4.39. Выбор аппаратуры для проведения ВЭЗ в зависимости от разносов производится в соответствии с требованиями 3.3.4.6.

3.3.4.40. Зондирования с разносами более 2 км рекомендуется производить с двумя питающими линиями AB: малой — до 1000 м и большой — свыше 1000 м. При выполнении ВЭЗ по профилям с расстоянием между центрами зондирований, равным или меньшим половины наибольшего разноса l_{AB}, рекомендуется применять конвейерный способ размотки проводов.

3.3.4.41. При выполнении ВЭЗ с разносами $l_{AB} < 1$ км связь осуществляется посредством сигнализации свистком, флажком и т. д.; на больших разносах l_{AB} применяется телефонная или радиосвязь.

При использовании низкочастотной аппаратуры ИКС, АНЧ генератор рекомендуется располагать у одного из питающих заземлений или на достаточном удалении от приемной линии.

Б. Дипольные электрические зондирования: экваториальные, азимутальные и осевые

3.3.4.42. Дипольные электрические зондирования (ДЭЗ) выполняются обычно по двухсторонней схеме наблюдения, использование которой в отдельных случаях осложняется из-за условий местности.

3.3.4.43. Оси ДЭЗ (линии центров приемного и питающего диполей) рекомендуется располагать вкрест простирания опорного электрического горизонта, чтобы получить максимальные расхождения в ветвях кривых двухстороннего зондирования при больших разносах.

При двухстороннем ДЭЗ, которое выполняется двумя измерительными диполями MN и $M'N'$, удаляемыми от питающего диполя AB, получают значения $\rho_к^+$ (для установки $ABMN$) и $\rho_к^-$ (для установки $ABM'N'$).

Центры двухсторонних ДЭЗ (центр линии AB) следует располагать на прямолинейных профилях, направление которых совпадает с направлением осей зондирования. Вдоль профилей через каждые 100 м устанавливаются пикеты для определения расстояния между питающей и приемной установками (за исключением маршрутных съемок).

3.3.4.44. Размеры питающей и приемной установок выбираются в зависимости от конкретных геоэлектрических условий с таким расчетом, чтобы наблюдаемая в приемной линии разность потенциалов обеспечивала выполнение требований 3.3.4.20.

Размеры приемной установки при экваториальном зондировании должны удовлетворять условию $l_{MN} < 0{,}2L$, а размеры питающей установки — условию $l_{AB} \leqslant \leqslant 0{,}5L$, где L — расстояние между центрами AB и MN. Отклонения направления

разносов питающей и приемной линий установки дипольного электрического экваториального зондирования (ДЭЭЭ) от перпендикулярного оси зондирования не должны превосходить 1,5°. Погрешность в измерении размеров установки не должна превышать 1 %.

3.3.4.45. Действующее расстояние $\overline{L}$ для ДЭЭЭ, т. е. расстояние между центром приемной установки и одним из электродов питающей установки, определяется по формуле

$$\overline{L} = \sqrt{L^2 + l_{AB}^2/4}. \qquad (17)$$

3.3.4.46. При выполнении ДЭЭЭ рекомендуется использовать разносы l_{AB}, приведенные в прил. 26.

Размеры установки ДЭЭЭ могут быть изменены в зависимости от характера геоэлектрического разреза, условий производства измерений и конкретных особенностей местности. При этом следует руководствоваться следующими положениями: отношение последующего расстояния $\overline{L}$ к предыдущему не должно превышать 1,5—1,7; длина участка кривой зондирования, перекрываемого при изменении разноса питающей линии, должна составлять ориентировочно 15 % от действующего расстояния, соответствующего началу перекрытия.

Коэффициент дипольной экваториальной установки $K_{\text{ДЭЭЭ}}$ определяется по формуле

$$K_{\text{ДЭЭЭ}} = \pi \cdot 10^{-3} \left\{ \frac{[L^2 + (l_{AB/2} + l_{MN/2})^2] \sqrt{L^2 + (l_{AB/2} - l_{MN/2})^2}}{l_{AB} l_{MN}} + \right.$$

$$\left. + \frac{[L^2 + (l_{AB/2} - l_{MN/2})^2] \sqrt{L^2 + (l_{AB/2} + l_{MN/2})^2}}{l_{AB} l_{MN}} \right\}, \qquad (18)$$

где L — разнос (расстояние между центрами установок); l_{AB}, l_{MN} — расстояние между соответствующими электродами.

Значения коэффициента $K_{\text{ДЭЭЭ}}$, вычисленные по данной формуле и приведенные в таблице (прил. 26), даются в предположении, что сила тока I измерена в амперах, а разность потенциалов ΔU — в милливольтах. Тогда кажущееся удельное сопротивление $\rho_к$ рассчитывается по формуле

$$\rho_к = K_{\text{ДЭЭЭ}} \Delta U / I. \qquad (19)$$

Для упрощения вычислений $K_{\text{ДЭЭЭ}}$ рекомендуется использовать номограмму (прил. 34).

3.3.4.47. Дипольное азимутальное зондирование (ДЭЭА) целесообразно выполнять на участках изучаемой площади, где перемещение приемной установки возможно только по дорогам. Для определения расстояния между питающим и приемным диполями разбивается, обычно вдоль обочины дороги, 100-метровый пикетаж, схема которого переносится на планшет масштаба 1 : 10 000, 1 : 25 000.

Применение ДЭЭА не рекомендуется в случаях, когда удельное сопротивление пород геоэлектрического разреза резко меняется в горизонтальном направлении и когда развиты структуры с большими углами падения.

3.3.4.48. Размеры питающей и приемной установки при производстве ДЭЭА должны удовлетворять условию $l_{AB} \leqslant 0{,}6L$, $l_{MN} \leqslant 0{,}2L$. Погрешность в измерении размеров установки не должна превышать 0,5 %.

Азимут питающей линии должен быть выбран с таким расчетом, чтобы угол θ (угол между направлением питающей линии и направлением от центра питающей линии на центр приемной) был заключен в интервале 70—110°. В зависимости от конфигурации избранного направления движения по дороге ДЭЭА может выполняться при одном или нескольких азимутах раскладки питающей установки. При переходе от одного направления питающей установки к другому необходимо выполнять измерения таким образом, чтобы участки кривой $\rho_к$, полученные с различно направленными питающими установками, перекрывались по крайней мере на двух соседних точках. Погрешность в определении угла θ для каждого разноса не должна превышать 2°.

Приемная установка MN должна быть с точностью до 2° перпендикулярна направлению на центр питающей линии.

3.3.4.49. Действующее расстояние азимутальной установки определяется соотношением

$$\overline{L} = \overline{p}L, \tag{20}$$

где $\overline{p}$ — поправочный коэффициент, определяемый по номограмме; L — разнос (прил. 36).

Коэффициент установки вычисляется по формуле

$$K_{\text{ДЭЗА}} = \frac{L^3 \cdot 10^{-3}}{l_{AB} l_{MN}} \overline{Q}, \tag{21}$$

где l_{AB}, l_{MN} — расстояния между соответствующими электродами;

$$\overline{Q} = \frac{4\pi}{\dfrac{\sin\theta}{\left(1 + \dfrac{l_{AB}}{L}\cos\theta + \dfrac{l_{AB}^2}{4L^2}\right)^{3/2}} + \dfrac{\sin\theta}{\left(1 - \dfrac{l_{AB}}{L}\cos\theta + \dfrac{l_{AB}^2}{4L^2}\right)^{3/2}}} \tag{22}$$

находится по номограмме (прил. 37).

В приведенном выражении для коэффициента $K_{\text{ДЭЗА}}$ предполагается, что ток измеряется в амперах, а разность потенциалов — в милливольтах. Тогда кажущееся удельное сопротивление определяется формулой

$$\rho_к = K_{\text{ДЭЗА}} \Delta U / I. \tag{23}$$

3.3.4.50. Наблюдения с азимутальной установкой производятся по заранее составленной программе (прил. 28).

3.3.4.51. При дипольно-осевом зондировании (ДЭЗО) расстояния между центрами диполей могут быть взяты примерно такими же, как и при ДЭЗЭ. Размеры каждого из диполей должны быть не более 0,2 действующего расстояния $\overline{L}$. Допускается отклонение центра приемного диполя от линии, проходящей через питающие электроды, не более чем на $0{,}1\overline{L}$. Направление приемного диполя должно совпадать с направлением питающего с погрешностью до 2°.

Коэффициент $K_{\text{ДЭЗО}}$ для дипольно-осевой установки определяется по формуле

$$K_{\text{ДЭЗО}} = \frac{\pi L^3}{l_{AB} l_{MN}} \overline{M} \cdot 10^{-3}, \tag{24}$$

где

$$\overline{M} = \left[1 - \left(\frac{l_{AB}}{2L} - \frac{l_{MN}}{2L}\right)^2\right]\left[1 - \left(\frac{l_{AB}}{2L} + \frac{l_{MN}}{2L}\right)^2\right]; \tag{25}$$

остальные обозначения — как в формуле (18). Значения $\overline{M}$ находятся по номограмме (прил. 35); значения $K_{\text{ДЭЗО}}$ даются в предположении, что сила тока измеряется в амперах, а разность потенциалов — в милливольтах. Тогда

$$\rho_к = K_{\text{ДЭЗО}} \Delta U / I.$$

При необходимости могут быть допущены отклонения положения центра приемной установки от линии, проходящей через питающие электроды, до $0{,}2L$ и различие между ориентировкой диполей до 20°. В этом случае в значения разносов и коэффициента $K_{\text{ДЭЗО}}$ вносятся соответствующие поправки.

3.3.4.52. Начальные ветви кривых ДЭЗЭ и ДЭЗА рекомендуется измерять с установкой $AMNB$ до $l_{AB/2} = 200 \div 500$ м.

В случае необходимости начальные ветви кривых ДЭЗО также могут быть получены на кривой зондирования с установкой $AMNB$, для чего должны быть сделаны известные пересчеты.

Начальные и конечные ветви кривых, снятые с разными установками, должны иметь перекрытия по крайней мере в двух точках.

3.3.4.53. Связь между генераторной группой и полевыми лабораториями осуществляется по радио.

3.3.4.54. В некоторых случаях, например при гидрогеологических исследованиях и изучении карстовых областей, применяется ВЭЗ на постоянном токе в модификации вычитания полей. Сущность модификации заключается в том, что на каждом разносе ВЭЗ производят определение ΔU при одной измерительной линии MN и двух одновременно работающих питающих линиях — A_1B_1 и A_2B_2. Источники тока раздельные, а направление тока в них — противоположное. Выбор разносов и обработка наблюдений производятся в соответствии с методическими рекомендациями.

3.3.5. МЕТОД ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ (прил. 38—45)

3.3.5.1. Метод вызванной поляризации (ВП) основан на изучении вторичных электрических полей, возникающих в горных породах под действием электрического тока и имеющих электрохимическое происхождение, связанное с процессами на контакте твердого вещества и внутрипоровой влаги. Процессы ВП наиболее интенсивны на контакте внутрипорового электролита с минералами, обладающими высокой электронной или дырочной проводимостью. К таким минералам относятся большинство сульфидов, некоторые окислы, графит. Процессы ВП на контакте электролита с минералами низкой удельной электропроводности имеют электрокинетический характер, их интенсивность в значительной степени зависит от состава и концентрации электролита и от структуры пор.

3.3.5.2. Метод ВП может применяться на всех стадиях геологоразведочного процесса — от изучения геологического строения районов с целью оценки их рудоперспективности, выявления площадей и участков, перспективных на нахождение месторождений, поисков месторождений полезных ископаемых до получения данных о морфологии и элементах залегания рудных тел и оценки их промышленной значимости, изучения флангов и глубоких горизонтов эксплуатируемых месторождений, уточнения контуров рудных тел.

Месторождения полезных ископаемых могут выявляться методом ВП как за счет присутствия в них промышленно важных минералов, так и за счет влияния сопутствующих непромышленных минералов. Метод может применяться при поисках отдельных типов железорудных, марганцевых, ванадиевых, медно-никелевых, кобальтовых, висмутовых, медных, полиметаллических, золоторудных, молибденовых, вольфрамовых, оловорудных, сурьмяных, ртутных, урановых, угольных, нефтяных и других месторождений.

Метод ВП может применяться также для решения гидрогеологических и инженерных задач, например для определения уровня грунтовых вод, литологического расчленения разреза песчано-глинистых отложений, количественной оценки засоленности пород зоны аэрации и степени минерализации подземных вод.

3.3.5.3. Работы по методу ВП могут быть площадными и профильными. При площадных съемках сеть наблюдений зависит от масштаба геологосъемочных и поисковых работ (от 1 : 200 000 до 1 : 5000 и крупнее), в соответствии со стадийностью проводимых работ.

Профильные измерения по методу ВП проводятся обычно для целей рекогносцировки, а также при детализационных работах и проверке аномалий, выявленных другими методами.

3.3.5.4. Метод ВП применяется с использованием импульсов постоянного тока или переменного тока. При измерениях на постоянном токе параметром ВП служит кажущаяся поляризуемость $\eta_к$ — отношение разности потенциалов, измеренной через определенное время после выключения тока, $\Delta U_{ВП}$ к разности потенциалов, измеренной во время пропускания тока, $\Delta U_{пр}$, выраженное в процентах:

$$\eta_к = (\Delta U_{ВП}/\Delta U_{пр}) \cdot 100. \qquad (26)$$

При измерениях на переменном токе эффект ВП выражается или через параметр $\Phi_{ВП}$, названный фазовым сдвигом ВП и определяемый через сдвиг фазы напряжения на приемных электродах относительно фазы тока в питающей линии, или через кажущийся коэффициент частотной дисперсии $K_д$, опреде-

ляемый по уменьшению напряжения на приемных электродах при увеличении частоты тока.

При работах обязательно получение данных о кажущемся удельном сопротивлении $\rho_к$, вычисляемом по формуле

$$\rho_к = K\,\Delta U_{пр}/I, \qquad (27)$$

где I — сила тока в питающей линии; K — геометрический коэффициент установки; $\Delta U_{пр}$ — напряжение на приемных электродах в фиксированный момент пропускания постоянного тока или на низкой частоте переменного тока.

3.3.5.5. Наиболее полная информация об исследуемых объектах в методе ВП может быть получена при изучении переходных или частотных характеристик. Под переходной характеристикой напряжения ВП (или поляризуемости $\eta_к$) $F(t_п)$ подразумевается их зависимость от времени после включения постоянного тока $t_п$. Под частотной характеристикой $F(\omega)$ подразумевается зависимость вещественной $\mathrm{Re}\,F(\omega)$ и мнимой $\mathrm{Im}\,F(\omega)$ компонент напряжения ВП или его модуля $|F(\omega)|$ и аргумента $\arg F(\omega)$ от угловой ω частоты ($\omega = 2\pi f$). При анализе переходных характеристик наряду с поляризуемостью $\eta_к$ вводится понятие дифференциальной кажущейся поляризуемости $\Delta\eta_к$, производной от $\eta_к$ по десятичному логарифму времени, и временного параметра $t_м$ — абсциссы точки максимума функции $\Delta\eta_к$. Для ионопроводящих пород значение $t_м$ располагается в диапазоне тысячных — десятых долей секунды, для вкрапленных руд — десятков—сотен секунд и для прожилковых и сплошных руд — тысяч секунд.

Аналогичной информативностью обладает частотная характеристика фазового сдвига (аргумента) напряжения ВП, например, отдельные максимумы фазовой характеристики располагаются в диапазоне сотен—десятков герц для безрудных и ионопроводящих пород, а при наличии прожилковых и сплошных руд—в пределах тысячных и десятитысячных долей герца. Различия в значениях временных (частотных) характеристик (параметров) для различных типов руд и пород используются для разбраковки аномалий ВП и определения их геологической природы.

3.3.5.6. Все параметры, применяемые в методе ВП на постоянном и переменном токе, имеют между собой строгую взаимосвязь, отраженную в прил. 38. Из приложения видно, что при соблюдении условия $t_п\omega = (\sqrt{\pi})^{-1} = 0{,}56$ ($t_п$ — в секундах, ω — в радианах в секунду) из равенства переходной характеристики напряжения ВП на постоянном токе $F(t_п)$ и вещественной составляющей напряжения ВП на переменном токе $\mathrm{Re}\,F(\omega)$ вытекает, что значению $\varphi_{ВП}$ в 1° соответствует значение дифференциальной кажущейся поляризуемости $\Delta\eta_к$, равное 3 %.

3.3.5.7. С целью повышения производительности работ измерения в методе ВП осуществляются на дискретных временах и частотах, определяемых общим понятием «режим измерений».

1. В практике работ по методу ВП на постоянном токе применяют три режима:

а) одиночный прямоугольный импульс тока;

б) однополярные периодические прямоугольные импульсы тока;

в) разнополярные периодические прямоугольные импульсы тока.

Первый режим применяется как для рядовых измерений, так и при изучении переходных характеристик ВП в широком интервале времени, когда длительность импульсов последовательно возрастает. Второй и третий режимы применяются при массовых полевых наблюдениях. Рабочий интервал относительно переходной характеристики располагается от $t_с$ до $t_з + t_с$, где $t_з$ — длительность импульса тока, $t_с$ — время отсчета напряжения ВП относительно момента выключения тока. Выбор рабочего интервала времени производится с учетом значения временного параметра $t_м$ для интересующих объектов (см. 3.3.5.5). Аналогичным образом с учетом значения частотного параметра выбирается рабочая частота (или интервал частот) при работах методом ВП на переменном токе.

2. В методе ВП на переменном токе применяются два режима работы. Первый режим состоит в измерении полных частотных характеристик в диапазоне, обеспечиваемом техническими возможностями конкретного вида аппаратуры. Работа в этом режиме проводится при детализационных исследованиях, а также для оценки индукционных влияний. Второй режим — одночастотные или дифференциальные двухчастотные измерения на оптимальных рабочих частотах. Работа во втором режиме производится при площадных съемках.

Результаты наблюдений записываются в журналы (прил. 40—45).

3.3.5.8. При работах методом ВП могут быть использованы все модификации, применяемые при электропрофилировании и электрическом зондировании (см. 3.3.3 и 3.3.4), а также ортогональные установки с взаимно перпендикулярным расположением приемных и питающих линий.

При поисковых работах методом ВП на постоянном токе и достаточно большой силе тока в питающей линии следует применять электропрофилирование в модификации градиента (ВП-СГ) с неподвижными питающими электродами. Профили наблюдений прокладываются параллельно питающей линии, ориентированной вкрест простирания искомых объектов. Разносы приемных электродов должны быть не больше горизонтальной мощности искомых объектов по линии профиля. Вместе с тем они должны обеспечивать минимальный возможный уровень сигнала, который может быть измерен с данной аппаратурой и при данных условиях. Шаг наблюдений во всех случаях не должен превышать горизонтальных размеров искомых объектов по линии профиля. В случае двухслойной среды для получения аномалии от объекта, верхняя кромка которого залегает на глубине h_2, l_{AO} при съемке в модификации градиента определяется по формуле

$$l_{AO} \geqslant 5\left(h_2 + \frac{d_1 h_2}{d_1 + h_2}\frac{\rho_2}{\rho_1}\right) \qquad (28)$$

при $h_2 > d_1$, где d_1 и ρ_1 — соответственно мощность и удельное сопротивление верхнего слоя; ρ_2 — удельное сопротивление нижнего слоя.

Измерения по центральному профилю могут проводиться в средней части питающей линии (длина рабочего участка $l_{AB/2}$), а также по всей его длине с выходом за питающие электроды. Измерения могут проводиться также по профилям, параллельным центральному, расположенным от него не более чем на $l_{AB/4}$ (как правило, длина рабочего участка $l_{AB/2}$).

При поисках и прослеживании крутопадающих пластообразных и жильных тел используются модификации дипольного или комбинированного электропрофилирования. Оценка оптимальных разносов, например, для установки ВП-КЭП может быть проведена по формуле

$$l_{AO} = 2\left(h_2 + \frac{d_1 h_2}{d_1 + h_2}\frac{\rho_2}{\rho_1}\right) \qquad (29)$$

при $h_2 \geqslant d_1$. Остальные обозначения, как в (28).

Требования к удаленному электроду при работах по модификации ВП-КЭП такие же, как в методе комбинированного электропрофилирования (см. 3.3.3).

При измерениях на переменном токе в открытых районах рекомендуется в качестве основной использовать модификацию градиента с неподвижными питающими линиями. Разнос питающих электродов, расстояние от питающей линии до точки измерения и расположение проводов линии AB должны быть такими, чтобы обеспечить отсутствие индукционных влияний на сдвиг фазы и $\tilde{\rho}_K$ в пункте наблюдений на данной рабочей частоте. В закрытых районах следует применять модификацию с ортогональным расположением питающей и приемной линий. Длина питающей линии выбирается так же, как и при электропрофилировании в модификации градиента. Профили для измерений располагаются как внутри питающей линии, так и за ее пределами. Длина профилей не менее длины питающей линии.

В горно-таежных условиях при работах на постоянном и переменном токе целесообразно применять модификацию дипольного электропрофилирования (ВП-ДЭП).

При проведении работ в условиях мощного чехла рыхлых образований низкого удельного сопротивления или при поисковых работах на нефть и газ следует применять ортогональные установки. Работа с ортогональными установками допускается как в площадном варианте с неподвижной питающей линией так и в варианте профильно-площадных измерений с закрепленным разносом между питающей и приемной линиями.

3.3.5.9. Для изучения горизонтально залегающих пластообразных тел и определения глубины залегания искомых объектов используются модификации электрического зондирования (ВП-ЭЗ) (см. 3.3.4).

3.3.5.10. Детализация выявленных аномалий ВП проводится для: а) уточнения местоположения поляризующихся объектов, их формы и размеров; б) определения элементов их залегания; в) выяснения геологической природы аномалий.

При измерениях в модификации градиента протяженность крупных тел оценивается по воспроизведению формы графиков на соседних профилях при последовательных перестановках питающих электродов и питающей линии.

Если тело расположено в средней части линии AB, то его горизонтальный размер определяется как расстояние между точками перегиба графиков $\eta_к$ или $\varphi_{ВП}$. В первом приближении для тел различной формы их горизонтальный размер равен ширине аномалии.

Примерная глубина кровли тел любой формы оценивается по форме графика $\eta_к$ (или $\varphi_{ВП\,к}$), полученного при расположении питающего электрода над телом (модификация точечного зондирования ВП-ТЗ). Глубина кровли будет равна расстоянию от питающего электрода до места на линии наблюдений, соответствующего перегибу графика $\eta_к$ (или $\varphi_{ВП}$).

Определение направления падения тел и их протяженности на глубину может быть проведено модификациями ВП-СГ или ВП-ТЗ. Если тело находится посредине линии AB, то на графике $\eta_к$ (или $\varphi_{ВП}$) более пологая ветвь расположена со стороны падения тела, а более крутая — возле его «головы» (верхней части), причем за нею может наблюдаться минимум $\eta_к$ (или $\varphi_{ВП}$) вплоть до перемены знака измеряемых величин. При малой протяженности тела на глубину минимумы отмечаются с обеих сторон. Если питающий электрод расположен над телом, то менее интенсивный, но более широкий максимум находится со стороны падения тела. Указанием на большую протяженность тела на глубину служит существенное превышение ширины аномалии по отношению к аномалии, полученной при расположении тела посредине линии AB.

Для выяснения геологической природы аномалий проводится изучение временных или частотных характеристик на отдельных точках в пределах аномалий, изучаются нелинейные характеристики поля ВП и проводятся наблюдения комплексом геохимических и геофизических методов. Методы, включаемые в комплекс, зависят от вида полезного ископаемого.

3.3.5.11. Проектирование работ по методу ВП ведется в соответствии с требованиями настоящей инструкции (разд. 2).

Дополнительно к требованиям этого раздела в проекте работ по методу ВП должны быть рассмотрены:

а) сведения о распределении электронно-проводящих минералов в рудных телах и вмещающих породах, о наличии в районе работ пиритизированных, пирротинизированных, графитизированных и других пород, содержащих электронно-проводящие минералы, и об их генетической и пространственной связи с промышленным оруденением;

б) сведения о поляризуемости руд и вмещающих пород, полученные при измерениях на штуфных образцах с помощью лабораторных установок или в результате скважинных работ (каротаж ВП) (см. 3.4.5);

в) условия проведения и результаты ранее выполненных работ по методу ВП;

г) уровень и характер электрических помех в районе работ;

д) требования к параметрам генераторной группы, зависящие от разносов электродов, удельного сопротивления пород, уровня и характера помех;

е) результаты опытных исследований по выбору вида приемной установки, ее размеров и оптимального временного режима измерений;

ж) сведения об уровне электродинамических эффектов, связанных с индуктивным взаимодействием питающей и приемной линий для выбранных установок при измерениях на переменном токе.

3.3.5.12. При проведении работ методом ВП используется аппаратура, различающаяся по своей мощности, способу возбуждения поляризующего поля, изучаемым характеристикам, транспортабельности, помехоустойчивости, — типа ВП-62, ВПС-63, ВПП-70, ИНФАЗ-ВП, ВПФ, СВП-74, ЭВП-203 и др. Каждая станция должна быть опробована на специально выбранном эталонном профиле-полигоне, включая участки типичных нормальных и аномальных полей поляризуемости.

3.3.5.13. Источник поляризующего тока должен обеспечить силу тока в питающей линии

$$I \geqslant \frac{10 U_п K}{\rho_к \eta_к}, \qquad (30)$$

где I — сила тока, А ; $U_п$ — уровень помех, В (в рабочем интервале частот или при выбранном временном режиме измерений); K — коэффициент установки, м; $\rho_к$ — кажущееся удельное сопротивление, Ом·м; $\eta_к$ — кажущаяся поляризуемость, отн. ед.

Постоянство силы поляризующего тока во время измерений должно быть обеспечено с погрешностью не более 3 %.

Сопротивление изоляции силовых цепей в генераторной группе должно быть не менее 10 МОм.

3.3.5.14. Измерительная аппаратура должна иметь входное сопротивление не менее 1 МОм и обеспечивать возможность измерения напряжения на приемных электродах на всех пределах с относительной приведенной погрешностью не более 2,5 %. Аппаратура для метода ВП на постоянном токе должна иметь компенсаторы, с помощью которых обеспечивается компенсация естественной разности потенциалов между приемными электродами в пределах до ±200 мВ.

3.3.5.15. В качестве приемных электродов должны использоваться неполяризующиеся электроды с собственной поляризацией не более 2 мВ; скорость ее изменения должна быть достаточно малой, чтобы обеспечить измерения разности потенциалов ВП с указанной в 3.3.5.14 точностью. Правила подготовки электродов к работе и ухода за ними те же, что и для метода естественного электрического поля (см. 3.3.1).

При измерениях на переменном токе на частотах 0,3 Гц и выше допустимо использование металлических электродов.

3.3.5.16. В питающей линии необходимо использовать провода с низким электрическим сопротивлением токонесущих жил и высоким сопротивлением изоляции (типа ГПМП или ГПСМП). Сопротивление изоляции провода питающей линии погонной длиной 1 км должно быть не менее 1 МОм.

3.3.5.17. В приемной линии следует использовать легкие многожильные провода с прочной изоляцией, имеющей высокое сопротивление (типа ГСП-0,5). Сопротивление изоляции приемной линии должно быть не менее 10 МОм.

3.3.5.18. Начальник партии (отряда) или старший геофизик совместно с оператором до начала полевых работ должен ознакомиться с участком, наметить места размещения генераторной и приемной установок и пути подъезда или подхода к ним, определить места размещения питающих заземлений, а также оценить характер и уровень возможных помех. Основные требования к организации работ изложены в разд. 2.

3.3.5.19. Работа на участке начинается с монтажа питающей линии и устройства питающих заземлений. Низкое переходное сопротивление заземлений обеспечивается использованием металлических штыревых электродов, труб, листов, а также устройством заземлений в сырых местах или поливкой грунта подсоленной водой. Для обеспечения стабильности поляризующего тока его плотность в расчете на единицу поверхности заземлителя не должна превышать 1 мА/см^2. Допускается смещать питающие заземления по профилю или в сторону на более благоприятные для заземления места. Положение питающих заземлений A и B фиксируется в полевом журнале и учитывается при вычислении $\rho_к$.

3.3.5.20. На профиле наблюдений подготавливаются приемные линии и лунки для последующей установки неполяризующихся электродов (при сухом грунте лунки под электроды заранее поливают водой).

3.3.5.21. Оператор измерительной установки (ИУ) производит все необходимые соединения блоков аппаратуры и проверяет ее в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации.

Оператор генераторной установки (ГУ) проверяет готовность установки и состояние питающей линии. Включение тока в питающей линии проводится по команде оператора ИУ, который начинает производство наблюдений.

При работе методом ВП с измерением $\varphi_{ВП}$ наблюдения начинаются с определения фазового сдвига в питающей линии.

3.3.5.22. Данные измерений на точке фиксируются в полевом журнале установленной формы (прил. 40—45) или на осциллографной ленте, после чего оператор ИУ дает указания бригаде о переходе на следующую точку наблюдений.

3.3.5.23. При производстве работ в условиях сильных помех для получения более достоверных данных могут быть использованы следующие приемы:

а) проведение измерений на переменном токе;

б) проведение измерений в интервалах времени, когда интенсивность помех минимальна (суточные минимумы активности теллурических токов, выходные дни рудников) и т. д.;

в) увеличение силы поляризующего тока;

г) проведение многократных наблюдений (накопление);

д) уменьшение времени зарядки (изменение частоты);

е) осциллографическая запись измеряемых величин.

Необходимо отметить, что использование рекомендаций пункта «д» должно проводиться с учетом временных (частотных) параметров исследуемых объектов.

3.3.5.24. При измерениях оператор ИУ должен оценивать влияние электродинамических (индукционных) эффектов на результаты измерений. Признаками появления чрезмерно больших электродинамических (индукционных) эффектов являются смена знака напряжения ВП на ранних временах переходной характеристики, положительные значения $\varphi_{ВП}$ или, при измерениях амплитуды, рост $\tilde{\rho}_к$ с увеличением частоты.

3.3.5.25. Правильность наблюдений в методе ВП и высокая их точность обеспечиваются надлежащей подготовкой и квалификацией персонала, исправным состоянием аппаратуры, строгим соблюдением правил техники полевых измерений, систематическим контролем за работой со стороны начальника партии (отряда), старшего геофизика.

3.3.5.26. Точность наблюдений проверяется путем повторных и контрольных измерений.

Повторные измерения (без изменения режимов и перестановки электродов) проводятся систематически через 10 точек в спокойном поле, через 5 — в аномальном, а также на точках, измеренных в условиях сильных помех или не согласующихся с общим ходом измеряемых величин.

Контрольные измерения проводятся при иной силе поляризующего тока или спустя некоторое время после первых измерений (на следующий день или позже). Общий объем контрольных измерений должен составлять не менее 5 %, в условиях сильных помех он может достигать 20—30 %.

3.3.5.27. Точность измерений на отдельной точке оценивается по относительной погрешности, %,

$$\delta = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - x_{ср}|}{|x_{ср}|} \cdot 100, \qquad (31)$$

где δ — относительная погрешность; x_i — измеренное значение наблюдаемой величины; $x_{ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений; n — число измерений на точке.

Средняя относительная погрешность съемки на участке работ вычисляется как среднее арифметическое из погрешностей измерений на отдельных точках. При нормальных условиях наблюдений в ВП на постоянном токе средняя относительная погрешность не должна превышать 5 % для измерений кажущейся поляризуемости $\eta_к$ и 2,5 % — для кажущегося удельного сопротивления $\rho_к$, что соответствует погрешностям 10 % по $\eta_к$ и 5 % по $\rho_к$ при вычислении по формуле, приведенной в ранее действовавшей инструкции. Первую оценку точности делают в процессе полевых работ.

На переменном токе, в фазовой модификации метода ВП мерой точности является абсолютная погрешность — средняя арифметическая разность основных и контрольных наблюдений. В нормальных условиях наблюдений средняя абсолютная погрешность измерений не должна превышать 0,15°. Работа в нормальных условиях предполагает отсутствие существенных помех (см. 3.3.5.23).

При проведении измерений ВП над рудными объектами, обладающими высокой электрохимической активностью, иногда может наблюдаться плохая воспроизводимость повторных измерений, выполненных сразу же после основных измерений, при иной силе поляризующего тока, что вызвано динамикой электрохимических процессов, обусловливающих в конечном итоге значение $\Delta U_{ВП}$. В этих условиях повторные измерения следует проводить только на следующий день или позже и качество работ оценивать по совпадению общей конфигурации графиков.

3.3.5.28. При многократных измерениях $\eta_к$ в условиях сильных помех допускается брать в расчет группу измерений (не менее 60 % от их общего числа), удовлетворяющую требуемой точности, и по ней вычислять средние арифметические значения измеренных величин.

3.3.5.29. В исключительных случаях, когда требуемая в 3.3.5.27 точность $\eta_к$ не может быть достигнута, но получаемые результаты могут все же быть использованы для решения геологической задачи, допускается проведение работ с удвоенной погрешностью измерений, т. е. 10 %. Качество работ при этом оценивается по подобию графиков ΔU. Проведение таких работ должно быть заранее обосновано и утверждено при проектировании.

3.3.5.30. Основным первичным документом при работе по методу ВП является полевой журнал, а при работе с осциллографической записью, кроме того, осциллографные ленты.

Форма записи в журнале зависит от типа измерительной аппаратуры и должна соответствовать форме, рекомендованной инструкцией по эксплуатации аппаратуры, и способу последующей обработки данных. При ручной обработке данных она должна соответствовать форме, рекомендованной инструкцией по эксплуатации аппаратуры. При обработке на ЭВМ форма записи в журнале определяется инструкцией по эксплуатации соответствующей автоматизированной системы.

В полевой журнал вносят: дату, наименование участка, сеть съемки, схему установки, длину разносов, взаимное расположение питающей и приемной линий, положение питающих и приемных электродов, сведения о режиме измерений.

В процессе наблюдений в журнал вносят: напряжение и силу поляризующего тока, разность потенциалов на приемных электродах во время пропускания тока и через определенное время после его выключения (при осциллографической записи в журнале фиксируется чувствительность приемной аппаратуры). При измерениях с длительными зарядками для обеспечения контроля за качеством измерений в журнале записывают значение остаточного напряжения на приемных электродах через 15 с, 30 с, 1 мин и т. д. после выключения поляризующего тока. При фазовых измерениях в журнале регистрируются отсчеты по фазометру. В графу «Примечание» вписывают данные о неисправностях во время работ, повторности измерений, уровне и характере помех, изменении погоды, список нестандартных обозначений.

3.3.5.31. Графики значений $\eta_к$, $\varphi_{ВП}$, $\rho_к$, полученных с установками профилирования, вычерчиваются на миллиметровой бумаге с указанием названия партии (отряда), участка работ, установки, разносов, режима измерений, номеров журналов и лент, горизонтального и вертикального масштабов, условных обозначений. Если работы ведутся в модификации градиента, то указываются положения питающих заземлений и соответствующие этим положениям части графиков.

На графики наносятся результаты повторных и контрольных измерений.

Горизонтальный масштаб берется в соответствии с масштабом съемки или крупнее. Переход на более крупный масштаб обязателен, если расстояние между точками наблюдений на графиках менее 2 мм.

Вертикальный масштаб графиков должен обеспечивать наглядное представление о величине и форме аномалий. В качестве стандартных вертикальных масштабов рекомендуются: для $\eta_к$ в 1 см — 1; 2; 5 %, для $\varphi_{ВП}$ — 0,5; 1; 2°, для $\rho_к$ — 50, 100, 200, 500, 1000 и 2000 Ом·м.

Отдельные части графиков, масштаб которых оказался слишком мелким или крупным, повторяют дополнительно в более удобном масштабе. Графики подписываются оператором и вычислителем.

3.3.5.32. Графики величин, полученных при работе в модификации зондирования, вычерчиваются на стандартных логарифмических бланках. В верхней части бланка указываются участок работ, наименование партии (отряда), местоположение и номер зондирования, режим измерений, номер журнала, а также условные обозначения. Бланк подписывается оператором и вычислителем. В конце и начале графиков надписывают значения полученных величин $\eta_к$, $\rho_к$ и др.

При зондировании вблизи буровой скважины на бланке вычерчивают геологическую колонку. Результаты интерпретации ВП-ВЭЗ также указывают на бланке.

Графики величин, полученных при изучении временных характеристик $\eta_к$, вычерчиваются на полулогарифмических бланках, а при изучении фазовых частотных характеристик — на двойном логарифмическом бланке.

Полевая обработка материалов должна проводиться повседневно.

3.3.5.33. В задачу камеральных работ входит окончательная обработка полевых материалов, их интерпретация и составление отчета. При камеральной обработке производятся выборочная проверка вычислений и правильности обработки осциллограмм, проверка оценки точности наблюдений по участкам и видам работ, определение временных и частотных параметров изучаемых объектов, вычерчивание необходимых графических приложений к отчету.

В результате камеральной обработки должны быть представлены следующие материалы:

а) обзорная карта района работ с расположением участков;

б) геологическая карта, на которой указывается расположение профилей, точек зондирования, точек изучения временных (частотных) характеристик. На карту наносят контуры аномалий ВП и наиболее существенных аномалий других методов, необходимых для оценки природы и перспективности аномалий ВП;

в) сводные планы графиков $\eta_к$, $\rho_к$, $\varphi_{ВП}$.

Представление результатов площадных съемок только в виде планов изолиний недопустимо; если работы на участке выполнялись в различных временных режимах, для построения сводных графиков необходимо провести пересчет на единый временной режим (прил. 39);

г) альбомы графиков зондирования с результатами интерпретации;

д) альбомы графиков временных (частотных) характеристик;

е) планы и разрезы с результатами геологической интерпретации данных метода ВП (положение, размеры аномальных объектов, глубина их залегания, падение, протяженность на глубину).

3.3.5.34. В процессе камеральной обработки на основании рассмотрения материалов метода ВП в сопоставлении с геологическими, геохимическими и геофизическими данными делаются заключения о природе аномалий ВП, выявляются перспективные аномалии и участки, даются рекомендации по детализации выявленных аномалий и намечаются места заложения горных выработок и буровых скважин. Во всех случаях, когда это возможно, производится количественная интерпретация результатов, вплоть до прогнозного подсчета запасов.

Качественная и количественная интерпретация полученных данных ведется способами, изложенными в методической литературе.

Окончательным документом по проведенным работам является отчет, составляемый в соответствии с требованиями разд. 4.

3.3.6. МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ (прил. 46—59)

3.3.6.1. Магнитотеллурические методы электроразведки включают: метод магнитотеллурических (МТЗ) и магнитовариационных (МВЗ) зондирований, метод магнитотеллурического профилирования (МТП), метод теллурических токов (ТТ), метод магнитовариационного профилирования (МВП), метод комбинированного магнитотеллурического профилирования (КМТП) и метод комбинированного магнитотеллурического зондирования (КМТЗ), основанные на изучении вариаций естественного электромагнитного поля Земли.

Применение этих методов в том или ином сочетании между собой или с другими методами электроразведки зависит от решаемых геологических задач и особенностей геоэлектрического разреза изучаемого региона.

3.3.6.2. Магнитотеллурические и магнитовариационные зондирования являются разновидностью частотных электромагнитных зондирований (в данном случае с естественным источником поля). При выполнении МТЗ—МВЗ регистрируют вариации двух горизонтальных составляющих теллурического поля E и двух (МТЗ) или трех (МТЗ—МВЗ) составляющих магнитного поля H с периодом от долей секунд до десятков минут. Для исследования удельной электропроводимости глубоких слоев земли изучаются часовые и суточные вариации магнитотеллурического поля.

3.3.6.3. Метод МТЗ—МВЗ применяется для изучения характера геоэлектрического разреза, выделения комплексов пород различного удельного сопротивления и картирования рельефа опорных геоэлектрических горизонтов (поверхности основа-

ния высокого удельного сопротивления или непосредственно перекрывающей его толщи пород высокого удельного сопротивления и кровли пород низкого удельного сопротивления в осадочном чехле), положения геоэлектрических слоев в земной коре и в верхней мантии Земли. Данные МТЗ—МВЗ служат в качестве опорных наблюдений при исследованиях методами МТП, КМТП и ТТ.

3.3.6.4. При работе с аналоговой аппаратурой типа МТЛ-71 метод МТЗ—МВЗ имеет наибольшую геологическую и экономическую эффективность при региональных исследованиях в масштабе 1 : 1 000 000 и крупнее. Цифровой электроразведочный комплекс (полевая регистрация с аппаратурой типа ЦЭС-1 и -2 и последующая обработка магнитограмм на ЭВМ) позволяет выполнять методом МТЗ—МВЗ как региональные, так и поисковые (детализационные) площадные работы масштабов 1 : 1 500 000—1 : 100 000.

3.3.6.5. Полевые наблюдения по методике МТЗ—МВЗ выполняют с помощью аналоговой магнитотеллурической лаборатории МТЛ-71, цифровой электроразведочной станции ЦЭС-1, -2.

3.3.6.6. При проведении работ с аналоговой аппаратурой руководствуются инструкциями по эксплуатации (см. 3.1.3). При работе со станцией МТЛ-71 ежемесячно выполняют эталонировку градуировочного устройства и магнитометров (относительное расхождение результатов двух смежных эталонировок не должно превышать 3 %). Результаты эталонировки заносятся в журнал (прил. 46).

3.3.6.7. При проведении работ с цифровой аппаратурой руководствуются «Техническим описанием ЦЭС-1 (или ЦЭС-2)» и «Инструкцией по эксплуатации цифровой электроразведочной станции ЦЭС-1 (или ЦЭС-2)», прилагаемыми к аппаратуре. В соответствии с техническим описанием и инструкцией к ЦЭС-1 (или -2) необходимо ежемесячно проводить эталонировку градуировочных устройств, контроль идентичности измерительных каналов и строго соблюдать все требования инструкции по эксплуатации (см. 3.1.3). Длительность регламентных записей и профилактики не превышает 3 приборо-смен в месяц.

3.3.6.8. При регистрации магнитотеллурических вариаций применяют прямоугольные приемные установки, состоящие из двух заземленных приемных линий E_x, E_y, двух магнитометров H_x, H_y и магнитометра H_z.

Приемные линии E_x и E_y выкладываются в виде буквы Г вдоль взаимно перпендикулярных осей x и y. Угол между осью x и широтным направлением не должен превышать 45°. В районах с устойчивой линейной поляризацией поля одну из осей ориентируют по направлению оси поляризации. Можно использовать Т-образную или крестообразную установки. Крестообразная установка имеет преимущества в сильно залесенной, заболоченной местности из-за меньшей вероятности ошибок в длине и азимуте приемных линий. Точность раскладки проводов по заданному направлению $\pm 3°$, что достигается размоткой их по заранее намеченным ориентирам. В густом кустарнике предварительно прорубают визирную линию. Длину приемных линий определяют по меткам на проводах (положение меток ежемесячно проверяют). В районах с интенсивными магнитотеллурическими вариациями, но со сравнительно однородными поверхностными геоэлектрическими условиями оптимальная длина линии установки не должна превышать 0,3—0,5 км. В районах с низким уровнем магнитотеллурического поля, с неоднородными поверхностными условиями, например с островной многолетней мерзлотой, длина приемной установки может достигать 0,8—1 км. Приемные линии заземляют чаще всего с помощью неполяризующихся электродов—(летом) или металлических штыревых электродов (зимой).

Магнитометры для регистрации вариаций H_x, H_y, H_z устанавливают в неглубоких ямах на устойчивых твердых основаниях, на расстоянии между ними не менее 3 м и ориентируют при помощи съемочной буссоли с погрешностью до $\pm 0{,}5°$. Азимут магнитометра для измерения H_x должен совпадать с азимутом оси x, азимут магнитометра для измерения H_y — с азимутом оси y. Полярность магнитометра определяют по указателям полярности: стрелка «y» магнитометра для измерения H_x должна быть направлена в сторону плюсового заземления линии E_y, а стрелка «x» магнитометра для измерения H_y — в сторону плюсового заземления линии E_x. После установки магнитометров в необходимом азимуте буссоль снимают. Яма делается такой глубины, чтобы в ней можно было установить магнитометр и закрыть яму щитами и клеенкой, которые не должны касаться корпуса магнитометра. После окончания работ ямы засыпают ранее вырытой землей и закладывают ранее снятым дерном (прил. 5).

3.3.6.9. Чувствительность регистрируемых каналов и скорость движения фотобумаги (при работе на станциях типа МТЛ-71) подбирают таким образом, чтобы средняя амплитуда вариаций и их периоды соответствовали на фотобумаге расстояниям примерно 20—40 мм. Такому требованию обычно отвечает регистрация короткопериодных вариаций ($T = 10 \div 60$ с) на высоких чувствительностях каналов при скорости движения бумаги 0,2—0,5 см/с. Вариации с периодами в сотни и тысячи секунд регистрируются на грубой чувствительности каналов при скорости движения бумаги 0,5—1,0 см/мин. Каналы градуируют в начале и конце записи в последовательности: E_x, E_y, H_x, H_y, H_z. Градуировочные импульсы должны иметь на осциллограмме амплитуду примерно 30—50 мм, длину 2—3 см, скорость записи градуировки должна быть равна скорости записи осциллограммы. Число градуировочных импульсов не менее четырех (по два импульса разной полярности). При сложном поле число градуировочных импульсов следует увеличивать. По микроамперметру пульта управления контролируется сила тока в цепи градуировочного устройства (0,5 мА).

Изменение пределов измерений (смена чувствительности каналов) отмечается кратковременным выключением осветителя; до и после изменения пределов измерений каналы градуируют. При зашкаливании одного из бликов его возвращают на фотобумагу с помощью компенсатора постоянного электрического напряжения.

Средняя длительность одной записи при работах МТЗ составляет: в дневное время, когда регистрируются короткопериодные колебания с периодом до 60—100 с, — 2 ч; в ночное время, когда регистри уются длиннопериодные колебания с периодом более 100 с, — 6—8 ч. В зависимости от суммарной продольной проводимости изучаемого разреза общая длительность регистрации вариаций с использованием аналоговой аппаратуры колеблется от 1 до 6—7 сут.

Длительность регистрации с цифровой станцией в среднем не превышает 24 ч, а в сложных геологических условиях — 72 ч, без учета дней с отсутствием вариаций. В сложных геологических условиях (складчатые области с большой мощностью осадочного чехла, горные районы со слабыми вариациями поля и др.) общая длительность регистрации вариаций может быть увеличена в 1,5 раза. В этом случае затраты времени обосновываются техническим проектом. В режиме низкочастотного МТЗ проводится 2—4, среднечастотного — 4, высокочастотного — 4 записи.

Запись характеристик магнитотеллурического поля на каждом пункте МТЗ должна содержать его вариации с периодами, равномерно заполняющими интервал от нескольких секунд до нескольких сотен или тысяч секунд в зависимости от удельной электропроводности изучаемого разреза. Для аналоговых станций каждому периоду должно соответствовать не менее 8—10 групп квазисинусоидальных импульсов, характеризуемых различной поляризацией поля. В районах с горизонтально-неоднородным разрезом наблюдения в полевых пунктах по методике МТЗ-МВЗ выполняются синхронно с наблюдениями в базисном (эталонном) пункте с целью изучения пространственного распределения составляющих поля, необходимого для качественной интерпретации результатов наблюдений и количественного снятия искажений кривых зондирования с помощью нормирования импеданса на внутреннее магнитное поле.

3.3.6.10. При выполнении МТП регистрируют вариации горизонтальных составляющих теллурического E и магнитного H полей с периодом от 10—15 до 60—80 с, относящиеся $S_{инт}$ (главному или расширенному интервалу МТП) или $h_{инт}$.

Метод МТП применяют для изучения рельефа поверхности опорного геоэлектрического горизонта высокого удельного сопротивления (кристаллического фундамента или непосредственно перекрывающей его толщи высокого удельного сопротивления) или рельефа кровли отложений высокой удельной электропроводности в надопорной толще. Метод МТП применяется с сочетании с опорными МТЗ и методом ТТ. Наибольший экономический эффект метод МТП дает при региональных площадных исследованиях в масштабах 1 : 1 000 000—1 : 500 000. При поисковых и детализационных работах методом ТТ в среднем масштабе метод МТП используют для получения опорных значений суммарной продольной проводимости разреза или глубины залегания кровли отложений высокой удельной электропроводности.

3.3.6.11. Для применения МТП благоприятными являются следующие условия:

а) исследуемый геоэлектрический разрез сводится к разрезу типа Н;

б) высокое удельное сопротивление ρ_n основания (опорного горизонта) не менее чем в 20—100 раз превышает среднее продольное удельное сопротивление ρ_l надопорной толщи; величина ρ_l либо не меняется по площади съемки, либо испытывает плав-

ные изменения, для изучения которых достаточно небольшого объема сейсмических или электроразведочных опорных измерений;

в) удельное сопротивление ρ_{n-1} горизонта, перекрывающего основание высокого удельного сопротивления, по крайней мере в 10 раз меньше удельного сопротивления вышележащих отложений;

г) в разрезе, особенно в его верхней части, отсутствуют резкие нарушения горизонтальной однородности напластований.

3.3.6.12. Опорные и параметрические МТЗ должны составлять не менее 3 % от общего числа наблюдений МТП. При использовании расширенной формулы МТП или выполнении МТП в интервале $h_{инт}$ опорные МТЗ должны составлять не менее 10 % от общего числа наблюдений МТП. Опорные МТЗ равномерно распределяют по площади съемки. Параметрические МТЗ выполняют у глубоких скважин, а также на участках, изученных сейсморазведкой и электрическими зондированиями с искусственными источниками тока. При съемке в расширенном интервале МТП все минимумы и максимумы S необходимо подтверждать МТЗ. Если при этом записей МТП на пункте недостаточно для построения кривых МТЗ, необходимо проводить дополнительные записи вариаций.

3.3.6.13. Полевые наблюдения при производстве работ методом МТП ведутся в дневное время, когда наиболее часты вариации с периодами от 10—15 до 60—80 с. Длительность записи на пункте МТП в зависимости от сложности магнитотеллурического поля составляет от 40 мин до 2 ч (помимо времени, необходимого для градуировки каналов). Запись считается достаточно полной, если она содержит 8—10 групп квазисинусоидальных импульсов E_x, E_y, H_x, H_y, характеризуемых различной поляризацией магнитотеллурического поля. В районах с устойчивой линейной поляризацией поля запись должна содержать 15—20 квазисинусоидальных импульсов, входящих в интервал МТП.

3.3.6.14. Метод ТТ основан на синхронной регистрации в полевых и базисных пунктах вариаций горизонтальных составляющих теллурического поля E. В методе ТТ регистрируются вариации поля с периодом от 10—15 до 60—80 с, относящиеся к интервалам $S_{инт}$ (главный и расширенный) или $h_{инт}$ (левая нисходящая ветвь).

3.3.6.15. Метод ТТ применяется для решения широкого круга геологических задач — от регионального изучения тектоники районов до поисков локальных объектов (структур, перспективных на нефть и газ, рудных узлов железорудных месторождений, зон повышенной минерализации, погребенных вод и т. д.). Применение метода ТТ целесообразно во всех случаях, когда упомянутые объекты поиска могут проявиться аномалиями по удельной электропроводности. Работы по методу ТТ проводятся в масштабах от региональных съемок до 1 : 100 000—1 : 50 000 и осуществляются обычно в комплексе с опорными МТЗ, МТП и различными вариантами электрических зондирований. Для применения метода ТТ благоприятны те же условия, что и для метода МТП (см. 3.3.6.11).

3.3.6.16. Наблюдения вариаций теллурических токов ведутся обычно с помощью осциллографической записи с использованием электроразведочных шлейфовых осциллографов. Синхронизация полевых и базисных осциллограмм выполняется с помощью посылаемых по радио марок времени, вырабатываемых телевключателем.

3.3.6.17. Максимальное расстояние между полевой и базисной станциями в зависимости от района работ может достигать 50—100 км и более. Максимально допустимые расстояния выбираются в зависимости от надежности радиосвязи в районе работ при условии сохранения линейно-однородных соответствий, связывающих напряженности теллурических токов в полевом и базисном пунктах.

3.3.6.18. При наблюдениях вариаций теллурических токов используются прямоугольные установки. Если условия местности не позволяют этого, допускается уменьшение угла до 70°. В этом случае в результаты наблюдений вносятся поправки в соответствии с методическими рекомендациями. В зависимости от условий местности приемные установки могут быть Г-, Т- или крестообразными. Длина приемной установки может меняться в зависимости от условий работ и чувствительности применяемой аппаратуры и для большинства районов быть принята равной 150—200 м. Погрешности в определении длины приемной установки не должны превышать 0,5 %. Погрешности в определении их азимута не выше $\pm 3°$. Заземления с помощью неполяризующихся электродов (летом) или металлических пикетов (зимой) выбираются в местах с однородным грунтом вдали от обрывов, металлических конструкций и других объектов, могущих вызвать искажение поля теллурических токов.

3.3.6.19. Длительность наблюдения вариаций поля теллурических токов на каждой точке определяется их интенсивностью и особенностями поляризации поля. В общем случае запись должна содержать материал для построения 10—12 векторов вариаций, расположенных в различных квадрантах. При выполнении наблюдений в опорных пунктах запись должна содержать материал для построения 40 векторов вариаций. В случае устойчивой квазилинейной поляризации поля одна из приемных линий ориентируется по направлению оси поляризации поля. При этом на теллурограмме будет зарегистрировано видимое вращение векторов поля. Теллурограмма, записанная без вращения векторов поля и не обеспечивающая получения теллурического параметра $\mathscr{K}$ (отношение эффективных напряженностей электрического поля), является браком. Градуировка регистрирующих каналов, выбор скорости протяжки фотобумаги и чувствительности регистрации осуществляются по тем же правилам, что и в методах МТЗ, МТП.

3.3.6.20. Распорядок рабочего дня партии (отряда), выполняющей работы методом ТТ, устанавливается в зависимости от суточного хода интенсивности и частотного спектра вариаций поля теллурических токов. Как правило, вариации с периодом от 10 до 150 с наиболее интенсивны и выдержаны во времени в утренние и дневные часы местного времени. Отклонения от этой закономерности выявляются в ходе полевых работ и являются основанием для корректировки распорядка рабочего дня партии.

3.3.6.21. При выполнении региональных исследований, охватывающих значительную территорию (превышающую 1000—1500 км^2), положение базисной станции приходится несколько раз менять. При этом базисные станции помещают в точках опорной сети, которая создается путем выполнения наблюдений характеристик поля теллурических токов повышенной точности, что достигается посредством двукратных независимых наблюдений. Если число опорных точек превышает четыре, то опорная сеть должна составлять замкнутые полигоны для последующего уравнивания.

3.3.6.22. Проверка состояния аппаратуры и оборудования выполняется по той же программе, что и проверка электрических каналов аппаратуры в методах МТЗ, МТП (см. 3.3.6.9). Кроме того, перед началом полевых работ методом ТТ и после их завершения проверяется работа телевключателей. Проверка производится путем осциллографической регистрации марок времени, посылаемых двумя телевключателями, из которых один работает в режиме передачи импульсов, а второй — в режиме приема импульсов. Запаздывание марок времени при совместной работе двух телевключателей не должно превышать 0,1 с.

При проверке идентичности комплектов аппаратуры прямоугольные приемные установки выкладываются параллельно друг другу на расстоянии 5—6 м. Результат обработки совместной записи (параметр $\mathscr{K}$) не должен отличаться от единицы более чем на 5 %.

3.3.6.23. В процессе полевых работ методом ТТ должны выполняться опорные и параметрические наблюдения МТЗ или МТП в объеме не менее 3 % от общего числа наблюдений ТТ. При выполнении работ методом ТТ в интервале $h_{инт}$ наблюдения МТЗ—МТП должны составлять не менее 10 % от общего числа наблюдений ТТ. Опорные пункты МТЗ—МТП равномерно распределяются по площади съемки. Сгущение опорных зондирований необходимо на участках резкой смены геоэлектрического разреза, где может происходить переход регистрируемых в методе ТТ вариаций из одного частотного интервала кривой МТЗ в другой.

3.3.6.24. Метод МВП основан на сихронной регистрации в полевых и базисной точках компонент полного вектора магнитного поля. В методе МВП регистрируются вариации геомагнитного поля с периодами от 10—15 до 60—80 с, относящиеся к интервалам $S_{инт}$ или $h_{инт}$. Для наблюдения вариаций используются станции типа МТЛ-71.

3.3.6.25. Метод МВП применяется для изучения экранированных проводящих отложений как при региональных, так и при поисковых детализационных съемках.

3.3.6.26. Полевые работы методом МВП проводятся с соблюдением соответствующих требований к выполнению работ методами ТТ и МТП.

3.3.6.27. Метод КМТП основан на синхронной регистрации в полевых и базисной точках вариаций теллурического и магнитного полей. Благоприятными для применения КМТП являются условия, в которых вариации с периодом от 10—20 до 60—80 с входят в главный интервал МТП.

3.3.6.28. Метод КМТП применяется при среднемасштабных (1 : 100 000—1 : 50 000) поисковых и детализационных съемках в районах, геоэлектрический разрез которых содержит экраны высокого удельного сопротивления, для изучения экранированных отложений низкого удельного сопротивления.

3.3.6.29. Наблюдения вариаций магнитотеллурического поля при работах методом КМТП ведут с помощью аналоговых или цифровых станций типа МТЛ-71 и ЦЭС-1. Базисные точки располагаются равномерно по площади съемки. Радиус действия каждой базисной точки может достигать 30—50 км и более. Каждую базисную точку связывают по крайней мере с несколькими десятками полевых точек. На отработку одной базисной точки уходит не менее 10—15 дней. За это время на базисной точке получают материал, достаточный для построения амплитудной кривой МТЗ и определения $S^{p}_{эф}$ — суммарной продольной проводимости и ρ_n подстилающего основания высокого удельного сопротивления. Измерения на базисных точках в методе КМТП служат опорными наблюдениями.

3.3.6.30. Контрольные наблюдения в магнитотеллурических методах должны составлять не менее 5 % от общего числа наблюдений. Среднее квадратичное расхождение между значениями модулей эффективного импеданса $|Z_{эф}|$ контрольных и контролируемых наблюдений в методах МТЗ и МТП, а также между контрольными и контролируемыми значениями теллурического параметра $\mathcal{H}$ не должно превышать ± 5 %.

3.3.6.31. Топографические работы при магнитотеллурических наблюдениях сводятся к определению планового положения и альтитуд точек наблюдения (см. 3.2). Допустимые погрешности определения планового положения точек наблюдения обусловливаются масштабом съемки (0,8 мм отчетной карты, но не более 200 м). Обычно точки опознаются по аэрофотоснимкам и картам масштаба 1 : 50 000—1 : 100 000. Высоты точек снимаются с карт масштаба 1 : 50 000—1 : 100 000 (допустимая погрешность 15 м).

3.3.6.32. Все данные, характеризующие полевые записи магнитотеллурического поля, заносят в полевые журналы (прил. 47—49). Каждую осциллограмму и теллурограмму снабжают паспортом по прил. 50—51. В графе «Пределы измерений» указывают положение переключателя пределов измерения или чувствительности измерительных каналов, в графе «Градуировка» — положения переключателя градуировочных напряжений. В камеральном бюро ведется журнал регистрации осциллограмм и теллурограмм (прил. 52—53).

3.3.6.33. При обработке наблюдений магнитотеллурического поля вычисления производятся в следующих единицах: напряженность теллурического поля — мВ/км, напряженность магнитного поля — γ (А/нТл), модуль импеданса — мВ/(км·γ) [мВ/(км·нТл)].

3.3.6.34. Обработка наблюдений МТЗ—МВЗ сводится к определению модулей и аргументов основных Z_{xy}, Z_{yx} и дополнительных Z_{xx}, Z_{yy} импедансов, магнитных параметров X_{zx}, X_{zy}, построению круговых диаграмм модуля основного $|Z_{xy}(\alpha)|$ и дополнительного $|Z_{xx}(\alpha)|$ импедансов и магнитного параметра $|X_{zx}(\alpha)|$. Значения модулей и аргументов основных импедансов используются для построения осредненных амплитудных и фазовых кривых $|Z| = f(\sqrt{T})$ и $\varphi_z = f(\sqrt{T})$. Осредненные кривые импедансов трансформируются в кривые кажущихся удельных сопротивлений и фазовые кривые по формулам $|\rho_{xy}, \rho_{yx}| = 0{,}2T|Z_{xy}Z_{yx}|^2$; $\varphi_{\rho_{yx}}, \varphi_{\rho_{yx}} = 2\varphi_{Zxy,\ Zyx}$.

Амплитудные кривые кажущегося удельного сопротивления МТЗ и кривые МВЗ строят на логарифмических бланках, откладывая по оси абсцисс $\sqrt{T}$, а по оси ординат соответственно значения $|\rho_{xy}|$, $|\rho_{yx}|$ и $|X_{zx}|$, $|X_{zy}|$. Фазовые кривые строятся в логарифмическом масштабе по оси абсцисс и в арифметическом по оси ординат. По осям откладывают соответственно $\sqrt{T}$ и $\varphi_{xy}, \varphi_{yx}$ (в арифметическом масштабе одному модулю бланка соответствует 57,3°).

Результаты обработки наблюдений КМТЗ должны содержать частотные характеристики теллурических ($\mu_{xx}, \mu_{yy}, \mu_{xy}, \mu_{yx}$) и магнитных ($\nu_{xx}, \nu_{yy}, \nu_{xy}, \nu_{yx}$) параметров в изучаемом частотном диапазоне. Графики параметров строятся в зависимости от величины $\sqrt{T}$ на логарифмических бланках.

3.3.6.35. Обработка наблюдений МТП сводится к определению модуля импеданса $|Z|$ и вычислению суммарной продольной проводимости S отложений, перекрывающих опорный горизонт высокого удельного сопротивления, либо вычислению

глубины залегания h кровли отложений низкого удельного сопротивления в надопорной толще. Для количественной интерпретации данных МТП в интервале S необходима дополнительная информация о среднем продольном удельном сопротивлении ρ_l надопорной толщи. Ее получают по результатам бурения, сейсморазведки (МОВ, КМПВ) и других методов электроразведки (ВЭЗ, ДЭЗ, ЗС, МТЗ).

3.3.6.36. Обработка наблюдений в методе ТТ сводится к определению средней относительной напряженности $\overline{E}^{p}$ электрического поля в полевых точках наблюдений p по отношению к средней напряженности электрического поля $\overline{E}^{q}$ в базисной точке q, принятой за единицу. Для определения средней напряженности используют способы сопряженных эллипсов, треугольников и наименьших квадратов. Значения средней напряженности поля связаны с суммарной продольной проводимостью S_T разреза или глубиной залегания кровли отложений низкого удельного сопротивления h.

3.3.6.37. Обработка наблюдений КМТП сводится к определению параметров $\mathcal{H}$ и $\mathcal{N}$, представляющих собой отношение эффективных напряженностей электрического ($\mathcal{H}$) и магнитного ($\mathcal{N}$) полей в полевой и базисной точках. Для этой цели используются приемы метода ТТ. В базисных точках определяется модуль эффективного импеданса $Z^{p}_{\text{эф}}$ и вычисляется суммарная продольная проводимость $S^{p}_{\text{эф}}$ способами интерпретации метода МТЗ. Значения суммарной продольной проводимости $S^{q}_{\text{эф}}$ в полевых пунктах вычисляются по формуле

$$S^{q}_{\text{эф}} = \left[\frac{1}{|Z^{q}_{\text{эф}}|} - \sqrt{\frac{T}{10\rho_n}}\right] \approx \frac{\mathcal{N}}{\mathcal{H}} S^{p}_{\text{эф}} + 796\left(\frac{\mathcal{N}}{\mathcal{H}} - 1\right)\sqrt{\frac{T}{10\rho_n}} \qquad (32)$$

при $\rho_n = \infty$, $S^{q}_{\text{эф}} \approx (\mathcal{N}/\mathcal{H})\, S^{p}_{\text{эф}}$.

3.3.6.38. Обработка синхронных вариаций геомагнитного поля сводится к определению (с помощью приемов обработки в методе ТТ) параметра $\mathcal{N}$ либо к определению способом наименьших квадратов коэффициентов линейных связей ν_{xx}, ν_{yy}, ν_{xy}, ν_{yx}, характеризующих соотношение между горизонтальными составляющими магнитного поля в полевом и базисном пунктах.

3.3.6.39. Осциллограммы, полученные с помощью аналоговой аппаратуры, считаются пригодными для обработки, если выполнены следующие условия:

а) осциллограмма хорошо проявлена и запись достаточно контрастна;

б) удовлетворены все требования, перечисленные в 3.3.6.6, 3.3.6.8, 3.3.6.9, 3.3.6.13, 3.3.6.18, 3.3.6.19, 3.3.6.22, 3.3.6.32;

в) градуировочные импульсы различной полярности отличаются не более чем на 2 %;

г) градуировочные импульсы не искажены поляризацией электродов и свидетельствуют о критическом режиме работы гальванометров;

д) осциллограмма имеет четкие марки времени;

е) дрейф нуля в теллурических (0,03 мВ/мин) и магнитных (0,05γ/мин) каналах практически не заметен (для МТЛ-71);

ж) паразитные связи между каналами отсутствуют;

з) амплитуда высокочастотных помех, вызывающих неравномерный размах пишущих бликов, не превышает 10 % средней амплитуды вариаций и значений градуировочных импульсов.

3.3.6.40. Постоянные теллурических P_E и магнитных P_H каналов определяются по формулам:

$$P_E = \frac{\Delta U_{\text{г}}}{l_{\text{г}} l_{MN}} \cdot 100; \qquad (33)$$

$$P_H = (H_{\text{г}}/l_{\text{г}}) \cdot 100, \qquad (34)$$

где $\Delta U_{\text{г}}$ — градуировочное напряжение, мВ; $H_{\text{г}}$ — напряженность градуировочного магнитного поля, γ.

Градуировочные импульсы обрабатываются по способу смещения (с помощью кальки). Между постоянными каналов в начале и конце записи допускаются расхождения, не превышающие 5 %.

3.3.6.41. Значения импедансов по аналоговым записям вариаций поля определяют по квазисинусоидальным импульсам E_x, E_y, H_x, H_y, взятым на участках установившихся вариаций магнитотеллурического поля. Квазисинусоидальные импульсы должны иметь четко выраженные экстремумы. Амплитуду, период и фазовый сдвиг импульсов находят по способу касательных. При МТП обрабатываются импульсы, входящие в интервалы $S_{инт}$ (главный или расширенный интервал МТП) или $h_{инт}$. При МТЗ обрабатываются импульсы в возможно широком диапазоне периодов (в зависимости от суммарной продольной проводимости разреза). В зависимости от поляризации поля, характера вариаций, геоэлектрических условий района работ и технических возможностей обработку аналоговых записей ведут различными ручными способами, основанными на визуальном анализе вариаций (векторов поляризации, наименьших квадратов, среднего кажущегося импеданса, кажущихся импедансов), или на ЭВМ с предварительной ручной или полуавтоматической подготовкой материалов — способом векторов поляризации с предварительным выделением первой гармоники анализируемых вариаций, способом наименьших квадратов, по программе узкополосной математической фильтрации, по программе «Период», реализующей способ спектрального анализа КПК, по программе многомерного корреляционного анализа и другим в соответствии с методическими рекомендациями.

3.3.6.42. Из способов обработки, основанных на визуальном анализе вариаций, наиболее полную и точную информацию дают способы векторов поляризации и наименьших квадратов. Эти способы позволяют определять эффективный импеданс $Z_{эф}$, основные импедансы Z_{xy}, Z_{yx} и дополнительные импедансы Z_{xx}, Z_{yy}. Способ векторов поляризации в МТП применим в тех случаях, когда осциллограмма содержит не менее четырех-пяти групп квазисинусоидальных импульсов E_x, E_y, H_x, H_y, характеризуемых различной поляризацией поля, а в МТЗ — в тех случаях, когда на осциллограмме для каждого из периодов, используемых для построения кривой ρ_T, имеются по крайней мере две группы квазисинусоидальных импульсов, поля, характеризуемых различной поляризацией. Способ векторов поляризации удобен для первичной (в полевых условиях) обработки осциллограммы. Его используют для обработки рядовых и опорных наблюдений МТП и МТЗ, а также для обоснования возможности применения и проверки других способов обработки. Способ векторов поляризации применим при выполнении следующих методических требований:

а) фазовый момент импульсов сдвинут от их центра не более чем на 1/20 периода;

б) периоды импульсов E_x, E_y, H_x, H_y в каждой группе различаются не более чем на 10 %;

в) в каждой группе один из теллурических и один из магнитных импульсов имеют амплитуду более 10 мм;

г) разности фаз, определенные по способам сдвига и проекций, различаются не более чем на 15°;

д) каждый вектор поляризации поля принимает участие не более чем в двух выделенных парах;

е) при МТЗ векторам поляризации поля, объединенным в пары, соответствуют периоды, отличающиеся не более чем на $\pm$15 % от среднего;

ж) угол между векторами поляризации в каждой паре превышает 90°, а длина одного из векторов больше 0,5;

з) длина векторов поляризации, входящих в пару с нуль-векторами (нулевой длины), больше 1 (числителям нуль-векторов соответствуют импульсы, амплитуда которых меньше 1 мм).

Все данные об амплитудных и фазовых измерениях, выполненных при обработке осциллограмм по способу векторов поляризации, заносят в журнал (прил. 54). Диаграммы векторов поляризации строят на бланках с миллиметровой сеткой.

В пределах главного интервала МТП между отдельными значениями модулей эффективного и основного импедансов допускаются расхождения, не превышающие 15—20 %, а между отдельными значениями аргументов импедансов — не более 20—25°. За пределами главного интервала МТП сходимость значений модулей и аргументов эффективного и основного импедансов определяют по результатам, полученным для периодов, различающихся не более чем на 10 %. При этом допускаются расхождения не выше 15 % по модулю и 15—20° по аргументу. В районах с плавными изменениями геоэлектрического разреза, где дополнительные импедансы по модулю значительно меньше основных, определение Z_{xx}, Z_{yy} затруднено. В этом случае более

надежные результаты дает обработка по способу наименьших квадратов. В соответствии с методическими рекомендациями корреляцию импульсов и амплитудно-фазовые измерения наблюденного поля в способе наименьших квадратов выполняют так же, как в способе векторов поляризации. Обрабатываемые группы импульсов должны характеризоваться различной поляризацией поля (изменения $\varphi_{H_x} - \varphi_{H_y}$ не менее 40—50° или H_{x_0}/H_{y_0} не менее 50 %). Для оценки основных импедансов в полевых условиях допускается применение способа кажущихся импедансов:

$$\overline{Z}_{xy} = (|E_x|/|E_y|)\, e^{-i\varphi_{xy}};$$

$$\overline{Z}_{yx} = (|E_y|/|E_x|)\, e^{-i\varphi_{yx}}.$$

При правильной разбивке установки относительно осей поляризации и двухмерной среды этот метод дает близкие к истинным значения основных импедансов. В камеральный период обязательна переработка теллурограмм способами векторов поляризации или наименьших квадратов.

3.3.6.43. В полевых условиях для экспресс-анализа [при $(|Z_{xx}|/|Z_{xy}|) : (|Z_{yy}|/|Z_{yx}|)$ не более 0,1] обработку способами поляризации и наименьших квадратов комплексируют с приближенными способами: способом кажущихся импедансов и способом среднего кажущегося импеданса. При этом к осциллограммам предъявляют менее строгие требования. Например, при МТЗ по крайней мере на двух периодах должно быть выполнено 8—10 измерений среднего кажущегося импеданса $|\overline{Z}_к|$, а на остальных периодах их число может быть сокращено до трех-четырех (значения $|\overline{Z}_к|$ должны относиться к различным квадрантам).

Способ кажущихся импедансов применяют при МТЗ и МТП для определения основных импедансов. В соответствии с методическими рекомендациями этот способ наиболее пригоден для быстрой первичной обработки в полевых условиях. Условия применимости способа кажущихся импедансов определяются отношениями импедансов U_{xx} и U_{yy}:

$$U_{xx} = |Z_{xx}|/|Z_{xy}| \text{ и } U_{yy} = |Z_{yy}|/|Z_{yx}|.$$

Если выполняется условие $U_{xx}/|h_{xy}| \leqslant 0{,}1$, где магнитное число $h_{xy} = H_{x_0}/H_{y_0}$ (H_{x_0}, H_{y_0} — амплитуды геомагнитных вариаций поля при их квазилинейной поляризации), то справедливо приближенное соотношение между основным и кажущимся импедансами $Z_{xy} \approx Z^к_{xy}$. Аналогично, если $U_{yy}/|h_{xy}| \leqslant 0{,}1$, то $Z_{yx} \approx Z^к_{yx}$. Если по результатам опорных измерений известно, что в районе исследований $U_{xx} \leqslant U_0$, $U_{yy} \leqslant U_0$ (U_0 — соотношение дополнительного и главного импедансов при квазилинейной поляризации поля), то для всех колебаний, удовлетворяющих условию $|h_{xy}| \leqslant (1/10)\, U_0$, справедлива формула $Z_{xy} \approx Z^к_{xy}$, а при выполнении условия $|h_{xy}| \geqslant 10U_0$ справедливо $Z_{yx} \approx Z^к_{yx}$. Если осциллограмма не содержит достаточного числа импульсов, удовлетворяющих этим условиям, то применяют способ графического определения $|Z_{xy}|$, $|Z_{yx}|$, получивший название модифицированного способа кажущихся импедансов. Способ основан на том, что при $U_{xx} \leqslant U_0$ и при фазовом сдвиге между компонентами H_x и H_y $\operatorname{Arg} h_{xy} = \varphi_{H_x} - \varphi_{H_y} = \text{const}$, зависимость $|Z^к_{xy}|$ от $|h_{xy}|$ в интервале значений $|h_{xy}|$ от 0 до 1/2 имеет почти линейный характер, причем $|Z^к_{xy}| = |Z_{xy}|$ при $|h_{xy}| = 0$. Определение $|Z_{xy}|$ и $|Z_{yx}|$ сводится к построению графиков зависимости $|Z_{xy}| = f(|h_{xy}|)$ и $|Z_{yx}| = f(|h_{yx}|)$. Обрабатываются колебания, удовлетворяющие условиям: $|h_{xy}| \leqslant (1/2)\, U_0$ и $\operatorname{Arg} h_{xy} = \text{const}$ (с погрешностью $\pm 15°$) при определении $|Z_{xy}|$ и $|h_{xy}| \geqslant 2U_0$ и $\operatorname{Arg} h_{xy} = \text{const}$ (с погрешностью $\pm 15°$) при определении $|Z_{yx}|$.

Значения импедансов определяют по группам импульсов, у которых амплитуды превышают 10 мм. Разброс значений $|Z_{xy}|$, $|Z_{yx}|$, соответствующих одному и тому же периоду, не должен превышать 20 %. При МТП должно быть выполнено не менее 15 определений модулей основных импедансов.

Способ среднего кажущегося импеданса в соответствии с методическими рекомендациями применяют при МТЗ и МТП в районах с плавными изменениями геоэлектрического разреза, где значения $|\overline{Z}^к|$ практически не зависят от поляризации поля.

Способ применим при выполнении следующих условии:

а) амплитуда обрабатываемых импульсов поля должна быть больше 10 мм;

б) разность фаз $\varphi_{H_x} - \varphi_{H_y}$ при переходе от одной группы импульсов к другой должна меняться;

в) отношения произведений постоянных каналов P_E, P_H и амплитуд A_E, A_H сигналов, пропорциональных соответствующим напряженностям поля, $(P_{E_x}A_{E_x})/(P_{E_y}A_{E_y})$ и $(P_{H_x}A_{H_x})/(P_{H_y}A_{H_y})$ должны быть в пределах 0,5—2;

г) периоды импульсов в каждой группе не должны различаться более чем на 15 %.

В главном интервале МТП значения $|\bar{Z}^к|$ и $\mathrm{Arg}\,\bar{Z}^к$ можно осреднять, если периоды вариаций различаются не более чем в 4 раза. В дополнительном интервале МТП $h_{инт}$ и при МТЗ осредняемым значениям $|\bar{Z}^к|$ и $\mathrm{Arg}\,\bar{Z}^к$ должны отвечать периоды, различающиеся не более чем на 10—15 %. При МТП должно быть выполнено не менее 8—10 измерений $\bar{Z}^к$ с равномерным распределением фазовых углов по квадрантам. Между отдельными значениями $|\bar{Z}^к|$, полученными в главном интервале МТП, допускаются расхождения не выше 25 %, такие же расхождения допускаются между отдельными значениями $|\bar{Z}^к|$, соответствующими одинаковым периодам за пределами главного интервала МТП. Между средними $|\bar{Z}^к|$ для каждого квадранта допускаются расхождения не выше 10—15 %.

Контрольные определения модуля эффективного импеданса $|Z_{эф}|$ способом векторов поляризации (или способом наименьших квадратов) должны составлять не менее 20 % от общего числа определений способом среднего кажущегося импеданса. Между значениями $|Z_{эф}|$, полученными способом среднего кажущегося импеданса и способом векторов поляризации (наименьших квадратов), допускается средневзвешенное расхождение не более 5 %. При МТЗ по крайней мере на двух периодах должно быть выполнено 8 —10 измерений $|\bar{Z}^к|$, а на остальных периодах их число может быть сокращено до 3—4 (значения $|\bar{Z}^к|$ должны относиться к различным квадрантам). Допустимость такого сокращения контролируют разбросом точек на кривой МТЗ. Каждая кривая МТЗ, построенная по $|\bar{Z}^к|$, по крайней мере на двух-трех периодах должна быть подтверждена способом векторов поляризации (наименьших квадратов).

3.3.6.44. По вариациям составляющих геомагнитного поля H_x, H_y, H_z могут быть определены магнитные параметры X_{zx}, X_{zy}. Наиболее надежно определяются магнитные параметры способом наименьших квадратов. При этом используют 8—10 групп импульсов, характеризуемых различной поляризацией поля. Периоды импульсов в группах и средние периоды групп могут различаться не более чем на 15—20 %. Вычисления ведутся по схеме, аналогичной схеме определения импедансов способом наименьших квадратов.

3.3.6.45. При регистрации магнитотеллурических процессов с аналоговыми станциями в расчете на последующую обработку материалов с помощью ЭВМ должны соблюдаться следующие требования.

1. Временная развертка должна быть такой, чтобы длина минимального периода на осциллограмме составляла не менее 15—20 мм.

2. Чувствительность измерительных каналов должна подбираться с таким расчетом, чтобы амплитуда вариаций с минимальным периодом составляла не менее 20 мм.

3. Нестабильность скорости лентопротяжного механизма не должна превышать 5 %.

4. Не должно быть неустранимых разрывов в процессе записи характеристик поля (компенсационные сигналы должны вводиться своевременно).

5. Длительность непрерывного участка записи характеристик поля должна составлять не менее 100 колебаний гармоник высшей частоты (гармоник низшей частоты на таком участке записи будет в 5—10 раз меньше).

6. Регистрацию вариаций магнитотеллурического поля рекомендуется проводить для различных интервалов периодов на следующих скоростях движения фотобумаги:

Период, с	Скорость, мм/с
10—100	2,4—1
60—600	0,4—0,16
150—1200	0,16—0,06
400—3600	0,06

7. Для оцифровки, как правило, отбираются осциллограммы с наиболее сложной формой записи (наложение различных периодов колебаний).

3.3.6.46. Обработка аналоговых материалов магнитотеллурических исследований проводится на ЭВМ по способам векторов поляризации и наименьших квадратов с предварительной подготовкой исходного материала вручную. Трудоемкость такой подготовки, а также неизбежные погрешности амплитудно-фазовых измерений, особенно существенные на периодах выше 100 с, ограничивают применение программ для этих способов.

Более широкое распространение получили специализированные программы обработки: программа узкополосной математической фильтрации и многомерного корреляционного анализа, например «Период-2», и другие анологичные. Предварительная подготовка материала сводится здесь к строгому отбору входных данных, удовлетворяющему требованиям каждой из программ, и оцифровке отобранного материала вручную в десятичном коде или в двоичном коде на полуавтоматическом преобразователе типа Ф-001. При использовании программы «Период-2» для ввода на ЭВМ отбираются и переводятся в дискретную форму с шагом $\Delta t = 0{,}2T_{\min}$ записи с квазисинусоидальной формой вариаций поля ($T_{\min}$ — период, ограничивающий спектр колебаний со стороны высоких частот). Длина обрабатываемых участков выбирается такой, чтобы число отсчетов по каждому каналу было нечетным и не превышало 149. Оптимальное число отсчетов находится в пределах 81—101. Затраты машинного времени на обработку одного МТЗ в интервале $T = 10 \div 100$ с по программе «Период-2» колеблются в пределах 0,5—1,0 ч в зависимости от длины анализируемых участков и их числа. Недостатком программы «Период-2» является ограниченность частотного диапазона анализируемых вариаций поля.

Для получения кривых МТЗ в интервале от 10 до 3000 с применяют программы узкополосной математической фильтрации и многомерного корреляционного анализа. Для оцифровки выбираются записи со сложной формой вариаций наблюденного магнитотеллурического поля, характеризуемых наложением частот. Минимальная длина анализируемого массива составляет 512 отсчетов, оцифровка производится, как правило, на преобразователе типа Ф-001.

3.3.6.47. Магнитограммы, полученные при МТЗ с помощью цифровой электроразведочной станции ЦЭС-1, обрабатываются на ЭВМ по программам узкополосной математической фильтрации и многомерного корреляционного анализа. В программе обработки с помощью узкополосной фильтрации сложные вариации магнитотеллурического поля преобразуются в квазигармонические колебания. Это преобразование не искажает линейные соотношения между компонентами поля, и значения импедансов определяются по фильтрованным колебаниям. Для станций ЦЭС основная погрешность определения импеданса обусловлена ошибками вычисления ступени автокомпенсации, осложненной переходным процессом.

Программа многомерного корреляционного анализа определяет тензор импеданса частот $1/(10\ \Delta t) \div 1/(327\ \Delta t)$ Гц, где Δt — шаг дискретизации, с. Шаг дискретизации может быть любым. Длина одного интервала непрерывной записи составляет 1024 ординат каждой компоненты магнитотеллурического поля. Магнитотеллурические вариации подвергаются предварительной широкополосной фильтрации. Рекомендуемая полоса пропускания фильтра $1/(10\ \Delta t) \div 1/(220\ \Delta t)$ Гц. Предварительная широкополосная фильтрация позволяет избавиться от промышленных помех высокой частоты и исключить периоды вариаций, анализ которых невозможен из-за ограниченности интервала регистрации.

Программа многомерного корреляционного анализа является более универсальной в сравнении с программой узкополосной фильтрации. Однако она предъявляет более жесткие требования к стационарности анализируемых процессов и требует достаточно полного их осреднения, т. е. более длительной полевой регистрации характеристик магнитотеллурического поля.

3.3.6.48. Обработка цифровых материалов МТЗ—МВЗ по программам узкополосной математической фильтрации и многомерного корреляционного анализа возможна при соблюдении следующих требований к магнитограммам:

1) тип магнитной ленты 6 или 10;
2) число каналов 4 или 5;
3) число слов в зоне на один канал 1024;
4) плотность записи не более 15 имп/мм;

5) режим записи — МТЗ (т. е. синхронизация внутренняя, градуировка МТЗ, автоматические компенсаторы включены);

6) каждая непрерывная запись на магнитной ленте должна отмечаться сменой признака «Участок» и отделяться от другой не менее чем 2 м чистой ленты. Переключения признака «Участок» в процессе записи не допускаются;

7) на одной кассете должно быть не более двух-трех «Участков»;

8) одна запись зоны должна занимать не менее 2 м магнитной ленты;

9) каждая кассета с магнитной лентой должна сопровождаться копией полевого журнала (полученной под копирку) и содержать самостоятельные записи по всем «Участкам» этой кассеты. В паспорте магнитограммы (прил. 55) должны быть приведены все данные, предусмотренные инструкцией к ЦЭС-1.

Особое внимание следует обратить на регистрацию следующих данных:

1) код начального «Участка» записи на кассете;

2) время начала и конца записи каждого «Участка»;

3) режим регистрации каждого «Участка»;

4) постоянные каналов для каждого «Участка», определяемые с учетом эталонировки для выбранного на этом «Участке» режима регистрации.

Постоянные для данной ступени автокомпенсации каналов определяются в милливольтах на километр для электрических каналов и в гаммах для магнитных каналов.

Необходимо контролировать правильность подключения полюсов измерительных линий и магнитометров и отражать этот контроль в полевом журнале по схеме (прил. 56). Магнитограммы, на которых зафиксировано отсутствие признака автокомпенсации по одному из каналов или изменение градуировочной ступени автокомпенсации более чем на 3 % (проверка производится на фоне спокойного магнитного поля или на грубой чувствительности), являются браком.

3.3.6.49. По значениям модулей и фаз основных и дополнительных импедансов строят импедансные полярные диаграммы, по модулям и фазам магнитных параметров — магнитные полярные диаграммы. Наличие импедансных полярных диаграмм в широком частотном диапазоне позволяет оценить характер неоднородности исследуемого разреза, определить значения и направления главных импедансов и при необходимости перестроить кривые МТЗ по любому направлению.

3.3.6.50. Обработка теллурограмм в методе ТТ может выполняться различными способами, применение которых обусловливается характером теллурического поля, требованиями к конечным результатам работ и техническими возможностями (возможность использования ЭВМ). В методе ТТ регистрирующие каналы именуются следующим образом: базисная теллурограмма E_x — канал X, E_y — канал Y; полевая теллурограмма E_x — канал U, E_y — канал V.

3.3.6.51. Способ сопряженных эллипсов применяется при любом масштабе съемки для получения параметров $\mathcal{K}$ и $\mathcal{M}$ и определения коэффициентов линейного соответствия a, b, c, d как в точках рядовой сети, так и в точках опорной сети. Для построения сопряженных эллипсов необходимо набрать от 20 до 35—40 векторов вариаций теллурического поля, равномерно заполняющих квадранты координатной системы. При обработке теллурограмм пунктов опорной сети число векторов вариаций должно быть увеличено до 30—50. Длины векторов вариаций должны быть не менее 15 мм. Расчеты, связанные с построением сопряженных эллипсов, фиксируются на планшете миллиметровки и в журнале (прил. 57). Сопряженные эллипсы считаются достоверными, если не менее 80 % преобразованных векторов вариаций располагаются своими концами на расстояниях, не превышающих 10 % длины центрального радиуса эллипса, совпадающего по направлению с вектором вариаций.

Значение параметра $\mathcal{K}$ определяется как среднее из значений $\mathcal{K}_p^q$, вычисляемых по формуле

$$\mathcal{K}_p^q = P_{UX}\sqrt{ab/R}, \tag{35}$$

где p, q — номера базисной и полевой точек; P_{UX} — множитель, равный отношению постоянных P_U/P_X регистрирующих каналов; a, b — полуоси полевого эллипса; мм; R — масштабный коэффициент, имеющий размерность длины и выбираемый с таким расчетом, чтобы полуоси эллипса имели длину от 20 до 60 мм.

Вычисление параметра $\mathcal{K}$ ведется в журнале (прил. 58).

Значение параметра $\mathscr{M}$ вычисляется по формуле

$$\mathscr{M} = b/a. \tag{36}$$

3.3.6.52. Способ треугольников для обработки теллурограмм применяется в тех же условиях, что и способ сопряженных эллипсов, а также тогда, когда последний в силу различных причин не дает устойчивых результатов (такой причиной, в частности, может быть перпендикулярность осей поляризации поля на базисной и полевой точках). Способ треугольников дает только значения параметра $\mathscr{H}$. Диаграмма векторов вариаций при обработке теллурограмм способом треугольников должна содержать не менее 20 векторов длиной более 15 мм каждый. Приращения ΔX, ΔJ, ΛU, измеренные в миллиметрах, заносятся в журнал векторов вариаций (прил. 59). Угол между векторами вариаций, образующими треугольники, должен быть заключен в пределах от 45 до 135°. Каждый вектор вариаций может быть использован не более чем в двух парах. При вычислении отношений площадей треугольников последние объединяются в две группы, содержащие каждая по 10 пар треугольников. Для каждой группы вычисляется средняя квадратичная погрешность δ. Расхождение между средними отношениями площадей групп не должно превышать 15 %. Параметр $\mathscr{H}$ вычисляется по формуле

$$\mathscr{H}_p^q = \sqrt{\frac{P_U P_V \sin\alpha_p}{P_X P_Y \sin\alpha_q}}\, s \pm \delta, \tag{37}$$

где P_U, P_V, P_X, P_Y — соответствующие постоянные регистрирующих каналов; $s = (s_1 n_1 + s_2 n_2)/(n_1 + n_2)$; s_1, s_2 — средние значения отношений площадей в первой и второй группах; n_1, n_2 — число треугольников в первой и второй группах; α_p, α_q — углы между приемными установками на базисной и полевой точках;

$$\delta = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P_U P_V \sin\alpha_p}{P_X P_Y \sin\alpha_q}\,\frac{1}{s}\,\frac{\delta_1^2 n_1 \delta_2^2 n_2}{(n_1+n_2)(n_1+n_2-2)}}, \tag{38}$$

где δ — средняя квадратичная погрешность параметра $\mathscr{H}_p^q$; δ_1, δ_2 — средние квадратичные погрешности измерений в расчетных группах.

Все расчеты, связанные с определением параметра $\mathscr{H}_p^q$ по способу треугольников, фиксируются на планшетах построения диаграмм векторов поляризации.

3.3.6.53. Наиболее универсальным способом обработки теллурограмм является способ наименьших квадратов. Его применяют в общем случае горизонтально-неоднородных разрезов, когда коэффициенты линейного соответствия являются комплексными величинами, по такой же схеме — в методах МТЗ—МТП. При этом производится следующая замена в расчетных формулах:

$$E_x \to U,\ E_y \to V,\ H_x \to Y,\ H_y \to X,\ Z_{xy} \to a,\ Z_{xx} \to b,\ Z_{yx} \to d,\ Z_{yy} \to c.$$

При изучении разрезов с плавными изменениями параметров, когда коэффициенты линейного соответствия a, b, c, d являются действительными числами, формулы вычислений методом наименьших квадратов упрощаются:

$$a = \frac{\sum Y^2 \sum XY - \sum YU \sum YX}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum XY)^2};$$

$$b = \frac{\sum X^2 \sum YU - \sum XU \sum XY}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum XY)^2};$$

$$c = \frac{\sum Y^2 \sum XY - \sum YV \sum XY}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum XY)^2};$$

$$d = \frac{\sum X^2 \sum YV - \sum XV \sum XY}{\sum X^2 \sum Y^2 - (\sum XY)^2}.$$

3.3.6.54. При многократных измерениях на опорных пунктах окончательные значения параметра $\mathscr{H}_p^q$ определяются путем усреднения их значений. При этом отдельные значения не должны отличаться от среднего более чем на 5 %.

3.3.6.55. Первичная обработка теллурограмм обычно выполняется в полевых условиях и ограничивается определением значения параметра $\mathcal{H}_p^q$. Обработка в камеральный период заключается в повторном построении сопряженных эллипсов и определении параметров $\mathcal{H}_p^q$, $\mathcal{M}$, коэффициентов линейного соответствия a, b, c, d. Опорные наблюдения обрабатываются полностью с применением нескольких способов обработки. В результате камеральной обработки составляются карты средней напряженности поля теллурических токов (или карта параметра $\mathcal{H}$), минимальной ($E_{\min}$) и максимальной ($E_{\max}$) напряженности поля, карта коэффициентов поляризации $\mathcal{M}$ и осей эллипсов поляризации поля теллурических токов (ТТ). Среднестатический базисный эллипс строится с использованием векторных диаграмм на планшетах обработки всех точек TT способом сопряженных эллипсов в соответствии с методическими рекомендациями.

3.3.6.56. Интерпретация материалов магнитотеллурических наблюдений включает три этапа:

1) распознавание искажений, обусловленных влиянием горизонтальной неоднородности разреза;

2) снятие искажений путем нормирования импеданса на внутреннее магнитное поле, определяемое по результатам синхронной регистрации составляющих магнитотеллурического поля;

3) интерпретация данных, полученных в нормировании на внутреннее магнитное поле, либо наименее искаженных данных, полученных в нормировании на полное магнитное поле, на основе предположения о горизонтально-однородных моделях среды.

В основе интерпретации результатов магнитотеллурических наблюдений лежит истолкование данных МТЗ.

3.3.6.57. Под искажением кривой МТЗ понимается отличие кривой, полученной в условиях реального горизонтально-неоднородного разреза, от кривой МТЗ, рассчитанной для горизонтально-однородного разреза с параметрами, соответствующими точке наблюдения.

Искажения кривых МТЗ по своей природе делятся на два типа: 1) обусловленные действием аномального электрического поля зарядов, возникающих на неоднородностях геоэлектрического разреза (гальванические эффекты); 2) обусловленные аномальным полем избыточных токов, возникающих при неоднородности разреза (индукционный эффект).

В районах с линейной тектоникой тип искажения зависит от направления тока. Гальванические эффекты проявляются в основном на поперечных кривых кажущегося удельного сопротивления $\rho_T^{\perp}$, полученных, когда ток течет вкрест простирания структур. Для кривых $\rho_T^{\perp}$ характерны: эффект $S_{\text{см.в}}$ (смещение правых ветвей МТЗ по оси удельного сопротивления), эффект экранирования (сглаживание структур, перекрытых горизонтом высокого удельного сопротивления), краевой эффект (возникновение минимумов и перегибов на кривых МТЗ из-за канализации тока вдоль вытянутой впадины).

Индукционный эффект искажает в основном продольные кривые кажущегося удельного сопротивления $\rho_T^{\parallel}$, полученные при токе, текущем в направлении простирания структуры. Для таких кривых характерно возникновение ложных минимумов и перегибов, смещение восходящих ветвей.

В районах с изометрическими структурами кривые МТЗ независимо от направления тока искажаются совокупностью гальванических и индукционных эффектов, обусловленных концентрацией тока во впадинах и обтеканием поднятий.

3.3.6.58. Искажения кривых МТЗ распознаются по ряду признаков и оцениваются по приближенным формулам в соответствии с методическими рекомендациями.

По завершении анализа искажений кривых МТЗ наименее искаженные кривые или их участки интерпретируются на основе горизонтально-однородных моделей. В районах с линейной тектоникой, когда осадочная толща не содержит промежуточных горизонтов высокого удельного сопротивления, наиболее полную и точную информацию о геоэлектрическом разрезе дают поперечные кривые МТЗ при отсутствии краевого эффекта (см. 3.3.6.57). Если осадочная толща содержит промежуточный экранирующий пласт высокого удельного сопротивления, то поперечные кривые

используются лишь для изучения отложений, перекрывающих этот пласт. О подэкранных отложениях наиболее достоверную информацию дают продольные кривые МТЗ.

В районах с изометричными структурами, где кривые МТЗ искажены суммарным действием гальванических и индукционных эффектов, целесообразно интерпретировать средние кривые МТЗ.

3.3.6.59. На основе нормирования импеданса на внутреннее магнитное поле можно в значительной мере ослабить искажения кривых МТЗ, обусловленные действием эффектов краевого, индукционного, обтекания и концентрации токов, в условиях даже резко выраженной горизонтальной неоднородности разреза.

Внутреннее магнитное поле в соответствии с методическими рекомендациями определяется по результатам синхронных наблюдений составляющих магнитотеллурического поля либо (с меньшей надежностью) по одиночным зондированиям.

В зоне S внутренние магнитные поля и электрические поля связаны между собой условиями

$$Z^i_{xy} = \frac{E_x}{H^i_y} = \frac{2}{S(xy)}; \qquad Z^i_{yx} = \frac{E_y}{H^i_x} = -\frac{2}{S(xy)},$$

где Z^i_{xy}, Z^i_{yx} — импедансы в нормировании на внутреннее магнитное поле; $S\,(x,\ y)$ — текущая суммарная продольная проводимость в точке наблюдения; E_x, E_y — полные электрические поля; H^i_x, H^i_y — внутренние магнитные поля.

По значениям Z^i_{xy}, Z^i_{yx} строятся кривые ρ^i_T в нормировании на внутреннее магнитное поле

$$\rho^i_{xy} = \frac{0{,}2T}{4}\left|Z^i_{xy}\right|^2; \qquad \rho^i_{yx} = \frac{0{,}2T}{4}\left|Z^i_{yx}\right|^2.$$

3.3.6.60. Количественная интерпретация результатов магнитотеллурических методов исследований сводится к построению обобщенной и послойной модели вертикального геоэлектрического разреза. При интерпретации кривых МТЗ определяют суммарную продольную проводимость S отложений, перекрывающих опорный горизонт высокого удельного сопротивления, мощность d отложений, перекрывающих опорный горизонт низкого удельного сопротивления, удельное сопротивление опорного горизонта ρ_n.

Если на кривых МТЗ имеются четкие восходящие и нисходящие ветви с углами наклона $\pm 63°\ 25'$, минимумы и максимумы, то S и d вычисляют по формулам МТЗ. Если наклоны восходящих и нисходящих ветвей кривой МТЗ меньше $\pm 63°$, значения S, d, ρ_n определяют по палеткам.

Среднее продольное сопротивление ρ_l надопорных отложений в разрезах, сводящихся к типу Н, можно рассчитать по ординате минимума кривой ρ_T:

$$\rho_l = P\rho_{T\,\min},$$

где P — коэффициент, зависящий от соотношений параметров разреза.

В соответствии с методическими рекомендациями используются также приемы количественной интерпретации кривых МТЗ, основанные на изучении эффективной глубины h_T проникновения электромагнитной волны и кажущейся проводимости S_T:

$$h_T = \frac{\sqrt{10\rho_T T}}{8{,}9}; \qquad S_T = \frac{796}{|Z_T|},$$

где ρ_T и $|Z_T|$ — кажущееся удельное сопротивление и модуль входного импеданса, соответствующие периоду T.

3.3.6.61. Главный и расширенный интервалы МТП приурочены к восходящей ветви кривых МТЗ, обусловленной подстилающим основанием высокого удельного сопротивления. В пределах главного интервала МТП значение суммарной продольной проводимости S с погрешностью 10 % определяют по главной формуле МТП:

$$S = 796\left\{\frac{1}{|Z_T|} - \sqrt{\frac{T}{10\rho_n}}\right\}. \qquad (39)$$

Главный интервал МТП является частью расширенного интервала МТП. В пределах расширенного интервала МТП значение S с погрешностью до 10 % определяют по расширенной формуле МТП:

$$S = 796\left\{\frac{1 + 0{,}45T_{\min}/T}{|Z_T|} - \sqrt{\frac{T}{10\rho_n}}\right\}, \qquad (40)$$

где $T_{\min}$ — период вариаций, соответствующий минимуму кривой МТЗ. Для предварительной (приближенной) оценки границ главного и расширенного интервала МТП используются неравенства:

$$\frac{d^2}{\rho_l^2}\rho_n > T > \begin{cases} 10d^2/\rho_l \text{ (главный интервал МТП);} \\ 2{,}8d^2/\rho_l \text{ (расширенный интервал МТП),} \end{cases}$$

где d, ρ_l — мощность и среднее продольное сопротивление надопорной толщи. Более точная оценка границ главного и расширенного интервалов МТП осуществляется по формулам для трехслойного разреза либо путем расчета кривых МТЗ в соответствии с методическими рекомендациями. В ходе полевых работ эти границы проверяются по опорным кривым МТЗ. Значения $T_{\min}$, ρ_n, входящие в главную и расширенную формулы МТП, определяют по опорным кривым МТЗ.

3.3.6.62. Интервал $h_{\text{инт}}$ приурочен к нисходящей ветви кривых МТЗ, обусловленной горизонтом низкого удельного сопротивления. В пределах интервала определяется глубина h_1 залегания кровли горизонта низкого удельного сопротивления:

$$h_1 = 0{,}159\frac{|Z_{T_1}|\sqrt{T_1} - |Z_{T_2}|\sqrt{T_2}}{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}\sqrt{T_1T_2}, \qquad (41)$$

где $|Z_{T_1}|$, $|Z_{T_2}|$ — модули импеданса, соответствующие периодам вариаций T_1, T_2. Точность определения h_1 находится в прямой зависимости от угла наклона нисходящей ветви кривой МТЗ.

Частотные границы интервала $h_{\text{инт}}$ для разрезов, сводящихся к трехслойному разрезу типа Н, приближенно определяются неравенствами:

$$2{,}8d_1^2/\rho_1 < T < \begin{cases} 2{,}8\,(d_1 + d_2)/\rho_2 \text{ (разрезы с } d_2/d_1 < 1); \\ 7{,}9d_1d_2/\rho_2 \text{ (разрезы с } d_2/d_1 > 1). \end{cases} \qquad (42)$$

Более точное определение границ интервала $h_{\text{инт}}$ осуществляется путем расчета кривых МТЗ.

По данным МТП в интервале $h_{\text{инт}}$ строят схему изоглубин кровли проводящего горизонта. При этом не менее 10 % значений глубин по данным МТП должно подтверждаться результатами МТЗ.

3.3.6.63. По данным МТП в интервале $S_{\text{инт}}$ в качестве отчетных карт и профилей строят карту и профили суммарной продольной проводимости S разреза. Сечение изолиний на карте S составляет не менее 15 % значений S, встречаемых на участке. Если в пределах площади съемки применяют как главную, так и расширенную формулу МТП, то в зонах перекрытия изолинии и графики S должны иметь разные обозначения. Измерения суммарной продольной проводимости, происходящие в местах перекрытия этих областей, считаются достоверными, если они отмечаются изолиниями и графиками, построенными как по главной, так и по расширенной формулам МТП. По данным МТП в интервале $h_{\text{инт}}$ строят схему изоглубин кровли проводящего горизонта. При этом не менее 10 % значений глубин по данным МТП должно подтверждаться результатами МТЗ.

3.3.6.64. Карты и профили S, полученные по данным МТЗ, МТП, КМТП, преобразуют в структурные карты и геоэлектрические разрезы поверхности опорного горизонта по формуле

$$H = \rho_l S - A, \qquad (43)$$

где H — глубина опорного горизонта (от уровня моря); A — альтитуда (высота) точки записи; ρ_l — среднее продольное удельное сопротивление надопорной толщи.

Для определения ρ_l используют данные опорных МТЗ, бурения, сейсморазведки

и электрических зондирований с искусственными источниками тока. По графикам зависимости ρ_t и S производят интерполяцию значений ρ_t.

3.3.6.65. В результате работ КМТП составляют карты $S_{эф}$, $E_{эф}$, $H_{эф}$, карты параметров S_{xy}, S_{yx}, μ_{xx}, μ_{yy}, ν_{xx}, ν_{yy}. На картах значения $E_{эф}$, $H_{эф}$ в базисной точке принимают равными 100 условным единицам, тогда значения $E_{эф}$, $H_{эф}$ в полевых точках находят по формулам $K_{эф} = 100K$, $H_{эф} = 100N$. В районах со сложной тектоникой рассматриваются карты $S_{эф}$, $E_{эф}$, $H_{эф}$, в районах с линейной тектоникой — карты ρ_{xy}, ρ_{yx}, μ_{xx}, μ_{yy}, ν_{xx}, ν_{yy}. Для геоэлектрического разреза, не содержащего промежуточного горизонта высокого удельного сопротивления, основными являются карты S, а карты E и H играют второстепенную роль, так как качественно повторяют карты S. Если осадочная толща содержит промежуточный горизонт высокого удельного сопротивления, то карты $H_{эф}$ и ν_{xx}, ν_{yy} играют существенную роль при изучении экранированных отложений.

3.3.6.66. Геологическая интерпретация карт, построенных по результатам наблюдений поля теллурических токов, сводится к качественному выявлению основных тектонических элементов исследуемого района. При выполнении съемки в интервале $S_{инт}$ максимуму проводимости разреза отвечают минимумы напряженности поля ТТ, а минимумам проводимости — максимумы напряженности. При работах в интервале $h_{инт}$ прогибы в кровле проводящих отложений отмечаются максимумами напряженности поля ТТ, а поднятия — минимумами. Поэтому чрезвычайно важно по опорным МТЗ устанавливать зоны, где короткопериодные колебания поля ТТ переходят из одного интервала в другой.

При комплексировании работ методом ТТ с опорными электрическими зондированиями и МТП во многих случаях становится возможной и количественная интерпретация результатов наблюдений поля ТТ. Для этого эмпирически изучаются зависимости $\mathcal{H}(S)$, $\mathcal{H}(d)$, $\mathcal{H}(H)$. Для этих же целей используются данные бурения и сейсмических работ.

3.3.6.67. Комиссия, принимающая полевые материалы партии, выполнявшей магнитотеллурические исследования, проверяет соблюдение требований настоящей инструкции и оценивает качество работ. Комиссии должны быть предъявлены следующие материалы: а) проект работ, б) полевые материалы, в) журналы эталонировки, г) журналы регистрации осциллограмм, д) все осциллограммы и магнитограммы, включая записи, выполненные с целью проверки работы аппаратуры, е) результаты обработки осциллограмм — журналы, бланки эллипсов, диаграммы векторов поляризации, векторов поля, кривые МТЗ, ж) материалы предварительной интерпретации данных МТЗ—МТП—ТТ, з) карту расположения базисных и полевых точек наблюдений.

При оценке качества выполненных работ комиссией должны приниматься во внимание качество осциллограмм, полнота и правильность их обработки, а также состояние документации, качество работы аппаратуры, степень решения поставленной геологической задачи.

3.3.6.68. Отчет о работах партии должен учитывать требования разд. 4 и содержать: а) характеристику магнитотеллурического поля — частотный спектр, суточный ход, форму импульсов, поляризацию, среднюю амплитуду вариаций; б) аналитическое и практическое определение частотных интервалов $S_{инт}$ (главного и расширенного) и дополнительного $h_{инт}$; в) обоснование применимости различных способов обработки; г) анализ искажений кривых МТЗ в условиях изучаемого разреза.

3.3.6.69. В сложных случаях возможен учет влияния источника (особенно когда наблюдается значительный разброс измеряемых значений напряженности поля). Один из способов учета влияния источника допускает наблюдения другой станцией, расположенной в опорном пункте с известным геоэлектрическим разрезом. При этом для построения кривой зондирования по результатам наблюдений на передвижной станции рекомендуется выбирать длительность записи наблюдений по данным опорной станции. Окончательная отбраковка сигналов, не удовлетворяющих модели плоской волны и приводящих к разбросу значений импедансов, должна проводиться на этапе обработки материалов на ЭВМ с помощью специальных алгоритмов.

3.3.7. МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А. Метод частотного и дистанционного зондирования гармоническим электромагнитным полем (прил. 60—64)

3.3.7.1. Метод зондирования гармоническим электромагнитным полем (ЗГЭМП) основан на изучении зависимости электрической или магнитной напряженности искусственно возбуждаемого электромагнитного поля от его частоты или расстояния до источника с целью определения характеристик геоэлектрического разреза. Зондирование проводится в диапазоне частот от десятых долей герца до единиц мегагерц.

3.3.7.2. Метод ЗГЭМП применяется для изучения слоистого геоэлектрического разреза. Благоприятными условиями для него являются: а) отсутствие резких нарушений горизонтальной однородности разреза, особенно в его верхней части; б) слабо расчлененный рельеф дневной поверхности; в) наличие на исследуемом участке опорных скважин или опорных профилей, построенных по данным бурения, сейсморазведки или других геофизических методов; г) отсутствие интенсивных индустриальных помех.

В благоприятных условиях геоэлектрического разреза метод может быть применен для выявления и прослеживания локальных неоднородностей, в частности для поисков и разведки рудных и нефтегазовых месторождений.

Преимуществами ЗГЭМП являются: а) возможность исследования разреза под экранами высокого удельного сопротивления, б) возможность зондирования на точке без изменения разноса при изменении частоты поля, в) возможность бесконтактного способа возбуждения поля и измерения его напряженности. Его применение целесообразно, если проведение зондирования постоянным током (см. 3.3.4) невозможно или встречает значительные трудности из-за плохих условий заземления (в зимне-весенний период при наличии мерзлого слоя, либо с поверхности льда на озере или шельфе, на участках развития крупноглыбовых осыпей, на дюнных песках и др.), при изучении геоэлектрических разрезов типа К или Н. Применим практически на всех стадиях геологоразведочного процесса и во всех масштабах. Часто используется в комплексе с дипольным электромагнитным профилированием (см. 3.3.8), что позволяет разредить сеть зондирования.

3.3.7.3. Модификации метода ЗГЭМП различаются способом возбуждения электромагнитного поля и измеряемой составляющей, а также способом изменения условий измерения.

Электромагнитное поле создается переменным током, пропускаемым через заземленную линию AB (электрический диполь) либо незаземленную петлю или рамку (магнитный диполь). Измеряемыми характеристиками могут быть: а) напряженность электрического поля, б) напряженность магнитного поля, в) импеданс, г) отношение пространственных составляющих вектора напряженности магнитного поля, д) отношение полуосей эллипса поляризации переменного магнитного поля, е) угол наклона большой оси эллипса поляризации переменного магнитного поля к горизонту (см. 3.3.7.16).

Чувствительным элементом (преобразователем) в точке измерения могут быть приемная линия (для измерения электрической напряженности), приемная рамка или катушка (для измерений магнитной напряженности). В зависимости от способа изменения условий измерения зондирования могут быть частотными (изменяется частота), дистанционными (изменяется разнос установки) и комбинированными (изменяются частота и разнос).

Выбор модификации ЗГЭМП зависит от геоэлектрического разреза, поставленных геологических задач, условий заземления и наличия соответствующей аппаратуры. При плохих условиях заземления целесообразно измерение напряженности магнитного поля в поле магнитного диполя; возможно также использование бесконтактного способа измерения напряженности электрического поля. В сравнительно сложных условиях заземления может быть применена установка с измерением напряженности магнитного поля в поле электрического диполя или с измерением напряженности электрического поля в поле магнитного диполя. Измерения импедансов, а также отношения пространственных составляющих, или полуосей эллипса поляризации переменного магнитного поля, или угла наклона большой оси эллипса используются для повышения разрешающей способности зондирования и для решения поставленных геологических задач при возможно меньшем разносе или при более

высокой частоте. Кроме того, относительные измерения обладают преимуществом с точки зрения повышения точности результатов, поскольку при этом снижается погрешность, связанная с нестабильностью показаний, а при измерении отношения полуосей эллипса поляризации исключается погрешность, связанная с неточностью ориентации приемной рамки. При измерении напряженности электрического поля в поле электрического диполя возможно использование радиальных и экваториальных установок (аналогично дипольному зондированию на постоянном токе — см. 3.3.4).

3.3.7.4. Выбор разноса и частоты электромагнитного поля производится на основе анализа результатов опорного зондирования или путем вычисления характеристик, соответствующих предполагаемому строению геоэлектрического разреза.

В большинстве случаев разнос установки должен превышать глубину залегания опорного горизонта не менее чем в 2—5 раз. Ориентировочно при зондированиях на глубину 1—2 км измерения проводятся на частотах от десятых долей герца до десятков килогерц (низкочастотное зондирование) с максимальным разносом до 3—5 км; при зондированиях на глубину не менее 100—200 м — на частотах от первых сотен герц до первых сотен килогерц (среднечастотное зондирование) с максимальным разносом не менее 300—500 м; при зондировании на глубину от единиц метров до не менее первых десятков метров — на частотах от единиц килогерц до единиц мегагерц (высокочастотное зондирование) с максимальным разносом до 100—200 м.

При проведении частотных зондирований частота может изменяться непрерывно или дискретно; в последнем случае кратность частот может быть в пределах от $\sqrt[3]{2}$ до 2.

При выполнении дистанционных зондирований значение разносов последовательно изменяется в 1,25—1,6 раза. В интервалах резкого изменения эффективного удельного сопротивления производится детализация, при которой кратность разносов составляет 1,06—1,12. Рекомендуемые значения разносов даны в прил. 60.

3.3.7.5. При измерении напряженности электрического поля в поле электрического диполя используется осевая или экваториальная установка (см. 3.3.4). При измерении напряженности магнитного поля в поле магнитного диполя генераторная и приемная петли располагаются на земле, а в случае использования рамок оси рамок ориентируются вертикально. Определение отношения осей эллипса поляризации переменного магнитного поля, которое используется при среднечастотном зондировании, осуществляется путем измерения экстремальных значений при повороте приемной катушки в вертикальной плоскости, проходящей по линии зондирования. Для определения отношения вертикальной составляющей переменного магнитного поля к радиальной, которое используется при высокочастотном зондировании, берутся отсчеты при соответствующих ориентациях оси приемной рамки и определяется их отношение; при этом, если вертикальная составляющая более чем в 8 раз превышает горизонтальную, следует измерять отношение осей эллипса поляризации. Измерение импеданса проводится в электромагнитном поле, возбуждаемом генераторной петлей, которая располагается на поверхности земли; приемный электрический диполь MN и приемная рамка располагаются в одной точке, причем диполь MN ориентируется перпендикулярно разносу установки, а ось приемной рамки ориентируется по направлению к центру генераторной петли; если радиальная составляющая напряженности магнитного поля более чем в 8 раз меньше вертикальной, следует измерять малую ось эллипса поляризации.

При измерении напряженности магнитного поля в поле электрического диполя или напряженности электрического поля в поле магнитного диполя питающая линия AB или приемная линия MN располагаются перпендикулярно разносу установки. В последнем случае, а также в случае измерения импеданса при детализации производятся дополнительные измерения встречной установкой.

3.3.7.6. Для проведения работ методом ЗГЭМП используется аппаратура типа: при низкочастотном зондировании — ЧЭЗ-2 или АЧЗ-78 с генератором ЭРС-67; при среднечастотном зондировании — НЧЗ-64, АЧЗ-78, ДЭМП-СЧ; при высокочастотном зондировании — ДЭМП-ЗМ, -СЧ, а также другая аналогичная аппаратура.

3.3.7.7. При работах методом ЗГЭМП масштаб съемки выбирают в зависимости от решаемых задач и условий работ (в основном от 1 : 100 000 до 1 : 2000). Направление профилей целесообразно задавать вкрест предполагаемого основного простирания опорного горизонта. Разнос установки желательно располагать по простиранию

опорного горизонта, однако при необходимости допускается расположение установки по профилю наблюдений.

3.3.7.8. Для уменьшения влияния индустриальных помех следует удалять точку измерения от промышленных объектов, линий электропередачи и электрифицированных железных дорог, а также линий связи. В случае сильных ветровых помех рекомендуется приемную линию закреплять на местности, подвязывая ее отдельные части к деревьям, кустам, а также к специально вбитым для этой цели штырям либо присыпая землей или снегом.

Перед выполнением зондирований необходимо измерение уровня помех при отсутствии тока в питающей линии или генераторной рамке. Уровень помех на каждой из частот не должен превышать значений, установленных инструкцией используемого типа аппаратуры.

3.3.7.9. При выборе размеров источника поля (питающей линии AB или генераторной рамки) следует руководствоваться необходимостью создания достаточно высокого значения напряженности в точке измерения при выбранных разносах установки и частотах электромагнитного поля. Необходимо соблюдение условий $l_{AB} \leqslant 0{,}5L$ для экваториальной установки, $l_{AB} \leqslant 0{,}2L$ для осевой установки, $l_{\text{г. п}} \leqslant L/4$, где L — длина разноса установки, $l_{\text{г. п}}$ — длина стороны генераторной квадратной петли.

Сопротивление диполей должно быть согласовано с выходом генератора.

3.3.7.10. При выборе размеров приемной линии или длины стороны приемной незаземленной квадратной петли следует учитывать ожидаемую напряженность электрического или магнитного поля, порог чувствительности измерительного устройства и условия согласования со стороны измерительного устройства. Значения ожидаемой напряженности электрического или магнитного поля оцениваются с помощью соответствующих выражений (прил. 61). Необходимо соблюдение условий $l_{MN} \leqslant 0{,}2L$; $l_{\text{п. п}} = L/4$, где $l_{\text{п. п}}$ — длина стороны приемной квадратной петли.

3.3.7.11. Не допускается отклонение проводов линий AB в MN, а также сторон генераторной и приемной петерь от прямой линии на расстояние более 0,5 длины соответственно l_{AB}, l_{MN}, $l_{\text{г. п}}$, $l_{\text{п. п}}$.

При работе с использованием относительных измерений (импеданса, отношения пространственных составляющих или осей эллипса поляризации) на форму генераторной петли и ее сторон ограничений не накладывается. Направление линий AB, MN может отклоняться от заданного не более чем на 3°, азимутальная ориентировка сторон квадратной петли не имеет значения. Наклон линий AB, MN и плоскостей генераторной и приемной петель может быть не более чем на 2°. Погрешности определения L, l_{AB}, $l_{\text{г. п}}$, $l_{\text{п. п}}$ не должны превышать 1 %.

3.3.7.12. Зондирование выполняется в условиях установленной связи (радио, визуальной или звуковой) между персоналом, обслуживающим генераторное устройство, и персоналом, обслуживающим приемное устройство.

3.3.7.13. При проведении дистанционного зондирования изменение разноса установки выполняется путем перемещения точки измерения относительно неподвижно расположенного источника поля или перемещением источника поля относительно фиксированной точки измерения. При работе с катушками, используемыми в качестве источника поля (магнитного диполя) и чувствительного элемента, дистанционное зондирование желательно осуществлять путем одновременного перемещения обеих катушек с сохранением неизменного местоположения центра разноса установки.

3.3.7.14. Число контрольных зондирований должно составлять не менее 5 % от количества рядовых зондирований.

3.3.7.15. При работе с аппаратурой, имеющей дискретные значения частот, результаты измерений фиксируются в полевом журнале (прил. 62). При непрерывном изменении частоты основные данные фиксируются на осциллограмме.

3.3.7.16. По результатам отсчетов ΔU в зависимости от измеряемых параметров вычисляются модули электрической или магнитной напряженности

$$|E| = \Delta U / l_{MN}; \quad |H| = \Delta U / G$$

или относительные значения отношения полуосей эллипса поляризации, отношения вертикальной и радиальной составляющей и импеданс соответственно:

$$\frac{b}{a} = \frac{\Delta U_{\min}}{\Delta U_{\max}}; \quad \frac{|H_z|}{|H_r|} = \frac{\Delta U_z}{\Delta U_r}; \quad |Z| = \frac{|E_\varphi|}{|H_r|} = \frac{G}{b_{MN}} \frac{\Delta U_{MN}}{\Delta U_r},$$

где Z — величина импеданса; ΔU_{MN} — напряжение, снимаемое с приемной установки MN; ΔU_{max}, ΔU_{min} — соответственно максимальное и минимальное напряжения на концах приемной катушки при вращении ее оси в вертикальной плоскости, проходящей через линию разноса установки; ΔU_r, ΔU_z — напряжения на концах приемной катушки, ось которой ориентирована соответственно радиально (по направлению к источнику поля) или вертикально (при $\Delta U_z/\Delta U_r > 8$, $\Delta U_z = \Delta U_{max}$, $\Delta U_r = \Delta U_{min}$); G — коэффициент преобразования (чувствительность) приемной рамки, В/(А/м).

3.3.7.17. Расчеты, выполненные в 3.3.7.16, позволяют вычислить значения кажущегося удельного сопротивления на переменном токе ρ_ω (прил. 63), которые соответствуют удельному сопротивлению однородного полупространства, дающему аналогичный эффект в так называемой дальней зоне, т. е. при $p \gg 1$ ($p = 2{,}81 \cdot 10^{-3}\sqrt{f/\rho}L$) (нормирование в дальней зоне). В некоторых случаях используют выражения, соответствующие $p \ll 1$ (нормирование в ближней зоне).

3.3.7.18. По значениям ρ_ω могут быть определены значения эффективного удельного сопротивления $\tilde{\rho}$, которые имеют тот же смысл, что ρ_ω, однако в отличие от него учитывают возможное несоблюдение условия $p \gg 1$. В частности, в случае измерения напряженности электрического поля в поле электрического диполя $\tilde{\rho}$ определяется с помощью зависимости $\rho_\omega/\tilde{\rho}$ от $\rho_\omega/(L^2f)$ (в данном случае ρ_ω нормировано в ближней зоне). При измерении отношения составляющих магнитной напряженности $\tilde{\rho}$ определяется из зависимостей $|H_z|/|H_r|$ от $\tilde{\rho}/(L^2f)$ (без предварительного нахождения ρ_ω).

3.3.7.19. При частотном зондировании или при дистанционном зондировании на билогарифмическом бланке с модулем 10 или 6,25 см строится зависимость $\tilde{\rho}$ или ρ_ω (смотря по тому, какая принята методика обработки и интерпретация) от $1/\sqrt{f}$ (при частотном зондировании) или от L (при дистанционном зондировании).

Привязку результатов наблюдения осуществляют к центру установки при частотном зондировании и к центру неподвижного источника — при дистанционном. Результаты интерпретации при дистанционном зондировании относят к центру установки с разносом, соответствующим средней части кривой $\tilde{\rho}$ или ρ_ω, использованной для получения конкретных параметров разреза.

По результатам зондирований целесообразно построение вертикальных разрезов $\tilde{\rho}$ или ρ_ω.

3.3.7.20. По результатам контрольных измерений вычисляются расхождения между контрольными и контролируемыми значениями $\tilde{\rho}$ или ρ_ω. Погрешность вычисляется по формуле, %,

$$\delta = \frac{2|\rho_2 - \rho_1|}{\rho_2 + \rho_1} \cdot 100, \qquad (44)$$

где δ — относительная погрешность (расхождение); ρ_1 и ρ_2 — соответственно контролируемое и контрольное значения $\tilde{\rho}$ или ρ_ω. Значение δ не должно превышать 15, в условиях помех — 20 %. Среднее значение δ по всем контрольным измерениям должно быть не выше 5 — 10 % в зависимости от частоты и разноса. Контрольную и контролируемую зависимости необходимо совмещать на одном бланке.

3.3.7.21. При геологической интерпретации результатов полевых работ сопоставление зависимостей $\tilde{\rho}$ или ρ_ω от $1/\sqrt{f}$ или L по каждому из профилей позволяет сделать вывод о степени выдержанности и типе геоэлектрического разреза.

1. Если тип разреза и величины $\tilde{\rho}$ или ρ_ω, связанные с определенными значениями $1/\sqrt{f}$ и L, изменяются в пределах профиля сравнительно слабо или с характерной закономерностью, то данный разрез можно считать слоистым.

2. Если же по профилю наблюдаются сложные изменения величин $\tilde{\rho}$ или ρ_ω, то в этом случае необходимо построение вертикальных разрезов $\tilde{\rho}$ или ρ_ω, в пределах которых могут быть выделены участки слоистого разреза.

3.3.7.22. Интерпретация слоистого разреза проводится с помощью характеристик и палеток, соответствующих моделям горизонтально-слоистых структур — 2-, 3-, 4-слойных и т. д. (пример в прил. 64). Способы интерпретации зависят от методики исследований, типа геоэлектрического разреза и палеточного материала.

В зависимости от имеющегося материала применяется соответствующая методика интерпретации, изложенная в литературе. Одним из эффективных видов интерпретации в сложных геоэлектрических условиях является корреляционный способ

с использованием ЭВМ и программ множественной корреляции. Желательно привлечение данных бурения и сейсморазведки.

3.3.7.23. В результате интерпретации результатов зондирования слоистых структур строится геоэлектрический разрез.

3.3.7.24. При сложном вертикальном разрезе $\tilde{\rho}$ или ρ_ω в изолиниях выделяются аномальные нарушения в виде зон искажения, срыва плавного хода изолиний. Эти аномальные зоны увязываются с простейшими геоэлектрическими моделями горизонтально-неоднородных сред (контакт пород различных удельных сопротивлений, пласт, изометричный объект и т. д.) и устанавливается гипотетическая модель, объясняющая искажение значений $\tilde{\rho}$ или ρ_ω. При построении физической модели среды и оценке ее удельного сопротивления учитывается геолого-геофизическая характеристика данного района с желательным привлечением результатов бурения, изучения электрических свойств горных пород, данных других геофизических методов и т. д.

3.3.7.25. Комиссия, принимающая полевые материалы, проверяет соблюдение требований и правил настоящей инструкции и производит оценку качества работ (см. 3.3.4.33, 3.3.4.34). Комиссии должны быть представлены следующие материалы:

а) проект работ;

б) схема выполнения зондирований с плановым расположением источника поля и приемной линии (петли, катушки) в масштабе представляемых результативных карт;

в) полевые материалы операторов с материалами обработки результатов при дискретных значениях частоты, а при непрерывном изменении частоты — осциллограммы, журналы регистрации осциллограмм и журналы обработки осциллограмм;

г) зависимости $\tilde{\rho}$ или ρ_ω от $1/\sqrt{f}$ или от L, построенные на билогарифмических бланках;

д) вертикальные разрезы $\tilde{\rho}$ или ρ_ω (при необходимости их построения);

е) геоэлектрические разрезы, построенные на основании предварительной интерпретации.

Б. Метод зондирования становлением электромагнитного поля (прил. 65—77)

3.3.7.26. Метод зондирования становлением электромагнитного поля (ЗС) основан на изучении переходных процессов, возникающих в земле при ступенеобразном изменении амплитуды тока в заземленной линии AB или в незаземленном контуре Q. Характер и длительность регистрируемых переходных процессов зависят от особенностей геоэлектрического разреза, типа установки ЗС, расстояния между источником поля и пунктом измерения. Длительность переходного процесса выбирается такой, чтобы на ранних временах по электромагнитному полю определялись параметры верхней части разреза, в поздней стадии становления — суммарные параметры среды.

3.3.7.27. Метод ЗС используется главным образом для изучения осадочных отложений по удельному электрическому сопротивлению при поисках месторождений нефти и газа, причем его основные преимущества по сравнению с другими методами электромагнитных зондирований реализуются в районах с относительно невысоким уровнем электромагнитных помех индустриального происхождения и при относительно слаборасчлененном рельефе дневной поверхности.

Метод ЗС применяется для расчленения осадочного чехла по удельному электрическому сопротивлению слагающих его относительно однородных толщ, прослеживания структурно-тектонических изменений осадочной толщи, выявления и картирования зон локальных неоднородностей в осадочной толще, изучения рельефа опорного горизонта высокого удельного сопротивления (фундамента). Метод ЗС комплексируется с сейсморазведкой, а также с другими методами электроразведки (ВЭЗ, МТЗ, ЗГЭМП), от которых отличается более узкой областью действия принципа эквивалентности.

3.3.7.28. В качестве приемников поля используется заземленная линия MN или незаземленный горизонтальный контур-петля q. В зависимости от типов источника и входного преобразователя (датчика) поля различают следующие основные виды установок ЗС: AB—MN, AB—q, Qq (соосная), Q—q (разнесенная).

Работы методом ЗС с использованием в качестве источника поля заземленной линии AB выполняются, как правило, по схеме профилирования с выбранным расстоянием L (разносом) между источником и приемником.

Выбор значения L при выполнении зондирования с установкой AB — MN осуществляется таким образом, чтобы при данном разносе значение $\rho_к$ кривой дипольного зондирования на постоянном токе находилось на асимптотической восходящей ветви, отражающей опорный горизонт высокого удельного сопротивления. Используются как экваториальные, так и осевые установки AB—MN. При использовании установки AB—q измерения выполняются по системе взаимно-встречных экваториальных установок с закрепленным разносом L. Выбор значения L определяется условиями измерения необходимого для решения геологической задачи интервала времени t процесса становления поля.

С увеличением L сигнал на ранних временах уменьшается, а на больших — увеличивается, т. е. с увеличением L уменьшаются динамический диапазон сигнала и градиент его изменения в заданном интервале времени. При измерениях в дальней зоне источника установки AB—q (ЗСД) значение L должно превосходить глубину залегания прослеживаемого геоэлектрического слоя в три — четыре раза, а при измерениях в ближней зоне (ЗСБ) значение L должно быть меньше удвоенной глубины залегания прослеживаемого слоя. Оптимальным для выполнения высокоточных измерений процесса становления поля является разнос L, в 1,5—2,0 раза превышающий глубину исследования.

При использовании в качестве источника поля незаземленного замкнутого контура Q, как правило, применяется соосная установка Qq. Установки Qq располагаются по площади применительно к условиям местности.

Вынесение приемной петли q за пределы питающего контура Q (разнесенная установка Q—q) обычно обусловлено необходимостью защиты измерительного канала от перегрузки в момент посылки токового импульса в питающую петлю. Работы с этой установкой следует вести также в модификации профилирования с фиксированным (закрепленным) разносом L.

3.3.7.29. Наибольшее распространение при работах методом ЗС получили установки AB—q и Qq.

При проведении работы с установкой AB—q разнос выбирается исходя из геологической задачи в соответствующем интервале времени. Будучи несимметричной, установка AB—q обладает повышенной чувствительностью к нарушениям горизонтальной неоднородности геоэлектрического разреза и при выполнении работ по системе взаимно-встречных наблюдений позволяет получать дополнительную информацию о неоднородности разреза в направлении оси зондирования. Установку AB—q рекомендуется применять при выполнении работ методом ЗС в условиях электропроводных разрезов с суммарной продольной проводимостью, превышающей несколько сотен сименс, и при глубинах исследования до 3—4 км.

Соосная установка Qq, которая может рассматриваться как симметричная, в условиях горизонтально-неоднородной среды позволяет получать осредненные в центре установки результаты. Оптимальными условиями для применения установки Qq являются разрезы с суммарной продольной проводимостью до нескольких сотен сименс при глубинах исследования до 1—2 км. Измеренный сигнал становления поля при использовании установки Qq имеет большой динамический диапазон. Преимуществом установки Qq является отсутствие заземлений, поэтому ее можно использовать в пустынях и зимой, когда устройство заземлений затруднительно. Следует иметь в виду также, что при индукционном возбуждении поля поверхностные неоднородности разреза вблизи питающего диполя в меньшей степени исказят результаты измерений, чем при гальваническом возбуждении.

3.3.7.30. При работах методом ЗС следует стремиться к постоянству геометрических параметров установок в пределах площади исследований. Это особенно важно при использовании установки AB—q.

3.3.7.31. При работах методом ЗС наиболее распространенными масштабами являются 1 : 200 000—1 : 50 000. Шаг установки по профилю должен обеспечить надежное выделение аномалии не менее чем тремя точками при густоте расположения точек на отчетных графиках с интервалом 1—1,5 см. Расстояние между профилями обычно в два раза превышает расстояние между точками наблюдений по профилю.

Направления профилей задаются вкрест предполагаемого простирания опорного горизонта.

3.3.7.32. Полевые измерения по методу ЗС выполняются с универсальной электроразведочной лабораторией типа ЭРСУ-71, цифровой электроразведочной станцией типа ЦЭС или аппаратурой типа «Цикл».

Для создания в питающей установке заземленной линии или петле ступенеобразного импульса используются генераторные установки постоянного тока с тиристорными коммутаторами типа ЭРСУ-71 или аналогичные.

3.3.7.33. В первом приближении измеренный сигнал становления поля может быть аппроксимирован функцией вида $\Delta U(t) \sim Ae^{-\alpha t} + \text{const}$. Коэффициент затухания сигнала α тем больше, чем больше удельное электрическое сопротивление разреза и чем меньше расстояние между источником поля и точкой наблюдения. Чем больше коэффициент затухания α, тем больше динамический диапазон измеряемого сигнала в заданном временном интервале и тем более широкополосным должен быть измерительный канал для получения неискаженных результатов измерения.

Для оценки аппаратурных искажений сигнала в полевых условиях при выборе режима фильтрации следует измерить переходную характеристику $F(t)$ измерительного канала и, аппроксимировав ее выражением вида $F(t) = U_0(1 - e^{-\beta t})$, определить значение β. При коэффициенте затухания сигнала α меньшем, чем β, на временах t, превышающих длину переходной характеристики, сигнал на выходе измерительного канала можно записать в виде $y(t) = x(t)\,\beta/(\beta - \alpha)$, где $\beta/(\beta - \alpha)$ — искажение сигнала переходными процессами; $y(t)$ — результат измерения сигнала $x(t)$.

Для станций типа ЭУЛ-60 и ЦЭС-1 значение $\beta \leqslant 80$, длина переходной характеристики не менее 0,1 с. Это позволяет измерять сигналы с коэффициентом затухания $\alpha \leqslant 5$ во временном интервале $t \geqslant 0{,}1$ с с погрешностью не более 5 %.

3.3.7.34. При измерении сигнала становления поля, меняющегося в широком динамическом диапазоне, регистрация его осуществляется поинтервально. Для измерения ранних времен процесса становления регистрация ведется при пониженной чувствительности и широкой полосе пропускания измерительного канала. В целях повышения точности регистрации сигнала на более поздних временах выполняются повторные записи с измененным режимом аппаратуры (чувствительность канала повышается, включаются фильтры). Для избежания возникновения собственных процессов в измерительном канале за счет его перегрузки он блокируется на ранних временах процесса становления.

Выбор режима поинтервальной записи — шага изменения чувствительности регистрирующего прибора, его фильтрации и временного интервала перекрытия отдельных записей — определяется системой обработки. Выбранный режим записи процесса становления поля необходимо выдерживать постоянным в пределах площади исследований.

При использовании цифровой аппаратуры полевая регистрация должна производиться в соответствии с инструкцией (см. 3.1.3) с учетом особенностей конкретной программы обработки на ЭВМ.

3.3.7.35. Питающая линия AB и питающая петля Q выкладываются из провода низкого сопротивления типа ГПМП с надежным изоляционным покрытием. Заземления выполняются железными пикетами или штангами. В случае необходимости, например в районах развития песчаных отложений, бурятся скважины до обводненного или глинистого слоя. Длина питающей установки AB выбирается в пределах 500—2000 м в соответствии с требованием $l_{AB} \leqslant L/3$. Питающая петля Q обычно выкладывается в форме квадрата со стороной 500—2000 м. Амплитуда ступени тока питающей установки составляет примерно 10—100 А. В целях улучшения качества принимаются меры по увеличению момента питающей установки (произведение длины линии AB или эффективной площади петли на силу тока в них). Для увеличения силы тока в приемной линии AB или в петле Q применяют группирование генераторных установок. Работа с проводами, устройство заземлений производятся в соответствии с методическими требованиями.

В случае использования установок AB—q и Q—q с близким расположением приемной петли к питающим проводам (менее 1—2 км) генераторная группа эксплуатируется в режиме «AB—балласт» с использованием нуль-контактора и регистрацию процесса становления поля проводят, когда цепь питающей линии разорвана, а ток поступает в балласт. При больших удалениях петли q от питающих проводов генераторная установка может эксплуатироваться в режиме «инвертирования тока».

3.3.7.36. В качестве преобразователей электромагнитного поля в электрический сигнал в методе ЗС используются заземленная линия MN длиной 100—300 м и незаземленная петля q с эффективной площадью 0,3—1,0 км^2. Для заземления линии MN используются неполяризующиеся электроды, обычно изготовленные из сухих эле-

ментов анодной батареи типа 29-ГРМЦ-13, с которых снимаются цинковые оболочки. Из группы электродов подбираются пары с минимальной разностью потенциалов поляризации. Соединительные провода должны иметь сопротивление изоляции не ниже 0,5 МОм и в процессе измерений не качаться под действием ветра. При использовании усилителя типа ЭЛУ-62 сопротивление изоляции между землей и аппаратурой (вместе с источником питания) должно быть не менее 0,5 МОм.

Незаземленный контур — петля q изготовляется из 20—50-жильного кабеля. Петля выкладывается на земле обычно в форме квадрата со стороной 50—200 м или круга с радиусом 25—100 м. Сопротивление изоляции отдельных жил друг от друга и от земли должно быть не менее 0;5 МОм. Штыревые разъемы, с помощью которых концы многожильного кабеля соединяются для образования многовиткового контура, должны оберегаться от сырости и грязи. Для подавления ветровых помех кабель, из которого изготовлены петли q, на время измерения присыпается землей.

Места расположения измерительных установок выбираются вдали от промышленных объектов и электрических сетей. Время суток, когда проводятся измерения, выбирается с учетом суточной периодичности в интенсивности помех, как магнитотеллурических, так и индустриальных.

3.3.7.37. С целью накопления импульсов для проведения статистической обработки регистрируется от 10 до 100 сигналов становления поля. Интервал времени между следующими друг за другом посылками ступенеобразных импульсов тока должен быть в два—три раза больше визуально отмечаемой длительности $t_{в.д}$ процесса становления. При этом глубинность исследования h, м, может быть оценена по формуле (45).

3.3.7.38. Перед началом полевых работ методом ЗС и в процессе их не реже одного раза в месяц должны быть проверены следующие характеристики аппаратуры: а) линейность шкалы измерительного канала (выдерживается с погрешностью 1—2 %); б) стабильность градуировочных сигналов (выдерживается с погрешностью 1—2 %); в) стабильность цены марок времени (выдерживается с погрешностью 1 %); г) вид переходной характеристики измерительного канала вместе с переходным преобразователем — датчиком (сохраняется с погрешностью 5 %); д) стабильность шкалы измерителя тока в питающей линии (выдерживается с погрешностью 1—2 %); е) вид фронта токового импульса в питающей линии; ж) состояние питающих и измерительных линий (петель), неполяризующихся электродов.

Характеристики аппаратуры должны соответствовать указанным и паспортным параметрам.

Для оценки собственных шумов и дрейфа нуля измерительного канала, включающего приемную установку MN или приемную петлю q, проводят запись при сближенных электродах MN или с кабелем приемной петли q, разложенным бифилярно.

3.3.7.39. Для контроля за точностью произведенных наблюдений проводятся контрольные измерения в объеме не менее 5 % от общего объема работ. Контрольные измерения выполняются с обязательной повторной раскладкой измерительных и питающих линий, с разрывом по времени после контролируемого измерения не менее 1—2 дней.

Допустимая погрешность определения геометрических параметров установки ЗС, входящих в топографический коэффициент соответствующих трансформаций сигнала (см. 3.3.7.49—3.3.7.52), может задаваться от 1 до 5 %, что должно быть оговорено в проекте полевых работ. При измерении процесса становления вертикальной компоненты магнитного поля с помощью незаземленного контура q угол между плоскостью петли и горизонтальной плоскостью не должен превышать 1°, а разность высот питающих и приемных линий должна быть менее 0,01 разноса L.

3.3.7.40. Для оценки погрешности измерений используют относительное расхождение контрольного и контролируемого сигнала, нормированных по чувствительности и силе тока. Допустимые расхождения в зависимости от стоящих задач могут задаваться в пределах от 1 до 5 %, что должно быть оговорено в проекте полевых работ.

Указанная погрешность измерений не должна превышать погрешности определения топографического коэффициента.

3.3.7.41. Основными первичными документами являются осциллограммы и магнитограммы с записями становления поля, полевые журналы, материалы аппаратурных контрольно-проверочных работ, журнал эталонировки (прил. 65), журналы топографических коэффициентов установок ЗС, схема расположения установок на

участке работ, данные обработки контрольных и контролируемых наблюдений (прил. 66, 67).

3.3.7.42. Все данные, характеризующие режим измерений, заносятся в полевые журналы (прил. 68—70). Каждую осциллограмму (магнитограмму) снабжают паспортом (прил. 71). Все осциллограммы (магнитограммы) при передаче в камеральное бюро регистрируются в соответствующем журнале (прил. 72). Результаты обработки оформляются в журналах (прил. 73—74).

3.3.7.43. Критериями качества первичных записей (осциллограмм, магнитограмм) являются:

а) полнота и правильность заполнения паспорта осциллограмм (магнитограмм);

б) хорошее качество проявления осциллограмм, небольшое число пропаданий на магнитной ленте (не более двух-трех слов в зоне);

в) различие градуировочных импульсов в начале и конце записи, а также импульсов разной полярности не более чем на 1—2 %;

г) нестабильность силы тока генераторной установки за время записи не более 2 %;

д) свидетельство материалов аппаратурных проверок о том, что на протяжении полевого периода характеристики аппаратуры сохраняются постоянными;

е) данные переходных характеристик измерительного канала и форма фронта токового импульса в питающей линии, используемые в ходе обработки полевых записей и обеспечивающие необходимую точность измерения самых малых времен процесса становления.

3.3.7.44. Журнал коэффициентов установок должен содержать результаты определения геометрических параметров установок, проводимого как топографом, так и операторами и отраженного в полевых журналах: длину линий l_{AB} и l_{MN}, площадь петель S_Q и S_q, число витков в них, расстояние L между центрами питающих и приемных установок (петель), углы между направлением линий AB, MN и L.

3.3.7.45. При расчетах экспериментальных кривых ЗС параметры установок и геоэлектрического разреза выражаются в следующих единицах: длина — м, удельное электрическое сопротивление — Ом·м, время — с, сила тока — А, измеряемая разность потенциалов — мкВ, проводимость — См.

Обработка результатов измерений процессов становления поля заключается в определении зависимости измеряемого сигнала ΔU от времени t, отсчитываемого с момента посылки токового импульса в линию AB или петлю Q. Функция $\Delta U\,(t)$ преобразуется в соответствии с математическим выражением того или иного вида трансформации в форму, в которой построены теоретические кривые зондирования [формы кажущегося удельного сопротивления $\rho_\tau^{\text{д}}$ дальней зоны, $\rho_\tau^{\text{б}}$ ближней зоны, $S_\tau^{\text{дф}}$, $f\,(t)$ и т. п.].

На основе сопоставления экспериментальных кривых с теоретическими определяются обобщенные параметры разреза (ордината минимума кривой кажущегося удельного сопротивления $\rho_{\tau\,\min}$, суммарная продольная проводимость S) и выделяются характерные элементы экспериментальной кривой, отражающие геоэлектрические особенности изучаемого разреза. В результате анализа различия экспериментальных кривых, полученных в разных пунктах профиля или площади, делается заключение о характере изменения геоэлектрического разреза в пределах участка исследований.

Приближенная оценка времени t, при котором на кривой зондирования можно отметить проявление слоя, залегающего на глубине h, делается по формуле

$$h \approx \overline{K}\sqrt{\rho t}, \tag{45}$$

где ρ — среднее удельное сопротивление толщи, перекрывающей данный геоэлектрический слой; t — время проявления слоя на кривой ЗС; $\overline{K}$ — коэффициент пропорциональности. При использовании установки AB—q с $L/h \geqslant 4$, $\overline{K} \leqslant 2\cdot 10^3$, а при $L/h \leqslant 1$, $\overline{K} \leqslant 10^3$.

3.3.7.46. Обработка записей процессов становления поля заключается в определении амплитуд сигнала с равномерно увеличивающимся шагом по оси времен ($t_{i+1} = kt_i$, $k = 1{,}05 \div 1{,}25$).

Для измерения амплитуд на осциллограмму наносят нулевую линию, которая проводится с учетом предполагаемого дрейфа нуля в пределах данного импульса. Среднее значение амплитуды сигнала $A\,(t)$ для данной группы импульсов рассчиты-

вается путем суммирования, аналитического или графического. Для получения нормированного значения сигнала $\Delta U\,(t)$ пользуются выражением

$$\Delta U(t) = \frac{A_{\text{ср}}\,(t)}{I}\,\frac{\Delta U_{\text{гр}}}{A_{\text{гр}}}, \tag{46}$$

где $A_{\text{ср}}\,(t)$ — усредненное значение сигнала, мм; I — амплитуда ступени тока в питающей линии, А; $\Delta U_{\text{гр}}$ — значение градуировочного сигнала, мкВ; $A_{\text{гр}}$ — средняя амплитуда градуировочного сигнала на данной осциллограмме, мм.

Критерием качества записей, выполненных на данной точке наблюдений, является расхождение результатов независимой обработки двух групп импульсов, считая по 10—20 импульсов в группе, не превышающее 3 % для основного интервала времени.

3.3.7.47. Трансформация нормированного сигнала $\Delta U\,(t)$ (46) в кривые $\rho_\tau^{\text{д}}$ дальней зоны осуществляется по формулам: для установки AB—MN

$$\rho_\tau^{\text{д}} = \left|\frac{2\pi L^3\cdot 10^{-6}}{l_{AB}l_{MN}\,(3\cos^2\theta - 2)}\right|\Delta U(t); \tag{47}$$

для установки AB—q

$$\rho_\tau^{\text{д}} = \left|\frac{2\pi L^4\cdot 10^{-6}}{3l_{AB}\widetilde{S}_q\sin\theta}\right|\Delta U\,(t). \tag{48}$$

В случае нарушения условия $l_{AB} < (1/3)\,L$ в величину l_{AB}, используемую в выражениях для $\rho_\tau^{\text{д}}$, должна быть введена поправка (прил. 75).

Для получения кривых $\rho_\tau^{\text{б}}$ ближней зоны используются выражения: для установки AB—q

$$\rho_\tau^{\text{б}} = 10^{-25/3}\left[\frac{8\pi l_{AB}L\widetilde{S}_q\sin\theta}{t^{5/2}\Delta U\,(t)}\right]^{2/3}; \tag{49}$$

для установки Q—q

$$\rho_\tau^{\text{б}} = 10^{-25/3}\left[\frac{16\pi\widetilde{S}_Q\widetilde{S}_q}{t^{5/2}\Delta U(t)}\right]^{2/3}, \tag{50}$$

где l_{AB} — длина питающей линии, м; l_{MN} — длина приемной линии, м; L — расстояние между питающими и приемными диполями, м; $\widetilde{S}_Q$ — эффективная площадь питающей петли, равная произведению площади петли на число витков, м^2; $\widetilde{S}_q$ — эффективная площадь приемной петли, м^2; θ — азимутальный угол, град.

3.3.7.48. Для сопоставления экспериментальных кривых с теоретическими графики кажущегося удельного сопротивления ρ_τ строят в билогарифмическом масштабе с модулем 6,25 см, по оси абсцисс откладываются значения $\sqrt{2\pi t}$.

3.3.7.49. Для построения кривых зондирования с установкой AB—q в форме графиков $f\,(t)$, объединяющих измерения в ближней и дальней зонах источника, трансформация нормированного сигнала $\Delta U\,(t)$ осуществляется по формуле

$$f\,(t) = \frac{L^2}{0{,}3l_{AB}\widetilde{S}_q\sin\theta}\,t\Delta U\,(t). \tag{51}$$

Эти кривые строят на билогарифмическом бланке с модулем 10 см, по оси абсцисс откладывается величина t.

3.3.7.50. При достаточно высокой точности измерения процесса становления поля строятся дифференциальные кривые зондирования

$$\frac{\partial \lg \Delta U\,(t)}{\partial \lg t} = \frac{\Delta U'\,(t)}{\Delta U\,(t)}\,t. \tag{52}$$

На таких кривых подчеркиваются слабо выраженные особенности сигнала, обусловленные неоднородностью геологического разреза.

При измерении процесса становления поля в ближней зоне источника могут строиться дифференциальные кривые кажущейся продольной проводимости $S_\tau^{\text{дф}}$, нормированные по модели «проводящая плоскость в пространстве». С этой целью по значениям нормированного сигнала $\Delta U(t)$ и первой производной его по времени $\Delta U'(t)$ определяется функция

$$f(m) = \frac{\mu_0 L}{K} \frac{\Delta U'(t)}{[\Delta U(t)]^2}, \tag{53}$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; L — разнос установки, м; K — безразмерный геометрический коэффициент установки. По значениям $f(m)$ с помощью номограммы для соответствующей установки, построенной по данным прил. 76, определяют значения $F(m)$.

Величину $S_\tau^{\text{дф}}$ определяют по формуле

$$S_\tau^{\text{дф}} = \frac{F(m)}{K\Delta U(t)}. \tag{54}$$

Величину K для различных установок находят по формулам: для установки AB—q

$$K = \frac{\pi L^3}{3 l_{AB} \widetilde{S}_q \sin\theta}, \tag{55}$$

где θ — угол между линией AB и L (прил. 75); для установки Qq (соосная)

$$K = \frac{\pi L^4}{6 \widetilde{S}_Q \widetilde{S}_q}; \tag{56}$$

для установки Q—q (разнесенная)

$$K = \frac{\pi L^4}{3 \widetilde{S}_Q \widetilde{S}_q}; \tag{57}$$

для установки Qq (совмещенная)

$$K = 1. \tag{58}$$

3.3.7.51. При интерпретации материалов ЗС проводятся:

1) сопоставление экспериментальной кривой с палетками двухслойных и трехслойных кривых с определением параметров верхнего слоя d_1, ρ_1 и обобщенных параметров разреза — суммарной продольной проводимости S, ординаты минимума кривой кажущегося удельного сопротивления $\rho_{\tau\,\min}$ (см. 3.3.7.45);

2) определение коэффициента пропорциональности k между средним продольным сопротивлением ρ_l и $\rho_{\tau\,\min}$ на основе обобщенной модели геоэлектрического разреза по теоретическим кривым;

3) расчет глубины H залегания опорного горизонта высокого удельного сопротивления по формуле

$$H = \rho_l S = k\rho_{\tau\,\min} S, \tag{59}$$

где S — суммарная продольная проводимость разреза; k — коэффициент пропорциональности.

3.3.7.52. При работах с установкой AB—q анализируются расхождения в результатах, полученных на взаимно-встречных установках. Это позволяет уточнить характер залегания опорного горизонта высокого удельного сопротивления. В случае положения приемной петли q относительно линии AB в сторону падения опорного горизонта высокого удельного сопротивления имеет место завышение измеряемого сигнала относительно сигнала, измеренного на встречной установке AB—q. Изменение расхождения вдоль профиля характеризует изменения углов падения опорного горизонта. По этому признаку выделяются участки с постоянным углом падения слоев, антиклинальные и синклинальные зоны.

3.3.7.53. По результатам интерпретации строятся профили и карты величин ρ, d, $\rho_{\tau\,\min}$, S, ρ_l, H. По результатам сопоставления отдельных рассчитанных значений d и H с данными каротажа глубоких скважин определяют коррекцию, которую сле-

дует ввести в другие значения d и H для построения геоэлектрического разреза по профилю или карты упомянутых характеристик.

3.3.7.54. Для прослеживания изменений по профилю (площади) слабо выраженных особенностей процесса становления поля строят схемы корреляции характерных элементов дифференциальных кривых. При постоянных геометрических параметрах установки ЗС изменения вдоль профиля наблюдений уровня площадок $S_\tau^{\text{ДФ}}$ и изменения времени, на котором отмечаются площадки $S_\tau^{\text{ДФ}}$ или характерные элементы дифференциальных кривых, указывают на изменения глубины залегания и проводимости отдельных слоев разреза.

3.3.7.55. Комиссия, принимающая полевые материалы партии, проверяет соблюдение требований настоящей инструкции и производит оценку качества работ. Комиссии должны быть представлены: проект работ, основные первичные документы (см. 3.3.7.42), результаты обработки и предварительной интерпретации полевых материалов.

При оценке качества выполненных работ комиссией должны приниматься во внимание качество осциллограмм, правильность их обработки, состояние документации, качество работы аппаратуры, полнота и степень достоверности решения поставленных геологических задач (см. 3.3.4.33 и 3.3.4.34).

3.3.7.56. Отчет по работе партии составляют в соответствии с общими требованиями настоящей инструкции (разд. 4). К отчету должны быть приложены альбом со всеми полевыми кривыми ЗС и схема расположения установок в масштабе съемки. Обработка на ЭВМ ведется по специальным программам.

3.3.7.57. Промежуточное положение между методами ЗС и переходных процессов занимает модификация зондирования, основанная на изучении скорости изменения во времени неустановившегося магнитного поля вихревых токов, которые возбуждаются в среде импульсами магнитного поля путем включения и выключения постоянного тока в генераторном контуре, расположенном на поверхности земли. Иногда этот способ называется зондированием в модификации переходных процессов — ЗМПП.

ЗМПП применяется для поисков и разведки месторождений, представленных рудами низкого удельного сопротивления (медно-колчеданных, полиметаллических, медно-никелевых, засоленных вод и др.), рудами среднего удельного сопротивления (10—100 Ом·м) в средах высокого удельного сопротивления (кимберлитовых трубок), а также для картирования рудовмещающих или рудоконтролирующих толщ низкого удельного сопротивления, для выяснения природы магнитных аномалий (разбраковка их на обусловленные сплошным или вкрапленным магнетитовым оруденением). ЗМПП может быть использован также для определения удельного сопротивления и мощности рыхлых отложений.

Метод особенно эффективен при наличии в разрезе пород большого удельного сопротивления. Глубинность метода, зависящая от электромагнитных свойств искомых объектов, вмещающих пород, а также масштабов оруденения и магнитного момента установки, в благоприятных случаях может достигать 500—600 м и более (с аппаратурой 3.3.7.59).

Вследствие того что размер установок, применяемых в модификации, меньше глубины до объекта поисков или соизмерим с ней, метод обладает повышенной разрешающей способностью по сравнению с другими методами постоянного и переменного тока.

3.3.7.58. В зависимости от конкретных задач применяются соосная модификация СМПП и совмещенная МППО. В совмещенной модификации в качестве источника поля используются совмещенные в пространстве генераторная и приемная, обычно квадратные, петли. В соосной модификации центры квадратных генераторной и приемной петель совпадают, но размеры приемной петли существенно меньше размера генераторной. В случае применения совмещенной установки следует убедиться в отсутствии влияния генераторного контура на приемный. С этой целью необходимо выполнить опытные работы соосной установкой с постепенным увеличением размера приемной петли до размеров генераторной на участке, обладающем средними для района (или несколько выше среднего) значениями удельного сопротивления вмещающей среды.

3.3.7.59. Измерения в модификации ЗМПП рекомендуется производить с аппаратурой типа «Цикл», «Импульс-Ц» или ей подобной в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Количество накоплений и циклов наблюдения на точках выбирают в зависимости от уровня и характера электрических помех.

3.3.7.60. Работы в модификациях МППО и СМПП проводятся по сети профилей, расположенных обычно вкрест предполагаемого простирания искомых объектов или структур. Шаг наблюдений по профилям, размеры петель и параметры силовой установки выбираются в зависимости от решаемой геологической задачи, размеров и электрических свойств рудных тел, продольной проводимости насосов и удельного сопротивления вмещающих пород. Так, глубинность в благоприятных условиях может достигать 500—600 м. ЗМПП применим при поисках рудных тел типа диска, перекрытого электропроводными отложениями, относительные геоэлектрические параметры которых удовлетворяют неравенству

$$(S_p/S)^{1/2} \geqslant 1{,}4h/R_p, \tag{60}$$

где S_p — продольная проводимость; R_p — радиус; h — глубина залегания рудной залежи линзообразной формы; S — продольная проводимость перекрывающих отложений (пласт, плоскость, среда типа полупространства).

В этом случае относительная аномалия эдс, измеренная соосной установкой, будет

$$U_{ан}/U_п \geqslant 1{,}3, \tag{61}$$

где $U_{ан}$, $U_п$ — эдс переходного процесса, измеренные над и вне рудного тела на времени, с,

$$t \approx 0{,}62/\alpha_{ЗМПП}; \tag{62}$$

$$\alpha_{ЗМПП} = 1/(\mu_0 S_p R_p). \tag{63}$$

Сеть наблюдений обычно выбирают равной стороне петли. Допускается сгущение шага по профилю с целью более уверенного прослеживания аномалий.

3.3.7.61. При поисках крутопадающих и линейно вытянутых объектов измерения в рамочно-петлевой модификации могут проводиться прямоугольными петлями, длинная сторона которых располагается параллельно простиранию рудного тела, а также могут быть использованы и другие формы петель (см. 3.3.8.2.5).

3.3.7.62. Требования к размещению генераторной и измерительной аппаратуры, к петлям и их раскладке на местности, так же как и к сопротивлениям утечки и методике их измерений, те же, что и в методе переходных процессов (см. 3.3.8.2.6, 3.3.8.2.7, 3.3.8.2.9).

3.3.7.63. Ежедневно перед началом работы на профиле проводятся измерения переходного процесса на заранее изготовленном эквиваленте среды, результаты которых сравниваются со значениями, полученными в процессе предполевого ремонта и настройки аппаратуры. В случае обнаружения расхождений, превышающих погрешность наблюдений с данным типом аппаратуры, необходимо принять меры по устранению неисправностей.

3.3.7.64. Измерения на точках производятся на всех временных задержках до полного исчезновения сигнала. В начале и конце измерения переходного процесса измеряется ток в генераторном контуре. При работах на разрезах с высоким удельным сопротивлением применяются меры по ликвидации собственного колебательного процесса в генераторной и приемной петлях. В случае появления отрицательных значений эдс в обязательном порядке повторяются измерения сопротивления утечек в генераторной и приемной петлях, источниках питания и регистраторе.

3.3.7.65. В полевой журнал записываются название участка, номер пикета и профиля, сила тока в начале и конце измерения, число накоплений, сопротивление утечки, а также эдс на каждой задержке. В случае необходимости указывается положение петли относительно различных металлических предметов, электролиний, а также других сооружений.

Для определения погрешности измерений проводятся специальные контрольные наблюдения в объеме 5 % от рядовых. Оценка точности наблюдений производится по формуле (72) относительной средней арифметической погрешности. Для надежных измерений (превышающих втрое порог чувствительности аппаратуры) погрешность не должна превышать 10—15 %.

3.3.7.66. По результатам измерений в полевых условиях производится вычисление значений ρ_τ по формуле (50), построение кривых кажущихся удельных сопротивлений ρ_τ на билогарифмических бланках с модулем 6,25 см в зависимости от $\sqrt{t}$

и их предварительная интерпретация по палеткам, номограммам либо особым точкам ($\rho_{т.min}, t_{min}, \rho_{т.max}, t_{max}$ — координаты минимума и максимума кривых кажущегося удельного сопротивления), в процессе которой определяются значения суммарной продольной проводимости S, продольной проводимости рыхлых отложений $S_р$ и аномальной продольной проводимости $S_а$ (как разница между S и $S_р$). По полученным значениям строятся предварительные планы S, $S_р$ и $S_а$.

3.3.7.67. На выявленных по плану $S_а$ аномальных участках выполняются детализационные исследования ЗМПП в соосном варианте. Размер генераторного контура в случае необходимости (кривые ρ_τ в области больших времен не выходят на асимптоту) увеличивают в два—три раза. С этой же целью рекомендуется увеличивать силу тока в генераторном контуре, число накоплений и циклов измерений. Шаг наблюдений и расстояние между профилями выбирают такими, чтобы уверенно изучить морфологию объекта, образующего аномалию, и исключить необходимость последующих работ ЗМПП в крупном масштабе, при этом шаг наблюдений уменьшается до 1/4—1/2 стороны петли.

3.3.7.68. В процессе камеральной обработки производят вычисления значений ρ_τ во вторую руку, рассчитывают и строят кривые кажущейся продольной проводимости S_τ и глубины H_τ, определяют значения аномальной продольной проводимости $S_а$. Используя результаты расчетов по разным методикам, а также методику аналитического продолжения электромагнитного поля в нижнее полупространство и отображения локальных проводников на вертикальных разрезах электромагнитного поля, строят сечения или разрезы, на которых изображены изолинии проводимости, и по ним судят о глубине до локального проводника, его форме и внутреннем строении, строят геоэлектрические планы и разрезы с выделением потенциально рудоносных объектов и горизонтов, рудоконтролирующих толщ, вычисляют электромагнитные параметры возмущающих объектов, определяют их пространственное положение и оценивают степень перспективности выявленных аномалий на искомое оруденение как с позиций данных ЗМПП, так и с учетом результатов всех предшествующих геолого-геофизических работ. В случае необходимости приводится местоположение рекомендуемых для проверки аномалий горных выработок и скважин.

3.3.7.69. После полевых работ комиссии по приемке полевых материалов предъявляются полевые журналы, в том числе с контрольными наблюдениями, и расчеты погрешности, на основании чего определяется качество работ с учетом требований 3.8, 3.9.

3.3.7.70. К отчету прилагается альбом кривых кажущихся удельных сопротивлений ρ_τ, планы изолиний суммарной и аномальной продольной проводимости, планы мощности и продольной проводимости наносов, геоэлектрические разрезы по профилям через аномальные участки и другие материалы в соответствии с условиями работ с учетом требований 4.2.

3.3.8. МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ (прил. 78—88)

Группа методов электромагнитного профилирования (ЭМП) основана на наблюдении характеристик электромагнитного поля искусственных источников, включая его частотные и переходные характеристики, и предназначена для изучения геоэлектрического разреза в горизонтальном направлении. Методы ЭМП используют широкий диапазон частот (задержек).

Среди методов ЭМП особо выделяются индуктивные методы, основанные на изучении либо низкочастотного гармонического поля, либо неустановившегося электромагнитного поля.

3.3.8.1. Электромагнитные методы профилирования с гармоническим полем

3.3.8.1.1. Применяются следующие электромагнитные методы гармонического поля: метод незаземленной петли (НП), метод длинного кабеля (ДК) и метод дипольного электромагнитного профилирования (ДЭМП). Из них методы НП и ДК являются

низкочастотными индуктивными, а метод ДЭМП осуществляется в широком диапазоне частот и в него входит как низкочастотная модификация дипольного индуктивного профилирования (ДИП), где поле изучается в ближней зоне.

При работе методом ДЭМП электромагнитное поле возбуждается переменным током, текущим в небольшой генераторной рамке. Магнитную составляющую поля измеряют при помощи рамки в точке, расположенной на заданном постоянном расстоянии от генераторной рамки.

3.3.8.1.2. Частота либо диапазон частот, на которых ведутся полевые работы, определяются удельной электропроводностью и размерами рудных залежей, а также удельной электропроводностью покровных и рудовмещающих пород.

При поисках крупных рудных тел, сложенных хорошо проводящими (например, медно-колчеданными) рудами, рабочие частоты выбираются в диапазоне от первых десятков до первых сотен герц.

При поисках руд средней удельной электропроводности (например, колчеданно-полиметаллических и полиметаллических) рабочие частоты выбираются в диапазоне первых сотен — нескольких тысяч герц.

При поисках руд, имеющих одновременно высокое удельное сопротивление и высокую магнитную проницаемость, общую съемку целесообразно выполнять на частотах в диапазоне единиц—десятков герц.

При поисках руд, имеющих одновременно невысокое удельное сопротивление и высокую магнитную проницаемость, можно применять более широкий диапазон частот, например от единиц герц до килогерц. Конкретные значения частот выбираются в соответствии с методическим руководством.

3.3.8.1.3. Электромагнитные методы гармонического поля на разных частотах реагируют на низкое удельное сопротивление, повышенную магнитную проницаемость, а также повышенное удельное сопротивление горных пород и руд. В зависимости от указанных свойств методы гармонического поля применяются при поисках и разведке рудных тел низкого удельного сопротивления, изучении природы аномальных зон, обнаруженных другими методами разведочной геофизики, наземной детализации результатов аэроэлектроразведочных работ, для детального геологического картирования контактов, тектонически ослабленных зон, графитизированных пород, а также при поисках магнитных руд железа и даже объектов повышенного удельного сопротивления.

Для поисков руд низкого удельного сопротивления, залегающих на глубине до 100—200 м, и изучения природы аномальных зон, обнаруженных другими методами, применяют главным образом метод НП. Для решения задач геологического картирования используют в основном метод ДК. Метод ДЭМП и его модификацию ДИП применяют при поисках и разведке хорошо проводящих объектов, в основном сульфидных рудных тел, детализации ранее обнаруженных аномалий и геологическом картировании. В отличие от методов НП и ДК метод ДЭМП с применяемой аппаратурой обладает меньшей глубинностью (десятки метров), но имеет более высокую производительность и проще по организации работ.

Гармонические методы электромагнитного поля обычно применяют в комплексе с другими геофизическими и геохимическими методами.

3.3.8.1.4. Полевые работы электромагнитными методами проводятся обычно при поисковых и картировочных работах масштабов 1 : 10 000—1 : 25 000, при детальных поисках масштабов 1 : 10 000—1 : 5000, а также при детализации результатов, полученных при съемках указанных выше масштабов. Опытные работы по выбору рабочих режимов выполняются на отдельных профилях, расположенных в пределах хорошо изученных участков.

А. Низкочастотный индуктивный метод незаземленной петли

3.3.8.1.5. Метод НП применяют главным образом для поисков руд низкого удельного сопротивления либо высокой магнитной проницаемости, а также для изучения геологической природы аномалий, обнаруженных другими геофизическими методами. Работы производятся путем площадной съемки планшетов внутри незаземленных квадратных или прямоугольных петель с длинами сторон 1—2 км. Профили располагаются вкрест преимущественного простирания горных пород. При поисках крутопадающих маломощных рудных тел допускается съемка вне петли по профилям,

ориентированным перпендикулярно либо параллельно стороне петли. В последнем случае длинную сторону петли располагают вкрест предполагаемого простирания изучаемых объектов.

В простых геоэлектрических условиях, при малом уровне влияния аномалий нерудного происхождения покровных и рудовмещающих отложений, для поисковой съемки могут применяться петли большого размера со сторонами 1,5—2,5 км и больше. В сложных геологических условиях для уменьшения уровня влияния аномалий нерудного происхождения применяются петли, вытянутые вкрест простирания горных пород (ширина — до 1 км, длина — предельно возможная, ограничиваемая лишь соображениями технико-экономического характера). Увеличение размеров петель и переход к съемке планшетов вне петли обеспечивают рост производительности поисковых работ, но приводят к появлению дополнительного числа аномалий нерудного происхождения, что ведет к увеличению объема детализационных съемок. Поэтому размеры применяемых петель и возможность съемки планшетов вне петли устанавливают на основании опытных работ и уточняют в ходе поисковых съемок в данном районе.

3.3.8.1.6. Съемочный планшет располагается внутри петли в пределах достаточно однородного нормального поля. Расстояние от крайней на профиле точки наблюдения до ближайшей стороны петли должно быть не меньше 200 м. Максимальные расстояния от источника поля до точки наблюдения при измерениях вне петли определяются мощностью генераторной группы и чувствительностью измерительной аппаратуры (достигают 1—3 км).

3.3.8.1.7. Для детализационных съемок применяют прямоугольные петли, вытянутые вкрест простирания горных пород, либо квадратные. Длина стороны квадратной петли либо меньшей стороны прямоугольной петли не должна превышать нескольких сотен метров. Лишь в районах, сложенных горными породами высокого удельного сопротивления, при детализации аномалий можно применять квадратные или прямоугольные петли с длинами сторон до 1 км. Детализируемая аномалия должна располагаться в средней части съемочного планшета, выбираемого внутри петли (см. 3.3.8.1.6).

3.3.8.1.8. При поисках руд низкого удельного сопротивления либо повышенной магнитной проницаемости в качестве измерительного прибора применяют микровольтметр типа ИМА-1, позволяющий производить многочастотные измерения, или «Лазурит». При поисках руд, имеющих одновременно высокое удельное сопротивление и повышенную магнитную проницаемость, для возбуждения и измерения поля применяют комплект аппаратуры типа ИКС-50, снабженный магнитоиндукционным преобразователем (датчиком).

См. также 3.3.8.1.13—3.3.8.1.24.

Б. Низкочастотный индуктивный метод длинного кабеля

3.3.8.1.9. Метод ДК применяют в основном для решения задач геологического картирования и поисков рудных тел. Источником поля в методе ДК является прямолинейный заземленный на концах кабель длиной до 10 км, вытянутый в направлении простирания горных пород. Профили наблюдений располагаются по обе стороны от кабеля перпендикулярно ему. Длина профилей и ширина съемочного планшета обычно выбираются равными 1/3—1/2 длины кабеля.

3.3.8.1.10. При площадных съемках обычно производят одночастотные амплитудные измерения. Рабочую частоту выбирают так, чтобы влияние на характер поля геолого-структурных элементов либо рудных тел, представляющих интерес при геологическом картировании и поисках в данном районе, было максимальным. Частоту выбирают на основании опытных работ и уточняют при проведении поисковых съемок в данном районе. Следует иметь в виду, что чрезмерное повышение рабочей частоты ведет к увеличению влияния неоднородности перекрывающих рыхлых отложений.

3.3.8.1.11. В методе ДК используют аппаратуру типа ИМА-1, ИКС, «Лазурит». Измеряют вертикальную H_z либо вертикальную H_z и горизонтальную H_y (вдоль профиля наблюдения) составляющие поля. Соответственно по амплитудному измерителю снимают показания в микровольтах: $U(H_z)$, $U(H_y)$. Результаты измерений представляют в виде графиков измеренных составляющих поля либо графиков $\tilde{\rho}$.

Значения $\tilde{\rho}$ определяют с помощью соответствующих методических рекомендаций.

При использовании метода ДК для решения поисково-картировочных задач на основе эффективного удельного сопротивления измеряют угол наклона большой оси эллипса поляризации вектора магнитного поля к горизонту в вертикальной плоскости, проходящей через профиль наблюдения, и отношение амплитуд $|H_z|/|H_y|$ вертикальной составляющей магнитного поля к горизонтальной, направленной вдоль профиля. При этом оптимальными считаются такие частота f и длина кабеля l_{AB}, при которых в заданном диапазоне изменения удельного сопротивления измеренные значения характеристик магнитного поля соответствовали бы наиболее крутым частям графиков зависимости этих характеристик от приведенного расстояния. Значения f и l_{AB} уточняются с учетом конкретных геологических условий с таким расчетом, чтобы аномальные эффекты от хорошо проводящих рудных тел были максимальны и на результаты наблюдений не оказывали решающего влияния рыхлые отложения. Оценка глубинности исследований проводится по результатам расчетов магнитного поля над двухслойной средой.

Влияние рельефа вносит максимальные искажения на результаты наблюдений вблизи кабеля при $\tilde{y} < 0{,}1 \div 0{,}2$. На протяженном склоне с углом падения β искажения вызваны тем, что при установке антенны по уровню измеряются не составляющие, параллельные и перпендикулярные дневной поверхности, а их проекции на направления, образующие угол β с поверхностью склона и перпендикуляром к ней. Поправки, учитывающие влияние рельефа, определяются в соответствии с методическими рекомендациями.

Результаты измерений, исправленные за влияние рельефа, представляют в виде графиков измеренных составляющих поля либо в виде графиков $\tilde{\rho}$. Значения $\tilde{\rho}$ определяют с помощью масштабных палеток.

3.3.8.1.12. Аномалии электромагнитного поля, полученные методом ДК, детализируют в тех случаях, когда они по своей форме, геологической позиции или по сочетанию с аномалиями других геофизических методов перспективны на связь с каким-либо полезным ископаемым или представляющими интерес геолого-структурными особенностями изучаемой площади. Аномалии, перспективные на связь с хорошо проводящим оруденением, детализируют в соответствии с положениями, изложенными далее.

Для оценки глубины залегания верхней кромки и угла падения хорошо проводящих рудных тел пластовой формы используется методика, основанная на измерении $|H_z|$ и $|H_y|$ по ряду профилей, перпендикулярных рудному телу. Для оценки геометрических размеров (по простиранию и падению) и угла скатывания (склонения) рудных тел изучают горизонтальную составляющую вектора магнитного поля $|H_x|$, направленную параллельно кабелю и проводнику. Геологическое истолкование результатов детальных работ производится в соответствии с существующими методическими рекомендациями.

3.3.8.1.13. Здесь и ниже излагаются общие требования к методике полевых измерений для случая НП и ДК. Перед началом измерений на планшете проверяют сохранность петли или кабеля, после чего техник генераторной группы включает генератор, устанавливает рабочую частоту и необходимую силу тока, а затем дает сигнал для начала измерений. Техник генераторной группы следит за постоянством тока в петле и ведет систематическую запись силы тока (прил. 78). Если источником поля является незаземленная петля, то ее рекомендуется вводить в последовательный резонанс при помощи последовательно включенных емкостей, особенно при использовании высоких частот. Оператор берет отсчет по прибору и сообщает его помощнику. Помощник записывает отсчет в журнал (прил. 79) и наносит результаты измерений на график. После этого вся бригада переходит на следующую точку профиля. При этом измерительная рамка остается подключенной к прибору, а питание последнего не выключается.

В случае резких изменений напряженности поля по профилю необходимо систематически сверять отсчеты, полученные при разной чувствительности, путем измерения одних и тех же величин на двух соседних пределах вольтметра.

Если наблюдения на профиле прерваны вследствие плохой погоды, технических неполадок или окончания рабочего дня, при возобновлении работы необходимо повторить измерения не менее чем на двух предыдущих точках профиля.

Выбор расположения петель или кабеля на местности и съемочных планшетах должен быть произведен таким образом, чтобы в последующих петлях или кабеле в максимальной степени использовались провода и заземления ранее проложенных петель или кабелей.

Заземления устраивают из штыревых электродов, собираемых в связки. Количество электродов должно быть подобрано таким, чтобы общее сопротивление заземления не превышало сопротивления кабеля. При работе в районах с трудными условиями заземлений число электродов увеличивают или применяют штыри большей длины.

3.3.8.1.14. Топографическое обслуживание полевых работ заключается в разбивке профилей в пределах съемочного планшета, разметке этих профилей пикетами, провешивании профилей для сторон петли или кабеля, а также привязке съемочной сети, маршрутов, вершин сторон петли и заземлений кабеля к существующей в исследуемом районе триангуляционной сети. Все эти работы выполняются специальным отрядом в соответствии с действующей инструкцией по топографо-геодезическим работам при геофизической разведке (см. 3.2).

3.3.8.1.15. Оценку точности полевых измерений с микровольтметрами производят по средней относительной погрешности, вычисляемой по серии двукратных измерений на всех точках контрольных профилей. Эта погрешность не должна превышать 3 %. При изучении природы слабых магнитных аномалий (с амплитудой меньше 2000γ) допустимая погрешность измерений с аппаратурой типа ИКС не должна превышать 1,5 %.

В этом случае для повышения точности наблюдений следует создавать опорную сеть, выбирая в качестве опорных точек средние пикеты рабочих профилей (точки пересечения с магистралью). Измерение проводится с двукратным повторением (прямой и обратный ход), и за истинное значение отсчета на опорной точке принимается среднее арифметическое значение обоих измерений. Кроме того, повышаются требования к установке рамки — пузырек круглого уровня на основании рамки не должен выходить за пределы малого центрального круга уровня.

Средняя относительная погрешность вычисляется в этом случае по исправленным с учетом нестабильности коэффициента передачи прибора значениям амплитуд (см. 3.3.8.1.16).

При обычных поисково-картировочных исследованиях погрешность измерения H_z и H_y не должна превышать 5 %, а угла ψ_{yz} — 3°.

Число контрольных измерений определяется проектом работ партии и составляет 5 % от общего объема работ (до 10 % при опытно-методических съемках). Они распределяются равномерно во времени и на площади работ. Контрольные измерения должны производиться наиболее опытным техническим персоналом партии (отряда). Рядовые и контрольные измерения производят с интервалом не менее 1 дня, а при наличии нескольких приборов — различными приборами.

3.3.8.1.16. Перед вычислением средней относительной погрешности наблюдений с микровольтметром результаты контрольных наблюдений приводят к результатам рядовых наблюдений. Это делается с помощью коэффициента приведения $\bar{k}$, определяемого по формуле

$$\bar{k} = U_1/U_2, \tag{64}$$

где U_1 — результат контрольных измерений; U_2 — результат рядовых измерений. Коэффициент приведения вычисляют как среднее арифметическое из коэффициентов приведения для отдельных точек:

$$\bar{k}_{ср} = (\bar{k}_1 + \bar{k}_2 + \bar{k}_3 + \ldots)/n. \tag{65}$$

Вычисление средней относительной погрешности ведут в журнале (прил. 80).

При работах повышенной точности допустимы периодические измерения на контрольном пункте, выбранном в пределах планшета съемки, проводимые, например, в начале и по окончании ежедневной работы, при смене прибора и т. д. Нестабильность результатов измерений вдоль каждого профиля исправляют, умножая отсчет на каждой точке на поправочный коэффициент передачи α, вводимый по формуле

$$\alpha = U/U_{оц}, \tag{66}$$

где U — рядовой отсчет на опорной точке, мкВ; $U_{оц}$ — отсчет на той же точке при проведении измерений на опорной сети, мкВ.

3.3.8.1.17. Результаты полевых наблюдений записывают в полевом журнале (прил. 79). В графу 2 через каждые 30 мин заносят время наблюдений. В графе 3 отмечают точку записи — номер пикета. В графу 4 записывают шкалу, на которой ведут измерения, в графу 5 — отсчет с учетом чувствительности. В графу 6 при обработке наблюдений заносят ток в петле на основании записей в журнале генераторной группы в соответствующее время. Графы 7 и 8 заполняют также при обработке наблюдений: в графе 7 пишут значения U_1, приведенные к току в источнике, в графе 8 — значения $U_{\text{испр}}$, где нестабильность U_1 исправляется коэффициентом передачи α, если работы ведутся с повышенной точностью (1—1,5 %). В графе «Примечание» отмечают элементы ситуации по профилю и обстоятельства, характеризующие условия съемки, а также каждый перерыв в работе и его причины.

Одновременно с записью результатов наблюдения помощник оператора в поле строит график амплитуд измеряемых составляющих компонент магнитного поля. В районах с резко пересеченным рельефом на графиках наблюденных величин отмечают особенности рельефа дневной поверхности, поверхностные условия (осыпи, пашня, лес и т. д.) и элементы ситуации вдоль профиля.

Результаты повторных (контрольных) наблюдений записывают в отдельный журнал. Каждый оператор может вести запись попеременно в двух журналах, один из которых будет периодически находиться в камеральной группе для обработки наблюдений. Журналы должны удовлетворять требованиям, изложенным в 3.8.

3.3.8.1.18. Обработка результатов полевых измерений с микровольтметром начинается с приведения всех наблюденных значений к постоянной силе тока в петле и относительным единицам. Если в процессе работы на профиле изменились сила тока в петле или коэффициент усиления вольтметра и вследствие этого изменился отсчет на двух контрольных точках профиля, то эти перемены учитывают введением коэффициента k. Обработку наблюдений указанным способом производят в специальных графах полевого журнала.

3.3.8.1.19. После окончательной обработки результаты наблюдений изображают в виде графиков амплитуды $U(H)$ вдоль отдельных профилей. Горизонтальный масштаб графиков выбирают равным масштабу отчетных карт. Вертикальный масштаб выбирают, исходя из соображений наглядности. Допускается применение логарифмического масштаба, который удобен как при сравнении графиков, так и при исключении нормального поля петли.

Графики измеренных составляющих поля следует совмещать с абрисом дневной поверхности вдоль профилей и, если это возможно, с геологическим разрезом. Графики оформляют согласно общим требованиям инструкции (см. 4.1). Кроме того, на каждом графике должны быть указаны частота поля, измеряемая составляющая и номер петли (планшета).

Для облегчения прослеживания аномалий в пределах заснятой площади относящиеся к одному планшету графики измеренных компонент поля целесообразно изображать на одном листе, выбрав расстояние между профилями в соответствии с масштабом съемки, имеющимися геологическими картами и изменениями измеренных величин вдоль профилей.

3.3.8.1.20. Для сопоставления результатов площадных съемок с геологическими материалами и результатами работ другими методами строят карты графиков наблюденных составляющих поля. Допускается построение карт изолиний в случаях, когда съемка проведена на участках со сравнительно однородным нормальным полем и аномалии, имея плавный характер, увязываются с геологическими объектами. Сечение изолиний следует выбирать не меньше трехкратной погрешности рядовых наблюдений. Карты профилей или изолиний могут выполняться на имеющейся топооснове или отдельных листах кальки в масштабе топографических планов (карт).

Графики по отдельным профилям, планшетам и карты графиков являются фактическим материалом, представляемым к отчету о работе партии (отдела).

Масштаб топографических планов (карт), используемых для составления карт графиков, должен быть на одну ступень крупнее масштаба съемки или равен ему. На картах-графиках показывают систему профилей, вдоль которых произведены наблюдения, с указанием пикетажа на них. На планах (картах) графиков должны быть показаны: а) расположение петель (кабелей); б) профили и точки наблюдений; в) все закрепленные точки; г) геологическая ситуация, включая расположение горных выработок и буровых скважин; д) основные результаты применения других геофизических и геохимических методов (оси аномалий, ореолы рассеяния и т. д.).

Вертикальный масштаб карт-графиков следует выбирать так, чтобы соседние кривые не пересекались. Если соблюдение этого правила невозможно, то участок кривой, на котором она пересекается с соседней, можно вычертить в уменьшенном вертикальном масштабе.

3.3.8.1.21. Геологическую интерпретацию результатов производят раздельно для этапов поисковых и детализационных работ. Аномальные зоны выделяются путем анализа и корреляции графиков амплитуд, а также по картам графиков изолиний измеряемых элементов поля U (H).

Отбор аномалий для последующей геологической интерпретации следует производить, руководствуясь следующими критериями: а) аномалия должна коррелироваться пространственно не менее чем по двум-трем соседним профилям и закономерно изменяться от профиля к профилю; б) значение аномалии должно быть больше трехкратной средней погрешности наблюдений; аномалии оцениваются в процентах от уровня нормального поля; в) аномалии с меньшими значениями могут приниматься во внимание, если они коррелируются более чем по трем соседним профилям и в то же время имеют характер, например по форме, благоприятный для данных геоэлектрических условий с точки зрения поисков, или выделяются статистическими приемами; г) слабая аномалия, отвечающая указанным критериям, расположенная в краевой части планшета, может быть отобрана для геологической интерпретации только после дополнительной съемки с таким переносом источников поля, после которого аномалия окажется в средней части планшета.

Критериями, служащими для предварительной оценки природы аномалии, являются: а) интенсивность аномалии, ее знак и форма; б) характер распределения электромагнитного поля по профилю; в) зависимость аномалий от частоты (при съемке более чем на одной частоте); г) соотношение с аномальными зонами, обнаруженными другими геофизическими и геохимическими методами; д) геологическая позиция аномальной зоны.

При поисках проводящих объектов наибольший интерес представляют надежно выявленные локальные аномалии, значение которых с ростом частоты увеличивается, а простирание хорошо увязывается с характерным для данного района простиранием рудных тел. Аномалии большой протяженности обычно бывают связаны с геолого-структурными особенностями изучаемого района — сменой литологического состава пород и тектонически ослабленными зонами, а резко меняющиеся по профилю аномалии часто бывают связаны с неоднородностями поверхностного характера.

При поисках магнитных объектов наибольший интерес представляют аномалии преимущественно положительного знака, значение которых с ростом частоты либо не меняется, либо уменьшается. Пространственное положение этих аномалий должно соответствовать аномальным зонам, выявленным в процессе магнитометрических наблюдений.

3.3.8.1.22. Геологическая интерпретация результатов детальных съемок базируется на сопоставлении ранее известных материалов, в том числе геологических, с оценкой удельной электропроводности источника аномалии, его магнитной проницаемости, приближенных размеров и положения в пространстве, а также коэффициента $Q^* = I_n/I_i$, где I_n — остаточная намагниченность; I_i — индуктивная намагниченность. Удельную электропроводность, магнитную проницаемость, размеры и глубину залегания оценивают по индукционному параметру вторичного поля, распространению аномальной зоны на местности, интенсивности аномалии, ее знаку и частотной характеристике. Способы определения физических и геометрических характеристик исследуемых объектов приведены в методических руководствах.

Оценку удельной электропроводности, магнитной проницаемости и некоторых размеров объектов производят путем сопоставления индукционного или приведенного параметра вторичного поля с результатами геологических и других геофизических исследований.

Определение параметра в относительно простых условиях (высокое удельное сопротивление вмещающих пород, отсутствие вблизи от источника аномалии других объектов, близких по электрическим свойствам) производится по частотной характеристике аномалии амплитуды. Оценка магнитной проницаемости для тел предположительно изометрического сечения производится по форме частотной характеристики. Отношение $Q^* = I_n/I_i$ вычисляется по сопоставлению аномалий, полученных при измерении приращения напряженности постоянной составляющей ΔZ по данным

магниторазведки и вертикальной составляющей H_z по данным низкочастотных электромагнитных методов.

3.3.8.1.23. Оценка свойств источника аномалии по индукционному параметру вторичного поля не должна рассматриваться как точное определение его свойств. Она позволяет к ранее известным признакам привлечь другие и с большей степенью вероятности отнести изучаемый объект к рудным или безрудным. Если низкочастотные электромагнитные методы являются частью комплекса методов, геологическую интерпретацию следует вести по сумме полученных материалов.

3.3.8.1.24. При проектировании работ и интерпретации наблюдений используются результаты изучения электрических и магнитных свойств (разд. 5).

В. Дипольное электромагнитное и индуктивное профилирование

3.3.8.1.25. Метод дипольного электромагнитного профилирования (ДЭМП) основан на изучении различных характеристик электромагнитного поля при перемещении рамки (магнитного диполя) по профилю исследуемого участка (см. 3.3.8.1.1). В зависимости от используемой модификации измеряются различные характеристики переменного электромагнитного поля. С помощью аппаратуры типа ДЭМП, АЭММ-3, ФАГР-10 или другой аналогичной измеряют составляющие напряженности магнитного поля H_z, H_r и фазовый сдвиг φ_{H_z}; аппаратура типа ЭПП-2 позволяет измерять отношение полуосей эллипса поляризации вектора магнитного поля b/a_0.

Метод применяется для поисков и прослеживания объектов низкого удельного сопротивления, в основном сульфидных рудных тел; выделения и прослеживания контактов, зон тектонических нарушений и других объектов при геологическом картировании; выделения магнетитовых тел с большой магнитной проницаемостью, а также при инженерно-геологической съемке (выявление карстовых зон, прослеживание трасс трубопроводов и т. д.).

Глубинность метода соизмерима с разносом между генераторной и приемной рамками, зависит от частоты электромагнитного поля и достигает 60—70 м с аппаратурой (3.3.8.1.25) при поисках рудных тел низкого удельного сопротивления, залегающих во вмещающей среде высокого удельного сопротивления.

3.3.8.1.26. В соответствии с методическими рекомендациями при поисках рудных объектов наиболее употребительным является наблюдение вертикальной составляющей напряженности переменного магнитного поля H_z и фазового сдвига φ_{H_z} (поле создается током в генераторной рамке, расположенной в горизонтальной плоскости).

Для проведения геологического картирования на основе изучения эффективного удельного сопротивления среды более подходящим является измерение двух составляющих (радиальной и вертикальной) либо полуосей эллипса поляризации вектора магнитного поля и угла наклона большой оси эллипса поляризации.

3.3.8.1.27. Рабочая частота выбирается в соответствии с решаемыми геологическими задачами и с учетом возможной дифференциации вмещающих пород и рудных объектов по удельному электрическому сопротивлению ρ в соответствии с методическими рекомендациями. Так, низкочастотный диапазон ($f = 0{,}125 \div 8$ кГц) применяется при удельном сопротивлении объектов, составляющем единицы и доли ом-метров (при удельном сопротивлении вмещающих пород — тысячи ом-метров). При картировании объектов более высокого удельного сопротивления (например, $\rho = n \cdot 100$ Ом·м), залегающих среди вмещающих пород повышенного удельного сопротивления ($\rho = 1000 \div 2000$ Ом·м), применяется высокочастотный диапазон аппаратуры (например, более 10 кГц).

При поисках и картировании объектов повышенной магнитной проницаемости ($\mu > 1{,}1$ СГС) следует выбирать наиболее низкие частоты. В этом случае удельная электропроводность практически не будет оказывать влияния на измерения, а аномалия будет обусловлена магнитной проницаемостью. На более высоких частотах подчеркивается удельная электропроводность руд повышенной магнитной проницаемости.

При поисках рудных тел низкого удельного сопротивления, залегающих в породах высокого удельного сопротивления, частота выбирается близкой к оптимальной $f_{\text{опт}}$, Гц, значение которой определяется как

$$f_{\text{опт}} = \frac{p_{\text{опт}}}{\mu_0 \sigma \cdot 2\pi L m}, \qquad (67)$$

где $p_{опт} = 1$ (оптимальное значение индукционного параметра); $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; L — разнос рамок, м; m — наименьшая мощность пласта, м; σ — его наименьшая удельная электропроводность, См/м.

При решении задач геологического картирования над объектом типа массива горных пород (полупространство) по эффективному удельному сопротивлению $\bar{\rho}$ частота, Гц, выбирается как

$$f_{опт} > \frac{0{,}6 \div 1{,}0}{\mu_0 \sigma \cdot 2\pi L^2}, \qquad (68)$$

где σ — значение удельной электропроводности пород, соответствующее значению пород минимального удельного сопротивления, имеющихся в районе исследований.

Вышеописанные принципы выбора рабочей частоты, основанные на теоретических расчетах и опыте ранее проведенных работ, используются при проектировании. Беря их за основу, следует перед началом работ в новом районе проводить опытные наблюдения над известными типовыми разрезами с различными характеристиками установок и частот для уточнения их оптимальных значений.

При решении поисково-картировочных задач разнос L следует брать максимально возможным по техническим данным аппаратуры, чтобы обеспечить наибольшую глубину исследования. Поскольку значение сигнала находится в прямой зависимости от расстояния между рамками, то чем больше это расстояние, тем меньше точность съемки. Следовательно, расстояние между рамками будет в каждом конкретном случае зависеть от поставленной задачи и геолого-геофизических условий проведения работ. Наиболее часто употребляются разносы рамок 60—80 м (при работе без приставки, увеличивающей мощность генератора).

3.3.8.1.28. Если перекрывающие рыхлые отложения и вмещающие породы имеют сравнительно высокое удельное электрическое сопротивление и не искажают наблюдаемое поле в диапазоне частот, смежном с $f_{опт}$, то в качестве рабочей следует взять более высокую частоту, чем $f_{опт}$. Если же влияние указанных геологических образований начинает сказываться, т. е. происходит снижение значений аномалии или изменяется ее знак, то следует взять более низкую частоту, чем $f_{опт}$, или уменьшить разнос рамок.

3.3.8.1.29. Согласно выбранному для съемки разносу приемная и генераторная рамки устанавливаются на соответствующих точках изучаемого профиля. Направление расположения генераторной и приемной рамок относительно нумерации точек сохраняется для всего участка. В журнале (прил. 81) отмечаются дата, участок, номер профиля, рабочая частота и в виде схематической зарисовки приводится разнос и направление перемещения рамок. Далее производится измерение искомых величин. Их значения записываются в полевой журнал (прил. 81). Точка записи наблюдений относится к середине разноса генераторной и приемной рамок. В графе «Примечание» ведется абрис рельефа. Здесь же отмечаются источники помех (ЛЭП, линия связи, железные дороги и т. д.), значение помехи $U_п$, а также опорного сигнала $U_{о.с}$.

3.3.8.1.30. Выделенные аномалии детализируются с целью расчленения аномальной зоны на отдельные объекты и определения их более точного местоположения, формы, удельной электропроводности и условий залегания. Аномалии должны прослеживаться на двух-трех смежных профилях. Если аномалия наблюдается только на одном профиле, то работы проводятся на дополнительных (промежуточных по отношению к основной сети) профилях, расположенных по обе стороны от профиля, на котором выделена аномалия.

Для расчленения аномальной зоны необходимо последовательно уменьшать разносы между рамками в 1,5—2 раза, но так, чтобы наблюдались уверенные аномалии над каждым проводником, а также уменьшить шаг измерения до 2—5 м.

Аномальные участки профиля должны быть исследованы с различными разносами на оптимальных частотах с целью более точного определения элементов залегания возмущающих объектов.

3.3.8.1.31. Площадные работы методом ДЭМП в масштабах 1 : 25 000—1 : 10 000 и крупнее проводятся по заранее разбитой сети (см. 3.2). Масштаб съемки выбирается в зависимости от размеров исследуемых объектов. Наиболее часто употребляемое расстояние между точками в зависимости от масштаба и сложности геоэлектрического разреза составляет 10—20, в простых условиях — до 40 м.

3.3.8.1.32. При производстве наблюдений выдерживаются следующие требования.

а. Измерение вертикальной составляющей магнитного поля и фазы производится в следующем порядке.

Включается генератор и при отключенной приемной рамке по показанию индикаторного прибора измеряется опорный сигнал $U_{\text{о.с}}$. После отключения кабеля опорного сигнала рамки приводятся в рабочее положение по уровням и пикетам, а поступающий с приемной рамки сигнал посредством аттенюатора доводится до значения опорного сигнала. После этого подключается опорный сигнал и фазовращателем устанавливается минимум отсчета по индикаторному прибору. Окончательная компенсация выполняется на наиболее чувствительной шкале. При положении полной компенсации с аттенюатора снимается отсчет в делениях $N_{\text{С}}$ (или долях вольта U_{H_z}) сигнала, пропорционального напряженности суммарного поля H_z, а со шкалы фазовращателя — отсчет суммарного фазового сдвига $\varphi_{\text{С}}$. Полнота компенсации проверяется выключением генератора. При этом стрелка индикатора не должна изменять своего положения. Отклонение ее определяет сигнал помехи $U_{\text{П}}$. Если нет особых причин, $U_{\text{о.с}}$ и $U_{\text{П}}$ измеряются и записываются только в конце смены. После указанных измерений на первой точке по команде оператора установка перемещается на следующую точку, где проводится лишь компенсация и считывание значений $N_{\text{С}}$ и $\varphi_{\text{С}}$. При переходе от точки к точке не следует выключать аппаратуру и изменять положения аттенюатора и фазовращателя, установленные при компенсации на предыдущей точке, так как в нормальном поле эти положения сохраняются. В случае же изменения поля проводится лишь докомпенсация. Все измерения записываются в полевой журнал (прил. 81).

б. При измерении угла ψ наклона большой оси эллипса поляризации магнитного поля генераторная рамка ориентируется горизонтально по уровню. Антенный столик приемной рамки устанавливается горизонтально и ориентируется таким образом, чтобы горизонтальная ось вращения антенны рамки была направлена перпендикулярно вертикальной плоскости, проходящей через центр генераторной и приемной рамок.

Затем включаются генератор и измеритель. Приемную рамку плавно вращают вокруг горизонтальной оси до получения минимальных значений на шкале измерительного прибора. Если поляризация поля близка к круговой, а также в случае помех угол ψ измеряется несколько раз при подходе к минимуму сигнала с разных сторон. При этом угол наклона определяется как среднее арифметическое из нескольких отсчетов. Значение угла ψ отсчитывается по вертикальному лимбу в направлении, противоположном движению часовой стрелки. При этом предполагается, что наблюдатель обращен лицом к приемной антенне, а генератор расположен слева от него.

Обычно значения ψ находятся в пределах $0° \leqslant \psi \leqslant 90°$ и нижний конец нормали к плоскости витков приемной антенны наклонен в сторону, противоположную от генератора. В непосредственной близости от искомого объекта значение ψ может превышать 90°.

в. Отношение $\left|H_z^z\right| / \left|H_r^z\right|$ определяется путем раздельного измерения электроразведочных сигналов $U_{H_z^z}$, $U_{H_r^z}$. При измерениях генераторная рамка устанавливается горизонтально, а приемная — последовательно в горизонтальном и вертикальном положении (горизонтальная ось вращения плоскости витков приемной рамки устанавливается перпендикулярно вертикальной плоскости, проходящей через центр генераторной и приемной рамок).

г. Определение отношения $|a| / |b|$ производится вращением приемной рамки вокруг горизонтальной оси и измерением значений последовательно в положениях, при которых наблюдаются максимум и минимум сигнала. Во всех случаях измерения выполняются с таким расчетом, чтобы стрелка прибора измерителя отклонялась за пределы первой трети шкалы. Данные полевых наблюдений записываются в полевой журнал (прил. 81).

Результаты измерений ψ, $\left|H_z^z\right| / \left|H_r^z\right|$ или $|a| / |b|$ пересчитываются в значения $\tilde{\rho}$ (прил. 82—83).

3.3.8.1.33. Оператор должен хорошо знать факторы, влияющие на точность наблюдений, и уметь уменьшать влияние помех.

Значение помехи $U_{\text{П}}$ определяется по показанию индикатора измерителя при подключенной приемной рамке и выключенном генераторе или в рабочем положении всей установки в момент компенсации.

Значение помехи $U_п$ фиксируется в журнале наблюдений для положения аттенюатора, соответствующего компенсации. Точность измерения при помехах может быть увеличена за счет роста амплитуды измеряемого сигнала. Это можно сделать уменьшением разноса L, что не всегда возможно, так как уменьшение разноса приведет к резкому снижению глубины исследования. Если съемка на участках проводилась при наличии помех, то наблюдения обязательно должны быть проконтролированы в соответствии с требованиями, изложенными в 3.3.8.1.34 и 3.3.8.1.36. Наибольшая погрешность в измерении составляющей может оказаться из-за несоблюдения расстояния между рамками. Рассчитано, что погрешность в расстоянии, равная 1 %, обусловливает погрешность при наблюдении составляющей в 3 %. Для того чтобы избежать погрешности за счет разориентации генераторной и приемной рамок, достаточно их плоскости установить горизонтально с погрешностью ±5°.

3.3.8.1.34. Для определения точности полевых работ необходимо делать не менее 5 % контрольных измерений от общего объема выполненных работ. Контрольные измерения должны быть равномерно распределены по площади съемки (см. 3.9). Погрешность измерений вычисляется по формуле, %,

$$\delta = \frac{2\Delta}{U_1 + U_2} \cdot 100, \qquad (69)$$

где $\Delta = U_1 - U_2$; U_1 — рядовое измерение; U_2 — контрольное. Опыт работ показывает, что с увеличением частоты создаваемого поля точность съемки понижается. На частотах до 10 кГц можно проектировать точность съемки 1—3 %, а на частотах свыше 10 кГц она не должна превышать 5—7 %, по фазовому сдвигу — 1°.

Контрольные измерения должны записываться в специальный журнал и, как правило, делаться другим исполнителем, а при возможности — другими приборами.

3.3.8.1.35. Обработка результатов наблюдений начинается с выбора значений нормального поля напряженности и фазового сдвига — H_{z_0} и $\varphi_{H_{z_0}}$ соответственно. Это средние значения на равных протяженных интервалах профилей, где распространены породы наиболее высокого удельного сопротивления, практически не вызывающие перераспределения наблюдаемого поля. Значения H_{z_0} и $\varphi_{H_{z_0}}$ устанавливаются для каждого профиля, разноса и комплекта аппаратуры самостоятельно. Выбранные значения записываются в графу «Примечание» (прил. 81).

Выбор способа построения графиков наблюденных величин определяется задачами проводимых работ. Если основной задачей является обнаружение локальных объектов, то по оси ординат графиков откладываются значения модуля напряженности магнитного поля H_z в единицах нормального поля H_{z_0}

$$h_z = |H_z| / |H_{z_0}| \qquad (70)$$

(h_z — обозначение, принятое для изображения результатов теоретических или модельных работ). Линия нормального поля при построении графиков совмещается с линией профиля. Вертикальный масштаб графиков выбирается с таким расчетом, чтобы в 1 см укладывалось значение, превосходящее трехкратную среднюю арифметическую погрешность измерений. Строят также графики аномальных значений фазового сдвига φ_{aH_z} (прил. 81).

Горизонтальный масштаб графиков должен соответствовать масштабу съемки или имеющейся геологической документации. На графиках отмечаются интервалы заметных изменений наблюденного поля из-за рельефа, ЛЭП и других помех.

3.3.8.1.36. Контрольный пункт для проверки аппаратуры выбирается в нормальном поле. На контрольном пункте снимают отсчеты составляющих поля H в делениях шкалы приемника. Значения составляющих H, измеренные утром и вечером, должны совпадать в пределах погрешности наблюдений (формула 69). В случае большого расхождения отсчетов на отработанных профилях следует сделать повторные измерения для удовлетворения требований 3.3.8.1.34 (см. также 3.9.5). В начале и конце полевого сезона, а также при разных расхождениях в отсчетах на контрольном пункте определяется коэффициент преобразования (чувствительности) рамки.

3.3.8.1.37. В соответствии с методическими требованиями при решении задач геологического картирования материалы представляются в виде графиков эффективного удельного сопротивления $\tilde{\rho}$ или $|H|/H_{z_0}$. Вычисление $\tilde{\rho}$ по результатам измере-

ний производится с помощью прил. 82—83. Для этого по значениям ψ, $|H_z^z|/|H_r^z|$, $|a|/|b|$ и соответствующим кривым определяют $\tilde{\rho}/(L^2f)$ и умножают это значение на L^2f (L, км; f, Гц). Для ускорения вычислений $\tilde{\rho}$ рекомендуется вычерчивать палетку для используемых L и f и определять $\tilde{\rho}$ непосредственно по соответствующим кривым.

3.3.8.1.38. Влияние рельефа приводит к тому, что генераторная и приемная рамки располагаются на разных уровнях поверхности земли. При углах наклона рельефа до 3—5° поправка не превышает 1 % и ее можно не учитывать. Если наклон рельефа сохраняется или монотонно изменяется на большом расстоянии, поправку, определяющую влияние рельефа, можно не учитывать и при больших углах, так как в этом случае наблюдается плавное уменьшение значений нормального поля, которое отличается от аномалии над рудным объектом. При пересечении резких перегибов рельефа форма изменения наблюденного поля на склонах имеет большое сходство с аномалиями над маломощными крутопадающими пластами. Поскольку фазовая аномалия наблюденного поля не зависит от разности высот рамок, это помогает отбраковывать аномалии, обусловленные влиянием рельефа. Но так как фазовые аномалии могут отсутствовать и над пластами низкого удельного сопротивления, то в сложных случаях поправку, учитывающую влияние рельефа, следует вводить и, таким образом, проверять аномалию напряженности поля на склонах. Коэффициент, учитывающий влияние рельефа, $K_р$ вычисляется по формуле

$$K_р = \frac{2}{3\cos(2\beta) - 1}, \qquad (71)$$

где β — угол наклона рельефа. Для определения $\tilde{\rho}$ в условиях пересеченной местности можно использовать также зависимости $|H_z|/|H_r|$ и ψ от $\tilde{\rho}/(L^2f)$ для горизонтальной поверхности, если наблюдения проводить по способу «взаимного визирования». В этом способе плоскости витков генераторной и приемной рамок устанавливают горизонтально и затем визируют друг на друга. При этом для установки, ориентированной перпендикулярно простиранию склона, плоскости витков устанавливаются параллельно дневной поверхности и измеряется составляющая, перпендикулярная склону. Для измерения составляющей, параллельной склону, приемная рамка поворачивается на 90°.

3.3.8.1.39. По графикам напряженности составляющих поля и его фазового сдвига определяют геометрические и физические характеристики возмущающих объектов: местоположение в плане, глубину залегания, мощность, угол падения, размеры по простиранию, удельную электропроводность, индукционный в низком диапазоне частот (электромагнитный — в широком) параметр (для метода ДЭМП).

Способы определения указанных характеристик изложены в методической литературе.

3.3.8.1.40. Приемной комиссии представляются следующие полевые материалы: 1) полевые журналы, 2) полевая графика, 3) журналы контрольных измерений, 4) аппаратурные журналы, 5) данные вычислений точности наблюдений.

3.3.8.1.41. На стадии разведки и детализации аномалий, полученных при поисковых работах с аппаратурой типа ДЭМП, возможно измерение полуосей эллипса поляризации с аппаратурой типа ЭПП. Запись наблюдений производится по форме прил. 84.

3.3.8.1.42. При геоэлектрическом картировании рабочая частота выбирается так, чтобы измерения проводились при заданном разносе в области малых параметров ($b/a_0 \leqslant 0{,}2$) для пород низкого удельного сопротивления. При картировании пород высокого удельного сопротивления частота ограничивается требованием $b/a_0 \geqslant 0{,}01$; b/a_0 — малая полуось эллипса поляризации магнитного поля магнитного диполя в единицах нормального значения большой полуоси a_0 (a_0 определяется из результатов наблюдений большой полуоси эллипса поляризации a путем усреднения ее значений на безаномальном участке).

3.3.8.2. Метод переходных процессов

3.3.8.2.1. Метод переходных процессов (МПП) применяется для поисков и разведки рудных месторождений, руды которых обладают высокой электропроводностью. Это могут быть сульфидные и магнетитовые руды с массивной и прожилково-вкрап-

ленной текстурой. Метод может применяться также для поисков каменных углей, графита, шунгита и использоваться для геоэлектрокартирования поверхностных отложений с повышенной электропроводностью.

Наибольшую эффективность МПП имеет тогда, когда в геоэлектрическом разрезе присутствуют экранирующие образования либо высокого, либо низкого удельного сопротивления.

Основными мешающими факторами для применения МПП являются интенсивные промышленные и естественные электромагнитные поля, нестабильные во времени, и встречающиеся в разрезе участки с повышенной электропроводностью (графитизация, пиритизация).

3.3.8.2.2. Сущность метода заключается в изучении неустановившегося магнитного поля вихревых токов, которые возникают во всех проводящих электрический ток геологических образованиях при ступенчатом изменении тока в контуре, расположенном на поверхности земли либо в воздухе. Скорость затухания вихревых токов определяется тепловыми потерями в проводнике и его размерами. Чем крупнее проводящее тело и больше его электропроводность, тем дольше длится переходный процесс. Поэтому по крутизне переходной характеристики можно судить о качестве проводника (его размерах и электропроводности). С другой стороны, можно подобрать такой промежуток времени для регистрации переходного процесса, когда существует вторичное поле, вызванное в основном крупными, хорошо проводящими рудными телами, а поле относительно слабых проводников (поверхностные образования, тектонические зоны и т. п.) уже исчезло.

3.3.8.2.3. В зависимости от решаемых геологических задач применяются наземный, скважинный (МПП-С) и воздушный (МПП-А) варианты МПП. Наземный вариант включает две модификации — с совмещенными петлями, или однопетлевую (МППО), и рамочно-петлевую (МППР). В модификации с совмещенными петлями для возбуждения и приема используются самостоятельные пространственно совмещенные петли, обычно квадратные. В случае, когда для приема и возбуждения поля используется одна и та же петля, модификация называется однопетлевой.

В модификации МППР и скважинном варианте источником поля служит незаземленная петля, раскладываемая на поверхности земли, а регистрация переходного процесса осуществляется с помощью приемной рамки, перемещаемой либо по наземным профилям (как внутри генераторной петли, так и вне ее), либо по стволу скважины.

Работы методом МПП в наземных условиях подразделяются на поисковые и детализационные.

3.3.8.2.4. Поисковые работы проводятся однопетлевой (или с совмещенными петлями) модификацией МПП по сети профилей (см. 3.2), расположенных вкрест предполагаемого простирания искомых объектов. Шаг наблюдений по профилю и расстояние между профилями выбираются равными стороне петли (т. е. петли располагаются вплотную одна к другой без пропусков и перекрытий). Петли раскладываются по заранее подготовленной, закрепленной на местности сети наблюдений.

При поисках пластообразных рудных тел, длина которых по простиранию в 2—2,5 раза больше стороны квадратной петли, допускается проводить съемку с шагом, равным удвоенной длине стороны петли. При этом петли на соседних профилях раскладываются в шахматном порядке.

3.3.8.2.5. Размер петли (длина стороны) выбирается равным предельной глубине, на которой может быть обнаружен эквивалентный шар (соответствующий рудной залежи), представляющий промышленный интерес. Предельная глубина оценивается по формулам, приводимым в методических руководствах, с учетом размера и электропроводности искомого объекта, уровня промышленных помех, продольной проводимости поверхностных отложений и удельного сопротивления рудовмещающей среды. Если исходных данных для проектирования недостаточно, то целесообразно выполнить небольшой объем опытных работ на участке с типичными для всего района геоэлектрическими условиями. В зависимости от конкретных условий местности (заболоченность, пересеченный рельеф и т. д.) размер петли может быть выбран как больше, так и меньше оптимального.

3.3.8.2.6. Измерительные приборы устанавливаются на треногах. Если аппаратура смонтирована на автотранспорте, то при измерениях автомашины должны находиться вне петли, на расстоянии не менее 15 м от нее. Соединение аппаратуры

с петлями осуществляется только двухжильным проводом или двумя проводами, скрепленными изоляционной лентой.

3.3.8.2.7. Провода, применяемые для приемных и генераторных петель, должны иметь хорошую изоляцию (см. 3.3.8.2.9), а для генераторных петель — и низкое сопротивление. При работах с одной генераторно-приемной петлей необходимо применять только медные провода (без стальных жил). Ремонт провода должен проводиться только горячим способом.

При раскладке проводов необходимо соблюдать следующие требования:

а) провода не должны проходить в непосредственной близости от металлических предметов (железных вышек, буровых установок и др., вдоль трубопроводов, водотоков и т. п.);

б) провода петли не должны образовывать дополнительных витков, оставаться на катушках или в бухтах. Излишки провода раскладываются на дневной поверхности бифилярно;

в) части проводов с соединениями на углах петли и в других разъемах должны быть подвешены, не касаться травы, кустов и др.;

г) провода петель, соединительные и подводящие шланги, источники питания, корпуса аппаратуры должны быть тщательно изолированы от земли. Сопротивление утечки установки в целом не должно быть менее 5 МОм;

д) если применяются две петли (одна — генераторная, вторая — приемная), то необходимо строго следить за тем, чтобы одноименные клеммы выхода генератора и входа измерительного устройства всегда подключались к одной и той же стороне соответствующих петель. Для этого, например, клемма выхода генератора, промаркированная цифрой 1 или знаком «+», должна всегда подключаться к начальному по вращению часовой стрелки концу петли. Принятый порядок должен сохраняться на весь период полевых работ.

3.3.8.2.8. Ежедневно перед началом измерений проверяется работоспособность аппаратуры и производится ее калибровка с помощью предусмотренного для каждого типа аппаратуры встроенного калибратора. Для модификации МППО в районе лагеря или участка работ раскладывается стандартная петля (петли) размером 200×200 или 100×100 м. Для рамочно-петлевой и скважинной (см. 3.4.6) модификаций применяются градуировочные кольца, входящие в комплект аппаратуры. Результаты контрольных измерений и калибровки заносятся в полевой журнал (прил. 85, 86).

3.3.8.2.9. На участке поисковых работ перед началом измерений с помощью мегомметра производится определение утечек на землю генераторной петли (приемной петли), источника питания, корпусов генератора и приемника. Сопротивления утечек должны быть не менее 5 МОм. При меньшем значении применяются меры по улучшению изоляции.

3.3.8.2.10. Переходная характеристика измеряется в каждой петле на всех временных задержках, на которых можно взять отсчет. В модификации с совмещенными петлями измерения производятся при двух полярностях подключения приемной петли. В начале и в конце наблюдений на точке измеряется ток в петле и проверяется правильность калибровки. Результаты измерений относятся к центру петли.

3.3.8.2.11. В полевой журнал записываются: название участка, дата, размер петли, положение сторон и углов петли или ее центра со схемой переноса, значение калибровочного сигнала, сила тока в генераторной петле в начале и в конце измерения характеристики, измеренное значение эдс на каждой задержке при разной полярности напряжения приемной петли (U_a, U_b), уровень и характер электромагнитных помех, сопротивления утечек, время начала и конца измерения переходной характеристики. Кроме того, в журнале приводятся, при необходимости, положения проводов петли относительно водотоков, оврагов, металлических предметов, сооружений, электролиний и др.

Одновременно с записью в журнале на билогарифмическом бланке с модулем 6,25 см строится переходная характеристика. В случае отклонения наблюденных значений эдс на отдельных временах задержки от равномерного процесса затухания эти наблюдения должны быть повторены и сделана соответствующая запись в журнале. До построения переходной характеристики перекладка проводов петли запрещается. Форма полевого журнала дана в прил. 85.

3.3.8.2.12. Результаты поисковой съемки представляются в виде графиков отношения эдс к силе тока (U/I) в генераторном контуре вдоль профиля наблюдений на всех временах задержки и в виде планов изолиний тех же значений для наиболее

характерных моментов времени. Для отдельных точек профиля строятся переходные характеристики.

3.3.8.2.13. В случае широкого развития в районе работ хорошо проводящих поверхностных отложений или вмещающих пород целесообразно проводить анализ кривых $\sigma_к(t)$ и $\sigma_к(\tau_к)$ с целью выявления «аномальных петель» и определения (по палеткам) продольной проводимости покровных отложений и удельной электропроводности вмещающих горных пород; $\tau_к$ и $\sigma_к$ рассчитываются по асимптотическим формулам для полупространства с учетом измеренной эдс и параметров установки:

$$\tau_к = \left[\frac{111{,}4}{Ut/(IL)}\right]^{2/3}; \quad \sigma_к = \frac{800}{L^2}\frac{t}{\tau_к},$$

где $\tau_к$ — кажущееся обобщенное время; U — значение измеренной эдс, мкВ; I — ток, А; t — время, на котором проводится измерение, мс; L — половина длины стороны квадратной петли, м.

Результаты вычислений записываются в журнал обработки наблюдений МППО (прил. 88).

Для аномальных участков по переходной характеристике определяется показатель затухания

$$\alpha_{МПП} = 1/(\sigma\mu Q),$$

где σ — удельная электропроводность; μ — магнитная проницаемость; Q — множитель, пропорциональный эффективному сечению проводника; $\alpha_{МПП}$ определяет скорость затухания переходного процесса; $\alpha_{МПП} = 1/p_{МПП}$, где $p_{МПП}$ — индукционный параметр в методе переходных процессов (см. также 3.6.5.9).

3.3.8.2.14. На выделенных аномальных участках проводятся детализационные работы с использованием модификаций МППР (или МППО).

Детализация с помощью модификации МППР производится по профилям, расположенным вкрест простирания аномалии (аномальной зоны). Генераторная петля располагается так, чтобы детализируемая аномальная зона находилась внутри петли в ее центральной части. Наблюдения обычно ведутся по сети 50×20 либо 100×50 м с необходимым сгущением в наиболее интересных участках профиля.

Размер генераторной петли выбирается из условия $2L = 1{,}4h$, где $2L$ — длина стороны петли; h — предельная глубина обнаружения тела. При этом обязательно учитываются результаты поисковых работ. В зависимости от конкретных условий допускается отклонение от оптимального размера петли.

Измерения по профилям проводятся как внутри, так и вне петли до получения всей формы аномальной кривой. В случае необходимости детализировать аномалию при нескольких положениях петли наблюдения в каждой из них проводятся аналогично.

3.3.8.2.15. При работах в рамочно-петлевой модификации генератор и источники питания располагаются вне петли на расстоянии 10—15 м от нее. Технически наблюдения осуществляются в соответствии с инструкцией по эксплуатации конкретного типа аппаратуры.

Включение генератора в петлю и подключение измерителя к приемной рамке производятся строго определенно (см. 3.3.8.2.7, д). На приемной рамке должно быть указано направление положительной нормали к обмотке рамки. При векторных трехкомпонентных исследованиях измеряются вертикальная и две горизонтальные составляющие неустановившегося вектора относительно принятой системы координат: с осью z, направленной вертикально вниз, осью x — горизонтально вдоль профиля наблюдений в сторону возрастающих номеров пикетов, осью y — горизонтально, перпендикулярно профилю в соответствии с правой системой координат.

В модификации МППР измеряются вертикальная и горизонтальные составляющие неустановившегося сигнала.

3.3.8.2.16. Все составляющие неустановившегося сигнала измеряются по профилю на одном-двух оптимальных временах задержки. Оптимальным считается наименьшее время, на котором практически не сказывается на результатах измерений влияние поверхностных отложений и вмещающих горных пород.

Переходная характеристика измеряется в точках максимального значения той или иной составляющей на всех временных задержках.

3.3.8.2.17. При наличии аномалии каждый профиль детализационных работ измеряется дважды при прямом и обратном ходах. При прямом ходе наблюдения

переходного процесса осуществляются по точкам с выбранным шагом наблюдений (20—40 м), при обратном — повторяется по крайней мере каждая 5-я точка и производится сгущение точек наблюдений для более точного определения местоположения точек с экстремальными значениями эдс и точек перехода кривых через нуль.

3.3.8.2.18. В полевой журнал детальных работ модификацией МППР заносятся следующие данные: название участка, дата, время начала и конца измерения, абрис и местоположение генераторной петли, сила тока в генераторной петле, номер профиля, номер пикета, время задержки, значение эдс изучаемой составляющей, сопротивление утечки, уровень и характер помех. Параллельно с записью измеряемых величин в журнале строятся графики эдс по профилю. Формы журнала даны в прил. 86—87. При обработке используется форма прил. 88.

3.3.8.2.19. Результаты детализационных работ представляются в виде переходных характеристик в отдельных точках аномальной кривой, а также в виде графиков вдоль профиля наблюдений вертикальной и горизонтальных составляющих неустановившегося сигнала относительно принятой системы координат. Измеренные значения эдс приводятся к 1 А тока в петле и 1 м^2 эффективной площади приемной рамки.

В некоторых случаях целесообразно представлять результаты измерений в виде проекций вектора на определенные плоскости.

3.3.8.2.20. При детализационных работах в модификации МППО производятся измерения по одному-двум профилям с петлей тех же размеров, с которыми производилась поисковая съемка, и с петлей в два раза меньшего размера. Шаг съемки принимается равным 1/4 длины стороны петли. Измерения эдс выполняются на временах задержки, на которых практически не сказывается влияние поверхностных отложений и вмещающей среды.

Результаты съемки представляются в виде графиков эдс, отнесенных к току (при $t = \text{const}$) вдоль профиля наблюдений, и в виде переходных характеристик.

3.3.8.2.21. Относительная средняя арифметическая погрешность по участку определяется по результатам повторных наблюдений по формуле, %,

$$\delta = \frac{U_1/I_1 - U_2/I_2}{U_{\text{ср}}} \cdot 100, \qquad (72)$$

где U_1 и U_2 — рядовые и контрольные наблюдения эдс переходного процесса; $U_{\text{ср}}$ — среднее значение эдс переходного процесса по результатам рядовых и контрольных наблюдений:

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_1/I_1 + U_2/I_2}{2},$$

I_1, I_2 — сила тока при рядовых и контрольных наблюдениях соответственно. Контроль выполняется в объеме не менее 5 %.

Для надежных измерений (втрое превышающих амплитуду помех) погрешность δ не должна превышать 20 %. В случае сильных помех рекомендуется повторить цикл измерений (см. 3.3.8.2.4). Необходимо также контролировать отрицательные значения U/I (при измерениях однопетлевым вариантом). Если они повторяются, то одной из причин может быть влияние индукционно возбуждаемой ВП.

3.3.8.2.22. Приемной комиссии представляются следующие полевые материалы: 1) полевые журналы, 2) полевая графика, 3) геологические карты и разрезы в масштабе съемки с предварительными результатами проведенных работ, 4) журналы контрольных измерений, 5) данные вычислений погрешности наблюдений.

3.3.9. МЕТОД РАДИОЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ — РАДИОКИП (прил. 89—93)

3.3.9.1. Сущность геофизических исследований методом радиоэлектромагнитного профилирования — радиокип заключается в изучении пространственного распределения электромагнитного поля радиостанций в дальней зоне, на расстоянии более длины волны в воздухе, с последующей геологической интерпретацией выявленных в характере этого поля аномалий. Структура поля радиоволны зависит

от геологического строения верхнего слоя земли в ближайших окрестностях точки наблюдения.

При съемках методом радиокип изучают характеристики как магнитного, так и электрического поля радиоволны. По аномалиям составляющих магнитного поля осуществляют главным образом поиски локальных проводящих объектов. С помощью измерений горизонтальной составляющей электрического поля ведут картирование горных пород с разным удельным сопротивлением и поиски жил высокого удельного сопротивления. По значению импеданса (т. е. отношения горизонтальных составляющих электрического и магнитного полей) определяют эффективное удельное сопротивление горных пород. Модификация, связанная с изучением импеданса, называется радиоэлектромагнитным профилированием.

Для исследований методом радиокип могут быть использованы поля радиостанций двух частотных диапазонов: сверхдлинных волн (СДВ) частотой от 10 до 25 кГц (модификация получила название метода СДВ-радиокип) и длинных волн (ДВ) частотой от 120 до 450 кГц. Сверхдлинноволновый вариант является более глубинным, поскольку с понижением частоты увеличивается глубина проникновения электромагнитного поля в землю (прил. 89).

Для применения метода радиокип благоприятными являются районы с геоэлектрическим разрезом высокого удельного сопротивления. Ограничением применения метода является экранирующее действие пород низкого удельного сопротивления.

3.3.9.2. Метод радиокип в диапазоне СДВ рекомендуется применять при выполнении следующих геологических исследований: а) геологической съемке; б) поисках и разведке массивных и прожилковых сульфидных руд, кварцевых, кварц-карбонатных и других жил; в) геолого-структурном картировании рудных полей, месторождений и отдельных участков.

Метод радиокип в диапазоне ДВ рекомендуется для следующих исследований: а) изучения карста; б) картирования рыхлых отложений, контактов мерзлых и талых пород; в) гидрогеологических работ (поисков вод в аридных зонах, выяснения условий обводненности и т. д.).

При геологической съемке метод радиокип рекомендуется применять в комплексе с магниторазведкой и радиометрией. При поисково-картировочных съемках на рудных полях цветных, редких и благородных металлов его целесообразно комплексировать с геохимическими методами, магниторазведкой и гамма-спектрометрией. Кроме того, при поисках сульфидных руд в комплекс включают методы вызванной поляризации и переходных процессов, а при поисках кварцевых жил — пьезоэлектрический метод. Метод применяется на стадиях, связанных с геологическим картированием, поиском и предварительной разведкой месторождений полезных ископаемых.

3.3.9.3. Полевые съемки по методу радиокип ведутся как по системе заранее подготовленных профилей, так и по отдельным профилям (маршрутам), прокладываемым непосредственно в ходе самой съемки. В зависимости от необходимой детальности исследований применяют масштабы от 1 : 1000 до 1 : 50 000 с расстоянием между профилями от 10 до 500 м. Шаг наблюдений при съемке магнитного поля СДВ — от 20 до 50 м, магнитного поля ДВ — от 10 до 20 м, электрического поля — от 5 до 50 м.

3.3.9.4. Работы по методу радиокип могут быть проведены во всех районах страны, где в дневное время уверенно принимаются поля радиостанций диапазонов сверхдлинных или длинных волн. Дальность действия станций СДВ-диапазона достигает 10—12 тыс. км, и их поля имеют достаточную для геофизической съемки интенсивность практически на всей территории СССР. Радиовещательные ДВ-станции можно использовать обычно на расстоянии до 1000 км, однако в северных районах, для которых характерны геоэлектрические разрезы высокого удельного сопротивления, их поля почти полностью затухают на расстоянии в первые сотни километров из-за интенсивного оттока электромагнитной энергии в землю. Использование специально устанавливаемых радиопередатчиков в этих районах также малоэффективно.

3.3.9.5. Перед началом полевых работ измеряют пеленги радиовещательных станций и вариации напряженности их поля. Пеленгу станции соответствует такое направление оси приемной рамки (осью приемной рамки называют нормаль к плоскости ее витков), когда в результате ее поворота в горизонтальной плоскости найден

минимум приема магнитного поля. Напряженность магнитного поля данной станции измеряют, повернув приемную рамку на максимум приема. Напряженность поля радиоволн всех прослушиваемых в данном районе станций измеряют в течение светлого времени суток и строят графики вариаций поля.

Выбор радиостанции и времени для проведения производственных измерений определяют стабильностью ее работы, достаточно высокой напряженностью поля радиоволн по сравнению с атмосферными помехами и небольшими или медленными вариациями (до 20 % за 1 ч). Следует также учитывать угол между направлением распространения радиоволны и предполагаемым простиранием искомых объектов. При поисках проводящих неоднородностей, когда измеряют магнитное поле радиоволны, этот угол не должен превышать 70°, так как при бо́льших углах аномалии становятся минимальными. При поисках жил высокого удельного сопротивления (измерения электрического поля радиоволны) этот угол должен быть не менее 20°.

3.3.9.6. Полевые работы по методу радиокип проводят с помощью амплитудных измерителей типа СДВР-3 и -4 в диапазоне СДВ и измерителей типа ПИНП-2— в диапазоне ДВ или другой аналогичной аппаратурой. Эксплуатацию аппаратуры см. в 3.1.3. Для установления нормального режима работы аппаратуру необходимо включить за 15—20 мин до начала измерений. В процессе съемки надо через 1—2 ч проверять питание прибора. Измерители СДВР-3 и ПИНП-2 требуют тщательной настройки на частоту станции и периодической ее проверки при работе на профиле. Аппаратура СДВР-4 имеет фиксированные рабочие частоты.

3.3.9.7. В процессе съемки измеряют следующие величины поля радиоволн: горизонтальную составляющую магнитного поля H_φ, вертикальную составляющую H_z, малую полуось эллипса поляризации b, отклонение малой полуоси от вертикали — угол α, горизонтальную составляющую электрического поля E_r. Соответственно по амплитудному измерителю снимают значения, мкВ: $U(H_\varphi)$, $U(H_z)$, $U(b)$, $U(E_r)$.

3.3.9.8. Измерения магнитного поля начинают с составляющей H_φ. Для этого ось приемной рамки устанавливают горизонтально и поворачивают прибор вокруг вертикальной оси, добиваясь максимального показания стрелочного прибора. Это показание соответствует составляющей H_φ. Далее измеряют составляющую H_z (прил. 90), для чего, не меняя положения прибора, ось приемной рамки устанавливают вертикально и регистрируют показание прибора $U(H_z)$. Затем определяют значения b и α. Для этого приемную рамку вращают вокруг горизонтальной оси и фиксируют в положении, когда достигнуто минимальное отклонение стрелки прибора. Минимальное показание прибора соответствует малой полуоси эллипса b. Отсчет угла α берут по вертикальному лимбу со знаком «+» или «—» согласно шкале лимба.

При измерении всех составляющих горизонтальность панели прибора контролируют по круглому уровню.

Нужно иметь в виду, что одинаковые значения $U(H_\varphi)$ получаются при двух различающихся на 180° ориентировках оси рамки в горизонтальной плоскости. Однако при измерениях угла α в этих случаях будут получены отсчеты с противоположными знаками. Поэтому для сохранения одинакового вида графиков α на всех профилях оператор должен независимо от направления передвижения по профилям ориентировать прибор одинаковым образом относительно стран света.

При ускоренных съемках можно ограничиться измерением двух составляющих магнитного поля, например H_φ и α или H_φ и H_z. Во втором случае следует также определять знак угла α («+» или «—») и в дальнейшем при построении графиков значения H_z откладывать с учетом этого знака.

3.3.9.9. Горизонтальную составляющую электрического поля E_r измеряют приемной линией с электродами. При хороших условиях заземлений рекомендуется несимметричная измерительная установка, один из электродов которой заземляют возле прибора.

В районах с плохими условиями заземления рекомендуется симметричная, стелющаяся по земле, незаземленная приемная линия из двух отрезков изолированного провода, подключаемая к выносному усилителю с симметричным входом (усилитель входит в комплект аппаратуры СДВР-4). Усилитель располагают у поверхности земли и соединяют с амплитудным измерителем экранированным кабелем. Такая измерительная установка позволяет избавиться от наводок вертикальной составляющей E_z, искажающей результаты измерений.

Приемную линию располагают по профилю, если направление на станцию составляет с профилем угол, меньший 45° (прил. 91, *а*). В противном случае линию располагают по направлению распространения волны (прил. 91, *б*). Точку записи относят к середине приемной линии.

3.3.9.10. При правильном выборе рабочего времени (см. 3.3.9.5) суточные вариации напряженности естественного электромагнитного поля не оказывают существенного влияния на результаты геофизической съемки и не вносят заметных искажений в значения и форму аномалий составляющих поля. Однако в северных районах иногда могут наблюдаться короткопериодные вариации, которые выражаются в быстром росте или уменьшении напряженности поля в течение 20—30 мин, после чего устанавливается новый уровень поля. Во время таких вариаций измерения нужно приостановить, а затем продолжить их, предварительно возвратившись на несколько точек назад для увязки наблюдений.

3.3.9.11. Мешающим фактором при измерении поля радиоволн являются атмосферные разряды, которые отмечаются резкими отклонениями стрелки микроамперметра. Отсчеты по прибору нужно брать в промежутках между разрядами. При близких к участку съемки грозах, когда уровень и частота следования атмосферных помех затрудняют взятие отсчета, измерения следует прекратить.

3.3.9.12. При работах методом радиокип помимо аномалий от геологических объектов возможно появление аномалий топографических и аномалий от промышленных объектов (металлические трубы, линии связи, электрические силовые линии и установки и т. п.). Характерные локальные аномалии от промышленных объектов обычно легко распознаются. Вместе с тем нужно иметь в виду, что выделение полезных аномалий вблизи искусственных проводников может быть затруднено или даже невозможно.

Локальные формы рельефа вызывают значительные аномалии, осложняющие выделение полезных аномалий магнитного поля радиоволн. Учет влияния рельфа рассматривается в 3.3.9.18.

3.3.9.13. Результаты полевых измерений заносят в полевой журнал (прил. 92). В графе «Примечание» обязательно записывают все видимые факторы, учет которых необходим при геологической интерпретации полевых наблюдений: трубы, провода, железнодорожные пути, силовые электрические и телеграфно-телефонные линии, рельеф вдоль профиля, ориентиры на местности, шурфы, скважины, канавы и т. п. Кроме того, на первой точке профиля в этой графе записывают ориентировку прибора относительно стран света при измерениях и угол между направлениями распространения волны и профиля.

3.3.9.14. Рекомендуется проводить регулярный контроль стабильности поля радиоволн используемой радиостанции и исправности измерительной аппаратуры на специальном контрольном пункте (КП) на базе полевого отряда. Вблизи КП не должно быть силовых линий или радиоустановок, создающих помехи измерениям. Измерения всех составляющих электромагнитного поля проводят ежедневно в одно и то же время перед работой по профилям и в конце смены. Результаты заносят в полевой журнал (прил. 92). Свидетельством нормальной работы радиостанции и измерительной аппаратуры служит постоянство ежедневных отсчетов по прибору на КП. Некоторые расхождения (до 10—20 %) могут вызываться вариациями напряженности поля. При работе с несколькими приборами следует на КП уравнять их чувствительность, установив регуляторами усиления одинаковые отсчеты H_φ.

3.3.9.15. Оценку точности полевых измерений при работе методом радиокип проводят по контрольным наблюдениям составляющих поля.

При вычислении погрешности измерений составляющих H_φ и H_z контролируемый профиль разбивают на несколько интервалов с числом точек наблюдения на каждом из них не менее 20. Продолжительность наблюдений не более 1 ч. В течение такого промежутка времени суточные вариации напряженности поля обычно имеют линейный характер. Начало и конец интервала не должны совпадать с аномальными зонами.

С целью исключения вариаций поля во времени для каждой точки находят опорные значения поля. Сначала определяют такие значения для второго и предпоследнего пунктов наблюдений. Для уменьшения случайной погрешности их вычисляют как среднее от измеренных значений H_φ на трех первых и трех последних точках интервала. Найденные таким образом опорные значения поля на втором

и предпоследнем пунктах интервала наносят на график H_φ и соединяют их прямой линией, ординаты точек которой принимают за опорные значения поля для каждого пункта наблюдений. Аналогично определяют опорные значения поля для повторных измерений.

Среднюю относительную погрешность измерений H_φ и H_z для каждого интервала наблюдений вычисляют по формуле, %,

$$\delta(H_{\varphi,z}) = (2/n)\sum_{i=1}^{n}\left|\left[\frac{U_1(H_{\varphi,z})}{U_1\left(H_\varphi^{\text{оп}}\right)} - \frac{U_2(H_{\varphi,z})}{U_2\left(H_\varphi^{\text{оп}}\right)}\right]:\left[\frac{U_1(H_\varphi)}{U_1\left(H_\varphi^{\text{оп}}\right)} + \frac{U_2(H_\varphi)}{U_2\left(H_\varphi^{\text{оп}}\right)}\right]\right|_i \cdot 100, \tag{73}$$

где $U_1(H_{\varphi,z})$ и $U_2(H_{\varphi,z})$ — отсчеты по прибору при основных и контрольных измерениях H_φ или H_z, мкВ; $U_1\left(H_\varphi^{\text{оп}}\right)$ и $U_2\left(H_\varphi^{\text{оп}}\right)$ — опорные значения поля для основных и контрольных измерений, мкВ; i — порядковый номер точки наблюдения; n — число точек наблюдения на данном интервале профиля. При этом погрешность измерений составляющей H_z нормируется полем составляющей H_φ, поскольку H_z является аномальной составляющей поля. Затем определяют средние значения $\delta(H_{\varphi,z})$ для всего профиля.

Среднюю абсолютную погрешность измерений угла α оценивают по формуле

$$\delta(\alpha) = \frac{\sum_{i=1}^{n}|\alpha_1 - \alpha_2|_i}{n}, \tag{74}$$

где α_1 и α_2 — отсчеты угла α, град, со знаком «+» или «—» при основных и контрольных наблюдениях; n — число точек наблюдения на данном интервале профиля. Систематическая погрешность измерений α из-за неточной юстировки приемной рамки автоматически исключается, если при основных и контрольных измерениях соблюдают одинаковую ориентировку прибора относительно стран света (см. 3.3.9.8).

Оценка средней относительной погрешности определения импеданса производится по формуле, %,

$$\delta(z) = (2/n)\sum_{i=1}^{n}\left|\left[\frac{U_1(E_r)}{U_1(H_\varphi)} - \frac{U_2(E_r)}{U_2(H_\varphi)}\right]:\left[\frac{U_1(E_r)}{U_1(H_\varphi)} + \frac{U_2(E_r)}{U_2(H_\varphi)}\right]\right|_i \cdot 100. \tag{75}$$

Обозначения указаны в 3.3.9.7 и в экспликации к формуле (73). Средняя погрешность измерений имеет следующие значения: $\delta(\alpha)$ — до 2°, $\delta(H_z)$ — до 2 %, $\delta(H_\varphi)$ — до 4 %, $\delta(Z)$ — до 10 %.

Контрольные измерения должны составлять не менее 5 % общего объема измерений.

3.3.9.16. Результаты полевых измерений изображают в виде графиков составляющих поля радиоволн. Масштаб значений этих составляющих на графиках должен обеспечивать четкое выделение минимальной аномалии, соответствующей удвоенному значению средней погрешности измерений данной составляющей. Исходя из допустимых значений средних погрешностей (см. 3.3.9.15), можно рекомендовать для составляющих H_φ, H_z и полуоси b такой масштаб, чтобы в 1 см содержалось число микровольт, соответствующее примерно 10—20 % нормального поля H_φ, для угла α — в 1 см 10 или 20°, для импеданса — в 1 см 30—40 % от среднего уровня. Значения H_z откладывают с учетом знака α выше и ниже оси абсцисс.

3.3.9.17. Аномалии магнитного поля радиоволны над локальным проводящим объектом имеют следующие особенности: по составляющей H_φ наблюдается максимум, а по составляющей H_z, полуоси b и углу α — нулевые значения относительно нормального поля; экстремумы графиков H_z, b и α располагаются справа и слева от оси проводника.

Над пластом с высоким удельным сопротивлением возникает небольшое (до 10—20 %) понижение поля H_φ, а значения H_z, b и α имеют противоположный

знак по сравнению с аномалией над проводящим телом. Если мощность пласта низкого или высокого удельного сопротивления превышает длину волны во вмещающей среде, то аномалии приурочены лишь к его контактам, которые отмечаются экстремумами H_z, b и α и аномалией H_φ градиентного типа.

Горизонтальная составляющая электрического поля E_r имеет большие значения над породами высокого удельного сопротивления и минимальные над образованиями с низким удельным сопротивлением.

3.3.9.18. Обработка графиков характеристик магнитного поля H заключается в учете влияния рельефа дневной поверхности и выделении локальных аномалий геологического происхождения. Установлено, что хребты создают аномалии поля аналогично проводящим объектам, при этом график H_φ повторяет форму рельефа. Составляющая H_z, полуось b и угол α имеют экстремальные значения на склонах. Отрицательные формы рельефа (долины) сопровождаются аномалиями, подобными аномалиям над мощными пластами высокого удельного сопротивления (минимум по составляющей H_φ и экстремумы кривых H_z, b и α обратного знака по сравнению с хребтом). Значения и форма аномалий зависят от крутизны склонов, электропроводности горных пород, протяженности хребта или долины, угла между их простиранием и направлением распространения радиоволны. Наибольшие аномалии вызывают протяженные хребты, сложенные породами с низким удельным сопротивлением и простирающиеся вдоль направления распространения волны. Заметные аномалии (более 5 %) могут наблюдаться при относительных превышениях местности более 10 м. Формы рельефа, перпендикулярные направлению прихода волны, не вызывают аномалий составляющей H_φ и угла α.

Из-за большого числа факторов, определяющих распределение поля радиоволн в условиях пересеченной местности, учет влияния поля рельефа проводят обычно качественно. Для этого под графиками составляющих наблюденного поля строят рельеф профиля, используя топографическую карту и записи в полевом журнале о встреченных при съемке формах рельефа. Пользуясь данными о рельефе, проводят на графиках характеристик магнитного поля H штриховыми линиями поле рельефа и выделяют локальные аномалии геологического происхождения. Поскольку аномалии H_φ имеют более простой вид, сначала выделяют полезные аномалии этой составляющей, а затем расшифровывают более сложные графики H_z, b и α.

Выделенные аномалии выносят на план профилей, откладывая положительные и отрицательные аномальные значения выше и ниже оси абсцисс. Затем аномалии коррелируют и проводят аномальные оси и границы мощных аномальных зон. По косвенным признакам (потеря корреляции, изменение направления оси или значения аномалии) проводят дополнительные линии нарушений аномального поля.

3.3.9.19. Обработка результатов наблюдений импеданса Z сводится к определению эффективного удельного сопротивления по формуле, Ом·м,

$$\tilde{\rho} = \frac{1}{2\pi f \mu_0}\left(\frac{G}{lK}\right)^2\left[\frac{U(E_r)}{U(H_\varphi)}\right]^2 = R\left[\frac{U(E_r)}{U(H_\varphi)}\right]^2, \qquad (76)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; f — частота поля, Гц; G — отношение чувствительностей датчиков, Ом·м; K — коэффициент передачи выносного усилителя; l — размер приемной линии, м; $U(E_r)$ и $U(H_\varphi)$ — отсчеты по прибору при измерениях составляющих E_r и H_φ, мкВ; R — общий коэффициент установки, Ом·м.

3.3.9.20. Для интерпретации результатов съемок план аномалий характеристик поля H совмещают с картой изолиний $\tilde{\rho}$, которую строят по данным вычисления импеданса (см. 3.3.9.19). Интерпретацию проводят в комплексе с материалами других геофизических методов и с учетом имеющихся данных о геологическом строении района работ.

Оси и зоны повышенных значений характеристик магнитного поля H могут соответствовать разрывным тектоническим нарушениям, зонам дробления, пластам графитизированных и сульфидизированных пород, рудным зонам и линзам и т. п. Оси и зоны повышенных значений $\tilde{\rho}$ могут отмечать жилы и дайки высокого удельного сопротивления, продуктивные толщи карбонатных пород, маркирующие горизонты известняков, песчаников и т. п. По искажениям конфигурации изолиний $\tilde{\rho}$ и нарушениям корреляции аномалий характеристик поля H могут быть выделены тектонические блоки и разломы.

Полуколичественная интерпретация аномалий над проводящими пластами дает оценку их протяженности, глубины залегания, угла падения и удельного сопротивления.

3.3.9.21. По результатам площадной съемки методом радиокип с учетом данных других геофизических методов и геологических исследований выделяются участки для детальных работ с целью локализации искомых объектов. Масштаб детализационной съемки выбирается в зависимости от предполагаемых размеров объекта поисков. Сеть наблюдений может изменяться от 10×5 до 100×20 м. Вблизи экстремальных значений поля, точек перехода через нуль и в местах наибольших градиентов графиков рекомендуется уменьшение шага наблюдений в два раза (см. 3.3.9.17—18). Техника измерений такая же, как и при обычной съемке.

3.3.9.22. Полевая документация состоит из журналов для рядовой съемки и журналов для контрольных наблюдений (см. 3.3.9.13). Первичная графическая документация состоит из графиков наблюденных значений (см. 3.3.9.16). Графики всех составляющих строят относительно одной оси абсцисс разными условными знаками. Здесь же приводится абрис рельефа.

3.3.9.23. В результате камеральной обработки по каждому участку должны быть представлены следующие материалы: 1) карта аномалий поля H; 2) карта изолиний $\tilde{\rho}$ (если измерялась еще и электрическая составляющая); 3) карта результатов работ на геологической основе; 4) графики наблюденных характеристик электромагнитного поля.

Все документы подписывают исполнитель работ и начальник партии. Отчет по работам методом радиокип составляют с учетом требований данной инструкции (см. 4.2).

3.3.10. МЕТОД ПЕРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ (прил. 93—97)

3.3.10.1 Метод переменного естественного электрического поля (ПЕЭП) предназначается для решения задач геологического картирования при прогнозировании рудоперспективных площадей и поисках полезных ископаемых. Метод позволяет обнаруживать и оконтуривать площади распространения горных пород, выявлять контакты, зоны тектонических и гидротермальных изменений, дайки, жилы, рудные тела и другие геологические объекты, отличающиеся по удельному электрическому сопротивлению или его анизотропии от окружающих пород, а также изучать морфологию поверхности кристаллического фундамента или опорного горизонта. Кроме того, метод может быть применен для оценки протяженности выделенных объектов на глубину. Метод используется в широком диапазоне удельных сопротивлений пород.

3.3.10.2. При работах методом ПЕЭП измеряется среднее значение напряженности переменного естественного электрического поля Земли в ограниченной полосе частот за некоторый промежуток времени. Источником этого поля являются грозы. Среднее значение напряженности при прочих равных условиях существенно зависит от электрического сопротивления ρ пород (прил. 93). Применяемая для работ методом ПЕЭП аппаратура имеет одну или несколько полос частот в диапазоне 2—6000 Гц. Эксплуатацию аппаратуры см. в 3.1.3.

3.3.10.3. Простейшим преобразователем (датчиком) служит приемная линия, представляющая собой заземленный на концах отрезок провода, в разрыв которого включается измерительный прибор. Для ее изготовления используется провод ГПСМПО или ПСРП-2. Приемная линия заземляется с помощью латунных или стальных электродов высотой 600—700 мм, диаметром 10—12 мм. Длина приемной линии $2a$ выбирается исходя из требуемой детальности съемки с учетом уровня средней напряженности поля в районе работ в период измерений. Обычно она колеблется в пределах от 20 до 200 м.

3.3.10.4. Работы методом ПЕЭП выполняются по сети профилей, по маршрутам или в отдельных точках. Профили и маршруты задаются вкрест предполагаемого простирания горных пород и тектонических нарушений.

Масштаб съемки 1 : 25 000 и мельче. Детализация полевых наблюдений производится путем уменьшения шага съемки или сгущения сети профилей. Детальные работы составляют 10—15 % от всего объема съемки.

Глубинность метода зависит от геологических характеристик геологического разреза: формы, размеров, элементов залегания и глубины верхней кромки иссле-

дуемых объектов, их удельного электрического сопротивления и отношения удельных электрических сопротивлений искомых объектов и вмещающих пород, — а также от полосы частот, в которой производятся измерения, и колеблется от первых десятков метров до первых километров.

3.3.10.5. Полевые работы методом ПЕЭП проводятся в два этапа: изучение особенностей поля в районе работ и на участке съемки; измерение на профилях, маршрутах или на отдельных точках и увязка наблюдений.

3.3.10.6. Особенности поля изучаются, если метод ПЕЭП ставится в районе в данный период года впервые. Наблюдение вариации поля выполняется перед началом профильных или маршрутных наблюдений. Для этого в течение двух-трех рабочих дней на пункте, расположенном на площадке, удаленной от источников промышленных помех, контактов пород, тектонических нарушений, жил, даек и т. д., производятся измерения напряжения поля ΔU_i группами по три—пять непосредственно следующих друг за другом измерений с интервалами времени между центрами групп 5—10 мин. Измерения выполняют на частоте, используемой при съемке.* По данным этих измерений вычисляют среднее арифметическое значение напряжения поля $\Delta U_{ср}$, мкВ, для каждой группы по формуле

$$\Delta U_{ср} = (1/m) \sum_{i=1}^{m} \Delta U_i, \qquad (77)$$

где m — число измерений в группе.

По $\Delta U_{ср}$ рассчитывается средняя напряженность поля $E_{ср}$, мкВ/м,

$$E_{ср} = \Delta U_{ср}/(2a) \qquad (78)$$

и строятся графики ее вариаций во времени. Кроме того, рассчитываются статистические параметры ν_1 и ν_2, %:

$$\nu_1 = \left| \sqrt{\frac{1}{M-n} \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{\Delta U_i}{\Delta U_{ср\,(k)}} - 1 \right)^2} \right| \cdot 100; \qquad (79)$$

$$\nu_2 = \left| \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{k=1}^{n-1} \left(\frac{\Delta U_{ср\,(k+1)}}{\Delta U_{ср\,(k)}} - 1 \right)^2} \right| \cdot 100, \qquad (80)$$

где n — число групп измерений; k — номер группы измерений; M — общее число измерений.

Величины ν_1 и ν_2 используются для оценки средней квадратичной ошибки определения $E_{ср}$ и наиболее вероятного изменения $E_{ср}$ за промежуток 5— 10 мин. По графикам $E_{ср}$ выбирается время, наиболее благоприятное для выполнения различных видов работ.

Условия измерений в районе работ считаются нормальными (в весенне-летние месяцы), если параметры ν_1 и ν_2 изменяются в пределах 4—10 %. Увеличение или уменьшение этих параметров относительно указанного предела свидетельствует об изменении структуры поля вследствие местной грозовой активности, промышленных или электростатических помех и препятствует проведению работ методом ПЕЭП.

3.3.10.7. Основным видом работ методом ПЕЭП является профилирование с одноазимутной установкой. Вспомогательными видами работ служат профилирование или измерения в отдельных точках с двух-, трехазимутной и круговой установками.

3.3.10.8. Профилирование с одноазимутной установкой производится с целью геологического картирования и изучения морфологии кровли опорного горизонта или кристаллического фундамента на участках с четко выраженным преимущественным простиранием контактов пород, тектонических структур, зон и форм рельефа. Одноазимутная установка состоит из одной приемной линии, которая располагается вкрест простирания объектов и особенностей рельефа.

---

* При использовании нескольких рабочих частот измерение вариаций поля и расчет их параметров производятся для каждой частоты раздельно.

3.3.10.9. Двухазимутная установка применяется на участках, охарактеризованных в 3.3.10.8, в тех случаях, когда ставится задача одновременно с картированием выявлять и прослеживать маломощные хорошо проводящие объекты, а также при картировании зон трещиноватости. Двухазимутная установка состоит из двух взаимно перпендикулярных линий (Г- или Т-образная). Одна из приемных линий направляется по простиранию, а другая вкрест простирания изучаемых объектов.

3.3.10.10. Профилирование с трехазимутной установкой производится с целью картирования и решения других задач на участках развития пород с невыдержанным простиранием контактов, тектонических нарушений, зон дробления и гидротермального изменения пород, на участках, сложенных анизотропными или неоднородными по электрическим свойствам породами, а также в тех случаях, когда формы рельефа кровли опорного горизонта или кристаллического фундамента не имеют четко выраженного простирания. Установка состоит из трех приемных линий, образующих равносторонний треугольник, в вершинах которого помещены приемные электроды. Одна из приемных линий направляется по профилю съемки, а две другие под углами 120 или 30° и 60 или 240° к профилю (углы отсчитываются против часовой стрелки от направления профиля в сторону возрастания номеров пикетов).

3.3.10.11. Многоазимутные измерения используются для определения элементов залегания геологических объектов, а также при детальном картировании изометрических форм рельефа кровли опорного горизонта или кристаллического фундамента. При измерениях приемная линия поворачивается вокруг ее средней точки (симметричная круговая установка) или вокруг ее конца (несимметричная круговая установка), совмещенных с точкой наблюдения. Измерения производятся последовательно через одинаковое число градусов в трех—шести азимутах с повторением измерения в исходном азимуте, совпадающем с линией профиля. Азимут приемной линии определяется с помощью буссоли, горного компаса или глазомерно.

3.3.10.12. Многочастотные измерения с любой из установок выполняют на отдельных профилях и используют для оценки выдержанности геоэлектрических параметров объектов на глубину.

3.3.10.13. На каждом пикете и в каждом азимуте производятся два-три непосредственно следующих друг за другом измерения ΔU_i. На участках профиля с осложненными условиями заземления измерениям ΔU_i предшествует оценка переходных сопротивлений приемных электродов и в случае необходимости принимаются меры по улучшению заземления. Наименьшая погрешность измерений достигается, когда сопротивление заземлений приемных электродов не превышает 5—10 кОм. В том случае, когда при сопротивлении заземления приемных электродов, не превышающем 30 кОм, следующие друг за другом измерения ΔU_i различаются более чем на 30 % или фактическое время интегрирования на 20—30 % больше номинального, необходимо улучшить условия измерений: переставить приемные электроды в более устойчивый грунт, уменьшить колебания провода, изолировать незаземленную часть приемных электродов и т. д. Если при этом разброс значений ΔU_i уменьшить не удастся, то работы методом ПЕЭП следует прекратить.

Если на точке значение $\Delta U_{ср}$ резко (в три раза и более) отличается от значений на соседних точках, необходимо уменьшить шаг установки в два раза и выполнить дополнительные наблюдения.

3.3.10.14. Учет изменения среднего уровня напряженности поля во времени при всех видах измерений методом ПЕЭП производится путем увязки наблюдений с использованием базисных или сети опорных точек. Опорные и базисные точки выбираются в районе работ на участках, где сопротивление пород изменяется мало. В качестве таких точек могут быть использованы пикеты сети съемки. Средние значения напряженности поля на опорных и базисных точках должны быть увязаны между собой замкнутыми ходами. Продолжительность каждого увязочного хода должна ограничиваться интервалом времени, в течение которого изменение среднего уровня напряженности поля происходит линейно. Создание опорных и базисных точек и их увязку целесообразно выполнять до профильных наблюдений. Это позволяет увязывать графики профильных (маршрутных) измерений непосредственно в процессе наблюдений. Тщательность увязки наблюдений определяется требуемой точностью съемки.

3.3.10.15. Наблюдения на опорных точках выполняются перед началом и после окончания измерений на каждом профиле. Каждое наблюдение состоит из трех—

пяти измерений ΔU_i на каждой из рабочих частот, промежуток времени между наблюдениями на опорной точке не должен превышать 2—3 ч. Если измерения на профиле занимают больше времени, то их следует производить в несколько приемов, чередуя с наблюдениями на опорных точках. Азимуты приемной линии на опорных точках и на пикетах профиля (маршрута) должны примерно совпадать.

Если использование измерений на сети опорных точек не обеспечивает требуемой точности съемки или создание этой сети экономически невыгодно, то для увязки наблюдений используются значения средней напряженности поля на базисной точке, измеряемые отдельным прибором. Наблюдения на базисной точке производятся группами по три—пять измерений с интервалом между группами 5—10 мин в течение каждого рабочего дня. Возможна также непрерывная регистрация вариаций поля с помощью самописца.

Базисные точки располагаются в равнинной местности на расстоянии не более 20 км, а в горной — не более 10 км от места профильных и маршрутных наблюдений или измерений на отдельных точках.

Уравнивание увязочных ходов, а также привязка профильных измерений к единому уровню производятся графическим способом с использованием логарифмического масштаба построения или путем аналитических расчетов на ЭВМ. В профильные, маршрутные измерения или наблюдения на отдельных точках вносятся поправки за счет изменения среднего уровня поля.

Многочастотные многоазимутные измерения сопровождаются наблюдениями вариаций поля в используемом спектре частот с трехазимутной или круговой установками, результаты которых учитывают при обработке и интерпретации наблюдений.

3.3.10.16. Результаты измерений методом ПЕЭП регистрируются в полевом журнале, форма которого дана в прил. 94. В верхней части листа журнала помимо общепринятых данных приводятся сведения о положении приемной установки и ее точке записи на профиле и направлении перемещения (поворота) этой установки. В графе 2 записывается номер пикета, на котором расположен электрод N или середина приемной линии, в графе 3 — азимут приемной линии (запись не производится в том случае, если линия совпадает с профилем), в графе 4 — время взятия среднего отсчета в группе, в графе 5 — отсчет в микровольтах, в графах 6 и 7 — расчетные данные. В «Примечании» (графа 8) фиксируются условия измерений (приближение грозы, источники помех, сила ветра, сопротивление заземлений) и абрис профиля.

Точкой записи у одно- и двухазимутной установки является середина приемной линии, у круговой симметричной — середина приемной линии, у круговой несимметричной — неподвижный электрод, у трехазимутной — ее центр симметрии.

3.3.10.17. Вариации $E_{ср}$ и результаты профильных и маршрутных измерений $E_{ср}$ с одноазимутной установкой представляются в виде приведенных к одному уровню графиков или планов графиков. Масштаб изображений берется логарифмический. Модуль масштаба выбирается таким, чтобы четко выделять аномалии, представляющие практический интерес. При двухазимутных съемках на каждом профиле вычерчиваются две кривые в разных обозначениях. Для наглядности графиков расстояние между профилями может быть увеличено.

3.3.10.18. По данным трехазимутных наблюдений определяют параметры абсолютного осредненного эллипса поляризации: его главные оси E_{max} и E_{min}, их отношение $\chi_{E_{ср}} = E_{max}/E_{min}$, площадь эллипса $S_{E_{ср}} = (\pi/4)\, E_{max}E_{min}$, угол между большой осью эллипса и линией профиля $\alpha_{E_{ср}}$. Параметры находят с помощью номограмм (прил. 95—97) или путем расчета на ЭВМ. Результаты трехазимутных измерений представляют в виде графиков или планов графиков параметров эллипса поляризации. В качестве дополнительного материала составляют планы графиков или графики $E_{ср}$ для каждого азимута отдельно.

Результаты измерений с многоазимутной установкой представляют в виде графиков средней напряженности в декартовых или полярных координатах (круговых диаграмм). Масштаб изображений значений $E_{ср}$ — линейный (в полярных координатах) и логарифмический (в декартовых координатах). Центр круговой диаграммы должен совпадать с точкой записи установки.

По круговым диаграммам определяют главные оси (большую E_{max} и малую E_{min}) абсолютного осредненного эллипса поляризации переменного естественного

электрического поля, их отношение $\chi_{E_{ср}}$, площадь эллипса поляризации $S_{E_{ср}}$, угол между большой осью эллипса поляризации и линией профиля съемки $\alpha_{E_{ср}}$ или азимут большой оси эллипса поляризации. Все эти параметры при профильных наблюдениях представляются в виде графиков или планов графиков.

Данные одно-, трех- и многоазимутных измерений метода ПЕЭП могут быть представлены также в виде изолиний $E_{ср}$ и параметров эллипса поляризации. Изолинии $E_{ср}$, $\chi_{E_{ср}}$ и $S_{E_{ср}}$ проводятся через равные интервалы по логарифмической шкале, а параметра $\alpha_{E_{ср}}$ — по линейной шкале.

3.3.10.19. Оценка погрешности полевых измерений методом ПЕЭП производится на основе сопоставления основных и контрольных измерений. Контрольные измерения в объеме не менее 5 % от общего числа измерений выполняются на отдельных профилях или маршрутах. Результаты основных и контрольных измерений строятся в виде графиков в одинаковом масштабе и для качественной оценки погрешности совмещаются друг с другом.

Количественная оценка погрешности полевых наблюдений выполняется на основе расчета относительной средней квадратичной ошибки δ воспроизведения средней напряженности поля. С этой целью для каждого пикета контрольного профиля определяются средние значения напряженности поля, полученные при основных и контрольных наблюдениях и приведенные с учетом вариаций поля к одному исходному уровню — $\overline{E}_{ср}$ (осн.) и $\overline{E}_{ср}$ (контр.). По ним для каждого пикета рассчитываются средние арифметические значения напряженности

$$\overline{E}_{ср}(j) = (1/2)\,[\overline{E}_{ср}\,(\text{осн.}) + \overline{E}_{ср}\,(\text{контр.})], \qquad (81)$$

где j — порядковый номер пикета.

Далее по формуле, %,

$$\delta = \left| \sqrt{\frac{2}{k-1} \sum_{j=1}^{k} \left(\frac{\overline{E}(\text{осн.})}{\overline{E}_{ср}(j)} - 1 \right)^2} \right| \cdot 100, \qquad (82)$$

где k — число пикетов, на которых выполнены контрольные измерения, определяется относительная погрешность полевых измерений методом ПЕЭП. Она считается удовлетворительной, если не превышает 7—12 %.

3.3.10.20. Комиссии по приемке полевых материалов представляются следующие документы:

1) полевые журналы;

2) графики вариаций средней напряженности;

3) увязанные графики средней напряженности, полученные с одно-, двух- или трехазимутной установками;

4) графики или планы графиков (круговых диаграмм) средней напряженности в полярных координатах;

5) увязанные графики или планы графиков параметров осредненных эллипсов поляризации ($\alpha_{ср}$, $\chi_{E_{ср}}$, $S_{E_{ср}}$, E_{max}, E_{min}).

3.3.11. МЕТОД ПЕРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ (прил. 98)

3.3.11.1. Метод переменного естественного магнитного поля (ПЕМП) основан на измерении магнитной составляющей естественного переменного электромагнитного поля звукового диапазона частот.

Характеристикой, по изменению которой судят об электрической неоднородности среды, служит измеренное в узком диапазоне частот отношение синфазных компонент комплексных амплитуд вертикальной и горизонтальной составляющих магнитного поля — тангенс угла наклона вектора естественного переменного магнитного поля $\operatorname{tg}\beta$ в заданном азимуте, определяемом направлением горизонтальной составляющей поля.

Метод предназначен для решения задач геологического картирования в рудных районах и поисков сульфидных руд низкого удельного сопротивления.

Метод целесообразно применять в районах, где практически отсутствуют рыхлые поверхностные отложения, удельное сопротивление которых намного меньше удельного сопротивления коренных пород.

По сравнению с методом ПЕЭП, решающим близкие геологические задачи, метод ПЕМП отличается слабой зависимостью от мелких неоднородностей строения аномальных объектов, меньшей чувствительностью к поверхностным неоднородностям и отсутствием заземлений.

3.3.11.2. Наблюдения по методу ПЕМП состоят в профильных и маршрутных измерениях и проводятся по заранее подготовленной сети профилей (масштаб 1 : : 10 000 и крупнее) либо по профилям (маршрутам) с привязкой точек наблюдения по топографическим картам или аэрофотоснимкам непосредственно в процессе работ (масштаб от 1 : 25 000—1 : 50 000 и мельче). Профили и маршруты ориентируются вкрест простирания изучаемых объектов. При существенно разном простирании объектов наблюдения рекомендуется проводить по сети профилей или маршрутов двух взаимно перпендикулярных направлений с измерением соответственно величин $\operatorname{tg}\beta_x$ и $\operatorname{tg}\beta_y$.

Детализационные работы не отличаются по методике от рядовой съемки и либо проводятся по дополнительным промежуточным профилям, когда уточняется размер выявленных аномалий, либо повторяются по более густой сети, если необходимо уточнить конфигурацию аномалий и особенности их строения.

3.3.11.3. Полевые наблюдения по методу ПЕМП проводят с аппаратурой типа ИНВЕМП (измеритель наклона вектора естественного магнитного поля) и другой аналогичной.

3.3.11.4. Результаты измерений записывают в полевой журнал (прил. 98). В графе «Примечание» фиксируют особенности рельефа, ручьи, горные выработки, линии электропередачи, другие заметные ориентиры.

Напряженность поля в полосе частот 150—280 Гц составляет 10^{-6}—10^{-7} Э по амплитуде, зимой — в несколько раз меньше.

3.3.11.5. Погрешность наблюдений $\operatorname{tg}\beta$ оценивается по результатам сравнения рядовой и контрольной (с повторной установкой приемной рамки) съемок. Средняя арифметическая погрешность измерений δ вычисляется по формуле, %,

$$\delta = \frac{1}{2m}\sum_{j=1}^{m} |\operatorname{tg}\beta_{pj} - \operatorname{tg}\beta_{kj}| \cdot 100, \qquad (83)$$

где $|\operatorname{tg}\beta_{pj} - \operatorname{tg}\beta_{kj}|$ — модуль разности значений $\operatorname{tg}\beta$ рядовой и контрольной съемок; m — число контрольных точек; j — их порядковый номер; δ не должно превышать 2 %.

3.3.11.6. Основными источниками аномалий, выделяемых по данным ПЕМП, являются:

а) крупные разрывные нарушения и тектонические зоны, проявляющиеся как протяженные пластообразные зоны пониженного удельного сопротивления негоризонтального залегания;

б) выдержанные по простиранию и падению контакты пород, различных по удельному сопротивлению;

в) тела сульфидных руд низкого удельного сопротивления.

Над линейными крутопадающими зонами пониженного удельного сопротивления наблюдаются аномалии $\operatorname{tg}\beta$ в виде нечетной функции с двумя экстремумами разного знака и нулем над осевой линией зоны. В условиях наложения друг на друга аномалий от разных источников над зонами пониженного удельного сопротивления могут наблюдаться ступенеобразные графики $\operatorname{tg}\beta$ без перемены знака ввиду смещения нулевой линии.

Интерпретация состоит в выделении аномалий $\operatorname{tg}\beta$, корреляции их от профиля к профилю, определении их геологической природы, оценке характеристик аномальных объектов: длины по простиранию, мощности, их удельного сопротивления, соотношения удельных сопротивлений пород в случае контакта. Результаты интерпретации изображают в виде выявленных аномалий с указанием характеристик аномальных объектов, которые могут наноситься на сводные карты результатов геолого-геофизических работ.

3.3.12. МЕТОД БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ (прил. 99—100)

3.3.12.1. Метод блуждающих токов (МБТ) предназначен в помощь поискам и разведке месторождений твердых полезных ископаемых в промышленно развитых районах, где применение методов, основанных на изучении характеристик искусственных или естественных электромагнитных полей, затруднено или практически невозможно. Метод может быть использован как для поисков рудных залежей, сложенных проводящими минералами, так и для картирования зон с сульфидной минерализацией, контролирующих золотое, оловянное и другое оруденение.

Источниками апериодических импульсных блуждающих токов для окружающей среды служат рельсы электрифицированных железных дорог рудников. Положительный полюс электроустановок рудников подан на троллей, рельсы же в специальных пунктах присоединены к отрицательным полюсам электроустановок. Через троллей и рельсы они оказываются связанными с различными участками проводящих залежей в рудном поле, что обусловливает двухполюсный характер источника поля для окружающего пространства. Иногда на крупных рудниках наблюдается несколько таких дипольных источников.

3.3.12.2. Значение напряженности электрического поля блуждающих токов в земле в каждый момент равно

$$E(t) = E_0(t) + E_{\text{двп}}, \tag{84}$$

где $E_0(t)$ — напряженность первичного токового поля в тот или иной момент t; $E_{\text{двп}}$ — постоянная (или медленно меняющаяся) составляющая напряженности поля, представляющая собой сумму напряженности естественного электрического поля и напряженности вторичного поля вызванной поляризации за счет поляризации среды блуждающими токами. Величина $E_0(t)$ может быть охарактеризована функцией ψ, которая является угловым коэффициентом зависимости изменений напряженности электрического поля за время Δt в неподвижной $E(\Delta t)_б$ и подвижной $E(\Delta t)_р$ приемных линиях:

$$\psi = E(\Delta t)_р / [E(\Delta t)_б]. \tag{85}$$

Если вмещающая среда более или менее однородна по удельному сопротивлению, характеристика первичного поля блуждающих токов с погрешностью до постоянного множителя C соответствует потенциалу электрического поля в методе заряда на постоянном токе, но с двухполюсным источником тока:

$$\psi = CU. \tag{86}$$

3.3.12.3. Работы по МБТ производятся в виде площадных или маршрутных съемок с поверхности земли, а также в горных выработках. В задачу съемок с поверхности земли могут входить изучение элементов структуры рудного поля, детальные поисковые и поисково-оценочные работы на флангах разведуемых месторождений, проверка аномалий, выявленных другими геофизическими и геохимическими методами, и т. д. В задачу съемок в горных выработках входит прослеживание отдельных рудных тел и зон между выработками, определение элементов залегания этих тел, мест выклинивания и т. д.

3.3.12.4. Перед началом работ по МБТ проводят режимные наблюдения характеристик поля с целью:

1) определения наличия электрического поля блуждающих токов;
2) определения наличия долгоспадающей вызванной поляризации;
3) определения устойчивости вектора электрического поля блуждающих токов во времени;
4) выбора источника, с которым предстоит проводить дальнейшие исследования;
5) определения времени и порядка проведения работ.

3.3.12.5. Для производства режимных наблюдений на местности устанавливают две взаимно перпендикулярные одинаковой длины приемные линии, каждую из них подключают ко входу одной из координат двухкоординатного планшетного потенциометра ПДП-4-002 или другого аналогичного прибора. В качестве заземлителей используют неполяризующиеся электроды.

Длина измерительной линии 40—100 м в зависимости от интенсивности принимаемого сигнала. С интервалом 10—15 мин записывают вектор напряженности

электрического поля блуждающих токов. Запись производится в течение полного недельного цикла работ предприятия — источника блуждающих токов.

3.3.12.6. При работах по МБТ применяют такие же способы наблюдений и установки, что и в методе заряда при импульсном возбуждении поля: съемка потенциала электрического поля блуждающих токов или съемка градиента потенциала (см. 3.3.2).

Съемка потенциала производится главным образом при площадных работах с помощью установки, включающей в себя две приемные линии: базовую (неподвижную) и рабочую подвижную, — по заранее разбитой сети наблюдений. Профили ориентируют вдоль направления вектора напряженности электрического поля блуждающих токов.

Для исследований используют две пары неполяризующихся электродов. Собственная эдс всех четырех электродов не должна превышать ± 2 мВ. Обычно применяют восемь электродов: четыре из них находятся в работе, четыре других закорочены между собой и используются в следующий день работы.

3.3.12.7. Порядок работы с установкой потенциала следующий.

1. Проверяют собственную эдс поляризации четырех электродов и фиксируют в журнале (прил. 99).
2. Определяют место стоянки базовой линии и станции на профиле.
3. Устанавливают базовую приемную линию с неподвижными электродами. Один из электродов подвижной рабочей линии совмещают с общим электродом базовой приемной линии. Этот общий электрод должен находиться в спокойном поле, для чего выбирают удаленный участок с однородной геологической средой.
4. Два рабочих электрода подвижной приемной линии (M_1, M_2) устанавливают на профиле наблюдений. Работу производят поочередно с обоими электродами.
5. В момент возникновения напряженности электрического поля блуждающих токов в земле записывают значения $\Delta U_б$ и $\Delta U_р$, пропорциональные $E\,(\Delta t)_б$, $E\,(\Delta t)_р$ в точках M_1, M_2 или непосредственно кривую отношения разности потенциалов в рабочей и базовой приемных линиях.
6. Заносят в журнал (прил. 99) и на диаграмму необходимые сведения; форма штампа диаграммы приведена в прил. 100.
7. Передвигают один из рабочих электродов на следующий пикет и производят запись со вторым электродом.
8. Сворачивают станцию, переезжают на следующий профиль.
9. При перемещении базовой линии на другой профиль один из профилей проходят дважды с двух разных баз. По данным этих измерений производят увязку участков, отснятых с различных баз.

3.3.12.8. Порядок работы при съемке градиента потенциала аналогичен вышеописанному. Основное отличие заключается в том, что при съемке градиента потенциала базовая и рабочая приемные линии имеют одинаковую длину, обычно 10—40 м.

Два электрода базовой линии устанавливают неподвижно в спокойном поле. Два электрода подвижной приемной линии перемещают вдоль профилей наблюдений.

3.3.12.9. Работы в горных выработках проводят также по схеме градиента. Базовую линию обычно устанавливают возле устья одного из горизонтов штолен так, чтобы обе установки находились на одной линии. В том случае, когда ствол штольни круто разворачивается или исследования нужно провести вдоль штрека другого направления, ориентировка базовой линии производится таким образом, чтобы обе приемные линии (базовая и рабочая) были параллельны одна другой.

3.3.12.10. Специальные альбомы графиков служат основным материалом для дальнейшей увязки и построения карт равных значений или планов графиков указанных величин ψ и $\Delta\psi$, приведенных к уровню одной из базовых линий.

3.3.12.11. Контрольные наблюдения (с перестановкой электродов) проводятся в объеме 10 % и выполняются, как правило, на участках с различным геологическим строением.

К приемке полевых материалов в обязательном порядке представляют:

1) диаграммы рядовых и контрольных наблюдений;
2) графики сопоставления рядовых и контрольных наблюдений;
3) материалы расчетов основных погрешностей. Относительная погрешность измерений ψ и $\Delta\psi$ не должна превышать 10 %.

3.3.12.12. В качестве отчетных материалов работ по МБТ представляются планы графиков параметров ψ и $\Delta\psi$ или карты изолиний.

3.3.12.13. Интерпретация данных МБТ осуществляется в зависимости от типов месторождений, на которых произведены работы. В случае колчеданно-полиметаллических месторождений или месторождений других полезных ископаемых, скопления которых могут быть выделены по их высокой по сравнению с вмещающими породами удельной электропроводности, интерпретация результатов МБТ производится так же, как это делается при работе методом заряда.

Карты изолиний ψ ($\Delta\psi$) и их графики анализируются совместно с имеющимися геологическими разрезами и другой геологической, геохимической и геофизической информацией на предмет качественной оценки соответствия выделенных в поле блуждающих токов аномалий тем или иным геологическим структурам, рудным телам и тому подобным геологическим объектам.

В результате такого анализа выделяются участки для детальных поисков новых рудных тел.

3.4. МЕТОДЫ СКВАЖИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Методы скважинной электроразведки широко применяются на всех этапах геологоразведочных работ — от геологического картирования и поисков в масштабах 1 : 50 000—1 : 25 000 до детальной разведки включительно и почти на всех типах месторождений, включая такие трудные для поисков и сложные для изучения, как штокверковые, жильные и связанные с корами выветривания. Методами скважинной электроразведки решаются следующие задачи.

1. Изучается структура месторождения, прослеживаются простирание и направление падения пород, увязываются литологические прослои, выявляются складки, тектонические нарушения и дайки. Для решения этих задач применяются в основном методы скважинной электроразведки постоянным (низкочастотным) током, радиоволновые методы.

2. Ведутся поиски и оконтуривание в межскважинном и околоскважинном пространстве объектов, обладающих высокой удельной электропроводностью, колчеданных, колчеданно-полиметаллических, магнетитовых рудных тел и, реже, зон графитизации, с которыми бывают связаны урановые, полиметаллические и другие месторождения. Производится оценка размеров рудных тел. Для решения этой задачи применяются методы скважинной электроразведки постоянным током, дипольное электромагнитное профилирование, радиоволновые методы, скважинный вариант метода естественного электрического поля, скважинные варианты методов переходных процессов, вызванной поляризации.

3. Выполняются поиски и оконтуривание зон сульфидной вкрапленности. Основным здесь является метод вызванной поляризации.

4. Производится оценка вещественного состава рудных объектов. Используется контактный способ поляризационных кривых, метод частичного извлечения металлов, изучение нелинейной вызванной поляризации.

При поисках месторождений с использованием картировочных и одиночных поисковых скважин основное значение в комплексе с методом заряда имеют скважинные варианты методов ВП, ЕП и поисково-картировочный вариант метода электрической корреляции. При оценке рудопроявлений и разведке месторождений используются все методы скважинной электроразведки.

В ряде случаев применяется пьезоэлектрический метод разведки (ПЗМ). Он основан на использовании прямого пьезоэлектрического эффекта, заключающегося в свойстве определенных геологических объектов, содержащих минералы-пьезоэлектрики (кварц, турмалин, сфалерит, нефелин и др.), электрически поляризоваться при механических деформациях, вызванных упругой волной. Метод заключается в возбуждении в горных породах упругого поля, приеме, усилении и регистрации возникающих пьезоэлектрических и сейсмических сигналов. На основе использования кинематических и динамических характеристик этих сигналов делается вывод о наличии и местоположении пьезоактивных объектов.

Метод предназначен для непосредственных поисков месторождений полезных ископаемых, отличающихся от вмещающих пород по пьезоэлектрическим свойствам. Он применяется в наземном, скважинном и шахтном вариантах, главным образом

на стадии детальных поисков и разведки рудно-кварцевых (золота, олова), пегматитовых (горного хрусталя, слюды и др.), а также полиметаллических месторождений существенно сфалеритового состава. Требования к производству работ изложены в методических рекомендациях.

3.4.1. МЕТОДЫ СКВАЖИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ (прил. 101—103)

А. Метод электрической корреляции

3.4.1.1. Метод электрической корреляции (МЭК) относится к корреляционным методам скважинной геофизики, главным назначением которых является идентификация разрезов буровых скважин. Наиболее распространена его реализация в скважинах, являющаяся вариантом метода заряда с измерением характеристик электрического поля. Кроме того, применяются поисково-картировочный и шахтный варианты.

В первом случае в скважине, называемой зарядной, помещают питающий электрод A, а по соседней, измерительной, скважине снимают кривые потенциала или его градиента — корреляционные кривые. Если расстояние между зарядной и измерительной скважинами достаточно мало в сравнении с глубиной погружения электрода A, то в однородной изотропной среде точка максимума кривой потенциала или точка перехода через нуль кривой градиента, называемые характерными точками, совпадут с основанием перпендикуляра, опущенного из точки расположения электрода A на ось измерительной скважины, а кривые будут иметь нормальный вид. Если же в межскважинной, заскважинной или подзабойной области имеются достаточно крупные геоэлектрические неоднородности или оказывает влияние анизотропия, то корреляционные кривые соответственно изменяются. В частности, на кривых потенциала могут образоваться точки минимума, дополнительные максимумы, изменится крутизна ветвей. Весьма важной особенностью будет смещение Δ характерных точек по отношению к точке основания перпендикуляра, называемое аномалией положения характерной точки:

$$\Delta = h_{\text{х. т}} - h_{\text{оп}}, \tag{87}$$

где $h_{\text{х. т}}$ — глубина по скважине характерной точки; $h_{\text{оп}}$ — глубина по скважине основания перпендикуляра.

Смещение характерной точки с основания перпендикуляра на проводящее подсечение в измерительной скважине в определенных условиях является признаком его коррелируемости с заряженным подсечением в зарядной скважине. В этом случае в характерной точке кривой определяется потенциал заряженного объекта, что позволяет оценивать размеры последнего.

В случае поисково-картировочного варианта МЭК электрод A последовательно заземляется в точках дневной поверхности, а по измерительной скважине снимаются кривые потенциала. При этом геоэлектрические неоднородности и анизотропия соответствующим образом отражаются на корреляционных кривых.

3.4.1.2. МЭК применяется на месторождениях медно-колчеданных, полиметаллических, свинцовых, магнетитовых и других руд низкого удельного сопротивления. Известны примеры успешных работ по МЭК на месторождениях антрацита и термальных вод. Метод может найти применение и при разведке пресноводных потоков (с их подсаливанием).

Основной задачей МЭК является корреляция электропроводных или анизотропных, а в ряде случаев пород с высоким удельным сопротивлением (типа даек), подсеченных скважинами, горными выработками или же выходящих на дневную поверхность и под покровные отложения. В отличие от других видов корреляции геологических и геофизических данных в МЭК получают кривые, непосредственно несущие информацию о строении области, расположенной между коррелируемыми трассами (межскважинная, межвыработочная область, область между скважиной и профилем на дневной поверхности и т. д.). Поэтому при производстве работ по МЭК в благоприятных условиях могут быть решены различные задачи, связанные с изучением указанных областей.

При помощи скважинного варианта МЭК решают такие количественные задачи: определение длины выклинивающегося между скважинами рудного тела, определение контура тела в плоскости профиля, оценка размеров рудных тел по одному или нескольким их подсечениям. При помощи поисково-картировочного варианта МЭК определяют направление падения, выявляют области выхода рудных тел, электропроводных и анизотропных наклонно залегающих пород под покровные отложения, устанавливают положение объектов низкого удельного сопротивления относительно измерительной скважины. Если используется прямоугольная сеть заземлений электрода A, то по корреляционным кривым могут быть построены в нужном числе планы изолиний метода заряда. Наблюдения в поисково-картировочном варианте используют также для выбора положения точек заряда при поисковых работах по этому методу (см. 3.3.2).

С помощью МЭК в благоприятных условиях обнаруживаются рудные тела, не подсеченные скважинами и залегающие в околоскважинной (поисково-картировочный вариант), подзабойной (оба варианта МЭК), межскважинной или заскважинной (скважинный вариант) областях. Оба варианта метода используются также для изучения анизотропии. Полноценное использование возможностей МЭК требует предварительного производства каротажных работ, в обязательном порядке включающих каротаж сопротивлений, а также инклинометрию и, желательно, наклонометрию. Обоснованность проектирования, полнота и эффективность интерпретации в МЭК достигаются лишь при учете данных буровой геофизики.

3.4.1.3. В проекте на производство работ по МЭК помимо материалов, определяемых требованиями разд. 2, указывается положение, число и последовательность использования точек заряда в скважинах, очередность съемки кривых, положение заземления B_∞. В случае применения поисково-картировочного варианта, кроме того, намечается число, положение и длина профилей (лучей) и шаг заземления A. Проект работ составляется исходя из геологической задачи, физико-геологических условий производства работ, расположения, очередности бурения, кривизны и состояния скважин, положения и характера изучаемых объектов.

При проектировании работ используют планы расположения скважин, геологические профили и крупномасштабные карты, погоризонтные планы, интерпретированные каротажные диаграммы и данные инклинометрии.

Проект работ в процессе их выполнения может корректироваться на основе предварительной интерпретации получаемых материалов.

3.4.1.4. Для производства работ используют, как правило, каротажные станции, позволяющие осуществлять непрерывную запись корреляционных кривых, однако при условии, что входное сопротивление измерительного канала достаточно велико (не менее 2 МОм). В противном случае на корреляционную кривую будет накладываться кривая токового каротажа. Для повышения входного сопротивления измерительного канала целесообразно применять эмиттерные повторители и истоковые усилители.

Схема непрерывной записи корреляционных кривых отличается от схемы каротажа по методу КС следующим: включением компенсатора поляризации непосредственно в цепь измерительного прибора (после приемного коллектора пульсатора в станциях АКС и АКЭС), отсутствием балластного сопротивления в питающей цепи и специфическим расположением электродов. Компенсатор, включенный указанным образом, служит для обеспечения крупномасштабной записи кривых при больших значениях ΔU. Дополнительный компенсатор может быть включен обычным образом (как при каротаже) в случае значительных помех за счет естественного электрического поля и поляризации электродов.

Корреляционные кривые записываются в масштабах глубины 1 : 500 или 1 : : 1000 при скорости подъема, не превышающей 1500—2000 м/ч. Масштабы кривых при измерении потенциала устанавливаются или вычисляются в мОм/см, градиента потенциала — (мОм/м)/см. Масштаб кривых находят делением масштаба регистрации на каротажной ленте потенциала или его градиента на ток питающей цепи, а при поточечных измерениях следует воспользоваться формулами из 3.3.2. Если потенциал измеряется в милливольтах, а ток — в миллиамперах, то при вычислениях нужно ввести коэффициент 10^3. Обычно масштаб кривой при измерении потенциала составляет от одного до нескольких десятков миллиом на сантиметр (мОм/см). В случае необходимости производится детализация в более крупных масштабах глубин и сопротивлений.

В тех случаях, когда требуется применить большие токи питания (превышающие максимально допустимые для каротажных станций согласно их паспорту), произвести особо точные наблюдения или же непрерывная запись кривых невозможна, измерения выполняют поточечно с шагом 2—10 м и менее при помощи соответствующей аппаратуры. В условиях шахт применяют аппаратуру типа ЭСК, АЭ-72 и, когда это невозможно из-за помех, — АНЧ. Аппаратура АНЧ не позволяет определять полярность корреляционных кривых, которую следует устанавливать при помощи специальных методических приемов. Рекомендуется также аппаратура типа «Лазурит». В некоторых случаях целесообразно применять электроразведочные станции. Для того чтобы разместить точки заряда в зарядной скважине в коррелируемом или каком-либо другом электропроводном подсечении, руководствуясь диаграммами КС, на которые должны быть вынесены результаты комплексной интерпретации, электрод A опускают сначала ниже подсечения на 3—5 м, затем собирают искательную цепь по принципу токового каротажа и при подъеме определяют точное местоположение электрода. Электрод A можно изготовить из отрезка бурильной трубы длиной 0,5—1 м. Опускать его в скважину рекомендуется на каротажном кабеле соответствующей (в зависимости от глубины) марки. В тех случаях, когда устраиваются долговременные заряды, следует использовать провода, применяемые в электроразведке.

При работах по поисково-картировочному варианту МЭК для заземлений A используют штыревые электроды. Обычно применяют радиальную сеть заземлений A, состоящую из восьми лучей с центром на устье измерительной скважины. Реже применяется квадратная сеть. Шаг заземления A составляет 50—100 м. В качестве электрода M используют электрод каротажного зонда, поэтому электрод N должен быть свинцовым. При выполнении работ он, как правило, устанавливается у устья измерительной скважины. Исключение составляют специальные случаи измерений, например при оценке размеров рудных тел. Электрод B относят от измерительной скважины на расстояние, в 10—20 раз превышающее расстояние между зарядной и измерительной скважинами, лучше всего в сторону падения пород. В каждом случае желательно оценивать поле этого электрода в области наблюдений.

При измерении потенциала заряженного тела с целью оценки его размеров заземление N должно относиться на еще большие расстояния. В этом случае могут быть применены специальные приемы как оценки указанного расстояния, так и измерений потенциала, описанные в литературе и позволяющие уменьшить длину линии N.

3.4.1.5. К изоляции цепей при производстве работ по МЭК предъявляются такие же требования, как и в каротаже по методу КС, изложенные в соответствующих нормативных документах по геофизическим исследованиям в скважинах. Особое внимание нужно обращать на утечки из питающих линий в линию M, наличие которых приводит к наложению на корреляционную кривую прямой или зеркальной кривой КС одноэлектродного зонда.

Контрольные измерения производят в объеме 5—10 %. Расхождения по контрольным измерениям не должны превышать ± 5 %. Кроме того, контрольные измерения обязательны в тех случаях, когда полученные корреляционные кривые имеют необычный вид (прямолинейная форма, ступени, острые локальные или, напротив, тупые, растянутые экстремумы, кратные экстремумы и т. д.).

Предварительно должна быть выполнена проверка аппаратуры и оборудования на исправность, а также всех линий установки на утечки.

Положение характерных точек корреляционных кривых должно определяться с погрешностью, не превышающей 1—2 м, в зависимости от глубины скважин и масштаба записи.

При выполнении работ по МЭК для обеспечения безопасности следует руководствоваться требованиями соответствующих нормативных документов по электроразведочным работам (см. 3.1.10) и промысловой геофизике.

3.4.1.6. При производстве МЭК кривые градиента потенциала снимают в тех случаях, когда запись кривых потенциала становится невозможной из-за помех, а также при детализации с целью расчленения широких (тупых) зон максимума потенциала.

3.4.1.7. Нормальные корреляционные кривые являются плавными, чаще всего вне зависимости от протяженности имеют один максимум потенциала, резкие экстремумы и изрезанность на них отсутствуют. Характерные осложнения кривых,

однако не нарушающие их плавного вида, могут быть связаны с неподсеченными измерительными скважинами или выклинивающимися рудными телами. Результаты наблюдений бракуются, если не указана или неправильно определена полярность кривых, в случаях низкой точности измерений, недостаточного контроля, искажений за счет утечек, низкого входного сопротивления измерительного канала и различных помех, ошибок в привязке по глубине и на местности, низкой чувствительности приемной цепи, слишком мелкого масштаба регистрации, небрежного оформления документации.

Материалы измерений подвергаются предварительной обработке, куда входит вычисление масштаба, обводка кривых, разбивка глубин, выделение характерных точек, точек минимума, определение их глубин, оформление паспортов кривых (прил. 101).

3.4.1.8. Интерпретации предшествует графическая подготовка материалов, которая состоит в изготовлении соответствующих графических основ и определении положения точек основания перпендикуляра, если скважины имеют значительные азимутальные искривления. Для этого применяют графоаналитический способ обработки результатов инклинометрии, которые служат также для определения линий «границы интерпретации», представляющей собой след на дневной поверхности плоскости, перпендикулярной оси измерительной скважины в низшей точке измерения.

Интерпретация результатов МЭК производится на основе сопоставления пространственного положения характерных точек и точек минимума кривых, оснований перпендикуляра, электропроводных подсечений в измерительных и зарядных скважинах и заряженных подсечений в них с учетом положения стволов скважин. Положения характерных точек и точек минимума корреляционных кривых относительно заряженных подсечений фиксируются при помощи корреляционных осей — отрезков прямых, соединяющих эти точки и подсечения между собой. Принимаются во внимание взаимное положение корреляционных осей и форма кривых. В частности, форма кривых играет большую роль в случае четкообразно залегающих или экранирующих друг друга рудных тел низкого удельного сопротивления, а также при определении положения даек. Условия корреляции рекомендуется оценивать по палеткам ПУ-1, -2, -3, -4 и СХТ-1. В тех случаях, когда основание перпендикуляра находится на электропроводном подсечении, корреляция может быть осуществлена через третье подсечение, третью скважину (по совпадению кривых) или по значениям потенциала. В целях увеличения достоверности интерпретации пользуются взаимной корреляцией скважин, меняя при производстве работ назначение зарядной и измерительной скважин. При этом электрод A, как правило, помещается кроме электропроводных подсечений и в характерной точке. Определение длины выклинивающейся части рудного тела производят по способу парабол, эллипсов и комбинированным методом.

Размеры рудных тел оцениваются с использованием в качестве модели трехосного эллипсоида и по палеткам РТ-3, РТ-4 (прил. 102—103). В последнем случае по каротажу находят глубину залегания, полумощность b заряженного рудного тела и его потенциал U при токе питания I. По каротажу или специальным приемом, изложенным в методических пособиях, определяют среднее удельное сопротивление рудовмещающих пород ρ_1. После этого по палеткам находят длину большой полуоси сжатого $a_{сж}$ или вытянутого $a_{вт}$ сфероида. Если морфология рудных тел неизвестна или они трехосны, то длину других полуосей вычисляют по формулам:

$$a_{ср} = \frac{a_{вт} + a_{сж}}{2}; \quad b_1 = \frac{a_{вт} b + a_{сж}^2}{a_{вт} + a_{сж}}. \tag{88}$$

Методика палеток РТ-3, -4 является элементом поисковых работ. Она позволяет оценить перспективность рудопроявлений, вскрытых поисковой скважиной, что способствует правильному распределению объемов поискового бурения и предотвращению излишних затрат на него.

Коэффициент анизотропии Λ мощных однородных толщ определяется по графикам $\Delta = f(l)$, где Δ — аномалия положения (формула 87) в измерительной скважине, а l — расстояние от устья последней до электрода A в поисково-картировочном варианте МЭК. В обоих вариантах МЭК Λ можно также вычислить по формулам.

Направление падения рудных тел определяется по характерным точкам и точкам минимума кривых, полученных при работах поисково-картировочным вариан-

том МЭК. В случае скважинного варианта падение определяется при увязке проводящих подсечений, а также по специальным палеткам МЭК-ПВ и -ПЦ одновременно с оценкой длины выклинивающейся части рудного тела. Электропроводные рудные тела в межскважинной области и имеющие направление падения от дневной поверхности к измерительной скважине обнаруживаются по схождению корреляционных осей, проведенных к характерной точке кривых.

3.4.1.9. Наиболее важные результаты МЭК используют в следующих случаях:

1) при построении корреляционного профиля по данным МЭК, бурения и каротажа. Помимо обычной для геологического профиля нагрузки наносятся корреляционные кривые, отмечаются характерные точки, точки минимума, проводятся корреляционные оси. В случае подземных горизонтальных скважин, а также корреляций по горным выработкам составляют корреляционный план;

2) при построении корреляционных кривых по профилям, которые применяются в поисково-картировочном варианте МЭК и представляют собой сгруппированные по лучам кривые потенциала, дополненные спрямленной геологической колонкой, диаграммами КС и другими каротажными кривыми и линиями глубин;

3) при построении карты корреляционной увязки, которая представляет собой план расположения скважин, соединенных сплошными линиями в случае увязки и линиями с разрывом — при невязке коррелируемых подсечений. На нее наносятся также контуры рудных тел, разрывы, дайки и другие особенности, выявленные по МЭК, каротажу и бурению.

Первичные материалы МЭК включают в себя полевые журналы, планы размещения зарядов в скважинах, краткие сведения об условиях проведения работ и ленты с записями кривых МЭК.

Результаты работ по МЭК представляют в виде передаточного акта, объяснительной записки, а также главы в отчете геологоразведочной организации, составленных в соответствии с действующими инструкциями.

Графические приложения в случае необходимости могут включать геологическую карту и профили, каротажные диаграммы и инклинограммы, план расположения скважин, погоризонтальные планы, а также чертежи, поясняющие интерпретацию.

Б. Скважинный вариант метода заряда с измерением магнитного поля

3.4.1.10. Скважинный вариант метода заряда с измерением магнитного поля токов (МЗМП-С) применяется на стадии разведки рудных месторождений. Метод позволяет определить пространственное положение проводящего объекта относительно исследуемой скважины, а также решить задачу корреляции двух рудных подсечений. По результатам работ возможно также оценить форму, размеры и положение в пространстве электропроводного рудного тела.

Вариант МЗМП-С применяется при разведке рудных тел на флангах эксплуатируемых месторождений, при разведке глубокозалегающих рудных тел, а также пластообразных залежей с небольшой глубиной залегания верхней кромки, но со значительными размерами по падению. При объемном изучении рудного поля целесообразно сочетание скважинного и наземного вариантов (см. 3.3.2, Б).

Преимущество скважинного варианта перед наземным аналогом состоит в возможности приблизить профиль наблюдения к изучаемому объекту. Детальность исследований определяется наличием и густотой сети скважин, доступных для измерений.

В качестве источника могут быть использованы все виды установок, употребляемых в методе сопротивлений. Применение той или иной установки связано с решаемой разведочной задачей.

Наиболее распространены следующие виды установок:

а) при решении задач пространственного положения рудного тела и корреляции применяется установка ВЭК (вертикальный электрический кабель). При этом один электрод устраивается в стволе скважины (по возможности в рудном подсечении), а другой заземляется на обсадную трубу (кондуктор) этой же скважины. Такая установка упрощает расчет поля подводящих проводов. Иногда второй электрод может относиться в бесконечность в створе с измерительной скважиной в сторону от зарядной скважины;

б) при исследовании одиночной скважины, в частности, с целью решения задачи обнаружения в околоскважинном пространстве хорошо проводящих рудных тел и определения их пространственного положения используется установка МПТ-О (магнитное поле токов — односкважинная модификация). При этом один питающий электрод закрепляется выше преобразователя (датчика) магнитного поля на расстоянии 25—100 м, а второй — у устья исследуемой скважины. Такая установка занимает промежуточное положение между установками, используемыми в методе заряда и методе профилирования.

3.4.1.11. Питающую линию необходимо раскладывать прямолинейными отрезками провода; при этом двухпроводная линия, соединяющая генератор с питающей линией, проводится бифилярно. Питающая линия должна быть топографически привязана к местности. Конфигурация наземных и скважинных участков питающей линии должна по возможности облегчить расчет и оценку нормального поля.

3.4.1.12. Необходимо стремиться к обеспечению максимальной силы тока в питающей цепи (при данной мощности генератора) с целью повышения соотношения сигнал/помеха.

3.4.1.13. Скважинные измерения выполняются с аппаратурой типа «Лазурит», АСМИ-40 в петлевой модификации или другой аналогичной.

3.4.1.14. Диаметр скважин должен быть не менее 46 мм. Наклон ствола скважины не должен превышать 85—87°.

3.4.1.15. Скважинные снаряды опускаются в скважину на трехжильном кабеле типа КТО, КТШ. Требования к оборудованию подъемника, проведению спуско-подъемных операций, изоляции кабеля, соединительных муфт, коллектора определяются «Технической инструкцией по проведению геофизических исследований в скважинах».

3.4.1.16. Измерения проводятся как при спуске, так и при подъеме. Рекомендуется при подъеме производить контрольные наблюдения, объем которых должен составлять 20—30 % от общего числа точек измерения, а также детализацию выявленных при спуске аномальных зон. Результаты наблюдений записываются в журнал по форме прил. 16.

3.4.1.17. Шаг измерений обычно выбирается равным 10—20 м и может быть уменьшен при необходимости. Измерения проводятся по точкам при остановке движения скважинного снаряда для избавления от микрофонного эффекта.

3.4.1.18. В исследуемой скважине производят измерение вещественной Re H и мнимой Im H компонент трех взаимно перпендикулярных составляющих переменного магнитного низкочастотного поля. Измеряют следующие составляющие: а) осевую $H_{\text{ос}}$ — направленную по оси скважины; б) горизонтальную поперечную $H_{\text{гор}}$ — перпендикулярную оси скважины и плоскости ее искривления; в) вертикальную поперечную $H_{\text{верт}}$ — перпендикулярную оси скважины и лежащую в плоскости ее искривления.

3.4.1.19. Перед началом работ на скважине проводится градуировка аппаратуры, заключающаяся в следующем:

а) определении и контроле чувствительности аппаратуры к полю;

б) компенсации начальных фазовых сдвигов аппаратуры;

в) выборе положительных направлений магнитных моментов преобразователей (датчиков) поля и маркировке выходных клемм генератора переменного тока и цепей опорного напряжения.

3.4.1.20. Определение чувствительности аппаратуры к полю заключается в том, что по стрелочным приборам наземного измерительного пульта берется отсчет, определяемый магнитным полем любого источника известной интенсивности, направленным параллельно магнитному моменту градуируемой рамки.

3.4.1.21. Расчет чувствительности преобразователей производится согласно 3.3.2.50.

3.4.1.22. Результаты определения чувствительности регистрируются в журнале градуировки аппаратуры (прил. 15). В этом журнале необходимо приводить схему взаимного расположения градуируемых преобразователей и питающей градуировочной установки, а также режимов измерителя и генератора.

3.4.1.23. Для контроля чувствительности аппаратуры в качестве источника поля для градуировки на скважине рекомендуется использовать плоскую рамку площадью около 1 м^2, содержащую несколько десятков витков провода, причем

необходимо знать направление намотки витков. Магнитное поле H плоской рамки, измеряемое на ее оси на расстоянии R, м, равно

$$H = \frac{I}{2\pi} \frac{Sn}{R^3}, \qquad (89)$$

где S — площадь одного витка, м^2; n — число витков.

Определение направлений магнитных моментов преобразователей и маркировка выходных клемм генератора переменного тока производятся с помощью плоской рамки. При этом используется правовинтовая связь направления тока и направления магнитного поля с учетом направления витков градуировочной рамки.

3.4.1.24. Компенсация начальных фазовых сдвигов аппаратуры заключается в том, что с помощью регулируемого фазовращателя устанавливается в нулевое положение одна из измеряемых квадратурных компонент магнитного поля рамки во время производства градуировочных работ. В дальнейшем эта составляющая поля считается реактивной ($\mathrm{Im}\ H$) и при измерениях может служить оценкой уровня индукционных эффектов и уровня электростатических помех.

3.4.1.25. Для каждого преобразователя магнитного поля компенсация начальных фазовых сдвигов достигается при своем положении регулируемого фазовращателя, которое в процессе измерения с данным преобразователем не меняется.

3.4.1.26. Путем совместного анализа графиков трех компонент измеренного магнитного поля, проводимого с учетом геометрических характеристик питающей линии и пространственного положения оси скважины, выделяют аномальные участки и дают заключение о необходимости вычисления нормального поля питающей установки в соответствии с опубликованными методическими рекомендациями.

Вычитанием нормального поля из измеренного суммарного рассчитывают аномальное поле (см. 3.3.2.53) и результаты расчетов записывают в специальном журнале обработки (прил. 17).

3.4.1.27. При геологической интерпретации кроме графиков компонент аномального магнитного поля строят проекции полного вектора напряженности магнитного поля в плане и разрезе.

3.4.1.28. Погрешность измерения осевой составляющей 3—5 %, поперечной — по модулю 5—7 % и по азимуту 3—5°. Объем контрольных и повторных измерений — до 30 %. Расчет средней относительной погрешности производится по формуле (3). Требования к приемке полевых материалов изложены в 3.3.2.54.

3.4.2. МЕТОД ДИПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ В СКВАЖИНАХ (прил. 104)

3.4.2.1. Дипольное электромагнитное профилирование скважин (ДЭМП-С) в используемом в настоящее время диапазоне рабочих частот осуществляется в виде дипольного индуктивного профилирования и применяется с целью обнаружения в окрестности исследуемой скважины рудных тел, обладающих высокой удельной электропроводностью, оценки их размеров, формы и положения в пространстве. Метод позволяет обнаруживать рудные тела на расстоянии до 50—80 м от оси скважины. При работах в районах с низким удельным сопротивлением вмещающих пород и при выделении массивных руд среди прожилково-вкрапленного оруденения метод обладает повышенной разрешающей способностью по сравнению с другими методами скважинной электроразведки. Применяется на стадиях предварительной, детальной и эксплуатационной разведки, а также при поисках месторождений. Практика показала сравнительно высокую устойчивость аппаратуры к промышленным помехам и возможность работы с ней вблизи действующих рудников.

Необходимыми условиями для применения ДЭМП-С являются: а) высокая удельная электропроводность искомых объектов; б) диаметр буровых скважин не менее 46 мм; в) отклонение скважин от вертикали на участках наблюдений не менее 3—5° для обеспечения ориентировки поперечных приемных преобразователей (датчиков); г) глубина скважины не более 1500 м.

3.4.2.2. Для производства работ методом ДЭМП-С применяется индуктивная скважинная аппаратура типа АСМИ-40, -40м или другая аналогичная ей, включающая генераторный и приемный диполи (рамки), разнесенные на фиксированное расстояние от 10 до 100 м (см. 3.1).

Скважинные блоки аппаратуры опускаются в скважину на трехжильном каротажном кабеле (КТО-1, КТШ-1 и др.) с помощью стандартного каротажного оборудования. Генераторный диполь располагается в скважине всегда выше приемного диполя. Наблюдения проводятся по точкам с шагом 10 м. При детализации шаг уменьшается до 5—2 м. При записи результатов наблюдений измеряемые значения относятся к середине генераторной рамки.

3.4.2.3. Работы проводятся на одной из фиксированных частот — 125, 375, 1125, 3375 Гц или последовательно на нескольких частотах. Первичное электромагнитное поле создается диполем, ось которого направлена по оси скважины. Измеряются вещественная и мнимая компоненты трех взаимно перпендикулярных составляющих вектора напряженности магнитного поля вихревых токов, возбуждаемых в горных породах и объектах. Осевая составляющая имеет направление, совпадающее с осью скважины; поперечная вертикальная составляющая перпендикулярна скважине и лежит в вертикальной плоскости, проходящей через ось скважины или касательной к скважине в точке наблюдений, поперечная горизонтальная составляющая перпендикулярна указанной вертикальной плоскости.

Ориентировка поперечного преобразователя (датчика) в скважине производится с помощью эксцентрично укрепленного свинцового груза. Измерение вертикальной и горизонтальной поперечных составляющих производится с помощью одного и того же преобразователя, который может поворачиваться относительно груза без разгерметизации скважинного снаряда.

3.4.2.4. Перед производством скважинных исследований по методу ДЭМП-С производится подготовка к работе оборудования и аппаратуры. Каротажный кабель должен быть размечен через 10 м. Начало разметки должно совпадать с серединой генераторной рамки. Каждые 10 м отмечаются одиночной меткой, 50 м — двумя метками и 100 м — тремя метками.

Сопротивление утечки кабеля должно быть не менее 50 МОм и проверяется перед началом и после окончания работ в скважине.

3.4.2.5. Аппаратура градуируется перед началом скважинных исследований и затем один раз через два-три месяца эксплуатации. Проверка и градуировка аппаратуры производятся в соответствии с инструкцией по эксплуатации, прилагаемой к аппаратуре, на специальной площадке, выбираемой таким образом, чтобы в непосредственной близости от нее (до 100 м) не было крупных объектов повышенной электропроводности (рыхлые образования низкого удельного сопротивления, рудные тела, металлические сооружения и т. п.).

Градуировка аппаратуры выполняется с обеими приемными рамками на всех частотах и разносах, которые могут быть применены при исследовании скважин. При градуировке производится компенсация фазовых сдвигов, вносимых аппаратурой, и определение знака и значения сигнала, соответствующего нормальному полю (в условных единицах, определяемых по показаниям индикаторных микроамперметров с учетом положения делителей).

Перед градуировкой рамки, предназначенной для измерения осевой составляющей, генераторный и приемный снаряды раскладываются на дневной поверхности так, чтобы их оси находились на одной прямой. При градуировке рамки, измеряющей горизонтальную составляющую, снаряды располагаются на дневной поверхности горизонтально так, чтобы угол между их осями был равен 90°, а конец приемно-усилительного снаряда был бы направлен влево, если смотреть от генераторной рамки в сторону приемной. При градуировке рамки, измеряющей вертикальную составляющую, генераторный снаряд располагается горизонтально, а приемный — в вертикальной плоскости, проходящей через ось генераторного снаряда, наклонно под углом 10—20° к вертикали так, чтобы конец приемной рамки был направлен в сторону генераторной рамки.

При градуировке аппаратуры производится также выбор рациональной чувствительности аппаратуры. Чувствительность определяется процентным отношением одного деления шкалы к числу делений, полученных с той же приемной рамкой, на той же частоте при измерении нормального поля. Результаты записываются в журнал проверки и градуировки аппаратуры, форма которого аналогична форме полевого журнала (прил. 104).

3.4.2.6. В журнале проверки и градуировки аппаратуры производится запись следующих данных: а) тока в генераторной рамке I; б) положения делителя на входе скважинного измерительного блока; в) положения потенциометра фазокорректора,

при котором достигается компенсация начальных фазовых сдвигов; г) знака и значения сигналов, измеренных в нормальном поле с помощью осевой и поперечной приемных рамок в условных единицах, равных числу делений стрелочных индикаторов, умноженному на положение делителей в приемно-измерительном тракте.

Измеряемые в дальнейшем в скважинах сигналы, пропорциональные вещественной и мнимой компонентам магнитного поля (Re H_2 и Im H_2 соответственно), выражаются в процентах от значений сигналов, соответствующих нормальному полю напряженностью H_1.

Знаки сигналов, зафиксированные при градуировке аппаратуры, определяют направление моментов приемных диполей и используются при интерпретации скважинных наблюдений.

3.4.2.7. При непосредственной подготовке работ в скважинах проверяются: надежность муфтовых соединений, наличие в снарядах приемных рамок трансформаторного масла, запас электроемкости элементов питания в блоке предварительного усиления и надежность отвески поперечных приемных преобразователей. Для проверки на отвеску снаряд устанавливают под углом 10—20° к вертикали в положение максимального приема, поочередно для измерения вертикальной и горизонтальной составляющих. При этом скважинный снаряд медленно вращают вокруг его оси, не меняя угла наклона и положения. Если показания прибора существенно не меняются, то считается, что отвеска удовлетворительна. Затем делитель на входе скважинного измерительного блока и потенциометр фазокорректора устанавливают в положение, при котором производилась градуировка аппаратуры. Ток в генераторной рамке устанавливается равным тому, при котором производилась градуировка.

Пуск снаряда в скважину (извлечение из скважины) производится вручную с участием двух-трех человек.

3.4.2.8. Опустив аппаратуру в скважину на глубину на 5—10 м ниже обсадной трубы (считая по положению генераторного снаряда), следует произвести проверку аппаратуры в режиме «Калибровка».

При выборе чувствительности цена деления прибора должна быть в пределах: при измерениях осевой составляющей с разносами 25 и 50 м — 0,25—0,5 %, с разносами 75—100 м — 0,3—1,0 %; при измерениях поперечных составляющих с разносами 25 и 50 м — 0,3—0,8 %, с разносами 75—100 м — 0,5—1,5 %.

Вначале на участке скважины, где влиянием рудных объектов можно пренебречь, производится докомпенсация сигналов, пропорциональных нормальному полю. Докомпенсация осуществляется только при измерениях осевой составляющей поля.

3.4.2.9. Частоту поля для работ на данном участке выбирают на основании опыта предшествующих исследований в аналогичных условиях или на основании опытно-методических работ, выполненных на разных частотах на данном участке. При разведке сульфидных месторождений в качестве основной выбирается такая частота, на которой аномалии от массивных рудных тел проявляются в основном при измерении вещественной компоненты аномального поля, аномалии от прожилково-вкрапленных руд и рудоконтролирующих объектов повышенной удельной электропроводности — при измерении мнимой компоненты. При поисках и разведке рудных тел, залегающих в породах низкого удельного сопротивления, частоту поля следует выбирать возможно более низкую. Для снижения влияния неоднородности рудных тел по удельному сопротивлению следует использовать данные наблюдений на более высоких частотах.

3.4.2.10. Расстояние между генераторными и приемными рамками (разнос установки) выбирается с таким расчетом, чобы аномалии от объектов поисков и разведки выявлялись наиболее отчетливо. Разнос установки должен не менее чем в 1,5—2 раза превышать предполагаемое расстояние до объекта. В большинстве случаев первые измерения в безрудных скважинах следует проводить с разносом 75 м. Применение меньших разносов рекомендуется при разведке подсеченных исследуемой скважиной сравнительно маломощных рудных тел, при разведке мелких рудных тел, находящихся вблизи скважины, при необходимости разделения влияния объектов низкого удельного сопротивления, расположенных близко друг к другу, при определении угла встречи скважины и объекта низкого удельного сопротивления, выклинивающегося по восстанию вблизи от места его подсечения скважиной. Малые разносы применяются также в тех случаях, когда необходимо получить хотя бы некоторую информацию по скважинам с небольшим интервалом между обсадной

трубой и забоем, так как длина необсаженного участка скважины должна, как правило, не менее чем в два-три раза превышать размеры установки.

При определении положения границ рудного тела большой мощности, пересеченного исследуемой скважиной, размеры установки должны превышать его эффективную мощность.

3.4.2.11. Измерения в скважинах производятся поточечно при остановках аппаратуры. Обычно при спуске снарядов выполняют основные, а при подъеме — повторные и промежуточные измерения. При наблюдениях в промежуточных точках проведение повторных измерений в соседних точках обязательно. Калибровка аппаратуры осуществляется в начале и конце наблюдений в скважине, а также через 10—30 точек измерений. Регистрация измеряемых величин производится в полевом журнале (прил. 104). В журнале фиксируются: рабочая частота, разнос, измеряемая составляющая, значение и знак сигнала нормального поля, сила тока генератора, положение делителей, значение нескомпенсированного калибровочного сигнала. На точках наблюдений записываются мнимая и вещественная компоненты сигналов, пропорциональных измеряемому аномальному полю. На тех же точках, где производится калибровка аппаратуры, в журнале фиксируются мнимая и вещественная составляющие сигнала калибровки ($\mathrm{Im}\, U_к$ и $\mathrm{Re}\, U_к$). Во время измерений вычерчивают черновые графики наблюденных значений поля. При этом по вертикальной оси откладывают глубину скважины в метрах, а по горизонтальной — значения измеряемых величин в делениях шкал индикаторных приборов с учетом положения их делителей.

3.4.2.12. Полевая графика служит для выявления аномальных участков и предварительной интерпретации с целью выбора частоты, разноса, измеряемой составляющей для последующих работ. При выявлении аномалии следует руководствоваться следующим.

1. Значение аномалии должно быть не менее трехкратной средней квадратичной погрешности наблюдений (формула 90).

2. Аномалия должна коррелироваться не менее чем по двум составляющим или не менее чем по двум разносам установки.

3. Аномалии, меньшие указанных в п. 1, могут приниматься во внимание, если они коррелируются не менее чем по трем графикам наблюдений разных пространственных составляющих, или при разных разносах, или при разных частотах.

При необходимости детализации выявленных объектов наблюдения производятся на двух-трех разносах, а для получения информации о неоднородных по удельной электропроводности объектах — на двух-трех частотах.

3.4.2.13. Оценка точности измерений проводится по контрольным и повторным измерениям в скважине. Повторные измерения необходимы для повышения достоверности измерений и производятся в процессе одной спуско-подъемной операции с основными измерениями или при отдельном спуске в тот же рабочий день и тем же оператором. Контрольные измерения выполняются разными операторами или в разные дни. Объем контрольных измерений в сумме с повторными должен составлять не менее 5—10 %.

Точность измерения мнимой и вещественной компонент каждой пространственной составляющей считается удовлетворительной, если средняя квадратичная погрешность не превышает 0,7 % при наблюдениях с разносами до 50 м и 1,5 % при наблюдениях с разносами 75 и 100 м. Погрешность δ определяется по формуле

$$\delta = \frac{1}{m}\sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(\frac{A''_j - A'_j}{2}\right)^2}, \qquad (90)$$

где A''_j и A'_j — результаты соответственно рядового и контрольного измерений на точке ($j = 1, 2, \ldots, m$).

3.4.2.14. При первичной обработке результаты измерений выражаются в процентах от значения сигнала, измеренного с соответствующей приемной рамкой на контрольной площадке (при измерениях осевой составляющей результаты наблюдений могут быть также выражены в процентах от значения сигнала, измеренного в скважине на участке, поле на котором условно принимается за нормальное).

Полученные данные представляются в виде графиков мнимой и вещественной компонент, которые являются основой для геолого-геофизической интерпретации результатов наблюдений.

При первичной обработке вносится поправка β в результаты наблюдений осевой составляющей с учетом возможного изменения сигнала калибровки $U_к$. Поправка вносится в тех случаях, когда разница между основными и контрольными измерениями становится сравнимой с реальной погрешностью измерений (1—1,5 %). В результаты измерений поперечных составляющих поправка, учитывающая калибровку, не вносится. Полученные после внесения поправок данные представляются в виде графиков мнимой и вещественной компонент для всех применявшихся разносов и частот. При этом точки измерений относятся не к генераторной рамке, а к середине разноса, на котором проведены измерения. Для этого глубину всех точек наблюдений следует увеличить на половину разноса.

3.4.2.15. Интерпретация результатов ДЭМП-С производится путем сопоставления графиков распределения аномального поля вдоль исследуемой скважины с результатами моделирования и расчетов аномальных полей от объектов разной формы при различном их пространственном положении. По результатам интерпретации определяются размеры, морфология, электросопротивление рудных тел, их пространственное положение относительно исследуемой скважины (азимут на основную часть, расстояние до ближайших кромок, угол падения и азимут простирания), однородность рудных тел по удельному сопротивлению (в соответствии с методическими рекомендациями).

3.4.2.16. Приемной комиссии предъявляются: 1) журнал проверки и градуировки аппаратуры; 2) полевые журналы; 3) графики наблюденных значений поля.

3.4.2.17. При необходимости опоискования подзабойного пространства, выявления разрывов или пережимов рудных тел в межскважинном пространстве, определения положения границы рудного тела, выклинивающегося между исследуемыми скважинами, следует наряду с ДЭМП-С применять межскважинный вариант дипольного электромагнитного профилирования.

3.4.3. РАДИОВОЛНОВЫЕ МЕТОДЫ (прил. 105—110)

3.4.3.1. Радиоволновые методы скважинной и шахтно-рудничной геофизики (РВМ) предназначены для поисков и разведки тел рудных и нерудных полезных ископаемых, удельная электропроводность которых не менее чем в 5—10 раз превышает удельную электропроводность вмещающих пород (тела-экраны). С помощью РВМ решаются следующие задачи: обнаружение и локализация тел-экранов между скважинами и выработками; прослеживание, оконтуривание, увязка рудных подсечений, а также выявление пережимов (окон) в телах-экранах; оценка размеров тел-экранов и расстояний до их кромок; установление безрудности блоков пород между скважинами и горными выработками. В модификации высокочастотной электромагнитной корреляции (ВЭМК) РВМ применяются при изучении рудных тел, удельная электропроводность которых меньше удельной электропроводности вмещающих пород.

Поисково-разведочные задачи решаются с помощью РВМ на рудных месторождениях различных типов — сульфидных, магнетитовых, кварцево-жильных и др., а также на месторождениях пьезокварца, алмазов, урана и ряда других полезных ископаемых. Кроме того, РВМ применяются при решении таких геологических задач, как поиски обводненных зон, тектонических нарушений, карстовых полостей и т. п.

3.4.3.2. Работы РВМ должны проводиться в тесной увязке с геологическими, буровыми, горными работами и в комплексе с другими методами скважинной и шахтно-рудничной геофизики. Им должно предшествовать изучение геоэлектрической характеристики месторождения (или его участка), для чего используются данные каротажа КС, а в горных выработках — данные параметрических измерений.

3.4.3.3. Аппаратура РВМ по назначению и условиям применения разделяется следующим образом: а) скважинная многочастотная аппаратура типа СРП-7 и -30 предназначена для межскважинных и односкважинных измерений электрической составляющей поля в наземных скважинах; б) шахтно-скважинная аппаратура с ограниченным диапазоном частот типа АЭММ предназначена для измерений электри-

ческой составляющей поля в наземных и подземных скважинах и магнитной составляющей в горных выработках (АЭММ-ВЧ), электрической и магнитной составляющих в скважинах, горных выработках и на поверхности (АЭММ-3С); в) комплексная многочастотная аппаратура типа «Малахит» предназначена для межскважинных и односкважинных измерений электрической и магнитной составляющих поля в наземных и подземных скважинах, в горных выработках и на поверхности.

А. Межскважинные радиоволновые измерения

3.4.3.4. С помощью межскважинных измерений производятся поиски тел полезных ископаемых в пространстве между скважинами, а также решаются разведочные задачи по оконтуриванию и прослеживанию обнаруженных тел. Измерения проводятся в скважинах, расстояния между которыми не превышают эффективной дальности метода на рабочих частотах. Эффективная дальность $L_{эф}$ — определяемое экспериментально максимальное расстояние между передатчиком и приемником, при котором обеспечивается решение поисковых или разведочных задач. Используются интервалы скважин, свободные от обсадных труб.

Измерения в наземных скважинах следует проводить на глубинах, на которых можно пренебречь влиянием обходной (боковой) волны, распространяющейся вдоль поверхности земли (эти глубины определяются в соответствии с методическими требованиями, изложенными в руководствах по радиоволновым методам скважинной и шахтной геофизики). Это правило можно не соблюдать при наличии слоя наносов, экранирующих обходную волну.

3.4.3.5. Верхняя граница рабочего диапазона частот определяется расстоянием между скважинами, которое не должно превышать эффективной дальности просвечивания. Нижняя граница частотного диапазона определяется условием: поперечные размеры изучаемых тел-экранов не должны быть меньше размеров зоны $D_ф$, существенной для распространения радиоволн:

$$D_ф = [2\lambda r\,(R - r)/R]^{1/2}, \qquad (91)$$

где λ — длина волны во вмещающей породе, которую можно определить в зависимости от частоты f и удельного сопротивления породы $\bar{\rho}_{эф}$ с помощью палетки, приведенной в методическом руководстве; R — расстояние между передающей и приемной антеннами; r — расстояние между изучаемым телом и передающей (приемной) антенной.

Если рудные тела низкого удельного сопротивления имеют вытянутую форму, достаточно, чтобы длина волны не превышала их наибольшего размера, а поперечный размер тела в сечении, перпендикулярном направлению распространения радиоволн, был не меньше чем $D_ф/2$.

При использовании количественных приемов интерпретации измерения следует проводить в волновой зоне излучателя, т. е. при выполнении неравенства $K'R \geqslant 5 \div 6$, где $K' = 2\pi/\lambda$. При отсутствии данных о геоэлектрическом строении участка работ оптимальный диапазон частот определяется в ходе опытных исследований.

3.4.3.6. Основной установкой при межскважинных измерениях является E_zE_z-установка, оптимальная при решении большинства поисково-разведочных задач. Применяются также установки H_zH_z, E_zH_φ и др. Обозначения установок приведены в цилиндрической системе координат (r, φ, z), где ось z совпадает с осью скважины; E обозначает электрическую антенну, H — магнитную; первая буква в обозначении установки относится к передающей антенне, вторая — к приемной.

При радиопросвечивании между скважинами применяются две схемы наблюдений: синхронная и веерная.

Синхронная схема заключается в просвечивании при одновременном (синхронном) перемещении передатчика и приемника (приемной антенны) по скважинам на одинаковые интервалы. В зависимости от решаемой задачи и выбранной частоты шаг перемещения изменяется от 1 до 20 м. Эту схему следует использовать для рекогносцировочных измерений на участках с неизвестным геоэлектрическим строением. Она целесообразна при поисках рудных тел небольших размеров. Синхронная схема обеспечивает наглядность и простоту предварительной интерпретации результатов измерений.

При работе с аппаратурой, не оборудованной фильтрами для ослабления антенного эффекта кабеля, измерения проводятся при положении приемной антенны в скважине, ограниченном с одной стороны устьем скважины, с другой — линией, проведенной от электрической антенны передатчика и перпендикулярной ей. В вертикальных и наклонных нисходящих скважинах это требование сводится к помещению приемной антенны не ниже антенны передатчика.

Проводится несколько серий синхронных измерений, различающихся глубиной, на которой помещаются в скважинах передатчик и приемник в начале каждой серии. Превышение d приемной антенны над передающей (в вертикальных скважинах) составляет в первой серии измерений 0, во второй — 10, в третьей — 20 м и т. д.

При детализации аномалий и при работе на высоких частотах d следует уменьшать до 5—2 м.

Максимальное превышение d в зависимости от решаемой задачи определяется углом φ между лучом (прямой линией, соединяющей обе антенны) и прямой, перпендикулярной антенне передатчика: $\varphi \leqslant 45°$. При работе с аппаратурой, оборудованной фильтрами для уменьшения антенного эффекта кабеля, допускается положение приемной антенны ниже передающей при условии $\varphi \leqslant 30°$.

Веерная (шаговая) схема измерений заключается в перемещении приемника при неподвижном передатчике или передатчика при неподвижном приемнике. Передатчик не следует помещать выше приемника (это не относится к работе с аппаратурой, оборудованной фильтрами, при условии $\varphi \leqslant 30°$). Интервалы между стоянками неподвижного элемента могут составлять 10—50 м. Подвижный элемент установки при точечной записи перемещается с шагом 1—20 м. Веерная схема измерений дает возможность непрерывной записи сигнала.

Совокупность лучей, полученных в одной серии измерений по синхронной схеме или при одной стоянке неподвижного элемента в веерной схеме, образует систему лучей.

3.4.3.7. При использовании аппаратуры с симметричными электрическими антеннами за точку записи следует принимать середину приемной или передающей антенны (нижний конец корпуса скважинного прибора). В аппаратуре с несимметричными приемными антеннами точкой записи служит место соединения антенны с кабелем; в случае приема на магнитные антенны точка записи относится к середине антенны.

3.4.3.8. При измерениях в нисходящих скважинах передатчик и приемник (или приемная антенна с грузом) опускаются в них под собственной тяжестью. Измерения проводятся при спуске или подъеме установки (при регистрации сигнала на самописце — только при подъеме).

3.4.3.9. Перед началом измерений, предназначенных для решения геологических задач, должны быть выполнены вспомогательные работы в одиночных и парных скважинах на участках развития вмещающих пород с целью оценки их геоэлектрической однородности, определения коэффициентов поглощения, выявления анизотропии пород в электромагнитном поле. Оценка однородности разреза производится по данным профилирования в одиночных скважинах с двумя-тремя разносами Z_0 между одновременно перемещающимися передатчиком и приемником. Передатчик следует всегда располагать ближе к забою скважины, чем приемник. Минимальный разнос определяется длиной $2l$ передающей (приемной) электрической антенны: $Z_{0\,\min} \geqslant 3l$. Для оценки однородности пород участка по данным межскважинных измерений следует применять синхронную схему измерений с лучами, параллельными предполагаемым геоэлектрическим границам.

Для определения коэффициента поглощения K'' следует в пределах выделенных однородных участков провести односкважинное профилирование с тремя-четырьмя разносами измерительной установки либо зондирование (движение передатчика при неподвижном приемнике или приемника при неподвижном передатчике). Шаг измерений при профилировании и зондировании 1—2 м. При использовании аппаратуры с самописцами обязательно применение непрерывной записи.

Для определения анизотропии вмещающих пород необходимо провести межскважинные измерения по веерной схеме с двумя-тремя стоянками передатчика (приемника) на безрудном участке. Анизотропия, оси которой наклонны по отношению к скважинам, выявляется по отклонению максимума напряженности поля на полученной диаграмме от положения самого короткого луча. Если этим способом анизотропия не выявлена, следует провести измерения коэффициентов поглощения

в одиночной скважине и в трех-четырех скважинах по лучам, перпендикулярным скважинам. Различие в значениях K'', измеренных в двух взаимно перпендикулярных направлениях, свидетельствует о возможном наличии анизотропии, оси которой совпадают с указанными направлениями.

3.4.3.10. Целью поисковых работ является обнаружение и локализация рудных тел в пространстве между скважинами. Если искомые объекты представлены электропроводными телами пластообразной формы, падение (простирание) которых близко к направлению скважин, а размеры по падению (простиранию) превышают расстояние между скважинами, то измерения следует проводить по схеме синхронного перемещения установки E_zE_z тремя сериями: 1) $d = 0$, 2) $+d_\varphi$, 3) $-d_\varphi$, где d_φ— превышение приемной антенны над передающей, обеспечивающее $\varphi \leqslant 30°$. Для обнаружения пластообразных электропроводных тел по измерениям в скважинах, пробуренных вкрест простирания, необходимо использовать эту же методику, но с максимальными превышениями, т. е.: 1) $d = 0$, 2) $+d_{max}$, 3) $-d_\varphi$, где d_φ обеспечивает наибольший угол между лучами и простиранием тел. Кроме того, здесь эффективны измерения установкой H_zH_z при лучах, параллельных предполагаемому простиранию искомых тел. При работе с аппаратурой, не оборудованной фильтрами, для реализации измерений — d_φ следует менять местами передатчик и приемник. Поиски рудных тел между скважинами можно проводить и с помощью веерной схемы измерений. Применение веерной схемы обязательно при использовании непараллельных скважин.

Поиски электропроводных тел лентообразной и столбообразной формы необходимо проводить с помощью вышеописанной методики с учетом положения скважин относительно их простирания.

При поисках пластообразных тел с удельной электропроводностью, меньшей, чем у вмещающих пород *, например кварцевых жил, необходимо производить измерения установкой E_zE_z по синхронной схеме при лучах, примерно параллельных предполагаемому простиранию (падению) тел. Наиболее эффективны измерения с установкой E_zE_z в скважинах, пробуренных вкрест простирания.

3.4.3.11. С помощью межскважинных измерений решаются разнообразные разведочные задачи, основные из которых: локализация кромки экранирующего тела, увязка рудных подсечений в скважинах, оценка мощности и удельного сопротивления пластообразных экранов, оценка положения кромок экранирующих тел в стороне от плоскости лучей просвечивания, увязка подсечений и прослеживание тел-волноводов.

Для определения положения в разрезе кромки экранирующего тела проводятся синхронные измерения по двум системам лучей, угол между которыми следует выбирать возможно большим. При высоком уровне помех систем лучей должно быть больше двух. Можно применять и веерную схему наблюдений.

При увязке рудных подсечений между скважинами применяются те же схемы наблюдений. Передатчик с автономным питанием следует располагать глубже изучаемого подсечения.

Для оценки мощности и удельного сопротивления пластообразных экранирующих тел проводятся измерения на трех-четырех частотах по лучам, пересекающим тело под углом, по возможности близким к прямому.

Оценка положения кромок экранирующих тел в стороне от плоскости просвечивания (плоскости или поверхности, образуемой совокупностью лучей) производится по данным измерений, методика которых направлена на решение перечисленных выше задач. Измерения проводятся на низших частотах рабочего диапазона.

Для увязки подсечений и прослеживания пластообразных тел-волноводов измерения необходимо проводить по синхронной схеме при лучах, проходящих под углами от 0 до 30° к предполагаемому простиранию (падению) тел. Измерения проводятся установкой E_zE_z в скважинах, пробуренных вкрест простирания тел. Следует использовать наиболее высокую частоту, при которой достигается необходимая дальность во вмещающей породе. При уверенном выделении тел-волноводов по положительным аномалиям напряженности поля можно проводить измерения в скважинах, расстояния между которыми превышают эффективную дальность во вмещающей породе.

---

* Такие тела условно названы телами-волноводами, поскольку аномальный эффект, вызываемый ими, сходен с усилением поля в волноводах.

Б. Односкважинные радиоволновые измерения

3.4.3.12. С помощью односкважинных измерений производятся поиски и локализация экранирующих тел в околоскважинном пространстве, оцениваются размеры тел, пересеченных скважиной. Данные односкважинных измерений служат для изучения электромагнитных параметров пород и руд, пересеченных скважиной.

Применяются две схемы измерений: профилирование (синхронное перемещение передатчика и приемника с фиксированным разносом Z_0 между ними) и зондирование (перемещение одного из элементов установки при неподвижном другом). Основной схемой является профилирование как наиболее удобный способ производства односкважинных измерений.

3.4.3.13. Основные требования к рабочим частотам при односкважинных измерениях те же, что и при межскважинных.

Измерительная установка E_zE_z в большинстве случаев является оптимальной, за исключением задач локализации экранирующих тел в околоскважинном пространстве и поисков маломощных пластообразных экранов, перпендикулярных скважине; эти две задачи более эффективно решаются с помощью установки H_zH_z.

Применение установок E_zH_φ и H_zH_φ позволяет производить поиски наклонных электропроводных тел и определять направление на их ближайшие кромки.

3.4.3.14. Точка записи при односкважинных измерениях та же, что и при межскважинных.

Разносом установки Z_0 считается расстояние от точки записи до середины симметричной электрической или магнитной передающих антенн. При применении несимметричных передающих антенн разносом считается расстояние от точки записи до места соединения антенны с корпусом передатчика. Минимальный разнос при профилировании с установкой E_zE_z для количественной интерпретации определяется условием, приведенным в 3.4.3.9. При этом обеспечивается погрешность расчетов напряженности поля около 20 %. Для оценочной интерпретации можно применять разносы, меньшие $3l$. При работе с установками H_zH_z значение Z_0 может составлять 2—3 м.

3.4.3.15. При односкважинном профилировании и зондировании передатчик помещается в скважине ближе к забою, чем приемник. При профилировании с аппаратурой типа СРП передатчик на капроновом канате длиной Z_0 прикрепляется к приемному устройству. При использовании аппаратуры типа АЭММ-ВЧ и «Малахит» передатчик и приемник засылаются в скважину поочередно и устанавливаются перед началом измерений на расстоянии Z_0. При точечной записи перемещение передатчика и приемника производится с шагом 10 м, на высоких частотах и при детализации — до 5—1 м. Шаг подвижного элемента при зондировании тот же, что и при профилировании. При работе с аппаратурой, предназначенной только для профилирования, кривые зондирования получаются по данным профилирования, выполненного с несколькими разносами.

3.4.3.16. При поисках обнаружение пластообразных тел низкого удельного сопротивления в окрестностях скважины при углах между скважиной и простиранием (падением) тела от 0 до 30° производится в варианте радиоотражения на участках распространения однородных вмещающих пород. Для поисков протяженных (в направлении, параллельном скважине) тел эффективны установки E_zE_z и E_zH_φ; поиски тел небольших размеров проводятся с помощью установок H_zH_φ и H_zH_z. Измерения следует выполнять на частоте, наименьшей из возможных. Оптимальные разносы Z_0 измерительных установок определяются экспериментально при профилировании или зондировании, исходя из необходимости получения интерференционных минимумов на кривых напряженности поля.

Обнаружение электропроводных пластообразных тел в окрестностях скважины при углах между скважиной и простиранием (падением) тела от 60 до 90° производится с помощью установки E_zH_φ. Рабочая частота выбирается из условия $l_п \geqslant \geqslant 0{,}5\lambda$, где $l_п$ — ожидаемый линейный размер тела по падению (простиранию); λ — длина волны во вмещающей породе. Оптимальные разносы установок определяются экспериментально, по данным профилирования тремя—пятью разносами.

3.4.3.17. При разведке оценка размеров рудного тела, пересеченного скважиной, производится с помощью методики профилирования с разными разносами Z_0

или на разных частотах. При отсутствии данных об ожидаемых размерах рудных тел следует применять профилирование с установкой E_2E_z с минимальным разносом $Z_{0\,min} \geqslant 3l$ при условии $Z_{0\,min} > m+2l$, где m — мощность рудного подсечения. Дальнейшие измерения проводятся с четырьмя-пятью разносами на участке, включающем рудное подсечение и интервалы вмещающих пород по обе стороны от него. Профилирование на разных частотах начинается с наиболее низкой частоты диапазона; при этом диаметр зоны $D_ф$ не должен превышать ожидаемые размеры подсеченного тела.

С помощью однoскважинных измерений можно также решать следующие разведочные задачи: определять расстояния до ближайшей кромки подсеченного рудного тела, оценивать размеры «окон» в пластообразных телах, определять направление на ближайшую кромку тела.

3.4.3.18. Радиопросвечивание из-под земли на поверхность проводится только в области прямой волны, где отсутствуют помехи, вызванные интерференцией прямой и боковой волн. Область прямой волны представляет собой круговой конус с вершиной в месте расположения передатчика в скважине и радиусом основания

$$r_к = Z_{0к} \operatorname{tg} 0_к, \qquad (92)$$

где $Z_{0к}$ — глубина передатчика; $\theta_к$ — угол при вершине конуса (практически не превышает 30°). При наличии слоя экранирующих наносов область прямой волны уменьшается.

Одной из основных задач является прослеживание и оконтуривание рудных тел, подсеченных скважинами. Применяются две схемы измерений: зондирование на поверхности, когда передатчик фиксируется в скважине (или выработке), а приемник перемещается на поверхности по профилям, проходящим через эпицентр передатчика через 30—45°, и зондирование в скважине, когда приемник установлен на поверхности в области прямой волны, а передатчик перемещается по скважине. Шаг наблюдений 5—10 м. В качестве излучателя следует использовать электрическую антенну; прием производится на магнитную рамочную антенну.

3.4.3.19. Во всех вариантах радиоволновых измерений качество наблюдений проверяется путем контроля за режимом работы аппаратуры, который должен соответствовать паспортным данным, а также по результатам сопоставления рядовых, повторных и контрольных наблюдений. Повторные наблюдения производятся в случае отклонения режима работы аппаратуры от номинальных параметров, при резких отклонениях напряженности поля на отдельных точках наблюдений («выскоках»). В обоих случаях аппаратуру следует проверить и наблюдения повторить. При нормальной работе аппаратуры объем повторных наблюдений должен составлять не менее 5 % всех наблюдений.

Контрольные измерения производятся другим оператором (начальником партии, отряда) после проведения рядовых наблюдений. При контрольных наблюдениях снимается одна из диаграмм напряженности поля на участке с аномальными его значениями. Объем контрольных наблюдений должен составлять не менее 5 % от объема всех наблюдений. Число повторных и контрольных наблюдений в период освоения метода или опробования новой аппаратуры должно быть увеличено до 25—30 %.

Расхождение повторных и контрольных наблюдений с рядовыми оценивается по средней относительной погрешности, которая не должна превышать 20 %. Относительная погрешность есть отношение абсолютной погрешности, которая составляет половину разницы между результатами рядового и контрольного измерений, к среднему значению измеряемой характеристики, вычисляемому из двух измерений. При средней относительной погрешности, систематически превышающей 20 %, измерения производятся заново.

3.4.3.20. Основными первичными документами производства радиоволновых измерений с непрерывной записью сигнала являются диаграммные ленты и журнал учета диаграммных лент, а при измерениях с записью по точкам — полевой журнал.

На штампе диаграммной ленты (прил. 105) должны быть записаны: порядковый номер ленты; наименование организации; дата проведения измерений; название участка работ; номера скважин; вид измерительной установки; глубина стоянки передатчика (приемника); разнос при однoскважинном профилировании; рабочая

частота; тип и размер антенн; масштаб глубин; уровень скважинного раствора; контрольные точки нулевого положения пера регистратора; сведения о режиме питания аппаратуры. В процессе измерений на ленте отмечаются глубины по меткам кабеля и положение переключателей, определяющее масштаб записи.

Журнал учета диаграммных лент (прил. 106) должен содержать в графе «Примечание» следующие сведения: цену первой метки кабеля, данные о масштабе глубин, число фильтров в кабелях питания передатчика и приемника, характеристику антенн, наличие помех.

Полевой журнал при точечных измерениях (прил. 107) должен также содержать все сведения, которые требуется заносить в журнал учета диаграммных лент.

Кроме первичных документов необходимы следующие вспомогательные материалы:

1) журнал эталонировки аппаратуры; содержит градуировочные графики приемного устройства и оформляется в соответствии с инструкцией к аппаратуре;

2) журнал вычислений; служит для записи регистрируемых сигналов, расстояний (разносов) между передатчиком и приемником, результатов вычислений нормального поля, коэффициентов экранирования или коэффициентов поглощения. В журнале должны содержаться сведения о первичных документах. Журнал подписывается вычислителем и начальником партии (отряда) (прил. 109—110);

3) журнал повторных и контрольных наблюдений и расчета погрешностей;

4) планы расположения скважин, данные инклинометрии;

5) разрезы с данными геологической документации скважин и обозначением положения (стоянок) передатчика и приемника.

Оценка качества полученных материалов, как первичной документации, так и вспомогательной, контроль и приемка полевых материалов производятся в порядке, общем для производства электроразведочных работ (см. 3.8).

3.4.3.21. Первичная обработка результатов наблюдений включает следующие этапы:

а) проверка качества первичной полевой документации, которая производится путем сопоставления данных рядовых и повторных (контрольных) наблюдений по средней относительной погрешности;

б) разбивка глубин на диаграммных лентах с учетом цены первой метки через равные интервалы, которые определяются требуемой детальностью дальнейшей обработки;

в) определение значений зарегистрированных сигналов на диаграммных лентах. Напряженность электрического поля характеризуется пропорциональным напряжением на входе приемника, которое выражается в отклонении пера самописца. Значение зарегистрированного напряжения в микровольтах, определенное по эталонировочным кривым с помощью масштабных линеек, заносится на диаграммную ленту и в журнал вычислений. Значение сигнала можно определить через 5, 10 или 20 м по глубине, а также во всех характерных точках диаграмм. При записи по точкам значение сигнала в делениях шкалы приемника с помощью эталонировочного графика переводится в микровольты. Эталонировка аппаратуры проводится не реже одного раза в два месяца; при эталонировке используются генератор стандартных сигналов и частотомер;

г) определение расстояний в метрах между передатчиком и приемником в межскважинном варианте и определение углов для учета диаграмм направленности антенн. При расположении обеих скважин или выработок в одной плоскости расстояния и углы снимаются с разреза, построенного в масштабе не мельче 1 : 2000. Если скважины расположены в разных плоскостях, расстояния и углы следует, используя данные инклинометрии, вычислить по координатам точек, в которых находятся передатчик и приемник;

д) построение графиков и вычисление интерпретационных параметров. Для межскважинного варианта при синхронной схеме наблюдений на графиках выделяются участки нормального поля и аномальные участки. При веерной схеме для каждого положения неподвижного элемента (приемника, передатчика) рассчитываются значения нормального поля, коэффициенты экранирования или кажущиеся коэффициенты поглощения. Для односкважинного варианта строятся графики измеренных электрической или магнитной компонент наблюденного поля, на графиках выделяются участки нормального поля и аномальные участки. В экстремальных точках кривых определяются значения напряженности поля. По данным одно-

скважинных измерений с E_zE_z и H_zH_z-установками вычисляются коэффициенты экранирования, как отношение нормального поля к аномальному. Определяются коэффициенты анизотропии.

3.4.3.22. Результаты работ РВМ представляют в виде акта передачи результатов, составленного в соответствии с требованиями инструкции по передаче результатов геофизических работ, и объяснительной записки, а также главы в отчете геологоразведочной организации.

Объяснительная записка по результатам скважинных измерений передается геологоразведочной организации по мере завершения работ на отдельных участках. Она должна содержать следующие сведения: 1) название месторождения, участка, номера скважин; 2) геологическое задание, соответствие выполненных работ проекту, объем работ, время их проведения; 3) условия выполнения работ (интервалы измерений, данные инклинометрии, сведения о диаметрах скважин и заполнении их раствором, уровень помех, характеристика разреза по данным бурения и электрокаротажа, средние значения волновых параметров на рабочих частотах); 4) методику и технику работ (применяемая аппаратура, тип и размеры антенн; способ перемещения передатчика и приемника; рабочие частоты, расположение стоянок передатчика и приемника, оценка качества измерений); 5) обоснование примененного способа интерпретации и результаты интерпретации, выводы и рекомендации по дальнейшему изучению участка.

Главы, содержащие результаты работ РВМ в отчетах геологоразведочных организаций, составляются в соответствии с действующими инструкциями (см. 4.2). Если данные РВМ используются при подсчете запасов, то соответствующая глава кроме сведений, указанных выше, должна содержать следующее: 1) задачу, поставленную на основе геологического задания; 2) степень изученности участка работ (объем проведенных радиоволновых измерений в сравнении с объемом бурения); 3) геоэлектрическую модель месторождения (участка), составленную по данным электрокаротажа, односкважинных и межскважинных радиоволновых измерений; 4) значения и распределение коэффициентов поглощения, значения амплитудных множителей и коэффициента анизотропии, использованные при расчетах; 5) геологические результаты работ по данным интерпретации, сопоставление данных РВМ и проверочного бурения.

3.4.3.23. Тексты объяснительной записки и отчета должны сопровождаться графическим материалом, который включает:

а) планы участков работ с указанием положения скважин;

б) разрезы по скважинам с нанесенными на них результатами РВМ. Разрезы и планы составляют в том же масштабе, что и геологические. Наиболее приемлемые масштабы — от 1 : 2000 до 1 : 200. На разрезах и планах наносятся контуры либо оси аномальных объектов, а также места заложения проверочных скважин, их угол наклона и азимут;

в) наиболее характерные графики напряженности поля, лучевые диаграммы $K_э$ и K'', послужившие для построения аномальных объектов на разрезах и планах ($K_э$ — коэффициент экранирования, ранее обозначавшийся буквой $Э$).

3.4.4. СКВАЖИННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ (прил. 111)

3.4.4.1. Наблюдения естественного электрического поля в скважинном варианте (ЕП-С) * обычно ведутся по схеме измерения потенциала, при которой электрод M (подвижный) перемещается по скважине, а электрод N (неподвижный) остается на поверхности земли. Подвижный электрод при этом подключается к клемме «M» измерительного прибора, неподвижный — к клемме «N».

3.4.4.2. Интерес представляют небольшие плавные изменения естественного поля во вмещающих породах, обнаружение и изучение которых возможно при условии высокой точности измерений по сравнительно редкой сети наблюдений.

---

* В тексте, где рассматриваются результаты, полученные при наблюдениях характеристик электрического и магнитного поля, допустимо сокращение ЕЭП-С.

Измерения естественного поля в скважинах проводятся поточечно через 1—2—5 м в мелких картировочных и через 5—10 м в глубоких скважинах. Может быть использована и непрерывная запись. Форма записи наблюдений приведена в прил. 111.

3.4.4.3. Возможными погрешностями являются эффекты, зависящие от свойств пород, в контакт с которыми вступает каждый из электродов, а также различия в температуре и давлении, при которых могут оказаться электроды *M* и *N*. Различие в температуре электродов *M* и *N* и изменение температуры в скважине проявляются в изменении поляризации электродов (нагретый электрод имеет более положительный потенциал). Изменения температуры в скважинах часто достигают нескольких градусов на каждые 100 м, что с учетом температурного коэффициента для медных неполяризующихся электродов (0,7—0,8 мВ/°С) может изменить измеряемую разность потенциалов на несколько милливольт, т. е. на значение, соизмеримое с потенциалом изучаемого поля.

Для оценки влияния температуры в процессе измерения естественного поля в отдельных скважинах проводятся параллельные измерения температуры, из которых определяется соответствующая поправка. В условиях резко различной гидрогеологической обстановки, где температуры на одних и тех же глубинах могут сильно различаться, измерения температуры проводятся во всех скважинах. Температурные измерения осуществляют с помощью скважинных термометров типа ЭТМИ для больших и типа АТС-24 — для малых диаметров скважин.

Разница в давлениях на электроды *M* и *N*, по-видимому, не оказывает влияния на работу электродов, так как чисто механическое воздействие на раствор внутри электродов не может нарушить условия в области контакта металла с раствором его соли или выдавить раствор из канала, так как давление в пределах одного электрода практически одинаково.

3.4.4.4. Мешающими факторами при наблюдениях естественного электрического поля в скважинах могут быть поле, возникающее вокруг обсадных труб у устья и по стволу скважины, а также поле металлического груза, привязываемого к концу кабеля. Для исключения влияния этих полей электрод *N* необходимо располагать не ближе 15—20 м от устья скважины, в месте со спокойным (по данным наземных наблюдений) полем, а измерения с электродом *M* начинать ниже конца обсадной трубы на 15—20 м. Металлический груз следует привязывать к кабелю не ближе 10 м от электрода *M*. Если груз изолировать от окружающей среды (покрыть его слоем изолятора), то расстояние между грузом и электродом *M* может быть уменьшено до 2—3 м. Хорошая изоляция получается, если на обезжиренную поверхность груза плотно нанести два слоя обыкновенного медицинского бинта, обильно смоченного эпоксидной смолой. Могут быть использованы и другие имеющиеся в распоряжении изолирующие материалы.

3.4.4.5. Скважинные электроды в течение длительного времени находятся в водной среде, что создает опасность вымывания и разбавления раствора электродов водой. Чтобы исключить эти явления, применяются электроды с узким каналом, связывающим чувствительный элемент электрода (медный стержень) с внешней средой, а раствор электрода приготовляется на густо сваренном желатине.

3.4.4.6. На потенциал электрода оказывают влияние глинистые частицы скважинного раствора. При этом наблюдается постепенное понижение потенциала электрода по мере увеличения концентрации глинистых частиц в районе электрода. Кроме того, непосредственное оседание заряженных глинистых частиц на электрод меняет условия диффузии на границе раствора электрода с внешней средой, что вызывает изменения значения потенциала электрода. Чтобы уменьшить влияние глинистых частиц, внешние стенки электрода делаются по возможности гладкими.

3.4.4.7. В скважине и на поверхности следует использовать однотипные электроды — медные неполяризующиеся. Размеры неподвижного наземного электрода *N* могут быть значительно больше скважинного. В качестве неподвижного наземного применяются электроды, используемые для наземных работ методом ЕП или ВП (например, электроды ЭН-1).

При работах скважинным вариантом естественного электрического поля используются медные неполяризующиеся электроды, характеризующиеся небольшим значением поляризации (1—2 мВ).

3.4.4.8. Спуско-подъемные операции при работах скважинным вариантом естественного поля осуществляются с помощью либо ручных переносных лебедок

типа ЛК-195, либо обычных каротажных подъемников. Наиболее употребительны кабели типа КТШ-ОЗ, КТО-1 и т. д. Бронированные кабели недопустимы.

3.4.4.9. Основным требованием к измерительной аппаратуре является возможность измерения разности потенциалов в диапазоне от первых единиц до тысячи милливольт. Обычно измерительными приборами при наблюдениях естественного поля служат электроразведочные компенсаторы типа ЭСК-1, АЭ-72. Может быть использована также аппаратура станций ВП или любая другая с входным сопротивлением не ниже 2 МОм, позволяющая измерять постоянные разности потенциалов в указанных пределах.

3.4.4.10. Наблюдения начинаются с измерения поляризации электродов, для чего скважинный электрод, закрепленный на кабеле, укладывается рядом с наземным (неподвижным) в лунку, залитую водой. Затем при работе в скважинах, заполненных глинистым раствором, скважинный электрод опускают в скважину на строго фиксированную глубину (опорная точка) так, чтобы он погрузился в раствор в картировочной скважине и на 15—20 м ниже конца обсадной трубы в скважинах глубокого бурения. На этой точке производится контрольное измерение разности потенциалов. Затем делают холостой спуск электрода до забоя и подъем опять на опорную точку, где производится контрольное измерение. После этого измеряют разность потенциалов по скважине при спуске кабеля через интервалы 5—10 м в глубоких и 1—2—5 м в картировочных скважинах (или непрерывно при работе с каротажной автоматической станцией). По достижении забоя подвижный электрод быстро поднимают на опорную точку, на которой производят контрольное измерение. Затем скважинный электрод поднимают на поверхность и измеряют поляризацию электродов. По разнице показаний прибора на опорной точке в начале цикла и в конце его вычисляется невязка, которая разбрасывается по всей скважине. Такой цикл повторяют два-три раза. Описанная цикличная схема измерений позволяет добиться воспроизводимости результатов с погрешностью 3—5 мВ.

В скважинах, заполненных чистой водой (без глинистых частиц), схема наблюдений по циклам не нужна. В таких скважинах разности потенциалов на каждой точке стабильны и дополнительных мер для их надежного измерения не требуется.

3.4.4.11. Увязка наблюдений по разным скважинам является одним из основных вопросов методики съемки естественного поля. Прежде чем начать скважинные наблюдения, необходимо принять меры для сокращения последующих увязочных работ, а именно произвести наземную съемку естественного поля по редкой сети, позволяющую получить общую картину его горизонтального распределения и выбрать точки расположения неподвижного электрода *N*. Эти точки приурочивают к участкам спокойного поля с таким расчетом, чтобы по возможности при одном положении электрода *N* можно было исследовать несколько скважин. Чем больше будет скважин обследовано с одной точки, тем меньше будет дополнительных погрешностей, неизбежно возникающих при увязочных наблюдениях.

После производства всех скважинных измерений с использованием выбранных по указанному принципу точек стояния неподвижного электрода *N* осуществляется увязка этих точек по профилям, проложенным через названные точки. При этом измерения ведутся не только по увязываемым точкам, но и между ними. Тем самым получается профиль наблюдений, характеризующий поведение поля по соответствующему направлению (серия увязочных профилей увязывается между собой секущими профилями, как при обычных наземных увязочных наблюдениях). Для контроля качества увязки целесообразно проводить дополнительные измерения по каждой скважине, используя дополнительные точки расположения неподвижных электродов. При этом по скважинам производятся наблюдения естественного поля в трех—пяти точках или на некотором небольшом интервале скважины. Полученные наблюдения позволяют сравнить результаты увязки по независимым контурам и более надежно выявить особенности структуры изучаемого естественного поля в пространстве. Все увязочные работы необходимо проводить в относительно короткие сроки в периоды спокойного поведения наблюдаемого поля.

3.4.4.12. Сеть скважин для поисков методом ЕЭП-С определяется размерами аномалий, соответствующих искомым объектам. При поисках рудных месторождений, для которых размеры аномалий вкрест простирания обычно составляют 300—500 м, наиболее целесообразна начальная сеть скважин с расстоянием между ними 400 м. Если по указанной сети на исследуемой территории аномалий естественного поля в скважинах не выявлено, но на основе других данных можно рассчитывать

на положительный исход поисков, то следует уменьшить расстояние между скважинами до 200 м. По простиранию геологических структур расстояния между скважинами зависят от степени вытянутости искомых объектов и должны составлять сотни метров.

3.4.4.13. Глубина скважин для ведения поисков методом ЕЭП-С зависит от ожидаемой глубины нахождения объекта. Для рудных месторождений, располагающихся вблизи границы коренных и рыхлых пород, достаточная глубина для обнаружения аномалий должна быть в 1,5—1,2 раза больше мощности рыхлых отложений.

Чем глубже предполагаемый объект, тем глубже должны быть скважины для уверенной регистрации аномалий естественного поля. Заметные аномалии распространяются вверх от верхней кромки рудного тела на расстояние до 100 м. Отсюда требуемая глубина скважин может отличаться не более чем на 100 м от ожидаемой глубины объекта.

3.4.4.14. Последовательность отработки скважин методом ЕЭП-С на этапе поисков не имеет особого значения. Очередность наблюдения в тех или иных скважинах при поисках должна подчиняться геологическим соображениям.

3.4.4.15. На разведочных этапах вопросы сети и глубины скважин решаются иначе, чем при поисках. После обнаружения объекта либо связанной с ним аномалии дальнейшие наблюдения по намеченной сети нецелесообразны. По характеру поля хотя бы в одной скважине в зависимости от того, пересечена ли область положительных или отрицательных потенциалов, можно оценить требуемую глубину необходимых скважин. Задачей работ в скважинах, следующих за первой аномальной, является обнаружение объекта. Отсюда вытекает необходимость проходки скважин по крайней мере в четырех точках, равномерно окружающих скважину, в которой выявлена аномалия.

Если в одной из четырех скважин, окружающих аномалию, будет зафиксировано аномальное поле, по которому можно оценить направление залегания объекта, то, начиная с этого момента, дальнейшее положение скважин будет определяться выявляемыми особенностями структуры аномалии естественного поля. В соответствии с последовательностью проходки скважин будет определяться и последовательность наблюдений естественного электрического поля в них.

3.4.4.16. Результаты наблюдений представляются в виде графиков потенциала по скважинам и увязочным профилям вместе со всеми наземными наблюдениями. График потенциала естественного поля по скважине относительно точки стояния неподвижного электрода вычерчивается одновременно с измерениями. В процессе измерений оценивается необходимость детализации отдельных интервалов и повторных измерений. При измерении нескольких циклов результаты наблюдений каждого из них вычерчиваются отдельно, а затем, после введения поправок, учитывающих изменения потенциала за счет глинистого раствора и температуры (если это необходимо), строится общая усредненная кривая.

Значения наблюденного потенциала U по разным скважинам приводятся графически к одному уровню в соответствии с увязочными данными. Результаты измерений по скважинам группируются по профилям (разрезам) с сохранением расстояний между скважинами в соответствии с выбранным масштабом разреза. При сравнительно близком расстоянии между скважинами, когда интерполяция значений потенциала между скважинами надежна, результаты измерений изображаются в форме изолиний потенциала. Изолинии наносятся непосредственно на геологические разрезы.

Отчетными документами являются полевые журналы, графики потенциала U по скважинам и увязочным профилям, бланки с профилями или планом профилей с нанесенными увязанными кривыми потенциала по скважинам, геологические разрезы (с изолиниями потенциала, если они строились).

3.4.5. СКВАЖИННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

3.4.5.1. Геофизические исследования в скважинах методом вызванной поляризации (ВП-С) проводятся главным образом с целью поисков и оконтуривания в пространстве зон сульфидной минерализации. На первом этапе работ скважинные

варианты метода ВП применяются с использованием картировочных и неглубоких скважин при поисках колчеданного, полиметаллического, меднопорфирового, марганцевого, золото-колчеданного, редкометального и других видов оруденения ниже забоя скважин и в околоскважинном пространстве. Исследования методом ВП в поисковых и поисково-разведочных скважинах позволяют оценить, пересечен ли объект, вызвавший наземную аномалию ВП, обнаружить зоны сульфидной минерализации в окрестности скважины или под ее забоем, увязать оруденение между скважинами.

Скважинный вариант метода ВП наиболее эффективен при поисках и оконтуривании сульфидного оруденения, когда зона пиритизации совпадает с рудной зоной, или сплошные колчеданные руды окружены сульфидной вкрапленностью, или поляризуются только сами рудные залежи. В тех случаях, когда оруденение по поляризуемости не отличается от вмещающей его зоны измененных пород, исследования методом ВП позволяют оценить только структуру зоны сульфидной минерализации: полого или круто она залегает, выклинивается с глубиной или же, наоборот, имеет очень большие масштабы.

3.4.5.2. Глубинность скважинных вариантов метода ВП зависит от глубины скважин, густоты их сети, соотношения удельных сопротивлений коренных пород и перекрывающих их рыхлых отложений, морфологии рудной зоны и чувствительности аппаратуры. При отсутствии наносов или в случае превышения удельного сопротивления рыхлой толщи 30—50 Ом·м с помощью скважин глубиной 15—30 м, пройденных по профилю с густотой 1 скважина на 50 или 100 м, можно обнаружить оруденение, подходящее к границе раздела рыхлой толщи и коренных пород, или «слепое» оруденение на глубинах 50—100 м.

При глубинах поисковых скважин 100 м и густоте их 1 скважина на 100 или 200 м четкие аномалии наблюдаются над зонами слепого сульфидного оруденения, расположенного на глубинах 150—200 м. При поисках меднопорфировых месторождений, крупных колчеданных или полиметаллических залежей поисково-оценочные работы ведутся с использованием скважин глубиной 200—300 м, пройденных по профилю на расстоянии 200 или 400 м друг от друга. В этом случае могут быть получены четкие аномалии ВП от зон сульфидной минерализации, расположенных на глубинах 250—500 м.

Когда рыхлая толща имеет очень низкое удельное сопротивление (единицы, первые десятки ом-метров) и наблюдения с измерительными линиями на дневной поверхности неэффективны из-за незначительности сигналов и поляризуемости, необходимо проходить скважины глубиной 100—200 м на расстоянии 100—200 м при поисках объектов, расположенных на глубинах до 200—250 м.

3.4.5.3. Скважинные варианты метода ВП комплексируются с другими методами скважинной электроразведки, наземной электроразведки и другими полевыми геофизическими и геохимическими методами. В комплекс разведочных работ скважинный вариант метода ВП включается при оценке геофизических аномалий, рудопроявлений и геохимических ореолов, при геолого-геофизических съемках в масштабе 1 : 50 000 (1 : 25 000) и при поисковых работах в масштабах 1 : 10 000 и крупнее. В районах без наносов, где аномалии практически не искажены влиянием рыхлых отложений низкого удельного сопротивления, скважинные варианты метода ВП используются в первых поисковых скважинах в комплексе со скважинным вариантом метода естественного поля, методами электромагнитной индуктивной электроразведки и методом заряда. В закрытых и полузакрытых районах, где наземная электроразведка методом ВП становится менее эффективной, скважинные варианты метода ВП с использованием картировочных и неглубоких скважин становятся ведущими при поисковых работах. Вместе с методом естественного поля и геохимическими работами по вторичным и первичным ореолам этот метод позволяет с высокой эффективностью выявлять зоны сульфидной минерализации и хорошо поляризующиеся рудные тела под значительной толщей рыхлых отложений.

3.4.5.4. Работы в скважинном варианте метода ВП в основном проводятся в модификации измерений «скважина—поверхность» («заряд ВП»). При этом питающий электрод A помещается в скважине, а электрод B удаляется на несколько километров.

Приемные электроды располагаются на профиле, проходящем через скважину (основной профиль) и ориентированном вкрест предполагаемого простирания зоны сульфидной минерализации или просто по профилю разведочной сети, на котором

пробурена скважина. На поисковой стадии работ в закрытых и полузакрытых районах наблюдения ведутся по основному профилю, так как на соседних параллельных профилях измеряемые значения сравнительно невелики. В районах, где удельное сопротивление перекрывающих отложений большое, или в открытых районах при «заряде ВП» наблюдения выполняют по сети профилей, расположенных через 50 или 100 м, причем расстояние между крайними и центральным профилями может превышать глубину скважины.

Расстояние между приемными электродами и шаг их перемещения выбираются так же, как при обычной наземной съемке (см. 3.3.5). Расстояние между профилями должно быть не больше ожидаемых горизонтальных размеров изучаемого объекта, чтобы не менее одного профиля оказалось над объектом.

При исследованиях по системе профилей рекомендуется использовать методику векторной съемки, когда измерения ведутся с двумя приемными линиями — одной, расположенной по профилю, и второй, перпендикулярной ему, и на каждой точке измеряются две взаимно перпендикулярные составляющие поляризующего поля и поля ВП. Кажущаяся поляризуемость $\eta_к$ определяется как отношение проекции вектора поля ВП на вектор поляризующего поля к величине последнего:

$$\eta_к = \frac{E_{вп} \cos \alpha}{E_{пр}}, \qquad (93)$$

где $E_{ВП}$ и $E_{пр}$ — модули векторов; $\cos \alpha$ — косинус угла между ними.

По данным векторной съемки можно вычислить также параметр $\nu_к$:

$$\nu_к = \frac{E_{вп} \sin \alpha}{E_{пр}}, \qquad (94)$$

характеризующий перпендикулярную поляризующему полю составляющую поля ВП и поляризующего поля. По результатам векторной съемки наиболее четко прослеживается положение зон сульфидной минерализации по простиранию.

3.4.5.5. Исследования в модификации «скважина—поверхность» всегда выполняют при нескольких положениях питающего электрода A. В мелких скважинах их два — в устье (на обсадной трубе, если она есть) и на забое скважины. В глубоких скважинах их может быть три или четыре. В этом случае кроме устья и забоя скважины питающий электрод или помещают в рудные подсечения (если таковые имеются), или располагают их равномерно по глубине скважины.

3.4.5.6. Кроме модификации «скважина—поверхность» в поисковых и поисково-разведочных скважинах используются следующие модификации: измерения с параметрической каротажной установкой (чаще всего $A5M1N$ или $A3M1N$) и измерения с установкой вертикального профиля; один питающий электрод в устье скважины, второй — на расстоянии 2,5—3,5 км, приемные электроды в скважине, размер MN— 20, реже 10 м.

Если скважины глубокие, свыше 250—300 м, вместо модификации вертикального профиля удобнее использовать модификацию комбинированного профилирования ВП по скважине с двумя последовательно подсоединяемыми к кабелю зондами $A40M20N$ и $M20N40A$. Если пересечены рудные тела низкого удельного сопротивления или породы разреза, то при использовании модификации вертикального профиля уже на расстоянии 250—350 м от обсадной трубы разности потенциалов, измеряемые по скважине, сравнительно малы, вследствие чего эффективность модификации падает (сказываются экранные эффекты). Модификация комбинированного профилирования ВП в этих условиях позволяет обнаружить аномальные объекты в околоскважинном пространстве.

Кроме перечисленных модификаций в сложных случаях для определения положения оруденения в разрезе используются модификации «поверхность—скважина» (азимутальная установка) и «скважина—скважина» (электрическая корреляция ВП). При исследованиях с этими модификациями установки делаются следующим образом: один питающий электрод (электрод A) помещается на поверхности или в соседней скважине, а второй (электрод B) относится в «бесконечность». Приемные электроды располагаются в скважине. Размер MN — 20 м. По характеру изменений аномалий поляризуемости при разных положениях электрода A удается оценить положение аномального объекта.

3.4.5.7. На разных стадиях поисково-разведочных работ применяются различные комплексы скважинных модификаций метода ВП.

1. При геологических съемках масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) и поисковых работах масштаба 1 : 10 000, когда проходятся в основном картировочные и мелкие поисковые скважины глубиной 10—50 м, скважинные геофизические работы выполняются в модификации «скважина—поверхность» при двух заземлениях. Расстояние между скважинами составляет 50—100 м. Измерения из каждой скважины выполняются с линией *MN* длиной 20—40 м на расстоянии 150—250 м по профилю в обе стороны от скважины.

2. В первых одиночных поисковых скважинах, которые бурят с целью проверки геохимических ореолов или аномалий, полученных при наземной съемке ВП и при исследованиях с использованием мелких скважин, выполняются работы в модификациях «скважина—поверхность» (два, иногда три заземления, с тем чтобы оценить характер изменения аномалий при погружении источника тока в скважину), вертикального профиля, измерений с параметрической установкой и «поверхность—скважина» (азимутальная) [последняя применяется, если элементы залегания оруденения и вмещающей толщи не удалось оценить по результатам ДЭМП-С (см. 3.4.2) и поисково-картировочного варианта МЭК, которые обычно осуществляются в первых поисковых скважинах). В модификации «скважина—поверхность» измерения выполняются в обе стороны по профилю с удалением на 300—500 м от скважины с приемными линиями *MN* длиной 20—50 м (в зависимости от условий наблюдений). Если есть возможность проследить аномалию по простиранию, наблюдения проводят и по соседним профилям.

На следующих этапах поисковых и поисково-разведочных работ, когда ведется бурение с целью оконтуривания оруденения, используется практически тот же комплекс модификаций скважинного варианта метода ВП, что и на первоначальном этапе работ, но резко уменьшается объем исследований в модификации «скважина—поверхность» и в комплекс включаются исследования в модификации «скважина—скважина» (электрическая корреляция ВП). Заряд ВП выполняется не во всех скважинах, а в основном только в самых глубоких. Корреляция ВП используется в случаях, когда трудно уточнить положение вкрапленного оруденения в межскважинном пространстве с помощью радиопросвечивания и метода электрической корреляции. Если скважины глубокие, работы ведутся в соответствии с указаниями, приведенными в 3.4.5.6.

3.4.5.8. В процессе детальных поисков и предварительной разведки часто возникает необходимость вести поиски новых рудных зон под забоем скважин или в стороне от них. Для решения этой задачи в тех случаях, когда нельзя использовать модификацию «скважина—поверхность» (поверхность застроена, большая мощность наносов и т. д.), можно применять модификацию вертикального профиля, но с заземлением не на обсадку, а на забой скважины. Она технически неудобна из-за наличия кабеля и провода, но с ее помощью можно обнаруживать подход забоя скважины к зоне сульфидной минерализации. Поиски зон сульфидной минерализации, параллельных основной, осуществляются с помощью модификации «скважина—поверхность». Дальность обнаружения таких зон обычно не менее 1,5 глубины погружения источника тока. В связи с этим на рудопроявлениях и месторождениях желательно использовать все глубокие скважины в поисковых целях.

3.4.5.9. Работы методом ВП-С целесообразно выполнять отдельным отрядом, который ведет также исследования методами заряда с измерением характеристик электрического и магнитного полей, электрической корреляции, работы по изучению переходной характеристики ВП и т. д. В этом случае, используя однотипную аппаратуру, можно осуществить комплексные поисковые исследования по обнаружению и разбраковке аномальных объектов, отличающихся от вмещающих пород по кажущейся поляризуемости, удельной электропроводности, оценить их вещественный состав.

3.4.5.10. В конкретных геологических условиях методику работ следует уточнить, в связи с чем при проектировании поисковых работ с использованием скважинного варианта ВП 10—20 % от общего объема намеченных исследований должно быть выделено для проведения опытно-методических работ на известных рудных объектах в аналогичных геологических условиях. Особенно важно тщательно проанализировать, какой глубины должны быть картировочные и мелкие скважины, поскольку иногда достаточно увеличить глубину ухода скважины в коренные породы на 5—

10 м, чтобы резко вырос аномальный эффект, получаемый от слепых рудных тел. Поэтому результаты опытно-методических работ должны позволить решить вопрос о достаточном расстоянии между скважинами, позволяющем не пропустить аномальные объекты. Должны быть решены вопросы выбора размера *MN*, длины исследуемого профиля, длительности питающего импульса, времени измерения после выключения тока и т. д. Кроме того, могут использоваться другие модификации метода ВП-С — потенциал-установки, дипольные установки и т. д. Все эти модификации нашли сравнительно редкое применение и поэтому не регламентируются данной инструкцией, но они могут с соответствующим обоснованием применяться наряду с рекомендуемыми выше модификациями ВП-С на соответствующих этапах работ.

3.4.5.11. Аппаратура для скважинных измерений методом ВП практически та же, что и при детализационных работах на дневной поверхности. Она должна быть снабжена всем необходимым для спуско-подъемных работ. Кроме того, рационально иметь приставку, позволяющую вести непрерывную запись поляризационных эффектов с параметрической установкой.

1. Работы в варианте ВП-С имеют повышенную опасность. Используется генераторная установка мощностью 20 кВт при напряжении питающей линии до 1000 В. Поэтому на буровой (при работе с заземлением на обсадную трубу) или около скважины никто не должен находиться. Остальные правила безопасности те же, что и при наземных работах методом ВП.

2. Электрические помехи очень сильно затрудняют измерения методом ВП. Меры по борьбе с ними практически те же, что и при наземной съемке (см. 3.3.5).

3. Исследования в модификации вертикального профиля бывают часто затруднены из-за помех, поэтому для увеличения измеряемых сигналов следует переходить к работам в модификации комбинированного профилирования ВП, с которой такое увеличение сигналов возможно почти на порядок.

4. Исследования в модификации «скважина—поверхность» облегчаются при увеличении размера *MN* и переходе на работу в режиме накопления с короткими импульсами тока.

5. Измерения ВП с аппаратурой переменного тока могут быть более точными, чем в импульсном режиме, особенно в условиях помех. Однако всегда следует тщательно анализировать, есть ли возможность разделить поляризационные и индукционные эффекты при многочастотных наблюдениях.

3.4.5.12. При работах выбираются следующие режимы.

1. При исследованиях без линии «бесконечность» с зондами *A5M1N* или *A40M20N* индукционные эффекты сравнительно невелики и обычно сказываются только в рудных зонах на временах до 10—15 мс после выключения тока. На малых временах после выключения тока (5—15 мс) наблюдается поляризация пород, связанная не столько с сульфидной вкрапленностью, сколько с самой средой. В этой области времен фоновые значения поляризации сравнительно велики и могут превышать значения поляризуемости, обусловленные сульфидной вкрапленностью, в несколько раз. Наиболее удобным временем начала фиксации поляризационных эффектов являются 20—30 мс после выключения тока.

2. Вполне достаточна длительность зарядки 5—10 с. В благоприятных условиях (сравнительно высокое удельное сопротивление разреза) можно переходить к непрерывной записи при временах зарядки 200—500 мс и получать практически те же результаты, что и при длительных зарядках. При работах в модификации «скважина—поверхность», вертикального профиля ВП и «скважина—скважина» сказываются значительные индукционные эффекты, заметные и через 100—200 мс после выключения тока. В этих условиях лучше всего использовать режим разнополярных импульсов с длительностью зарядки 5—10 с. Только при сравнительно большом удельном сопротивлении среды для измерений можно использовать длительности зарядки 250—500 мс с измерением через 20—30 мс после выключения тока.

3.4.5.13. Раскладка измерительных линий на поверхности и длинной линии «бесконечность» осуществляется так же, как и при наземных работах методом ВП. Подготовка станции к работе на скважине проводится по правилам, использованным при каротаже. Заземление в скважину рекомендуется опускать на проводе типа ГПСМП. В качестве скважинных заземлителей используются железные стержни, прикрепленные к проводу. При заземлении на обсадную трубу она оборачивается несколькими витками оголенного провода.

3.4.5.14. Работы с параметрической установкой выполняются при поточечной записи с шагом, равным расстоянию между питающим и ближайшим приемным электродом (2,5—5 м). Более частый шаг не дает дополнительной информации. Если необходимо получить аномалии от небольших прослоев, следует использовать установки для непрерывной записи ВП или проводить детализацию с зондом *A1M01N* и шагом 20—30 см. По тем же соображениям информативности исследования с установкой вертикального профиля и комбинированного профилирования ВП проводят с шагом 10 м, вдвое большим, чем длина *MN*. Меньшее значение *MN* ухудшает условия измерений и обычно не нужно, так как в околоскважинном пространстве ведутся поиски объектов, размер которых значительно превышает 20 м.

Работы в модификации «скважина—поверхность» ведутся с шагом, равным *MN*. Длина профиля зависит от интенсивности измеряемых сигналов и аномального эффекта. Когда его нет, значения поляризуемости, измеренные при положении электрода в устье и забое скважины, начинают совпадать на расстоянии 100—150 м для мелких скважин и 150—300 м для скважин более глубоких.

3.4.5.15. Полевая документация при скважинных наблюдениях аналогична документации, оформляемой при наземных работах методом ВП (см. 3.3.5). Обычно пользуются теми же журналами, что и при наземной съемке, вписывая вместо номера профиля номер скважины и положение питающих и приемных электродов. Качество работ проверяется путем повторных наблюдений (проводятся в тот же день, можно при равной силе тока). Число повторных наблюдений должно составлять от 5 до 25 % объема основных работ. При работах в модификации «скважина—поверхность», когда выполняется большой объем наблюдений и по профилю измерения проводятся несколько раз, достаточно бывает 5—10 % таких наблюдений от общего объема работ. При исследованиях с установками вертикального профиля в неглубоких скважинах, где измеряется в основном ходе 7—8 точек, объем повторных наблюдений составляет 25 %. Измерения с параметрической установкой и установкой вертикального профиля в глубоких скважинах вполне достаточно сопровождать повторными наблюдениями в объеме 10—20 %. Независимые контрольные наблюдения (в другой день или с другой станцией) должны проводиться комплексно по всем видам исследований ВП на каждой 20-й—25-й скважине. Значения погрешностей, обеспечивающих качество работ, те же самые, что и при наземной съемке ВП (см. 3.3.5.27).

3.4.5.16. Во всех видах работ по методу ВП основным документом является журнал полевых наблюдений, а при использовании осциллографа, кроме того, еще и осциллографические ленты. Все дополнительные сведения о стоянках питающих электродов и о положении линии *MN* даются в графе «Примечание». В соответствии с общими геофизическими правилами в каждом отряде ведется дневник, в котором регистрируются получаемые задания и даются сведения об их выполнении (см. 2.1).

3.4.5.17. В ходе камеральных работ завершается обработка полевых материалов, производится интерпретация полученных данных и составляется отчет. Вычисления погрешности измерений по материалам повторных и контрольных наблюдений, построение сводных планов графиков по каждому участку и подготовка других отчетных документов производятся по общим правилам для всех видов работ методом ВП. Здесь рассмотрим лишь специфичные для скважинных работ приемы интерпретации.

Исходным критерием для выделения аномалий ВП при исследованиях с модификацией «скважина—поверхность» служит наличие изменения характера и интенсивности поляризуемости по профилю по мере перемещения источника тока с дневной поверхности вниз по скважине. Если поляризуемость невелика и не растет при погружении источника тока на забой скважины, значит, в призабойном пространстве, с учетом сделанных выше замечаний о глубинности скважинного варианта ВП, нет зон сульфидной минерализации. Если же поляризуемость, измеренная по профилю, велика при заземлении в обсадную трубу, но почти не меняется при погружении источника тока в скважину, значит, сульфидная минерализация распределена сравнительно равномерно в большем объеме в коренных породах. Наиболее интересны случаи, когда поляризуемость растет при погружении источника тока в скважину, особенно если при исследованиях с использованием соседних скважин такой эффект не наблюдался. Обычно это свидетельствует о наличии локального поляризующего объекта ниже забоя скважины. В некоторых случаях при погружении источника

тока в скважину поляризуемость, измеренная по профилю, начинает уменьшаться Как правило, это свидетельствует о том, что питающий электрод расположен или ниже зоны сульфидной минерализации в коре выветривания, или же ниже верхней кромки, а чаще всего ниже центра локального поляризующегося объекта.

Аналогичным образом путем изучения изменения характера кривых поляризуемости при перемещении источника тока интерпретируются результаты работ с азимутальной установкой. Здесь сравниваются графики поляризуемости, полученные при заземлении в обсадную трубу скважины и в точках на профиле. Аномалия поляризуемости максимальна в том случае, когда источник тока находится вблизи кромки хорошо поляризующегося объекта.

При работах с модификацией «поверхность—скважина» в качестве фоновой используется кажущаяся поляризуемость, измеренная в той же скважине с каротажным зондом. Если поляризуемость, измеренная с установкой вертикального профиля, больше, чем измеренная с каротажным зондом, это свидетельствует о наличии вблизи скважины непересеченного аномального объекта.

Чаще всего определения аномальной кажущейся поляризуемости недостаточно для оценки положения объекта в околоскважинном пространстве. Интерпретацию проводят в этих случаях по характерным особенностям кривых. Методика такой интерпретации изложена в методическом пособии.

3.4.5.18. Работы в модификации «скважина—поверхность» по системе профилей (8—10) разрешается проводить по сети, разбитой и закрепленной бригадой, выполняющей основные наблюдения, при наличии буссоли и мерной ленты. Положение всех скважин, вдоль которых проходят профили измерений, должно быть отмечено в полевом журнале наблюдений. Бригада при этих работах снабжается радиостанцией. Точность разбивки топографической сети 1 : 5000.

3.4.5.19. В результате проведения полевых работ должны быть получены графики поляризуемости, кажущегося удельного сопротивления и $\Delta U/I$. Рекомендуется оформлять их в виде паспорта на каждую скважину. К окончательному отчету прилагаются все материалы исследований, оформленные как графики на проложениях скважин в схематических разрезах, на которые вынесены только рудные тела и поляризующиеся объекты. Все графики модификации «скважина—поверхность», принадлежащие одному профилю, выносятся на один разрез, но на разной высоте над линией профиля, так, чтобы они не перекрещивались. Результаты измерений в модификациях «скважина—поверхность» и «скважина—скважина» оформляются на отдельном чертеже, который является приложением к основному разрезу. Результаты работ в варианте ВП-С интерпретируются и описываются в отчете в общем разделе «Скважинные геофизические работы».

3.4.6. СКВАЖИННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ (прил. 112)

3.4.6.1. Скважинный вариант метода переходных процессов (МПП-С) применяется на стадии поискового бурения и разведки месторождений с целью уточнения положения рудных тел в пространстве, выявления рудных тел, пропущенных при бурении, и тел, находящихся ниже забоя. Работы по МПП-С проводятся в комплексе с детализационным вариантом МПП (см. 3.3.8.2).

3.4.6.2. Размер и ориентировка генераторной петли для работ МПП-С выбираются в соответствии с 3.3.8.2.14. При одном положении изучаются все доступные скважины, находящиеся внутри петли и вне ее на расстоянии до половины стороны петли.

Положение блоков аппаратуры относительно петли и схема их соединений указываются в инструкции по эксплуатации применяемой аппаратуры.

3.4.6.3. В скважине измеряются три составляющие неустановившегося сигнала относительно выбранной системы координат на двух-трех временах задержки, выбираемых так, чтобы влияние поверхностных отложений и вмещающих пород было минимальным.

Наблюдения проводятся с шагом, равным 20—40 м, со сгущением в аномальных участках до расстояния, обеспечивающего однозначное определение точек с экстремальными значениями эдс и точек перехода графиков эдс через нуль. Повторные наблюдения в скважинах проводятся в каждой 5-й точке.

3.4.6.4. В полевой журнал заносятся названия участка, схема расположения скважин и генераторной петли, их абрис, дата, номер скважины, угол и азимут падения, сопротивление утечки на землю элементов схемы, сила тока в генераторной петле, глубина снаряда, время задержки, измеряемые значения эдс переходного процесса, уровень и характер помех, время начала и конца наблюдений на каждой глубине. Параллельно строятся графики эдс вдоль оси скважины для каждой задержки.

Форма полевого журнала МПП-С приведена в прил. 112.

3.4.6.5. Результаты наблюдений представляются для каждой составляющей в виде графиков эдс, отнесенной к току в петле и 1 м² эффективной площади приемной рамки, построенных вдоль оси скважины для каждой временной задержки. В отдельных точках аномального участка строятся переходные характеристики.

Для определения направления на возмущающий объект целесообразно представлять результаты наблюдений в виде проекции векторов на определенные плоскости.

В том случае, если аппаратура позволяет измерять только одну составляющую, наблюдения в скважине проводятся при двух-трех различных положениях генераторной петли.

3.4.6.6. При выполнении работ МПП-С в части обеспечения безопасности следует руководствоваться требованиями соответствующих нормативных документов по геофизическим исследованиям в скважинах.

3.4.7. КОНТАКТНЫЙ СПОСОБ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КРИВЫХ (прил. 113—120)

3.4.7.1. Контактный способ поляризационных кривых (метод КСПК) основан на последовательном возбуждении электрохимических реакций на границе электронно-проводящих минералов с поровой влагой горных пород и регистрации электрохимических процессов в форме поляризационных кривых. Поляризационные кривые представляют собой графическую зависимость между силой тока I, текущего через минералы, и контактной разностью потенциалов φ на границе минералов с поровой влагой. Поляризационные кривые имеют ступенчатый вид (прил. 113, *а*). Каждая ступень отражает свой электрохимический процесс на соответствующем минерале.

3.4.7.2. Сущность контактного способа поляризационных кривых заключается в следующем. Через скважину или горную выработку, пересекающие оруденение, подключают один полюс внешнего источника тока к рудному объекту, а второй полюс — к вспомогательному питающему электроду, расположенному во вмещающей среде. Изменением силы пропускаемого тока осуществляется последовательное возбуждение одной электрохимической реакции за другой на разных минералах. Электрохимические процессы регистрируются в форме поляризационных кривых путем одновременной записи зависимости между силой протекающего тока и разностью потенциалов на границе рудного объекта с вмещающей средой. Разность потенциалов измеряется с учетом падения напряжения во вмещающих породах и на других линейных элементах измерительной цепи с помощью приемных электродов, один из которых установлен в оруденении в той же точке, к которой подключен полюс внешнего источника тока, или в любой другой точке рудного тела, а второй — во вмещающей среде в произвольном месте. Падение напряжения на линейных элементах цепи учитывается путем его компенсации с помощью генератора компенсации. Компенсация осуществляется автоматически при алгебраическом суммировании сигналов в приемной и компенсирующей цепях.

С помощью снятых поляризационных кривых определяют потенциалы и предельную силу тока электрохимических реакций. По потенциалам реакций, сравниваемым с известными эталонными значениями для разных минералов, устанавливают минеральный состав обследуемого объекта. По предельной силе тока судят о количествах минералов и масштабах рудной залежи.

3.4.7.3. Метод КСПК предназначен для: а) определения минерального состава рудных тел; б) характеристики площади поверхности и линейных размеров рудных образований; в) определения соотношения количеств рудных минералов в рудном теле и среднего их содержания во всем рудном объекте; г) увязки рудных пересе-

чений в скважинах и горных выработках в одно или несколько рудных тел; д) характеристики запасов минералов и химических элементов в рудных объектах; е) прослеживания пространственного положения рудных образований и зональности распределения минералов внутри рудных тел.

3.4.7.4. Благоприятными объектами для исследования методом КСПК являются электронно-проводящие руды, составляющие медные, медно-никелевые, медно-колчеданные, полиметаллические, свинцово-цинковые, магнетитовые, пиролюзитовые, арсенопиритовые, кобальтовые и другие месторождения с массивной, полосчатой, прожилковой, петельчатой и другими подобными текстурами.

Для рудных объектов, представленных разобщенными вкрапленниками электронно-проводящих минералов, поляризационные кривые отражают сложение множества электрохимических реакций на каждом вкрапленном агрегате. Совокупность мелких ступеней с небольшой предельной силой тока реакций, пропорциональной размерам вкрапленников, сливается в сплошную плавную кривую (прил. 113, *б*).

По поляризационным кривым для вкрапленных образований методом КСПК устанавливается сам вкрапленный характер встреченного оруденения и по значениям $I^{пр}_{вкр}$ и $\varphi_{вкр}$ могут быть оценены размеры объекта, а также запасы в нем полезных компонентов.

К числу объектов метода КСПК относятся рудные тела, залегающие в углисто-графитовых толщах, а также скопления полезных минералов среди пиритовых и пирротиновых зон. Обнаружение полезных компонентов возможно при контакте с пиритовыми, пирротиновыми и графитовыми участками. Для наблюдений методом КСПК служит станция КСПК-1, которая эксплуатируется согласно технической инструкции. Схемы полевых установок для каждой модификации представлены в прил. 114.

3.4.7.5. Применение метода КСПК целесообразно при оценке выявленных рудопроявлений, а также на стадиях предварительной и детальной разведки месторождений.

На стадии оценки рудопроявлений при наличии первой скважины, пересекающей оруденение, метод КСПК проводится в основной модификации с задачей оценки состава, размеров и запасов обнаруженного объекта. Как бурение самой скважины, так и наблюдения КСПК обычно следуют: после наземных геофизических и геохимических исследований, а также на территориях, перекрытых рыхлыми отложениями большой мощности, после комплекса геологических, геофизических и геохимических работ в картировочных и поисковых скважинах. Независимо от результата наблюдений КСПК в пробуренной скважине ведутся исследования методом заряда, а также некоторыми другими методами скважинной геофизики и геохимии для изучения околоскважинного пространства.

В случае отрицательной по данным КСПК оценки оруденения (мелкий объект с небольшими запасами полезного компонента) бурят дополнительные одну-две скважины, в которых проводят геофизические и геохимические наблюдения для подтверждения полученной оценки и характеристики межскважинных блоков.

В случае положительной оценки оруденения по данным КСПК (объект по размерам и запасам имеет промышленное значение) целесообразны наблюдения КСПК в поисковой модификации для характеристики положения полезного объекта в структуре участка, выявленной по результатам картировочного бурения и геофизических и геохимических исследований.

В соответствии со структурой участка профили поисковой модификации КСПК задаются вкрест простирания пород: центральный профиль через эпицентр аномалии заряда и по одному профилю в обе стороны от центрального профиля на половине расстояния до окончания аномалии заряда, а также один профиль по простиранию пород через эпицентр аномальной области. Длина профилей должна превышать аномалию заряда. Расстояние между точками размещения электродов сравнения 50—100 м.

Новые скважины, пересекающие руды, обследуются в увязочной модификации КСПК для выявления морфологии оруденения и увязки подсечений в одно или несколько рудных тел.

Каждое отдельное тело исследуется в основной модификации КСПК, а наиболее крупные тела — в поисковой модификации.

На стадиях разведки месторождений рудные подсечения в разных скважинах увязываются между собой и обследуются в основной модификации КСПК для характеристики размеров и запасов полезных компонентов по отдельным телам. Бурение скважин и измерения КСПК сопровождаются исследованиями методом радиопросвечивания и другими скважинными геофизическими и геохимическими методами для изучения межскважинного и околоскважинного пространства, уточнения границ тел, их протяженности на глубину и т. д. Задание последующих скважин проводится с учетом данных КСПК о размерах тел и данных других геофизических методов о границах тел, морфологии оруденения и пр. Работы ведутся в цикле: бурение очередной скважины — наблюдения КСПК в увязочной модификации для увязки нового подсечения с прежними пересечениями и в основном модификации для определения масштабов объекта, к которому принадлежит новое отдельное подсечение, — скважинные геофизические и геохимические исследования — бурение новой скважины с учетом полученной информации.

При разведке месторождений и оценке рудопроявлений целесообразно обследовать и увязывать с помощью метода КСПК все имеющиеся рудные пересечения.

Задачи, изложенные в 3.4.7.3 в пунктах а, б, в, д, решаются основной модификацией КСПК, в п. г — увязочной и в п. е — поисковой модификацией.

3.4.7.6. Последовательность операций при работах в основной модификации КСПК заключается в следующем.

После размещения станции на местности в скважину на кабеле опускают снаряд КСПК. Оборудуют вспомогательное питающее заземление и от него протягивают провод к месту расположения станции. Соединяют между собой аппаратную, энергетическую и лебедочную группы.

Выбирают место и устанавливают электрод сравнения, который присоединяют к измерительной аппаратуре. Включают источники питания станции — агрегаты АД-30 и АБ-2. Отыскивают место контакта с рудой, осуществляют контакт и закрепляют кабель на лебедке для длительной работы.

Начинают с наблюдения катодной поляризации в основной модификации. Подбирают нужное сопротивление компенсации, а также скорость съемки поляризационных кривых. Последовательно изменяя сопротивление компенсации, снимают серию кривых с выделением каждой реакции. Закончив серию наблюдений при катодной поляризации, снимают аналогичную серию при анодной поляризации. Во время наблюдений определяют потенциалы и значения предельной силы тока для каждой реакции отдельно. По полученным данным выписывают минеральный состав, площадь поверхности и другие характеристики обследованного рудного тела. После завершения наблюдений поднимают снаряд, снимают электроды и перебазируют станцию на другой участок.

При съемке в увязочной модификации КСПК к перечисленным операциям добавляется отыскание места контакта и его устройство в скважинах, где имеются рудные пересечения, предназначенные для увязки с подсечением, в котором установлен основной контакт.

При съемке в поисковой модификации КСПК кроме операций по основному варианту проводят установку нескольких электродов сравнения по заранее проложенным профилям или вдоль стволов окрестных скважин.

3.4.7.7. Оборудование вспомогательного питающего заземлителя может быть любым. С тем чтобы уменьшить влияние соседних тел на исследуемое рудное тело, заземлитель располагают в удалении от мест возможного оруденения вкрест простирания геологических структур на расстоянии 300—500 м и более от ожидаемой проекции рудной зоны на дневную поверхность. Для заземлителя выбирают наиболее увлажненное место: болота, ручьи, распадки и пр. Удобным вспомогательным заземлителем являются закопанные во влажную почву отрезки буровых труб длиной 2—3 м, диаметром 59—93 мм; 7—10 труб размещают на площади 100×100 м с удалением друг от друга на 20—30 м. Для устройства заземлителя также используется 100—200 стальных штырей длиной 0,75—0,80 м и диаметром 20—100 мм. Штыри располагают в виде расходящихся от центральной точки линий, по 3—5 линий и по 20—50 штырей в каждой линии при расстоянии между штырями 3—5 м. Сопротивление вспомогательного заземлителя $R_{в.з}$ не должно превышать 5—10 Ом и определяется с помощью измерения силы тока I, протекающего через заземлитель, и его потенциала U относительно удаленной точки $R_{в.з} = U/I$.

Проводом типа ГПМП в одну или несколько жил вспомогательный заземлитель присоединяется к станции КСПК-1 на щитке аппаратурной группы.

3.4.7.8. Электродами сравнения служат неполяризующиеся хлорсеребряные электроды, которые хранятся в запечатанном виде или в специальном контейнере подготовленными к работе и погруженными в насыщенный раствор хлористого калия. В контейнере хранится несколько электродов, два-три из которых не ставятся в землю и являются эталонами для проверки качества собственно рабочих электродов. Качество проверяют в контейнере путем измерения разности потенциалов между эталонными и рабочими электродами. Разность потенциалов между эталонными электродами не должна превышать ± 2 — 5 мВ, между эталонным и рабочим электродами — ± 10 — 20 мВ. В случае превышения названных пределов заменяется электролитический мост. Если результата не достигнуть, электроды перезаряжают в лабораторных условиях или заменяют их новыми.

Положение на местности электрода сравнения в общем случае может быть любым. С тем чтобы уменьшить влияние соседних тел, электрод сравнения располагают в удалении от мест возможного размещения оруденения, в области нормального естественного электрического поля, вкрест простирания геологических структур. Перед установкой электрода сравнения снимают профиль методом естественного электрического поля. Электрод устанавливают на участке профиля, где отсутствуют отрицательные или положительные аномалии. Участок профиля с нормальным полем должен быть подтвержден тремя—пятью точками через 20 м. Для наблюдения естественного поля пользуются измерителем потенциалов станции КСПК-1 либо отдельным прибором и двумя электродами сравнения. Перед съемкой ЕП намеченный профиль прокладывают на местности известными приемами (см. 3.3.1).

Электроды сравнения после работы в земле промывают в обычной, а затем в дистиллированной воде и после этого помещают в контейнер с раствором хлористого калия.

Проводом типа ПВР электрод сравнения присоединяется к станции КСПК-1 на центральном пульте аппаратурной группы.

3.4.7.9. Настройка и проверка блоков и узлов станции проводятся в соответствии с *«Техническим описанием станции КСПК-1»* и *«Инструкцией по эксплуатации станции КСПК-1»* (см. 3.1.3).

3.4.7.10. Место контакта с рудным объектом устанавливается по максимуму силы тока с помощью метода скользящих контактов (МСК) и минимуму разности потенциалов каротажа КСПК.

Поддерживая постоянным напряжение в питающей цепи, опускают по скважине снаряд-электрод и следят за показаниями измерителей силы тока и разности потенциалов, которые записывают в журнале по форме, приведенной в прил. 115. Запись ведут через 10 м или другой выбранный интервал. Глубина, на которой находится снаряд, регистрируется по счетчику глубины в лебедочной группе и передается по телефону лебедчиком оператору. Команда о движении снаряда и изменении его движения также передается по телефону оператором лебедчику.

Остановив снаряд в точке максимума силы тока и минимума разности потенциалов каротажа КСПК, отключают поляризующий ток и следят за изменением электрохимического потенциала рудного тела, возвращающегося к его исходному значению, фиксируя показания измерителя потенциалов в журнале в графе «Примечание». За исходное значение потенциала рудного тела принимается установившееся его значение, не меняющееся во времени. Изменения потенциала характеризуются качественно: быстро или медленно.

Когда электрохимический потенциал рудного тела достигает исходного значения, вновь включают ток и снова следят за изменениями во времени разности потенциалов каротажа КСПК, записывая характеристику изменения в журнале. Окончательно для контакта выбирают те участки оруденения, на которых наблюдаются: а) максимальное значение силы тока, б) минимальное значение разности потенциалов каротажа КСПК, в) наибольшее положительное значение исходного электрохимического потенциала рудного тела, г) наиболее быстрое достижение исходного электрохимического потенциала после отключения поляризующего тока и наиболее медленное изменение потенциала при включении тока.

В выбранные точки при включенном токе, следя за показаниями измерителя тока и потенциалов, передвигают снаряд, повторяя операции, указанные при первона-

чальном поиске места контакта. Процесс повторного поиска регистрируется в журнале.

Найдя точку контакта, останавливают снаряд. По команде оператора лебедчик закрепляет лебедку тормозным устройством. В это время оператор следит по значениям силы тока и разности потенциалов за сохранением положения снаряда в выбранной точке контакта. Если во время закрепления лебедки снаряд изменил свое положение, его возвращают в нужное место повторением операции поиска точки контакта и вновь аккуратно закрепляют лебедку. При благополучном закреплении лебедки отключают ток, приемную и компенсирующую цепи на измерителе потенциалов и включают устройство для накачки масла в снаряд.

После прижатия контактных пружин снаряда к стенкам скважины на пульте управления станции загорается сигнал «Снаряд прижат». Накачивающее устройство отключают. Еще раз проверяют правильность положения снаряда в нужном месте рудного интервала по значению исходного потенциала рудного тела, которое сравнивают с измеренным раньше. Если положение снаряда не изменилось, то станция готова к съемке поляризационных кривых.

Для устройства контакта с оруденением в горных выработках выбирают участки со сплошными рудами.

На выбранных местах проходят три—пять шпуров, в которые помещают щеточные или специальные шахтные электроды КСПК, обеспечивающие хороший контакт с рудой. Качество контакта проверяется измерением сопротивления между электродами в смежных шпурах. Сопротивление между электродами в разных шпурах должно быть одинаковым и близким к нулю. Для измерения КСПК часть электродов подключается к источнику питания, а другая — к измерительному устройству станции КСПК-1.

3.4.7.11. Сопротивление компенсации и скорость съемки dI/dt заранее неизвестны и подбираются путем нескольких пробных визуальных наблюдений поляризационных кривых. Подбор ведут при катодной поляризации оруденения.

Первое пробное наблюдение проводят при сохранении сопротивления компенсации и положений движков делителя компенсации, которые остались после отыскания точки контактов с оруденением. Скорость съемки выбирают произвольную, но обычно наиболее употребительную, по предшествующему опыту работ на других участках, например 5 мА/с.

Сопротивление компенсации устанавливают поворотом переключателя на блоке компенсации. Сопротивление дублируется световым сигналом на табло главного пульта. Делитель компенсации делит напряжение на сопротивлении компенсации «Грубо» в 10 раз, каждую десятую грубого деления снова в 10 раз — «Точно» и каждую десятую точного деления «Плавно». Положения движков делителя компенсации указывают используемую часть напряжения, имеющегося на сопротивлении компенсации при прохождении через него тока.

Скорость съемки устанавливают с помощью времязадающего блока по времени изменения силы поляризующего тока от нуля до максимума. Период изменения силы тока подбирают, меняя скорость вращения мотора времязадающего блока дискретно (4, 8, 16, 32, ..., 240 мин) и плавно в пределах каждого дискретного деления. Зная период T изменения тока и значение максимального тока I_{max}, возможного в конкретных условиях наблюдений, для каждого T рассчитывают dI/dt:

$$dI/dt = I_{max}/T. \qquad (95)$$

В свою очередь I_{max} определяют по максимальному напряжению, устанавливаемому переключателем режима работы станции 100, 200 и 400 В, и сопротивлению питающей цепи $R_ц$. Значение $R_ц$ рассчитывается делением напряжения U, при котором велся поиск точки контакта (20 В), на силу тока I при положении снаряда в месте контакта:

$$R_ц = U/I. \qquad (96)$$

Приближенно выбранное dI/dt устанавливают с помощью дискретного и плавного переключателей скорости вращения мотора времязадающего блока. Точное задание и поддержание скорости съемки производится путем дополнительной регулировки времязадающего блока переключателем «Плавно». С этой целью для разных dI/dt составляют таблицы значений силы тока в соответствующее время съемки поляризационной кривой; следя по часам (секундомеру) и амперметру и

сверяясь с таблицей, корректируют положение переключателей времязадающего блока, тем самым уточняя и поддерживая выбранную скорость увеличения поляризующего тока.

С принятой скоростью и компенсацией начинают первое пробное наблюдение. Задавая постепенное увеличение тока, следят по стрелочному прибору измерителя потенциалов за изменениями этой величины.

С фиксированного значения $\varphi_{исх}$ в пределах 1 А, манипулируя движками делителя компенсации, выводят стрелку измерителя потенциалов в положение на 0,1—0,2 В отрицательнее по отношению к $\varphi_{исх}$. Затем опять увеличивают силу тока до 2 А, следя за показаниями прибора и поправляя движки делителя компенсации, чтобы установленное значение потенциала оставалось примерно постоянным.

Затем при включенном токе проверяют градуировку токовой координаты самописца, далее ток выключают и выжидают, пока не установится исходное значение электрохимического потенциала рудного тела. Как только исходный электрохимический потенциал установится, вновь увеличивают ток. Следя за стрелочным прибором измерителя потенциала, оценивают постоянство значения потенциала при увеличении силы тока, которое является признаком регистрации какой-либо электрохимической реакции. Если устанавливается постоянное значение потенциала (не обязательно то, которое подбиралось, так как потенциал реакции может быть положительнее выбранного значения), то для указанного случая сопротивление компенсации и скорость съемки подобраны.

Если постоянное φ с увеличением силы тока не устанавливается, то повторно подбирают сопротивление компенсации таким же образом, как описывалось выше. При этом постоянное значение ищут в более отрицательной области по сравнению с тем значением, какое подбиралось в первый раз. Описанные операции повторяют несколько раз, пока не добиваются постоянства значения φ с увеличением силы тока. Как только такое постоянство устанавливается, исходное значение сопротивления компенсации и скорость съемки оказываются подобранными для начала наблюдений.

В некоторых случаях отыскать постоянное значение φ при принятой скорости изменения силы тока не удается. Величины меняются таким образом, что либо отмечается резкая перекомпенсация, либо на очень малом интервале изменения тока наблюдается сначала недокомпенсация, а затем резкая перекомпенсация. Указанные явления соответствуют слишком большой скорости съемки и одновременно служат показателем небольших размеров изучаемого рудного тела. В рассматриваемом случае скорость снижают в 5—10 раз и повторяют все описанные выше операции, пока не будут подобраны необходимые сопротивление компенсации и скорость наблюдений.

При больших размерах рудных тел, наоборот, очень легко устанавливается кажущееся постоянство значения φ, которое медленно «ползет» с увеличением силы тока выше 2 А. В данном случае необходимо увеличить скорость съемки также в 5—10 раз с повторением операции подбора сопротивления компенсации.

3.4.7.12. Поляризационные кривые в основной модификации КСПК наблюдают следующим образом. Перед началом съемки каждой поляризационной кривой проверяют надежность присоединения к станции питающей и приемной цепей, состояние приборов, правильность установленных на них пределов измерения и положения нуля, градуировку потенциальной координаты самописца, режим работы энергоагрегатов АД-30 и АБ-2, запас в них горючего, надежность заземления снаряда-электрода, исходное значение электрохимического потенциала рудного тела. Посторонние лица, в том числе работники буровых бригад, должны удаляться с территории размещения станции по подаче предупредительного сигнала. Оператор должен лично убедиться в выполнении этого требования. В журнале регистрации поляризационных кривых записываются номер кривой, исходное значение электрохимического потенциала, скорость съемки и вид поляризации (прил. 116).

Запись поляризационной кривой начинают включением развертки тока в питающей линии с одновременным пуском секундомера.

Во время записи поляризационной кривой оператор поддерживает указанную скорость съемки dI/dt, следит за качеством записи кривой, периодически измеряет потенциал рудного тела, напряжение в питающей цепи; вычисляет и записывает в журнал сопротивления заземления рудного тела, сопротивление питающей цепи; отмечает в журнале влияние внешних факторов и отклонения от заданных масштабов записи по токовой и потенциальной координатам; вместе с дежурным дизелистом

следит за соблюдением условий безопасности ведения работ и рабочим состоянием энергоагрегатов; проводит приближенный анализ поляризационной кривой, оценивая качество регистрации реакции и меры по его улучшению при записи последующей кривой.

Момент остановки записи определяется по следующим признакам:

1) катодная кривая поворачивается влево (анодная — вправо), отражая запись процесса с перекомпенсацией;

2) на кривой отчетливо виден переход к следующей реакции, однако требуется доработка определения параметров предшествующей реакции.

Определив момент остановки записи, наблюдатель поднимает перо самописца, выключатель «Увеличение» ставит в положение «Выкл.» и при фиксированной силе тока корректирует напряжение (сопротивление) компенсации, оценив во время записи кривой, на какое значение потенциала он установит показания измерителя потенциалов и перо самописца при следующей записи. В общем случае целесообразно изменять компенсацию, последовательно устанавливая показания измерителя потенциалов через интервалы 0,2—0,4 В по всей шкале потенциалов до 3,0—3,5 В. Если по предшествующим кривым можно догадаться о потенциале следующей реакции, то выгоднее изменить компенсацию, подводя показания измерителя потенциалов к этому потенциалу.

Сопротивление питающей цепи $R_{ц}$ вычисляют по значениям силы тока I и напряжения U, снятым одновременно с измерителя силы тока и вольтметра выходного напряжения выпрямителя:

$$R_{ц} = U/I. \qquad (97)$$

Сопротивление заземления рудного тела $R_{р.т}$ определяют с помощью измерения потенциалов рудного тела $U_{р.т}$ без компенсации и силы тока, текущего через оруденение I:

$$R_{р.т} = U_{р.т}/I. \qquad (98)$$

Для измерения $U_{р.т}$ во время съемки кривой поднимают перо самописца, переключают измеритель потенциалов на шкалу 50 В, отключают цепь компенсации и снимают значение $U_{р.т}$ с измерителя потенциалов. Затем вновь включают цепь компенсации, переводя предел измерителя потенциалов в прежнее положение для наблюдений поляризационных кривых, и опускают перо самописца. Возникший небольшой перерыв в записи кривой (1—2 мм или меньше) не влияет на качество снятой кривой.

Измеренное $U_{р.т}$ содержит наибольшую погрешность за счет положения приемного электрода сравнения и падения напряжения на отрезке кабеля. Для уменьшения названной погрешности $U_{р.т}$ измеряют при подключении измерительной цепи в положении «Кабель низ» (или в положении «Кабель» переключателя сопротивления компенсации на измерителе потенциалов) и при размещении приемного электрода сравнения на расстоянии, в 5—6 раз превышающем глубину точки контакта. Если место приемного электрода выбрано ближе указанного расстояния, то нужно установить дополнительный электрод на требуемом удалении и на момент измерения $U_{р.т}$ подключить его вместо основного приемного электрода. В случае соизмеримости значений $\varphi_{исх}$ с измеренным $U_{р.т}$ из последнего вычитают первое.

Данные с $R_{ц}$ и $R_{р.т}$ служат для контроля условий измерений во время съемки поляризационных кривых, а также для определения источника нарушений.

После съемки поляризационной кривой уточняют градуировку токовой координаты самописца и отключают ток плавным снижением его до нуля. С этого момента на поверхности рудного тела происходят процессы собственной деполяризации — восстановление равновесных условий физико-химической системы рудное тело — вмещающие породы и возвращение ее к исходному состоянию за счет естественного рассасывания и преобразования продуктов реакции. Показателем состояния рудного объекта и процесса деполяризации является электрохимический потенциал рудного тела. Деполяризация продолжается до тех пор, пока потенциал оруденения не достигнет своего исходного значения.

Время естественной деполяризации примерно равно времени поляризации. В случаях слишком медленной деполяризации возможна искусственная деполяризация током обратной полярности. Для хорошей регистрации процессов при повторных наблюдениях предпочтительнее пользоваться естественной деполяризацией. Время

деполяризации используется для анализа снятой кривой (см. ниже), улучшения условий съемки и подготовки к измерению следующей кривой.

Если некоторые реакции при разной компенсации имеют нечеткую регистрацию, повторные наблюдения dI/dt ведут со скоростью съемки, измененной в большую или меньшую сторону. Снижение скорости улучшает регистрацию на неэквипотенциальных рудах при затяжных переходах от одной реакции к другой. Повышение скорости способствует лучшему выделению процесса на минерале, присутствующем в заметно меньших количествах по отношению к другим минералам.

Число повторных измерений поляризационных кривых определяется однозначным выделением всех наблюдаемых электрохимических процессов с соответствующим определением потенциалов и предельной силы тока реакции, а также надежной диагностикой влияния мешающих факторов. Число повторений обычно составляет 3—6, но не должно быть меньше трех для записи отдельно катодных и анодных процессов.

Анодные процессы исследуются после изучения катодных реакций.

3.4.7.13. К числу факторов, мешающих наблюдениям КСПК, относятся: неудовлетворительное устройство контакта с оруденением, изменение сопротивления компенсации за счет его разогревания при прохождении тока, влияние промышленных помех электроустановок действующих рудников, электрифицированных дорог и прочих помех от работающих соседних электроразведочных отрядов, буровых станков, когда колонна труб находится в том же теле, к которому присоединен контакт КСПК, и т. д. Мешающими факторами являются также некоторые природные явления, связанные с сорбцией кислорода на верхних частях неглубоко залегающих рудных тел, их неэквипотенциальностью, полупроводниковыми свойствами, соседними телами и др. Для удовлетворительного наблюдения поляризационных кривых необходимо принять меры по устранению вредного влияния мешающих факторов. Приемы их определения и меры по их устранению приведены в методических рекомендациях.

3.4.7.14. Для измерений в увязочной модификации КСПК к операциям по основному варианту добавляется устройство дополнительных приемных контактов в одном или нескольких пересечениях рудного тела. Поскольку для приемного электрода не обязательно обеспечение его сильного прижима к оруденению, в качестве электродов могут использоваться снаряды МСК или щеточные электроды, изготовленные из стальной проволоки. Названные электроды опускают в скважину с дополнительной лебедки на легком проводе типа ПВР. Поиск точек контакта ведется либо с использованием станции КСПК-1, либо с помощью дополнительного источника питания и дополнительного прибора одним методом МСК. Найдя точку контакта, закрепляют провод на лебедке у устья скважины и переключают его на специальный измерительный вход главного щитка станции.

Если обследуется несколько пересечений, то в каждом из них устанавливают описанными способами контакт, а провода от дополнительных лебедок выводят на переключатель, который соединяют с упомянутым измерительным входом главного пульта. Поляризационные кривые записывают на самописце в виде штриховых кривых с последовательным переключением контактов в разных пересечениях. Для каждой приемной линии устанавливают свою компенсацию, которую включают движком делителя компенсации одновременно с подключением соответствующего контакта при поднятом положении пера самописца.

Остальные особенности наблюдений КСПК в увязочной модификации остаются таким же, как в основной.

3.4.7.15. Для измерений в поисковой модификации КСПК к операциям по основной модификации добавляется расстановка дополнительных электродов сравнения по размеченным профилям или в соседних скважинах. Все дополнительные электроды размещаются независимо от аномалий естественного поля. После окончания наблюдения графики смещаются к одной исходной точке, определяемой по основному электроду сравнения. Провода от электродов подключаются к выносному выключателю, который в свою очередь соединен с клеммой на главном пульте станции КСПК-1.

Наблюдения в поисковой модификации ведутся с записью на самописце в виде веера штриховых кривых с последовательным переключением электродов сравнения.

Для каждого электрода сравнения устанавливают свою компенсацию, которую включают движком делителя компенсации одновременно с подключением соответствующего электрода сравнения при поднятом пере самописца.

3.4.7.16. Критериями для оценки качества съемки поляризационных кривых являются:

а) выполнение мероприятий, обеспечивающих четкую регистрацию всех электрохимических процессов на обследуемом объекте в соответствии с 3.4.7.7—3.4.7.13. Для суждения о достоверности полученных результатов служат сами поляризационные кривые, значения $R_{\text{п}}$, $R_{\text{р. т}}$ и $\Phi_{\text{исх}}$, записанные в журнале регистрации поиска места контакта КСПК;

б) воспроизводимость значений потенциалов реакций при повторных наблюдениях поляризационных кривых в пределах 0,05—0,10 В, а предельной силы тока реакций — в пределах до 20 %.

Кроме взаимного контроля по повторным наблюдениям с разными условиями компенсации и dI/dt, а также за счет сравнения полученных результатов о составе и размерах рудных тел по катодным и анодным кривым необходимо, чтобы 1—2 % от общего объема наблюдений были выполнены другим лицом: начальником, старшим геофизиком или геофизиком партии.

3.4.7.17. При исследованиях со станцией КСПК-1 эксплуатацию аппаратуры см. в 3.1.10.

3.4.7.18. Первичными документами при работах контактным способом поляризационных кривых являются:

1) журнал регистрации поляризационных кривых $\varphi = F(I)$ (прил. 116);

2) первичные бланки с поляризационными кривыми (прил. 119);

3) журнал и графики естественного электрического поля;

4) журнал регистрации при поиске места контакта КСПК (прил. 115) или диаграммы МСК и каротажа КСПК.

На бланках с поляризационными кривыми указываются участок работ, место контакта с рудой, дата наблюдений, характер поляризации и масштабы измеряемых величин (прил. 119). Как правило, на одном бланке записываются кривые либо только при катодной, либо только при анодной поляризации. Около каждой кривой пишут ее номер и значение dI/dt.

Кроме перечисленных первичных документов отряд КСПК должен иметь:

1) задание и календарный график выполнения работ;

2) геологические и геофизические материалы об исследуемом участке;

3) дневник отряда;

4) журнал приема и сдачи рабочих смен (прил. 120).

3.4.7.19. Из снятых поляризационных кривых отбираются две-три катодные и две-три анодные, которые переносятся на бланк результатов наблюдений КСПК. Отобранные кривые отвечают требованиям наиболее рельефного отражения электрохимических реакций с взаимным контролем каждой реакции при разных условиях компенсации. При переносе на бланк результатов наблюдений из кривых исключаются случайные мешающие эффекты в виде выскоков и других проявлений, отклоняющихся от закономерного хода поляризационной кривой. На бланке помещают таблички потенциалов реакций и названия соответствующих им минералов. Значения предельной силы тока реакций выписывают в таблицу расчета состава и размеров обследованного рудного тела под рубрикой «Данные КСПК» (прил 118).

Бланк результатов наблюдений КСПК является графическим отчетным документом о выполненных измерениях и прилагается к текстовому заключению, которое содержит оценку оруденения по результатам работ.

Наблюдения в поисковой модификации КСПК приводятся в виде бланка с поляризационными кривыми, графиков $R_{\text{комп}}$ по профилям и вдоль стволов скважин, а также в виде плана изолиний $R_{\text{комп}}$.

3.4.7.20. Текстовое заключение составляют в период одного-двух дней после завершения работ на соответствующем рудном теле (участке) и не позднее начала исследований на следующем объекте. К текстовому заключению прилагаются бланк результатов наблюдений КСПК и расчет состава и размеров обследованного рудного тела (см. 3.4.7.22). В текстовом заключении указывают задачу исследований, методику решения задачи с характеристикой участка работ и места контакта с оруденением, результаты работ: минеральный состав объекта, площадь его поверхности, возможные линейные размеры, запасы по полезным металлам в отдельности и в сумме. Для каждого из перечисленных параметров приводится вероятная погрешность определения.

Полученные данные сравнивают с известными сведениями по другим видам работ. В конце текстового заключения дается прогноз о характере дальнейших поисково-разведочных работ в районе исследованного тела.

Отчетные документы: текстовое заключение, бланк результатов наблюдений КСПК, расчет состава и размеров обследованного рудного тела (графики и план изолиний $R_{комп}$) — составляются в двух экземплярах. Один экземпляр остается в отряде КСПК, другой передается руководству партии.

3.4.7.21. Приемку полевых материалов проводят на основе документации, указанной в 3.4.7.18—3.4.7.19. Приемочной комиссии предъявляют все перечисленные первичные, дополнительные и отчетные документы.

Качество полевых материалов определяют в соответствии с 3.4.7.16. Работы принимаются, если также по всем показателям, приведенным в 3.4.7.7—3.4.7.13, их качество соответствует изложенным требованиям.

3.4.7.22. Определение минерального состава обследованных рудных тел проводят путем сравнения установленных из поляризационных кривых потенциалов реакций с их табличными значениями для минералов (прил. 117).

Минеральный состав, найденный по потенциалам катодных реакций, контролируется по потенциалам анодных реакций.

3.4.7.23. Оценка площади поверхности S обследованного объекта отыскивается вычислением $S_{ср}$ из нескольких значений S_n (n — их число), рассчитанных для отдельных реакций или их сочетаний по формулам:

$$S_1 = \frac{I^{I}_{пр}\gamma K_{100}}{C^{I}_{x}}; \quad S_2 = \frac{I^{II}_{пр}\gamma K_{100}}{C^{II}_{x}}; \quad \ldots; \quad S_n = \frac{I^{n}_{пр}\gamma K_{100}}{C^{n}_{x}}; \tag{99}$$

$$S_{ср} = \frac{\sum S_n}{n} \to S, \text{ м}^2, \tag{100}$$

где $I^{I}_{пр}$, $I^{II}_{пр}$, ..., $I^{n}_{пр}$ — снятые с поляризационных кривых значения предельной силы тока реакций на минералах I, II, ..., n; K_{100} — усредненные для всех минералов и участков коэффициенты перехода, равные: для первых катодных реакций $K^{к}_{100} = 500$ м²/А, для первых анодных реакций в засушливых районах с нейтральной и щелочной реакцией вод $K^{а}_{100} = 200$ м²/А и в обводненных районах с кислой реакцией вод $K^{а}_{100} = 100$ м²/А;

$$\gamma = \sqrt[3]{\frac{15}{dI/dt}} \tag{101}$$

— коэффициент, приводящий $I_{пр}$, полученную при скорости съемки dI/dt, к ее стандартному значению 15 мА/с; C_x — значение содержания минерала в месте контакта КСПК или его усредненное значение по нескольким пересечениям. Содержание минерала определяется непосредственно или пересчитывается по результатам химического анализа керна с учетом химической формулы минерала.

3.4.7.24. Для линзообразных тел, у которых длина по простиранию l_1 и по падению l_2 значительно превышает мощность, величина $S_{ср}/2$ представляет собой площадь продольной проекции рудного объекта $S_{п.п}$ или произведение $l_1 \times l_2$ вытянутых линз. Конкретные размеры вытянутых линз подбираются с учетом сведений, полученных другими геофизическими, геохимическими и геологическими методами.

3.4.7.25. Оценка приближенных значений среднего содержания минералов C_y для всего рудного объекта проводится по формулам, вес. %:

$$C^{I}_{y} = \frac{I^{I}_{пр}\gamma K_{100}}{S_{ср}}; \quad C^{II}_{y} = \frac{I^{II}_{пр}\gamma K_{100}}{S_{ср}}; \quad \ldots; \quad C^{n}_{y} = \frac{I^{n}_{пр}\gamma K_{100}}{S_{ср}}. \tag{102}$$

Значения C_y тем ближе к истинным значениям C, чем ближе $S_{ср}$ к S и чем меньше погрешность определения $I_{пр}$ и K_{100}.

Содержание минералов пересчитывается на содержание элементов с учетом химических формул минералов:

$$C_{эл} = C_{мин}a, \tag{103}$$

где a — массовая доля элемента в минерале.

3.4.7.26. Соотношение содержания минералов или элементов в обследованном теле вычисляется по формулам: по катодным или анодным реакциям на минералах I и II

$$\frac{C_y^{\mathrm{I}}}{C_y^{\mathrm{II}}} = \frac{I_{\mathrm{пр}}^{\mathrm{I}}}{I_{\mathrm{пр}}^{\mathrm{II}}}; \tag{104}$$

по катодной реакции на минерале I и анодной реакции на минерале II

$$\frac{C_y^{\mathrm{I}}}{C_y^{\mathrm{II}}} = \frac{I_{\mathrm{пр}}^{\mathrm{I}}}{I_{\mathrm{пр}}^{\mathrm{II}}} \frac{K_{100}^{\mathrm{к}}}{K_{100}^{\mathrm{а}}}; \tag{105}$$

по анодной реакции на минерале I и катодной реакции на минерале II

$$\frac{C_y^{\mathrm{I}}}{C_y^{\mathrm{II}}} = \frac{I_{\mathrm{пр}}^{\mathrm{I}}}{I_{\mathrm{пр}}^{\mathrm{II}}} \frac{K_{100}^{\mathrm{а}}}{K_{100}^{\mathrm{к}}}. \tag{106}$$

3.4.7.27. Оценка массы или запасов минералов в линзообразном рудном теле производится по формулам, т:

$$M_y^{\mathrm{I}} = (1/2)\, I_{\mathrm{пр}}^{\mathrm{I}} \gamma K_{100} h_x \tau_{\mathrm{р}};\quad M_y^{\mathrm{II}} = (1/2)\, I_{\mathrm{пр}}^{\mathrm{II}} \gamma K_{100} h_x \tau_{\mathrm{р}};\quad \ldots;\quad M_y^{n} = (1/2)\, I_{\mathrm{пр}}^{n} \gamma K_{100} h_x \tau_{\mathrm{р}}, \tag{107}$$

где h_x — мощность рудного объекта в месте контакта КСПК или ее усредненное значение по нескольким пересечениям, м; $\tau_{\mathrm{р}}$ — объемная масса руды, т/м^3.

Значение M_y тем ближе к истинным значениям M, чем ближе h_x к h — истинному среднему значению мощности линзы, чем меньше погрешности определения $I_{\mathrm{пр}}$, K_{100} и $\tau_{\mathrm{р}}$.

Запасы минералов пересчитываются в запасы полезных элементов с учетом химических формул минералов:

$$M_{\mathrm{эл}} = M_{\mathrm{мин}} a, \tag{108}$$

где a — массовая доля элемента в минерале.

3.4.7.28. Схема вычисления параметров рудного объекта представлена в прил. 118.

Погрешность определения площади поверхности рудного тела, среднего содержания в нем минералов и их запасов главным образом зависит от характера отклонений случайных значений C_x и h_x от их истинных средних и от отклонений K_{100} на конкретном участке от их принятых усредненных значений для многих участков. Сказанное обусловливает приближенный характер определения значений S, C^{I}, C^{II}, ..., C_y^n и M_y^{I}, M_y^{II}, ..., M_y^n.

Усреднение C_x и h_x по пересечениям рудного объекта в нескольких скважинах приводит к быстрому приближению вычисленных значений к действительным: $S_{\mathrm{ср}} \rightarrow \rightarrow S$, $C_y \rightarrow C$, $M_y \rightarrow M$. Обычно 5—10 пересечений достаточно, чтобы погрешность определения перечисленных величин снизилась до 10—20 %.

3.4.7.29. Оценка площади поверхности и массы рудных минералов вкрапленных линзовидных образований производится по катодным поляризационным кривым с использованием $I_{\mathrm{вкр}}$ по формулам:

$$S = \frac{I_{\mathrm{вкр}} \gamma K_{100}}{C_x^{\Sigma}}; \tag{109}$$

$$M = (1/2)\, I_{\mathrm{вкр}} \gamma K_{100} h_x \tau_{\mathrm{р}}; \tag{110}$$

$$l_1 \times l_2 = S/2,$$

где Σ — сумма сульфидов; $K_{100} \approx 500$ м^2/A.

В случае известных отношений содержания отдельных минералов к содержанию суммы сульфидов, определенных в пересечении оруденения, использованного для

контакта КСПК, рассчитываются приближенные значения масс каждого минерала и входящих в него металлов:

$$M^{I} = M_{\Sigma}(C^{I}/C^{\Sigma}); \quad (111)$$

$$M^{II} = M_{\Sigma}(C^{II}/C^{\Sigma}). \quad (112)$$

3.4.7.30. Поляризационные кривые, снятые в увязочной модификации КСПК с совмещенными и разобщенными питающим и приемным контактами в увязываемых интервалах рудного тела, вычерчивают на отдельном бланке и сравнивают между собой.

Тождественность кривых указывает на принадлежность исследованных интервалов к одному телу. Различие формы кривых служит указанием на принадлежность обследованных интервалов к разным телам.

Одинаковые по форме кривые, отражающие одинаковый минеральный состав, но имеющие значение предельной силы тока соответствующих реакций большее в случае разобщенных питающего и приемного контактов и меньшее в случае совмещенных контактов, указывают на принадлежность увязываемых интервалов к одному неэквипотенциальному телу.

3.4.7.31. Полученные по результатам наблюдений в поисковом варианте КСПК кривые $R_{комп}$ интерпретируют в соответствии с методикой интерпретации данных метода заряда. Определению подлежат положение, элементы залегания и форма обследованного объекта.

По различию параметров, устанавливаемых при интерпретации для разных реакций, судят о зональности и размещении минералов в рудном объекте.

3.4.7.32. Отряд КСПК входит в состав поисково-разведочной партии или другой административной единицы.

Проектирование работ КСПК проводится в соответствии с общепринятыми положениями и «Нормами на производство работ КСПК». В проекте указываются задача, поставленная для решения методом КСПК, методика ее решения и взаимодействие наблюдений КСПК с буровыми, геофизическими и геохимическими работами. Особое внимание обращается на календарный график ведения работ. Он согласовывается с календарным планом буровых и геофизических работ и утверждается главным инженером экспедиции или управления, ответственными за выполнение работ. Наблюдения КСПК ведутся в две или три смены.

3.4.8. МЕТОД ЧАСТИЧНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ (прил. 121)

3.4.8.1. Метод частичного извлечения металлов (ЧИМ) основан на растворении горных пород и руд под действием электрического тока, перемещении (миграции) растворенных заряженных компонентов в поле тока и накоплении извлекаемых элементов в электродах, размещенных в точках наблюдения и совмещающих функции источника тока и приемника извлеченных элементов. В качестве источника тока может использоваться металлический или графитовый стержень или электрод любой другой формы, не содержащий извлекаемых элементов. Такой электрод помещается в среду, в которой подавляется реакция разложения воды. Подобная операция необходима, поскольку получающийся при этой реакции гидроксил-ион образует с большинством металлов труднорастворимые гидраты. Последние могут накапливаться не только на электроде или вблизи него, но и на различных расстояниях от него. В настоящее время в качестве среды применяется раствор азотной кислоты, анион которой образует со многими металлами хорошо растворимые соединения. Раствор заливается в пористый сосуд, куда помещают электрод, соединенный с внешним источником питания. Такое устройство называется элементоприемником (ЭЛПР). В зависимости от решаемых задач размер и качество ЭЛПР может меняться.

Процесс накопления элементов описывается геоэлектрохимическим годографом, отражающим зависимость масс m_i накопленных элементов от времени пропускания тока через исследуемые породы t. Прирост масс за единицу времени $\Delta m_i/\Delta t$ характеризует скорость накопления соответствующего элемента. Для однородных сред $\Delta m_i/\Delta t$ — величина постоянная, в неоднородных средах, в частности в присутствии рудных объектов, на годографе появляется дополнительная ветвь. При условии, что

концентрация металла в руде C_2 больше концентрации металла во вмещающих породах C_1, вторая ветвь имеет больший угол наклона, чем первая. Время появления второй ветви отражает расстояние объекта до ЭЛПР.

3.4.8.2. Производство работ методом ЧИМ заключается в том, что через цепь, содержащую систему электродов-заземлителей и электродов-ЭЛПР, расположенных на поверхности земли, в скважинах или горных выработках, от внешнего источника пропускают длительное время электрический ток. Количество накопленных под действием тока химических элементов периодически анализируют (см. 3.4.8.9—3.4.8.10). По составу извлеченных элементов судят о составе объектов, находящихся на обследуемом участке, по скорости накопления — о содержании металлов в рудах и вмещающих породах. По значению m_i в разных ЭЛПР оценивают положение объектов в пространстве, а по времени появления на геоэлектрохимическом годографе второй ветви характеризуют расстояние (глубину) от рудного тела до соответствующего ЭЛПР.

3.4.8.3. Различают три варианта съемки методом ЧИМ: основной, ореольный и каротажный.

1. В основном варианте снимается полный геоэлектрохимический годограф, включающий ту его ветвь, которая отвечает извлечению металлов непосредственно из рудных тел.

2. В ореольном варианте используется только начальная ветвь годографа, отражающая извлечение металлов из вторичного наложенного ореола рассеяния. Подбором режима обеспечивается селективное извлечение только подвижных форм металлов, находящихся в поровых растворах в виде заряженных частиц, и именно с ними связана информация о глубокозалегающем оруденении.

3. Каротажный вариант является частным случаем основного варианта. Извлечение металлов осуществляется из руды, выходящей на стенке скважины.

В настоящее время практически реализовано два варианта метода ЧИМ — ореольный и каротажный.

3.4.8.4. В ореольном варианте метод ЧИМ предназначается:

а) для обнаружения глубокозалегающих рудных объектов, в том числе под покровом рыхлых отложений мощностью 100 м и более;

б) для прослеживания рудных тел на флангах месторождений;

в) для разбраковки геофизических аномалий путем определения вещественного состава обнаруженных объектов.

В каротажном варианте метод ЧИМ используется для выделения и оценки элементов содержания рудных интервалов, пересеченных скважиной.

3.4.8.5. Объектами метода ЧИМ могут быть руды любого состава и текстуры. В настоящее время накоплен опыт его применения при поисках и разведке полиметаллических, свинцово-цинковых и золоторудных месторождений, а также месторождений урана, олова, нефти и газа. Применение метода ЧИМ для поисков рудных месторождений других типов требует первоначальной отработки режимов электрохимического извлечения на соответствующие элементы и разработки методик анализа проб ЭЛПР на эти элементы.

3.4.8.6. Метод ЧИМ в ореольном варианте целесообразно применять в комплексе с геохимическими, геофизическими методами и бурением при производстве поисковых и разведочных работ в масштабе 1 : 10 000 и крупнее с расчетом на последующую проверку аномалий скважинами. Рациональное комплексирование методов позволяет снизить объемы бурения на 40—50 %.

Применение метода ЧИМ в каротажном варианте целесообразно при поисках и разведке рудных тел. Надежное выделение рудных интервалов методом ЧИМ позволяет снизить требования к выходу керна при проходке скважин, а в ряде случаев перейти к бескерновому бурению.

3.4.8.7. Общей схемой проведения работ при ореольных и каротажных наблюдениях методом ЧИМ являются следующие операции: установка ЭЛПР на профиле или в скважине, выбор и настройка режима электрохимического извлечения металлов, электрохимическое извлечение металлов, отбор проб из ЭЛПР, химический анализ проб ЭЛПР. Работы проводятся с помощью станции типа ЧИМ-10 в соответствии с инструкцией по эксплуатации (см. 3.1.3).

3.4.8.8. В ореольном варианте ЭЛПР устанавливаются по профилю с соблюдением следующих требований: отсутствие рудных загрязнений, связанных с промышленными отходами; отсутствие валунов, крупной щебенки, гальки; ровная площадка,

исключающая возможность заливания ее дождем или временными потоками. Все ЭЛПР на профиле и на участке устанавливаются в один и тот же почвенный горизонт.

ЭЛПР переносят на профиль в контейнерах и устанавливают в заранее подготовленные лунки. Глубина установки ЭЛПР в зависимости от состояния почвы колеблется от 5 до 20 см. В случае большего углубления исследуемого почвенного горизонта глубина установки ЭЛПР может превышать 20 см. Перед установкой ЭЛПР лунка увлажняется дистиллированной водой (около 50—100 мл). В ЭЛПР заливается раствор кислоты и вставляется электрод, соединяющийся с косой. В каротажном варианте ЭЛПР подсоединяют отдельно к каждой жиле на кабеле. Число ЭЛПР определяется количеством жил в кабеле или в связке кабелей (каротажная коса). Расстояние между ЭЛПР зависит от решения поставленной геологической задачи, наиболее употребительный шаг 2 м.

Концентрация раствора кислоты, заливаемой в ЭЛПР ($C_р$), рассчитывается по формуле

$$C_р = KIt/V, \tag{113}$$

где K — электрохимический эквивалент иона водорода, равный 0,037г/(А·ч); $C_р$ — нормальность кислоты; V — объем раствора кислоты, л; I — сила тока, А; t — время, ч. Для расчета концентрации принимается средняя сила тока по данным опытных работ (см. 3.4.8.9). Для приготовления 1 л раствора азотной кислоты рассчитанной концентрации определяют объем концентрированной кислоты, л:

$$V = C_р/14. \tag{114}$$

Концентрированную кислоту полученного объема разбавляют дистиллированной водой до 1 л. Приготовление раствора производится в соответствии с требованиями техники безопасности (например, .разд. 9 «Правил безопасности при геологоразведочных работах»).

В зависимости от извлекаемых элементов ЭЛПР подключают к клеммам источника тока либо «+», либо «—». Основная группа металлов в поровых растворах находится в виде катионов, поэтому в большинстве случаев ЭЛПР является катодом. При этом электроды-заземлители служат анодом. Он может быть общим для нескольких ЭЛПР и располагаться от линии профиля или скважины на расстоянии не менее 50—100 м.

3.4.8.9. Электрическим параметром, определяющим электрохимическое извлечение элементов при ореольных наблюдениях, является напряженность поля вокруг ЭЛПР. В одном и том же районе для обнаружения объектов одного и того же типа требуемые рабочие напряженности электрического поля $E_р$ и время извлечения t сохраняются устойчивыми для различных участков. Значения $E_р$ и t находят при опытно-методических работах. Выбранные параметры $E_р$ и t принимаются за исходные для исследования новых площадей и корректируются при необходимости по результатам последующих наблюдений. Опытно-методические работы для подбора $E_р$ и t проводятся следующим образом. На одном-двух профилях с характерными для данного района рудами, в характерном геологическом разрезе проводят извлечение металлов при нескольких значениях E — от низких значений, при которых токи через ЭЛПР составляют десятки миллиампер, до максимально возможных значений, технически обеспечиваемых станцией ЧИМ-10 (сотни миллиампер). Для построения геоэлектрохимических годографов проводят электрохимическое извлечение в пределах 40—60 ч с интервалами между отбором проб 10—20 ч, а из полученных данных выбирают интервал времени, отвечающий прямолинейному участку на геоэлектрохимическом годографе для всех точек профиля. Для выбранного интервала времени строят графики масс m или скоростей извлечения $\Delta m/\Delta t$ в зависимости от напряженности электрического поля E — сокращенно график $m = F(E)$. На этом графике выбирают значение $E_р$ на участке кривой, характеризующейся линейной зависимостью извлечения металлов. Выбирают средние значения $E_р$ для группы точек, характеризующиеся близкими значениями удельного сопротивления среды. Эти значения $E_р$ принимают при съемке профилей как эталонные. При одинаковом значении кажущегося удельного сопротивления среды $E_р$ задается одинаковой для всех ЭЛПР. В случае различных значений $\rho_к$ по профилю $E_р$ задается дифференцированно в соответствии с эталонными графиками $m = F(E)$ для соответствующих значений $\rho_к$.

Основным нормирующим параметром электрохимического извлечения при каротажных наблюдениях ЧИМ является плотность тока или сила тока, протекающего через ЭЛПР и руду по границе с глинистым раствором. Из опыта работ для электрохимического растворения сульфидных минералов удовлетворительным режимом является плотность тока на стенках скважины 7—10 мА/см² и время электрохимического извлечения 2 ч. Однако в каждом конкретном районе для определенного типа руд и геоэлектрического разреза указанный режим электрохимического извлечения должен быть уточнен: для этого в обследуемом районе выбирают скважины, имеющие сплошные, прожилково-вкрапленные, вкрапленные, бедновкрапленные интервалы с различной текстурой руд, или его выбирают по аналогии с другими районами. Характеристика текстурных типов минерализации устанавливается по каротажным наблюдениям методами МСК, МЭП, ГГК и др. Анализ текстур руд делается в соответствии с действующими методическими рекомендациями. Текстура руд является определяющим фактором для выбора интенсивности токового воздействия при электрохимическом извлечении элементов, а затем для количественного определения их содержания. На выбранных скважинах проводятся опытно-методические наблюдения при времени извлечения 0,5; 1; 2; 4 ч и плотности тока от 1 до 12 мА/см². Значения I и t выбираются в области, где $m = f(I)$ и $m = f(t)$ линейны, а значения массы извлеченных компонентов превышают массы, извлекаемые из глинистого раствора, на порядок.

3.4.8.10. Настройка режима работы в ореольном варианте проводится следующим образом. При напряжении 25—35 В проверяют токи в ЭЛПР и устраняют неисправности, если ток отсутствует. Далее измеряют значения напряженности электрического поля E на расстоянии 0,2—0,3 м по радиусу от ЭЛПР. Измерения напряженности поля проводят двумя титановыми электродами с помощью вольтметра с высоким входным сопротивлением. Отдельно регистрируют силу тока I и по значениям E, I и расстоянию от ЭЛПР рассчитывают кажущееся удельное сопротивление среды $\rho_к$. Далее в соответствии с эталонными графиками для определенных значений $\rho_к$ и выбранными значениями напряженности поля $E_р$ устанавливают для каждого ЭЛПР силу тока $I_р = I(E_р/E)$. Период настройки режима не должен превышать 5—10 % времени по отношению к одному циклу извлечения.

В процессе электрохимического извлечения металлов при ореольных наблюдениях сила тока в каждом ЭЛПР контролируется не реже чем через каждые 2—4 ч. Напряженность электрического поля в районе каждого ЭЛПР контролируется один раз за один цикл извлечения металлов. Если измеренная напряженность поля отличается более чем на 20—30 % от $E_р$, то ток в ЭЛПР изменяют до значения, соответствующего $E_р$. При защелачивании раствора в ЭЛПР и повышении pH раствора в ЭЛПР выше границы гидратообразования производят подкисление раствора концентрированной кислотой. Объем кислоты, необходимый для подлива в ЭЛПР, рассчитывают по формуле, мл,

$$V = 2{,}7It_к, \qquad (115)$$

где $t_к$ — время, ч, оставшееся до конца цикла извлечения; I — сила тока, А.

В каротажном варианте силу тока при электрохимическом извлечении металлов на рудном интервале задают в соответствии с результатами опытно-методических наблюдений.

Сила тока в ЭЛПР в процессе электрохимического извлечения металлов поддерживается постоянной.

3.4.8.11. Цикл извлечения металлов заканчивается опробованием ЭЛПР. При выключенном токе из ЭЛПР отбирается проба раствора электролита.

При ореольных наблюдениях пробы отбирают специальным шприцем или грушей из мягкого полиэтилена. При каротажных наблюдениях зонд поднимают на поверхность и растворы из ЭЛПР переливают непосредственно в сосуды (обычно стеклянные или полиэтиленовые пробирки). Они должны быть предварительно отмыты горячим раствором кислоты (1 : 1) HCl или HNO_3, а затем промыты 2—3 раза дистиллированной водой.

Каждая проба маркируется. Для этого или используют номерные сосуды, или каждой пробе придается этикетка, на которой указываются участок, номер пробы, номер опробования, номер профиля или скважины.

После опробования, если электрохимическое извлечение продолжается, в ЭЛПР заливают свежий раствор кислоты и проводят второй и последующие циклы извлече-

ния. Если электрохимическое извлечение закончено, геоэлектрохимическую установку сворачивают. Особое внимание должно быть обращено на отмывку ЭЛПР: они сначала отмываются технической водой от механического загрязнения, а затем моются так, как сосуды для отбора проб.

3.4.8.12. Количественный анализ проб раствора проводится в лаборатории станции в соответствии с методическими рекомендациями по ее эксплуатации.

3.4.8.13. Первичными документами при работах методом ЧИМ являются: полевой журнал наблюдений, журнал результатов химических анализов, графики извлечения металлов по профилям (при ореольных наблюдениях) и по скважинам (при каротажных наблюдениях). Графики извлечения металлов строят сразу же по получении результатов химического анализа. Вертикальный масштаб на графиках выбирается так, чтобы фоновые значения извлечения металлов не превышали 5 мм. Горизонтальный масштаб определяется масштабом съемки. Уровень фона может быть определен визуально: он характеризуется преобладанием низких и близких друг другу масс извлеченных металлов на безрудных участках. На уровне фона могут быть выделены отдельные точки или группы точек с повышенными количествами извлеченных металлов. Более точная оценка масс металлов, соответствующих фоновым и аномальным значениям, основывается на статистической обработке результатов анализа проб.

Для оценки воспроизводимости результатов измерений строят графики контрольных наблюдений по профилям или по скважинам. Аномальные зоны на этих графиках должны пространственно совпадать с погрешностью удвоенного шага наблюдений по профилям и с погрешностью до удвоенного интервала между точками наблюдений по скважинам. Контрольные измерения (с новой установкой ЭЛПР) составляют 10 % от общего объема измерений методом ЧИМ.

Кроме перечисленных документов отряд ЧИМ должен иметь: задание и календарный график выполнения работ, геологические, геохимические и геофизические материалы об исследуемом участке, данные по каротажу скважин при наблюдениях в каротажном варианте, дневник отряда, журнал приема и сдачи рабочих смен, журнал учета рабочего времени дизель-электростанции ЭСД-10.

Приемку полевых материалов проводят на основе документации, указанной выше. Материалы принимаются, если по всем показателям техника полевых работ, их качество соответствуют требованиям, указанным в 3.4.8.7—3.4.8.12, а также в 3.7.6 и 3.8.

3.4.8.14. Рудные объекты выделяются методом ЧИМ повышенными (аномальными) значениями масс извлеченных металлов:

$$m_{\text{ан}i} = m_i - m_{\text{ф}i}, \tag{116}$$

где m_i — масса извлеченного i-го элемента в точке наблюдений; $m_{\text{ф}i}$ — фоновые значения извлекаемой массы i-го элемента.

В каротажном варианте осуществляется прямое определение вещественного состава и положения рудных интервалов по скважинам путем непосредственного электрохимического извлечения металлов из руд. Определение содержания элементов проводится по формуле

$$C = Pm_i, \tag{117}$$

где C — массовая доля металла в руде, %; P — коэффициент извлечения, который устанавливается в исследуемом районе опытным путем для каждого элемента и каждого текстурного типа руд; m_i — масса извлеченного металла.

3.4.8.15. Проектирование работ ЧИМ проводится в соответствии с общепринятыми положениями (см. 2.1). В проекте указываются задача, поставленная для решения методом ЧИМ, методика ее решения и взаимодействие наблюдений ЧИМ с буровыми, геофизическими и геохимическими работами. В проектах должна быть предусмотрена возможность переориентировки объемов бурения в соответствии с полученными по методу ЧИМ данными.

Численный и квалификационный состав отряда регламентируется «Типовыми нормами времени для проведения работ методом ЧИМ».

Учитывая новизну метода, при проектировании работ следует предусмотреть опытные работы для установления режимов извлечения элементов. Объем их определяется накопленным опытом работ по методу ЧИМ в каждом конкретном районе.

Результаты наблюдений методом ЧИМ в ореольном варианте представляют в виде графиков извлеченных масс каждого элемента m_i по отдельным профилям или площади. Аномальные массы оконтуривают, выделяя области вторичных ореолов, характеризующих развитие перспективных зон соответствующих элементов. Результаты каротажных наблюдений представляют в виде графиков m_i вдоль стволов скважин и в виде таблицы значений содержания элементов C_i по выделенным рудным и минерализованным интервалам.

3.4.6.18. Полевой журнал наблюдений ведут начальник отряда и дежурный техник-оператор. При наблюдениях в ореольном варианте метода на первой странице журнала кратко характеризуют геолого-геоморфологические особенности участка работ, тип почв, указывают горизонт почвенного профиля, в который устанавливают ЭЛПР, и вклеивают абрис по профилю в масштабе 1 : 1000—1 : 2000. На следующей странице журнала последовательно записывают данные всех измерений при установлении электрического режима извлечения, силу тока в ЭЛПР, напряженность электрического поля в районе ЭЛПР, время включения и выключения станции, результаты химических анализов проб после окончания цикла извлечения. При каротажных наблюдениях записывают длину интервалов установки ЭЛПР, период времени извлечения, силу тока в каждом ЭЛПР, результаты химических анализов проб после окончания цикла извлечения, общее напряжение и общий ток. Комиссии по приемке полевых материалов сдают журналы наблюдений и графики распределения масс элементов по профилям или скважинам.

3.5. ШАХТНО-РУДНИЧНАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

Методы шахтно-рудничной электроразведки применяются для оперативного обеспечения геофизическими данными в процессе разведочных работ и подготовки блоков к отработке. Электроразведочные исследования в карьерах и горных выработках эксплуатируемых месторождений твердых полезных ископаемых имеют следующие особенности:

1) высокую детальность наблюдений, необходимую для определения контуров рудных тел в плане и разрезе (масштаб 1 : 1000 и крупнее);

2) небольшие установки (питающие и измерительные), в связи с чем требуются очень точное соблюдение их размеров и ориентации, тщательный учет влияния рельефа поверхности по линиям наблюдений;

3) ограниченность размеров площадок для производства исследований, особенно в горных выработках, и значительные подходы к месту проведения работ;

4) высокий, как правило, уровень промышленных помех, наличие осложняющих поле факторов (трубопроводов, силовых и осветительных линий, трансформаторных будок и т. п., в шахтах — троллеев, рельсов, и т. д.) и помех производству наблюдений от работающих агрегатов (экскаваторов, бульдозеров, автосамосвалов и др.);

5) плохие условия заземления питающих и приемных линий. (В условиях плохих заземлений могут применяться накладные электроды, сделанные из войлока, губки и т. д., пропитанные электропроводными растворами);

6) невозможность создания долговременной топографической сети наблюдений (см. 3.2);

7) повышенные требования к соблюдению правил техники безопасности, в частности применение аппаратуры во взрывобезопасном исполнении при работе в выработках, опасных по пыли и газу;

8) наличие сухих или частично сухих скважин, и в том числе скважин, пробуренных с антивибрационной смазкой на канифольной основе, что ограничивает применение методов электроразведки с гальваническими контактами;

9) наличие скважин малой глубины (от единиц до сотен метров) и малого диаметра.

Для шахтно-рудничных наблюдений используются практически все известные методы электроразведки. Электропрофилирование применяется при установлении границ рудных тел низкого удельного сопротивления, метод заряда — для установления сплошности таких тел, метод вызванной поляризации — для фиксации вкрапленных руд, слабо отличающихся по удельному сопротивлению от вмещающих пород, а также для выделения участков наиболее обогащенных руд, дипольное электромагнитное профилирование — для выявления электропроводных рудных тел и установления технологических сортов руд. При необходимости изучения разреза на глу-

бину применяются методы ВЭЗ и ДЭЗ. Радиоволновые методы используются для выявления и оконтуривания рудных тел в межскважинном и околовыработочном пространстве. Для уточнения границ рудных подсечений и экспрессной разбраковки отбойных скважин на рудные и безрудные применяется электромагнитный каротаж.

Многие методы электроразведки применимы также для шахтно-рудничных наблюдений при разведке и добыче нерудных полезных ископаемых.

Перед началом работ на руднике проводится предварительное ознакомление с имеющимися геологическими и геофизическими материалами, горно-техническими условиями ведения работ. Основное внимание обращается на морфологию рудных тел, их минералогический состав, на сведения об электрических и магнитных свойствах горных пород и руд. К анализу привлекаются материалы по документации горных выработок, по каротажу наземных скважин, выполненному на различных стадиях поисково-разведочных работ, результаты лабораторных и параметрических измерений электромагнитных свойств.

На основании анализа выясняются физические предпосылки постановки того или иного метода каротажа.

Знакомство с системой разработки месторождения, горно-техническими условиями дает возможность оценить техническую сторону проведения скважинных исследований с соблюдением всех правил техники безопасности, определять объем и порядок работ, наличие мешающих факторов.

3.5.1. МЕТОД ДИПОЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРАХ (прил. 122—123)

3.5.1.1. Метод дипольного индуктивного профилирования (ДИП) применяется для картирования рудной толщи и определения магнитной проницаемости руд в естественном залегании с целью оперативного получения данных о границах рудных тел и содержании магнетитового железа в рудных блоках, а также для выделения участков распространения некоторых технологических типов руд на основе изучения их текстурно-структурных особенностей и содержания магнетитового железа.

Условием применения метода ДИП для картирования рудной толщи является дифференциация пород и руд по магнитной проницаемости (μ).

Содержание магнетитового железа по данным ДИП определяется при наличии тесной и устойчивой в пределах месторождения корреляционной связи между значением μ и содержанием магнетитового железа. При этом определяют μ от 1,1 μ_0 (где $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ Гн/м) и выше и содержание железа от 0,5 % и более.

3.5.1.2. Работы выполняются с аппаратурой, позволяющей проводить амплитудно-фазовые измерения, например типа АЭММ-1 с фазовой приставкой или ФАГР-10.

3.5.1.3. Для проведения работ в карьере требуются горизонтальные площадки в пределах уступов карьера, свободных от горного оборудования, силовых линий и останцов пород и руд.

3.5.1.4. Направление профилей задается примерно вкрест структуры рудного поля. Пикеты ставятся в процессе измерений и служат для быстрого отыскания характерных точек и нанесения профилей на план при маркшейдерской съемке. Профили должны находиться на расстоянии не менее (0,5+ 1)L (L — разнос приемной и генераторной рамок) от скалы или бровки уступа, чтобы исключить их влияние на измеряемое переменное магнитное поле.

3.5.1.5. Для проведения работ рекомендованы установки XX и ZZ с разносом между рамками 5—10 м (прил. 122, *б*), который должен выдерживаться с погрешностью 0,2—0,5 % (например, путем жесткого соединения рамок в 5-метровой установке, а при больших разносах — путем соединения рамок шнуром). Шаг наблюдений должен быть не более 0,5L, а для уточнения границ уменьшается до (0,1+ 0,2) L.

3.5.1.6. Рабочая частота при изучении магнетитовых руд выбирается такой, чтобы влиянием удельного сопротивления на напряженность измеряемого поля можно было пренебречь; этого удается добиться на достаточно низких частотах (100—500 Гц), когда отсутствует фазовая аномалия.

3.5.1.7. Для исключения влияния промышленных помех первичное поле должно быть на два порядка выше их уровня.

3.5.1.8. Для определения направления слоистости и изучения анизотропии железистых кварцитов или других слоистых образований проводятся круговые измерения. При круговых измерениях установка поворачивается по кругу относительно точки, совпадающей с центром дипольной установки. Направление лучей намечается перед измерениями на каждой точке. Лучи задаются обычно через 30°, а для уточнения максимальных и минимальных значений наблюдаемого поля лучи сгущаются до 10—15°. Точки круговых измерений намечаются с учетом ранее полученных данных дипольного электромагнитного профилирования, а их густота определяется сложностью геологического строения.

3.5.1.9. Нормальное поле (H_{0x}) дипольной установки определяется на контрольном пункте (КП), выбранном вне карьера с учетом следующих требований: а) участок должен быть сложен немагнитными породами высокого удельного сопротивления; б) размеры горизонтальной площадки должны быть больше разноса установки; в) должны отсутствовать промышленные помехи.

Измерения на КП проводятся до начала и после окончания работ, после каждой регулировки аппаратуры, а также в случае необходимости ее проверки.

3.5.1.10. Для оценки точности определения переменного магнитного поля по профилям проводятся контрольные измерения, равномерно распределяемые во времени проведения исследований на месторождении. Объем контрольных наблюдений должен составлять 5 % от всего объема работ. На основании контрольных наблюдений вычисляется погрешность (см. 3.3.8.1.34). Погрешность определения суммарного переменного магнитного поля не должна превышать 1 % при погрешностях в отдельных точках не более 3 %. Если измерения используются для вычисления магнитной проницаемости, то погрешность измерения суммарного переменного магнитного поля в отдельной точке не должна превышать 1,5 %.

Ежедневный контроль за работой аппаратуры проводится на контрольной точке (КТ), которая выбирается в карьере вблизи от исследуемого участка, обычно над немагнитными или слабомагнитными породами. Измерениями на КТ начинаются и заканчиваются наблюдения в карьере. При необходимости измерения на КТ делаются чаще. Если отсчет на КТ изменяется, то при вычислении относительного значения суммарного магнитного поля $|H_{cx}|/|H_{0x}|$ вводится поправка, учитывающая сползание нуль-пункта.

3.5.1.11. Все данные полевых измерений записываются в журнал (прил. 81).

3.5.1.12. Относительное значение суммарного магнитного поля вычисляется согласно указаниям 3.3.1, В. По данным ДИП строятся графики. Горизонтальный масштаб графиков рекомендуется принимать равным масштабу геологической документации, а вертикальный — 0,1 отн. ед. в 1 см. При построении диаграмм круговых измерений откладываются относительные значения вторичного магнитного поля.

3.5.1.13. По графикам выделяются границы магнетитовых руд, для чего используются точки их перехода через значение нормального поля; границы смещены от этой точки на $0{,}5L$ в направлении роста аномалии. При прослеживании границ рудных тел необходимо обращать внимание на коррелируемость аномалий. Определение технологических сортов руд производится по значениям магнитной проницаемости и диаграммам круговых измерений (см. 3.5.1.8, 3.5.1.14).

Для определения магнитной проницаемости горных пород и руд на графиках (см. 3.5.1.12) выделяются участки, в пределах которых относительные значения суммарного магнитного поля установки XX изменяются незначительно (до 0,05—0,08 отн. ед.). Для выделенных интервалов подсчитывается среднее значение $|H_{cx}|/|H_{0x}|$, которое используется для расчета относительной магнитной проницаемости по формуле (при $L/h \geqslant 20$)

$$\mu_{\text{отн}} = \frac{2 - |H_{cx}|/|H_{0x}|}{|H_{cx}|/|H_{0x}|}. \qquad (118)$$

Если измерения выполнены при $L/h < 20$, то при расчете $\mu_{\text{отн}}$ необходимо ввести поправку, которая учитывает уменьшение поля за счет немагнитного слоя мощностью d. Поправка определяется по номограмме, приведенной в прил. 122.

3.5.1.14. Содержание магнетитового железа определяется по значению относительной магнитной проницаемости на основе корреляционной зависимости между $\mu_{\text{отн}}$ и содержанием магнетитового железа. Корреляционный график строится для каждого месторождения по данным геофизического и геологического опробования

(прил. 123). Для построения корреляционного графика магнитная проницаемость может быть определена по измерениям образцов руд и горных пород установкой XX или по измерениям изометрических образцов на астатическом магнитометре. Для измерений рекомендуется выбирать образцы с равномерным распределением магнетитового железа (например, магнетитовые кварциты тонко-среднеполосчатой текстуры). После измерения образцы малых размеров передаются на фазовый анализ, а от образцов больших размеров отбирается представительная проба массой 1—3 кг. Содержание магнетитового железа определяется фазовым физико-химическим анализом.

Вторичное магнитное поле установки ZZ зависит от положения ее относительно слоистости. Максимальное значение поля наблюдается при ориентировании установки по направлению слоистости. На диаграммах круговых измерений отражаются текстурно-структурные особенности магнетитовых руд, на чем основано их разделение по диаграммам круговых измерений. Соответствие диаграмм круговых измерений определенным типам руд устанавливается в результате опытно-методических работ на каждом месторождении.

3.5.1.15. Результаты ДИП используются для построения геологических планов распространения типов руд и пород и оперативного подсчета запасов магнетитовых руд в подготавливаемых к отработке блоках, что в конечном итоге приводит к уменьшению потерь и снижению разубоживания руд.

3.5.1.16. При картировании магнетитовых руд ДИП обычно комплексируется с магниторазведкой.

3.5.2. ШАХТНЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ДИПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

3.5.2.1. Дипольное электромагнитное профилирование (ДЭМП) в подземных горных выработках применяется с целью обнаружения в околовыработочном пространстве рудных тел, обводненных и ослабленных зон, решения геокартировочных и горно-технических задач, связанных с выделением объектов, отличающихся по электрическим свойствам и расположенным вблизи горных выработок.

3.5.2.2. Для проведения работ используется та же аппаратура, что и в наземной модификации, но с повышенной влагоизоляцией.

3.5.2.3. Наблюдения проводятся с измерением отдельных составляющих магнитного поля (см. 3.5.5.1) или с измерением его относительных характеристик — угла наклона большой оси эллипса поляризации, отношений составляющих магнитного поля. При измерениях относительных характеристик момент передающего диполя должен быть наклонен к линии, соединяющей центр диполя с точкой наблюдения, на угол γ, не кратный $\pi/2$.

3.5.2.4. При представлении материала в виде графиков эффективного удельного сопротивления $\tilde{\rho}$ наиболее благоприятны для последующей обработки результатов измерения отношения составляющих $|H_\theta|/|H_R|$. Угол γ должен быть выбран таким, чтобы значение $|H_\theta|/|H_R|$ на участках, сложенных однородными породами, не отличалось от 1 более чем в 5—10 раз. Параметры установки должны удовлетворять требованию $\rho/(fL^2) < 10^{-5}$ (ρ измеряется в ом-метрах, f — в герцах, L — в метрах).

3.5.2.5. При измерениях в выработках с искусственными проводниками, рельсами, трубами, кабелями и т. д. должны быть приняты меры по снижению и стабилизации их влияния. Антенны должны быть максимально удалены от наиболее помехонесущих проводников и ориентированы так, чтобы их моменты располагались в одной плоскости с этими проводниками; хорошо заземленные искусственные проводники (рельсы, трубы и т. п.) между генератором и приемником должны иметь соединяющие их перемычки.

3.5.2.6. Для исключения ошибок за счет шумов от шахтно-рудничных электроустановок и откаточного транспорта необходимо регулярно вести наблюдения за уровнем фона магнитного поля, выключая генератор непосредственно после взятия каждого отсчета.

3.5.2.7. Форма журналов и обработка результатов в целом такие же, как в случае наземного варианта метода (см. 3.3.8.1, В). При измерениях в оборудованных выработках необходимо составлять абрис расположения и характера заземления искусственных проводников.

3.5.3. МЕТОД ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ КАРТИРОВАНИИ РУД В КАРЬЕРАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ (прил. 124)

3.5.3.1. На стадии эксплуатационной разведки в карьерах метод ВП применяется для оперативного определения границ рудных тел и обогащенных участков при технологическом картировании руд цветных металлов и прослеживаний их на глубину. Полученные данные способствуют оптимальному размещению буровзрывных скважин и сокращению процента разубоживания и потерь руд. Область наиболее эффективного применения — карьеры прожилково-вкрапленных и вкрапленных полиметаллических, медно-молибденовых, золото-сульфидных месторождений с повышенной поляризуемостью руд и со слабым их отличием по удельному сопротивлению от вмещающих пород.

3.5.3.2.. Для работы удобна переносная аппаратура с мощностью генератора до 50 Вт с автономным источником питания. Этим требованиям отвечает аппаратура с повышенной помехозащищенностью, в частности, аппаратура типа «Пирит», а также может быть использована аппаратура типа ВП-Ф, РС ВП, «Енисей», ВП-62, СВП-74.

3.5.3.3. Профили располагаются вкрест простирания рудных тел: расстояние между ними в зависимости от морфологии и размеров рудных тел составляет 5—10, реже 20 м и более, при детализации — 2—2,5 м.

Наиболее эффективными при картировании руд по полотну карьера являются короткие установки: симметричного профилирования с размерами $l_{AB} = 6$ м, $l_{MN} = 2$ м и дипольного профилирования с размерами питающего и приемного диполей 2 м и расстоянием между их центрами 6 м. Шаг наблюдений 2 м с детализацией до 1 м. Для прослеживания рудных тел на глубину могут применяться установки ТЗ-ВП, СГ, ВЭЗ, ДЭЗ, многоразносного дипольного профилирования. При устройстве питающих заземлений этих установок не следует допускать их размещения в местах выхода на поверхность рудных тел, а где это невозможно — необходимо учитывать при интерпретации.

При работе на малых временах (до 0,2—0,5 с) допустимо применение металлических электродов (питающих и приемных), для увеличения производительности работ — войлочных электродов, пропитанных раствором соли; при измерениях производной ВП в десятки и сотни секунд необходимо применять неполяризующиеся электроды ЭН-1.

3.5.3.4. Особые технические требования предъявляются к площадкам для исследования: они должны быть ровными и очищенными от металлических предметов. Не допускается работа в местах пересечения профилем ям и навалов породы, искажающих геометрию измерительной установки, вблизи крутых откосов и обрывов, если расстояние до них не превышает размеров установки, а также в непосредственной близости от металлического оборудования буровых установок и других агрегатов.

3.5.3.5. Временной режим рядовых измерений, зависящий от текстуры и минералогического состава руд, наличия геологических помех (графитизация, тонкодисперсный материал и др.), интенсивности промышленных электрических помех, подбирается путем измерений переходных характеристик на рудных и безрудных участках и их последующего сравнения. При снятии производной ВП временной режим может изменяться в пределах, допускаемых техническими возможностями аппаратуры, и должен составлять 3—4 порядка.

3.5.3.6. Контроль проводится в объеме не менее 5 % от общего числа точек; контрольные точки должны распределяться равномерно по заснятой площади. Средняя относительная погрешность вычисляется по 3.3.5.27.

3.5.3.7. Результаты наблюдений с аппаратурой типа «Пирит» записываются в полевой журнал по форме прил. 124.

В соответствии с заданными значениями длительности импульса T_1 (графа 3) и положением строба T_2 (графа 4) со стрелочных приборов измерителя снимаются значения $\eta_к$ в процентах (графы 5, 6) и $\Delta U/I$ (графы 7, 8) в омах. Путем умножения $\Delta U/I$ на коэффициент установки получают значение $\rho_к$. В графе 10 записывается поляризующий ток I, значение которого определяет рабочий режим аппаратуры в данных геоэлектрических условиях. Одновременно с записью в журнале на миллиметровке строятся графики $\eta_к$ и $\rho_к$.

3.5.3.8. Обработка наблюдений заключается в вычислении $\eta_к$ и $\rho_к$ и построении графиков $\eta_к$, $\rho_к$ и $\Delta\eta$, а также планов изолиний $\eta_к$ и $\rho_к$.

При интерпретации выделяют на нормальном фоне участки аномальных значений $\eta_к$, соответствующие площадям развития сульфидной минерализации, среди которых локализуют обогащенные сульфидами участки с наиболее высокими значениями $\eta_к$. Границы участков определяют по точкам начала интенсивного возрастания $\eta_к$ по профилю, расположенным на расстоянии половины разносов, измерительной установки от ложного максимума $\eta_к$, возникающего на подходе к исследуемой границе. Данные по $\rho_к$ служат вспомогательным материалом. По осредненным значениям $\eta_к$ каждого участка и T_0, полученным при наблюдениях $\Delta\eta$, с учетом данных предыдущих опытных работ в пределах исследуемого карьера в сравнении с данными опробования буровзрывных скважин проводится оценка выделенных участков на содержание металла, на основании чего строится план технологического картирования.

3.5.3.9. Работы методом ВП в карьерах цветных металлов рекомендуется проводить в комплексе с методом ДЭМП, с помощью которого благодаря его высокой производительности осуществляется предварительное оконтуривание рудных тел, а использование высоких частот позволяет выделять неполяризующиеся вкрапленные руды высокого удельного сопротивления. При прослеживании рудных тел на глубину в случае хорошей проводимости руд метод ВП необходимо применять в комплексе с методом заряда.

Общие требования к выполнению работ методом ВП изложены в 3.3.5.

3.5.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В СКВАЖИНАХ ПОДЗЕМНОГО БУРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНЫХ СТАНЦИЙ (прил. 125—128)

3.5.4.1. Каротаж скважин подземного бурения оказывает существенную помощь при решении таких геологических задач, как направленная проходка горных выработок, сокращение объема колонкового бурения, сокращение числа скважин при оценке рудоносности блоков, пространственная корреляция рудных подсечений, борьба с разубоживанием извлекаемой рудной массы и т. д.

С помощью аппаратуры типа «Галенит» и другой аналогичной можно выполнять исследования скважин различного направления методом скользящих контактов (МСК), методом индукционного каротажа (ИК) и методом измерения входного сопротивления антенны (антенный каротаж — АнК, который фактически является высокочастотным электромагнитным каротажем). Эксплуатация аппаратуры осуществляется в соответствии с требованиями заводской инструкции.

Метод МСК позволяет выделять в разрезе скважин участки зон низкого удельного сопротивления по изменению падения напряжения на эталонном сопротивлении, включенном в цепь заземления. Метод ИК характеризует геологический разрез по удельной электропроводности σ и магнитной восприимчивости $\varkappa$, метод АнК — по удельной электропроводности σ и диэлектрической проницаемости ε. В совокупности эти методы позволяют проводить расчленение геологического разреза скважин, выделять рудные тела и уточнять их границы.

3.5.4.2. Транспортировка аппаратуры и всего вспомогательного оборудования осуществляется в грузовом вагоне подвижного состава рудника или самостоятельно на рельсовой тележке, входящей, например, в комплект станции «Галенит».

Исследование скважин после всех вспомогательных операций проводится либо прямо с рельсовой тележки, установленной напротив устья скважин, либо с перенесенной на выбранный участок аппаратурной стойки с блок-балансом.

Для многократных измерений в горизонтальных и восстающих скважинах в комплекте аппаратуры предусмотрены доставочное устройство («ерш») и лебедка с капроновым фалом.

Калибровка активного и реактивного каналов скважинных приборов производится: в приборе ИК — подачей стандарт-сигнала, по амплитуде равного 0,1 эдс, наводимой первичным полем $U_п$, в приборе АнК — заменой антенны эквивалентом реактивного и активного сопротивления, равным 1000 Ом. Сведения записываются на диаграммных лентах. Калибровка проводится перед каждым измерением в скважине.

При движении прибора к забою скважины определяется масштаб записи сигналов активного и реактивного каналов. Выбирается такой диапазон, чтобы вся диаграмма была записана по возможности в пределах ширины диаграммной ленты. При очень резких изменениях электрических и магнитных свойств окружающей среды возможно применение двух масштабов записи. Масштаб глубин определяется геологическими задачами и мощностью подсеченных пластов. На рудных объектах общепринятым считается масштаб 1 : 200, а при детализации — 1 : 50. В целях удобства сопоставления интерпретации результатов выбранный масштаб глубин должен быть единым для всех видов каротажа.

Работы по МСК проводятся в соответствии с методическими рекомендациями.

3.5.4.3. Выбор оптимальной длины зонда при ИК позволяет избавиться от влияния диаметра скважины $D_{скв}$ и ограниченной мощности пласта $H_{пл}$ на измеряемые величины. В первом случае длина зонда должна превышать $D_{скв}$ в 2—2,5 раза, что обеспечивает не более чем 5 %-ное влияние непостоянства $D_{скв}$ на обе составляющие сигнала. Во втором случае выбирается зонд по возможности меньшей длины, в пределах $(0{,}25 \div 0{,}5)\ H_{пл}$, т. е. когда пласт можно принять за безграничный и интерпретировать полученные графики сопоставлением с теоретическими зависимостями для однородной среды.

При антенном каротаже основной считается антенна длиной 0,5 м.

3.5.4.4. Выбор оптимальной рабочей частоты при ИК связан, с одной стороны, с диапазоном изменения электрических и магнитных свойств горных пород и руд, с другой — с размерами зонда. Добиваются, чтобы произведение $f\sigma L^2$ (f — линейная частота электромагнитных колебаний, σ — удельная электропроводность, L — длина зонда) приходилось на линейный участок зависимостей активной и реактивной составляющих эдс от σ и магнитной восприимчивости $\varkappa$ среды.

При исследовании среды проводящей, но немагнитной ($\sigma \neq 0, \varkappa = 0$), измеряется только активная $U_а$ составляющая сигнала на одной или двух частотах, в зависимости от диапазона изменения удельной электропроводности:

кГц	См/м
1	3—7000
10	0,3—700
40	0,08—200

Если среда магнитная, но неэлектропроводная ($\sigma = 0, \varkappa \neq 0$), то измеряется приращение реактивной составляющей ($\Delta U_р$) на частоте 1 кГц.

Если среда электропроводная и магнитная ($\sigma \neq 0, \varkappa \neq 0$), то обязательно измерение двух составляющих эдс на одной или двух частотах.

3.5.4.5. При проведении АнК выбор оптимальной частоты определяется соотношениями токов смещения и токов проводимости (прил. 125). Эти соотношения дают общее представление об областях чувствительности электромагнитных методов, и в частности АнК к электрическим параметрам горных пород в этом частотном диапазоне. Если соотношение $\omega\varepsilon/\sigma$ (ω — круговая частота электромагнитного поля, ε — диэлектрическая проницаемость, σ — удельная электропроводность) не превышает 0,2, то основное влияние на составляющие входного сопротивления антенн будет оказывать удельная электропроводность. При значениях $\omega\varepsilon/\sigma$ более 0,5—0,6 заметно сказывается влияние диэлектрической проницаемости, которое возрастает с ростом частоты.

3.5.4.6. Достоверность результатов каротажа определяется до данным контрольных измерений (при разных циклах спуско-подъемных операций). Как и при каротаже наземных скважин, проводятся повторные измерения (при одном цикле спуско-подъемных операций без извлечения снаряда из скважины, на одной диаграммной ленте) по всей скважине или части ее с записью результатов на диаграммной ленте. Контроль можно проводить непосредственно после основного измерения или спустя некоторое время. Контрольные измерения необходимо проводить равномерно в течение всего периода работ. Объем контрольных измерений составляет 5 % от общего объема каротажа. Точность работ оценивается по относительной погрешности наблюдаемых значений, которая не должна превышать 7 %.

3.5.4.7. Получаемый материал в виде диаграммных лент должен отвечать требованиям действующих инструкций по каротажным и прострелочным работам.

На диаграммную ленту и в журнал регистрации диаграмм ставится штамп (прил. 126).

На диаграммных лентах проверяются метки глубин и вносятся поправки, учитывающие влияние цены первой метки за вычетом $r_{уст}$ (расстояние от места отбивки меток до устья скважины). Цена первой метки (ЦПМ) определяется расстоянием от первой метки на кабеле до середины зонда (антенны) при работах методами ИК и АнК.

После разбивки масштаба глубин на диаграммы наносится масштаб измеряемых величин. В ИК для этого используются калибровочные сигналы, составляющие 0,1 первичного поля. Сигналы, выраженные в единицах первичного поля, в дальнейшем по теоретическим графикам или номограммам переводятся в эффективные параметры удельной проводимости σ или магнитной восприимчивости $\varkappa$ окружающей среды (прил. 127). При выборе графиков (номограмм) необходимо учитывать эквивалентные размеры диполей $L_{экв}$ и мощность исследуемых объектов $H_{пл}$.

Для аппаратуры «Галенит» эквивалентная длина зонда $L_{экв}$ составляет:

L, мм	200	400	600
$L_{экв}$, мм	181,7	391,5	594,5

Границы пласта определяются несколькими способами: 1) по активной составляющей — по уровню 0,5 от амплитуды $U_а/U_п$ для мощных пластов ($\alpha = H_{пл}/L \geqslant \geqslant 4$); 2) по реактивной составляющей — по точкам перехода графиков $\Delta U_р/U_п$ через нуль. Эти точки отстоят от контактов на расстояние половины длины зонда; 3) по активной составляющей — в точках перегиба проводятся касательные до пересечения с нулевой линией. Расстояние между точками пересечения уменьшается на двойную эквивалентную длину зонда. По определенной мощности вычисляется отношение $\alpha = H_{пл}/L$. Интерпретация диаграмм идет уже с учетом этого отношения.

Если среда электропроводная и магнитная, нормированные в единицах первичного поля значения сигналов активной и реактивной составляющих эдс выносятся на номограмму с определенным $\alpha = H_{пл}/L$. Эта точка, с одной стороны, соответствует линии с известной магнитной восприимчивостью, с другой — параметру $m\sigma = \pi f L^2_{экв}\mu_0\sigma$ (по известным f, $L_{экв}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м вычисляют σ).

В АнК в качестве калибровочных используются сигналы от эталонов — активного и реактивного сопротивлений. Значения, выраженные в омах, переводятся по номограммам в эффективные параметры удельного сопротивления $\rho = 1/\sigma$ и диэлектрической проницаемости ε среды (прил. 137).

По известным рабочей частоте f, длине антенны l, радиусу скважины r выбирают номограмму (прил. 128). По двум снятым с диаграмм значениям R и X, вынесенным на соответствующую номограмму, определяют ρ и ε среды. Эти данные записывают против определяемого интервала.

В результате камеральной обработки материалов по каждому участку представляются: 1) геологические колонки с уточненными по каротажу границами; 2) геологические разрезы, погоризонтные планы с результатами каротажа (графиками); 3) таблицы электрических и магнитных свойств.

3.5.5. ШАХТНО-РУДНИЧНЫЕ РАДИОВОЛНОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

3.5.5.1. Круг решаемых задач при радиоволновых измерениях в горных выработках в целом тот же, что и при скважинных (см. 3.4.3). В шахтно-рудничном варианте применяются следующие модификации измерений: межвыработочная («выработка—выработка» или «скважина —выработка»), одновыработочная. Используются также скважины подземного и наземного бурения, в которых проводятся межскважинные и односкважинные измерения. Выбор частотного диапазона производится в соответствии с условиями, приведенными в 3.4.3.5.

В модификациях «выработка—выработка» и «скважина —выработка» наиболее эффективны установки EH, т. е. с электрической передающей и магнитной приемной антеннами. При отсутствии в выработках искусственных проводников электрическую антенну передатчика следует ориентировать горизонтально ($E_г$) при кромках рудных тел, вытянутых в горизонтальном направлении, и вертикально ($E_в$) при крутопадающих телах. В первом случае приемная рамка при измерениях располагается горизонтально (измеряется вертикальная компонента магнитного поля $H_в$), во втором — вертикально ($H_г$).

В одновыработочной модификации применяется установка профилирования с параллельными передающей и приемной магнитными антеннами, плоскости которых

располагаются перпендикулярно оси y выработки (установка H_yH_y). Кроме того, в одиночных выработках применяются установки ВПР (взаимно перпендикулярные вращающиеся рамки) и АПД (установка амплитудных полярных диаграмм).

При измерениях в модификациях «скважина—скважина» и односкважинной следует придерживаться правил для соответствующих модификаций скважинных радиоволновых измерений (см. 3.4.3.5—3.4.3.17).

Вспомогательные измерения для оценки геоэлектрической однородности пород, определения коэффициентов поглощения, значения «начального поля» A_0 и выявления анизотропии пород с наибольшей точностью проводятся в скважинах наземного или подземного бурения. При отсутствии скважин эти измерения можно проводить в горных выработках, свободных от искусственных проводников. Измерения коэффициентов поглощения в одиночных выработках можно проводить только на частотах не выше 5 МГц. Методика вспомогательных измерений аналогична приведенной в 3.4.3.9.

При измерениях в выработках следует поддерживать постоянство тока в антенне передатчика и коэффициента усиления приемника. Приемник и передатчик на каждой точке профиля необходимо располагать одинаково по отношению к стенкам выработки.

3.5.5.2. Схемы межвыработочных наблюдений аналогичны скважинным: синхронное перемещение установки целесообразно применять в параллельных выработках, веерное — при сочетании непараллельных выработок и скважин (см. 3.4.3.6). В одновыработочной модификации применяется профилирование, реже — зондирование. Наиболее предпочтительный шаг наблюдения 5—10 м, при детализации аномалий и на высоких частотах — до 2,5—1 м.

3.5.5.3. Ослабление помех, вызванных искусственными проводниками в выработках, является необходимым условием для проведения радиоволновых измерений. Наиболее эффективным способом уменьшения помех является удаление передатчика от искусственных проводников (например, помещение передатчика в скважину). Так, согласно экспериментально полученным данным, удаление передатчика от проводников типа троллея, при котором практически отсутствует искажение поля, составляет в породах с сопротивлением не более 1—2 тыс. Ом·м для частот 2,5 и 0,156 — 0,625 МГц соответственно 20 и 5—10 м. В породах с сопротивлением более 2—3 тыс. Ом·м необходимое удаление передатчика от кабелей и труб для частот 5 и 10 МГц составляет соответственно 30—40 и 15 м. Эти данные могут служить для ориентировочных расчетов размещения приемной и передающей частей аппаратуры.

При необходимости проведения измерений в выработках, оборудованных проводниками, передающую и приемную антенны следует устанавливать перпендикулярно проводникам на максимально возможном удалении от них. Уменьшение помех достигается также применением скважинного передатчика вместо шахтного. Скважинный снаряд с электрической антенной устанавливается в выработке (если позволяет ее размер) перпендикулярно проводникам.

В параллельных выработках для уменьшения влияния искусственных проводников радиопросвечивание должно проводиться по схеме синхронного перемещения приемной и передающей частей аппаратуры при лучах, направление которых близко перпендикулярному по отношению к осям выработок. Плоскости рамок ориентируются также перпендикулярно осям выработок.

При благоприятных условиях (обводненные выработки) для уменьшения влияния проводников можно делать заземление искусственных проводников: троллейный провод заземляется через высоковольтные конденсаторы большой емкости, трубы — с помощью перемычек из отрезков провода. Число и размещение перемычек определяются экспериментально.

Определение уровня помех и эффективности их ослабления проводится в выработке без искусственных проводников в ходе опытных работ, которые включают: 1) профилирование, 2) зондирование, 3) зондирование при наличии размещенного в выработке провода, 4) зондирование при наличии провода, заземленного с помощью перемычек. Эффективность снижения уровня помех определяется путем сравнения полученных кривых. При помехах, вызванных работой шахтного оборудования, профили наблюдения следует располагать вдали от источников помех. Переход на более высокую рабочую частоту также уменьшает влияние помех этого рода.

3.5.5.4. При измерениях в модификациях «выработка —выработка» и «скважина—выработка» используется методика, аналогичная используемой в межскважинных

жинной модификации (см. 3.4.3.10, 3.4.3.11). С помощью этих измерений проводятся поиски и локализация рудных тел в межвыработочном пространстве, а также определяется безрудность блоков пород. На аномальных участках проводятся детализационные измерения поляризационными установками с целью решения разведочных задач: определения направления ближайших кромок выявленных экранирующих тел; определения направления падения тел-экранов; оценки степени их вытянутости. Наиболее эффективной является двухполяризационная установка $E_{\text{г}}H_{\text{в}}$—$E_{\text{в}}H_{\text{г}}$. С этой установкой на каждой точке профиля производятся два измерения: первое — с горизонтально направленной электрической антенной передатчика и горизонтально расположенной приемной рамкой и второе — с вертикальной антенной передатчика и вертикальной приемной рамкой.

В горизонтальные и слабонаклонные скважины подземного бурения передатчик и приемник заталкиваются с помощью свинчивающихся металлических штанг, которые следует обязательно извлекать из скважин перед началом измерений. При измерениях в этих скважинах целесообразно применение специального приспособления— «ерша», который доставляется к забою с помощью штанг. Затем штанги извлекаются из скважин и производится многократное перемещение передатчика и приемника по скважинам на капроновом канате, перекинутом через блок, прикрепленный к «ершу».

Связь между операторами у передатчика и приемника осуществляется звуковой или световой сигнализацией, либо при помощи портативных радиостанций. Протягивание телефонных проводов от передатчика к приемнику недопустимо.

3.5.5.5. Измерения в одиночных горных выработках производятся с целью поисков и прослеживания электропроводных рудных тел, залегающих почти параллельно выработке в стороне от нее. Применяется профилирование с установкой H_yH_y (ось y направлена вдоль оси выработки). Оптимальный разнос установки определяется на участке с известным рудным телом; он должен быть в несколько раз больше расстояния до изучаемого тела. Определение направления на рудное тело, а также оценка расстояния до выявленных рудных тел проводятся установками ВПР и АПД. В установке ВПР передающая и приемная рамки устанавливаются во взаимно перпендикулярных плоскостях, параллельных оси выработки. Отсчеты сигнала берутся после одновременного поворота антенн в одном направлении вокруг оси y на 10—15°. Наблюдения следует проводить способом профилирования с одним-двумя разносами. В установке АПД передающая и приемная рамки при измерениях располагаются в одной плоскости, параллельно оси выработки. Рамки вращаются одновременно в одну сторону вокруг оси y с шагом 10—15°. Установка АПД является более производительной и помехоустойчивой, чем установка ВПР, которая обладает сравнительно большей разрешающей способностью и дальностью действия.

3.5.5.6. Контрольные и повторные наблюдения проводятся в соответствии с требованиями, изложенными в 3.4.3.19. Точность наблюдений определяется значением средней относительной погрешности, которое не должно превышать 20 %. При наличии искусственных проводников в горных выработках средняя относительная погрешность измерений допускается до 30 %.

При проведении работ в условиях сильных помех требования к точности измерений могут быть снижены, что должно быть соответствующим образом обосновано в проекте работ.

3.5.5.7. Наблюдения в горных выработках документируются в полевом журнале (прил. 108), который должен содержать следующие сведения: наименование организации, дату проведения измерения, вид измерительной установки, взаимное положение передатчика и приемника при измерениях, разносы установки при одновыработочных измерениях, рабочую частоту, тип передающей и приемной антенн, ориентировку антенн по отношению к оси выработки; в примечании указывается вид искусственных проводников в выработках, сведения о режиме питания аппаратуры. При использовании скважин подземного бурения следует руководствоваться требованиями, изложенными в 3.4.3.20. Журналы вычислений, эталонировки аппаратуры, повторных и контрольных наблюдений оформляются в соответствии с требованиями названного раздела.

3.5.5.8. Первичная обработка результатов шахтно-рудничных радиоволновых измерений проводится в соответствии с правилами, изложенными в 3.4.3.21, и включает:

а) проверку качества полевой документации;

б) перевод значения сигнала в микровольты по эталонировочному графику;

в) определение расстояний в метрах между передатчиком и приемником в модификациях «выработка—выработка» и «скважина —выработка» и определение углов для учета диаграмм направленности антенн. Если скважины и выработки расположены в разных плоскостях, необходимо вычислять координаты точек, в которых находятся передатчик и приемник, с учетом данных инклинометрии и маркшейдерской привязки;

г) построение графиков и вычисление интерпретационных параметров. Для вариантов «выработка—выработка» и «скважина—выработка» при синхронной схеме наблюдений на графиках выделяются участки нормального и аномального полей; при веерной схеме для каждой стоянки неподвижного элемента измерительной установки рассчитываются нормальные поля; для обеих схем наблюдений рассчитываются коэффициенты экранирования или кажущиеся коэффициенты поглощения.

Для одновыработочной модификации строятся графики магнитной компоненты поля и выделяются участки нормального и аномального полей; в экстремальных точках кривых определяется напряженность наблюденного поля; по данным измерений с установкой H_yH_y в одиночных горных выработках строится график напряженности наблюденного поля по профилю; для установок ВПР и АПД строятся полярные диаграммы напряженности поля в каждой точке профиля.

3.5.5.9. Результаты работ РВМ представляются в соответствии с требованиями, изложенными в 3.4.3.22. Тексты объяснительной записки и отчета сопровождаются графическими материалами, которые должны включать:

а) погоризонтные планы и разрезы с данными радиоволновых измерений в масштабе от 1 : 2000 и крупнее с нанесением контуров или осей аномальных объектов, а также мест заложения проверочных скважин или положения проверочных горных выработок;

б) наиболее характерные графики напряженности наблюденного поля, лучевые диаграммы $K_э$ или K'' либо полярные диаграммы, послужившие для построения аномальных объектов на планах и разрезах.

3.6. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

3.6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.6.1.1. Аэроэлектроразведка — группа методов электромагнитной индуктивной электроразведки, основанных на изучении характеристик электромагнитных полей с помощью измерительной аппаратуры, установленной на авиационном носителе и предназначенных для решения задач геологического картирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Источник электромагнитного поля при осуществлении аэроэлектроразведки может располагаться как на авиационном носителе, так и на земле.

3.6.1.2. По теоретическим предпосылкам и практическим возможностям аэроэлектроразведка близка к наземным электромагнитным индуктивным методам. В то же время обеспечивается ряд преимуществ:

1) возможность изучения труднодоступных и непроходимых для наземного транспорта районов, а также акваторий;

2) более высокая производительность работ при меньших удельных затратах;

3) непрерывность и полная автоматизация измерений с объективной записью их результатов;

4) возможность изучения характеристик электромагнитного поля на разных высотных уровнях, что открывает дополнительные возможности при интерпретации;

5) возможность использования в качестве электроразведочных каналов комплексных аэрогеофизических станций, монтируемых на одном воздушном судне.

К недостаткам методов аэроэлектроразведки в сравнении с наземными электромагнитными методами следует отнести:

1) меньшую глубинность и разрешающую способность вследствие влияния высоты полета;

2) возможное искажение формы аномалий за счет инерционности регистрирующих устройств, в том числе некоторое осреднение графиков;

3) меньшую точность привязки результатов измерений к местности.

Влияние указанных факторов, как правило, приводит к необходимости выполнения наземных детализационных работ (как электроразведочными, так и другими геофизическими методами) в пределах выявленных аномальных зон и участков, представляющих геологический интерес.

3.6.1.3. Основная область применения аэроэлектроразведки — изучение верхних (до глубин в десятки — первые сотни метров) горизонтов геоэлектрического разреза в пределах горнорудных провинций. Круг задач, решаемых этими методами, охватывает:

1) при создании геофизической основы для среднемасштабного (1 : 200 000) геологического картирования — оконтуривание крупных массивов коренных пород различного удельного сопротивления, перекрытых наносами; трассирование основных элементов разрывной тектоники, установление блокового строения площади; выделение депрессионных зон в кровле коренных пород (масштаб аэросъемки 1 : : 50 000, межмаршрутное расстояние 500 м);

2) при создании геофизической основы для крупномасштабного (1 : 50 000— 1 : 25 000) геологического картирования — расчленение коренных пород, перекрытых рыхлыми отложениями, прослеживание контактов пород; картирование разрывной тектоники, определение масштабов и элементов залегания разрывных нарушений; оконтуривание и оценка параметров погребенных депрессий; прослеживание углефицированных, графитизированных и других маркирующих горизонтов (масштаб аэросъемки 1 : 25 000, межмаршрутное расстояние 250 м);

3) при общих поисках полезных ископаемых (преимущественно сульфидных) — выявление и оконтуривание рудных зон и узлов, оценка условий их размещения и перспективности (масштаб аэросъемки 1 : 25 000, межмаршрутное расстояние 250 м);

4) при детальном картировании рудных полей и детальных поисках — крупномасштабное картирование рудоконтролирующих структур; изучение строения рудных зон, а при благоприятных условиях — выделение отдельных рудных тел, оценка их морфологии, размеров, элементов залегания и удельного сопротивления (масштаб аэросъемки 1 : 10 000, межмаршрутное расстояние 100 м).

Кроме перечисленных задач аэроэлектроразведка может привлекаться для решения ряда гидрогеологических и инженерно-геологических задач (поиски линз пресных подземных вод, изучение многолетней мерзлоты и др.).

3.6.1.4. Условиями, благоприятными для постановки аэроэлектроразведочных работ, в общем случае являются: 1) повышенное удельное сопротивление вмешающих пород (более 1000 Ом·м); 2) высокая степень дифференциации геологического разреза по удельной электропроводности; 3) линейно вытянутый характер объектов исследования; 4) малая мощность электропроводных наносов (до 5—20 м); 5) слабая пересеченность рельефа; 6) значительное число дней, удовлетворяющих требованиям к выполнению съемочных полетов по погодным условиям.

3.6.1.5. Разнообразие геологических задач и условий требует наличия нескольких методов аэроэлектроразведки, различающихся по своей специфике. Последняя, в свою очередь, определяется типом источника электромагнитного поля, особенностями той зоны поля, в которой проводятся наблюдения, изменениями поля во времени и измеряемыми характеристиками. В общем случае более выраженной поисковой направленностью обладают методы ближней зоны, а при решении картировочных задач лучшие результаты дает применение методов промежуточной и дальней зоны (зона определяется удалением от источника тока, частотой тока и свойствами геоэлектрического разреза).

3.6.1.6. Методы аэроэлектроразведки могут применяться как самостоятельно (однометодная съемка), так и в комплексе. Состав комплекса выбирается исходя из конкретных задач и условий работ. При этом аэроэлектроразведка может быть как ведущим методом в комплексе (например, при поисках сульфидных руд), так и дополняющим.

В настоящей инструкции закреплены общие основы применения аэроэлектроразведки методами: 1) длинного кабеля (ДК-А); 2) радиокип (СДВР-А); 3) дипольного электромагнитного индуктивного профилирования (ДИП-А); 4) переходных процессов (МПП-А).

3.6.1.7. Аэроэлектроразведочные работы выполняются специализированными аэрогеофизическими партиями (экспедициями) в соответствии с геологическим заданием и техническим проектом. Содержание и оформление проекта должны соответст-

вовать требованиям, установленным в 2.1. При проектировании и выполнении аэроэлектроразведочных работ обязательно соблюдение «Основных правил полетов в воздушном пространстве СССР», «Наставлений по производству полетов гражданской авиации», «Руководства по съемочным полетам» и других документов Министерства гражданской авиации СССР, регламентирующих полеты.

3.6.1.8. В течение организационного периода наряду с выполнением общих мероприятий согласно 2.2 —2.4, 3.6.1.9 необходимо не позднее установленных сроков:

1) получить в органах Государственной инспекции электросвязи разрешение на установку и эксплуатацию связных и специальных радиостанций, если их применение предусмотрено методикой работ (командная связь и передача опорного сигнала в методе ДК-А, радионавигация);

2) принять меры для организации временных посадочных площадок и заброски на них необходимого количества горюче-смазочных материалов (если это предусмотрено проектом и договором);

3) обеспечить в установленном порядке страхование жизни летно-подъемного состава. К летной работе борт-операторами допускаются сотрудники геологических и геофизических организаций, имеющие летное свидетельство.

3.6.1.9. Перед транспортировкой к месту работ весь комплекс аэроэлектроразведочной аппаратуры и вспомогательного оборудования должен быть полностью подготовлен и проверен в лабораторных условиях в соответствии с инструкцией по эксплуатации (см. 3.1.3, 3.1.7).

3.6.1.10. Установка аппаратуры и оборудования на воздушные суда гражданской авиации для производства съемочных работ осуществляется в соответствии с требованиями, изложенными в «Руководстве по съемочным полетам». При использовании выпускной гондолы в состав оборудования должна входить система автоматического трососбрасывания (тросоруб) — САТС. Установка, регулировка и проверка САТС производится в соответствии с инструкцией по эксплуатации (см. 3.1).

По окончании монтажных работ специалистами авиаподразделения проверяется соответствие технических характеристик установки и электрических соединений аппаратуры данным технической документации. После этого выполняется пробный полет в районе аэродрома с аппаратурой, приведенной в рабочее состояние. В ходе этого полета экипаж должен:

1) убедиться в надежности крепления всего съемочного оборудования и электрических контактов;

2) проверить влияние съемочной аппаратуры на работу радиовысотомера и бортовых радиостанций;

3) убедиться, что гондола устойчива в полете и не имеет заметных колебаний и раскачивания при выпуске, в рабочем положении и при подъеме.

Готовность воздушного судна с установленным на его борту оборудованием к выполнению съемочных полетов фиксируется двусторонним актом, утверждаемым командиром авиаподразделения.

3.6.1.11. В качестве основной сети съемочных маршрутов при площадной аэроэлектроразведочной съемке применяют систему встречнопараллельных прямолинейных (при визуальной прокладке и сопровождении фотопривязкой) или гиперболических (при радиогеодезической прокладке) маршрутов. В условиях сложного горного рельефа, если это допускается спецификой применяемого метода аэроэлектроразведки, возможно построение съемочной сети в виде криволинейных, огибающих рельеф маршрутов (полеты «по горизонтали»). Для перекрытия отдельных участков площади, оставшихся необследованными, могут прокладываться дополнительные маршруты. При этом положительные формы рельефа обследуются сериями коротких параллельных или веерных маршрутов (метод «скатывания»), а расщелины, узкие долины, котловины и другие сложные для облета формы рельефа — отдельными маршрутами, т. е. произвольно.

3.6.1.12. Систему облета участков в каждом конкретном случае выбирают, исходя из специфики данного аэроэлектроразведочного метода, характера рельефа дневной поверхности и типа воздушных судов, в соответствии с требованиями руководства по съемочным полетам.

3.6.1.13. Рядовые маршруты площадных аэроэлектроразведочных съемок, как правило, должны ориентироваться вкрест преобладающему (или наиболее важному при решении поставленной задачи) простиранию основных геолого-структурных элементов района работ. Если исследуемая площадь имеет сложное тектоническое строе-

ние с разными азимутами простирания основных структур, то маршруты следует ориентировать таким образом, чтобы они не совпали по направлению ни с одним из простираний. В отдельных случаях неортогональность маршрутов может допускаться в целях облегчения их прокладки и привязки в малоориентирных районах, а также при использовании сложных систем облета в горных условиях. Во всех случаях отклонение от ортогонального направления не должно превышать 45°.

3.6.1.14. Длина рядовых маршрутов устанавливается с учетом масштаба съемки, наличия характерных ориентиров на концах маршрутов, продолжительности вылета летательного аппарата и расстояния подлета к съемочному участку. Дополнительные ограничения могут накладываться спецификой применяемого метода (например, в методе ДК — см. 3.6.2.8). Средняя длина маршрута обосновывается при проектировании аэроэлектроразведочных работ.

3.6.1.15. В общем случае при выборе рабочей высоты съемки (уровня, к которому относят результаты измерений) необходимо учитывать специфику применяемого метода аэроэлектроразведки, масштаб съемки, характер исследуемых объектов, тип воздушного судна и условия выполнения полетов, инерционность регистрирующей аппаратуры и др. Предельные значения рабочей высоты съемки определяются в соответствии с «Руководством по съемочным полетам».

При комплексировании аэроэлектроразведки с другими методами дистанционных исследований необходимо учитывать специфические требования этих методов к высоте полета. В частности, при использовании аэрогамма-спектрометрической аппаратуры высота полета во всех случаях не должна превышать 75 м в соответствии с требованиями методического руководства по аэрогамма-спектрометрической съемке.

3.6.1.16. Путевая скорость летательных аппаратов в зависимости от реально сложившейся обстановки может варьировать в широких пределах. Оптимальные путевые скорости выполнения съемочных полетов для различных типов воздушных судов выбираются на основании требований «Руководства по съемочным полетам».

Абсолютное значение скорости полета оказывает влияние на форму и интенсивность наблюдаемых аномалий, а изменения скорости полета — на точность привязки результатов измерений в межориентирных интервалах. Поэтому при выполнении съемочных полетов необходимо добиваться постоянной скорости. Детализацию аномальных участков, выявляемых в ходе рядовых съемок, следует выполнять на минимально допустимой скорости полета.

3.6.1.17. Для уточнения местоположения аномалий (аномальных зон), выявленных при рядовой съемке, и оценки параметров возмущающих объектов выполняются воздушные детализационные работы. Воздушная детализация включает следующие разновидности: 1) измерения по более густой сети маршрутов с сохранением остальных условий съемки; 2) разночастотные измерения; 3) погоризонтные (разновысотные) измерения.

3.6.1.18. Измерения со сгущением сети маршрутов производятся с целью проверки наличия, уточнения местоположения и конфигурации локальных аномалий предположительно «рудного» характера, выявленных по одному-двум маршрутам рядовой съемки, а также с целью детализации аномальных зон, связываемых с характерными рудоконтролирующими структурами (тектоническими зонами, депрессиями фундамента и т. п.). Межмаршрутное расстояние устанавливается в два—четыре раза меньше, чем при рядовой съемке, но не менее 100 м. Маршруты прокладываются вкрест простирания выявленных аномальных зон. Протяженность их выбирается с учетом выхода в нормальное поле и обеспеченности хорошо опознаваемыми входными и выходными ориентирами и обычно составляет 2—5 км. Рабочая высота съемки задается минимально допустимой.

3.6.1.19. Разночастотные измерения производятся при ограничениях одновременной рядовой съемки на всех рабочих частотах с целью построения частотных характеристик. Измерения ведутся на рабочей высоте съемки по рядовым маршрутам, проходящим через эпицентр аномальной зоны. В случае линейно вытянутой формы аномальной зоны целесообразно выполнить несколько пересечений по наиболее характерным ее интервалам. Длина маршрутов определяется шириной аномальных зон и наличием надежных ориентиров. Каждый маршрут проходится не менее двух раз в одном направлении на каждой рабочей частоте.

3.6.1.20. Разновысотные погоризонтные измерения служат для оценки протяженности локальных объектов низкого удельного сопротивления по падению, определения мощности насосов и др. Наблюдения проводятся на оптимальной рабочей

частоте по отдельным целесообразно распределенным по площади маршрутам. Длина маршрутов выбирается исходя из тех же соображений, что и при разночастотных измерениях. С целью обеспечения достаточной детальности и равноточности построения погоризонтных характеристик наблюдаемого поля в логарифмическом масштабе целесообразно изменять рабочую высоту съемки по закону предпочтительных чисел ряда R 10, т. е. задавать ее с учетом ряда высот: 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 160, 200, 250, ... м. В пределах этого ряда высота съемки увеличивается от минимально допустимой по условиям безопасности полетов до значений, при которых происходит полное затухание исследуемых аномалий. На каждой заданной высоте маршрут проходят не менее двух раз в одном направлении.

3.6.1.21. В связи с затруднительностью выделения перспективных аномалий непосредственно в ходе рядовой съемки решение о проведении детализационных работ обычно принимается после предварительной обработки и анализа поступивших в камеральную группу полевых материалов. Объем детализационных работ устанавливается в зависимости от геолого-геофизической и геоморфологической обстановки в районе намечаемой детализации и может колебаться от нескольких маршрутов до площадной детальной съемки, достигая 20—25 % от объема рядовых наблюдений. Планово-высотная привязка маршрутов площадной детальной съемки должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к рядовой съемке соответствующего масштаба. При отсутствии картографических материалов необходимой кондиции следует предварительно осуществить аэрофотосъемку аномальных участков с целью составления крупномасштабных (1 : 5000—1 : 15 000) фотосхем.

3.6.1.22. Дальнейшее изучение наиболее перспективных аномалий осуществляется другими наземными геофизическими методами (в том числе и методами электроразведки). Наземные работы по уточнению местоположения и установлению геологической природы воздушных аномалий в общем случае включают два этапа: предварительной и детальной проверок. Предварительная геолого-геофизическая проверка перспективных аномалий производится в процессе аэроэлектроразведочных работ или по их завершении силами аэроэлектроразведочной (комплексной аэрогеофизической) партии или по ее рекомендации специализированным подразделением.

Предварительной проверке подлежат все аномалии, выделенные в ходе полевой интерпретации данных аэроэлектроразведки как перспективные на оруденение, а также типичные аномалии, связанные с типичными рудоконтролирующими формациями и геолого-структурными элементами района работ. Детализационные исследования проводятся с использованием наземных аналогов применяемого метода аэроэлектроразведки или наиболее близкого к нему по измеряемым параметрам и поисково-картировочным возможностям наземного индуктивного метода. При необходимости могут привлекаться другие геофизические и геохимические методы. Масштабы детализационных съемок и методика их выполнения определяются соответствующими разделами настоящей инструкции.

Детальная проверка проводится с целью выявления прямых признаков оруденения и предварительной оценки его масштабов. Она выполняется, как правило, силами геофизических и геолого-геофизических партий территориальных геологических организаций с использованием оптимального комплекса геофизических, геологических, геохимических и горно-буровых работ.

3.6.1.23. С целью прокладки маршрутов и привязки результатов наблюдений при проведении аэроэлектроразведочных работ используются картографические материалы (топокарты, фотопланы, фотосхемы и их репродукции) различных масштабов.

3.6.1.24. Масштаб применяемого картографического материала зависит от масштаба съемки. Выполнение съемки масштаба 1 : 25 000 и крупнее по топооснове 1 : 100 000 не допускается.

Для общей ориентировки в полете съемочный экипаж должен быть также обеспечен мелкомасштабными (1 : 500 000—1 : 1 000 000) картами, охватывающими площадь работ и подходы к ней. Наземные детализационные работы проводятся с использованием крупномасштабной топоосновы.

3.6.1.25. Заказ, получение и хранение картографических материалов осуществляются силами партии (экспедиции) в установленном порядке.

3.6.1.26. Основными способами определения планового положения маршрутов аэроэлектроразведочной съемки являются аэрофотопривязка и радиогеодезическая привязка. Визуальная привязка допускается при проведении рекогносцировочных и

экспериментальных маршрутных съемок, а в остальных случаях — только в виде исключения с разрешения вышестоящей организации.

3.6.1.27. При выполнении поисково-съемочных и аэросъемочных полетов частота и точность отметки места самолета, вертолета (МС) и точность выдерживания фактической линии пути (ЛФП) по сравнению с заданной (ЛЗП) определяются масштабом рабочей полетной карты или фотосхемы. Частота и допустимые отклонения в определении отдельных элементов линии полета в зависимости от масштаба рабочей полетной карты или фотосхемы определяются требованиями «Руководства по съемочным полетам».

При полетах на вертолетах со скоростью до 120 км/ч при масштабе рабочей карты крупнее 1 : 500 000 отметки МС должны делаться в два раза чаще. При работе в безориентирной местности частота отметки МС определяется наличием имеющихся на местности и рабочей карте ориентиров, каждый из которых должен быть отмечен при пролете.

3.6.1.26. Число ориентиров для привязки рядовых маршрутов и расстояния между ними обусловливаются масштабом съемки, характером местности и наличием ориентиров на ней; максимально допустимые расстояния между ориентирами для выполнения фотопривязки определяются требованиями «Руководства по съемочным полетам».

В малоориентирной местности следует фотографировать все встреченные ориентиры. При полетах по системе криволинейных маршрутов фотографирование ориентиров выполняют через 1—2 км независимо от масштаба съемки.

В сложных условиях съемки (например, при съемке в горах по системе криволинейных маршрутов) в состав экипажа может включаться специальный аэрофотооператор.

При проведении аэроэлектроразведочной съемки масштаба 1 : 10 000 в ряде случаев необходимо принимать дополнительные меры, направленные на повышение точности прокладки и привязки маршрутов. Так, в малоориентирной местности целесообразно выставлять дополнительные искусственные ориентиры или использовать передвижные ориентиры, с которых подаются световые сигналы. Качество прокладки маршрутов при этом контролируется с помощью аэрофотосъемки характерных ориентиров (см. 3.6.2.3, 3.6.5.2).

3.6.1.29. В результате опознавания сфотографированных ориентиров и нанесения главных точек аэроснимков на топографическую карту отчетного масштаба составляется схема расположения маршрутов, которая и служит основой для построения отчетных карт.

3.6.1.30. Наибольшую точность прокладки и привязки съемочных маршрутов обеспечивает применение специализированных аэронавигационных систем. Использование их особенно целесообразно в малоориентирных районах и при проведении крупномасштабных поисковых съемок. Существующие радиогеодезические системы типов «Поиск» и «Мир» обеспечивают вождение воздушных судов по заранее рассчитанной сети криволинейных (гиперболических) маршрутов при относительных превышениях рельефа до 500 м.

Выполнение поисково-съемочных полетов с использованием радиогеодезических систем производится в соответствии с требованиями «Руководства по съемочным полетам».

Применение радиогеодезических средств привязки не исключает выполнения аэрофотосъемки. С целью контроля штурман производит засечку и фотографирование характерных ориентиров, как при фотопривязке.

3.6.1.31. Высотная привязка наблюдений осуществляется с помощью высотомеров, входящих в штатное оборудование летательного аппарата. При полетах на постоянной истинной высоте (с обтеканием рельефа) на ленте самописца непрерывно регистрируются показания радиовысотомера РВ-2 (РВ-3). Погрешность измерения высоты при надлежащей поверке и калибровке радиовысотомера составляет в условиях пологого рельефа $\pm(2\text{ м} + 0{,}05h_{ист})$ для диапазона 0—120 м и $\pm(20\text{ м} + 0{,}05\,h_{ист})$ для диапазона 0—1200 м. При резкопересеченном рельефе погрешность увеличивается за счет искажения записи над узкими выступами и впадинами.

Если съемка выполняется на единой абсолютной высоте, заданная высота поддерживается по барометрическому высотомеру, показания которого периодически фиксируются на диаграмме. В целях контроля целесообразно и в этом случае непрерывно регистрировать истинную высоту.

При проведении съемки в условиях пересеченного рельефа рекомендуется дополнительно использовать профилограф — прибор, позволяющий по разности барометрической и истинной высот регистрировать на ленте самописца профиль рельефа по маршруту. Сопоставление таких записей с гипсометрической ситуацией топокарт позволяет существенно повысить точность привязки в межориентирных интервалах, проводить отбраковку ложных аномалий, обусловленных рельефом, и облегчает отыскание местоположения локальных аномалий, подлежащих наземной детализации и проверке. При выполнении аэросъемки методом радиокип применение профилографа обязательно (см. 3.6.3.8).

3.6.1.32. Качество прокладки и планово-высотной привязки маршрутов аэроэлектроразведочной съемки оценивается в соответствии с требованием «Руководства по съемочным полетам». При отклонении фактических условий съемки от заданных, превышающих установленные допуски, по согласованию с авиапредприятием выполняются перезалеты забракованных маршрутов или вставки в разрывах, образовавшихся между маршрутами (окнах).

3.6.1.33. Подготовка к съемочным полетам и их выполнение производятся в соответствии с требованиями «Руководства по съемочным полетам».

3.6.1.34. Предполетная подготовка производится непосредственно перед вылетом. Во время предполетной подготовки бортоператор выполняет следующие операции:

1) совместно с бортмехаником (авиатехником) производит наружный осмотр аппаратуры, обращая особое внимание на исправность соединительных кабелей и надежность крепления блоков, внефюзеляжных устройств и связанных с ними агрегатов (лебедка, тросоруб и др.);

2) подключает аппаратуру к источнику аэродромного питания и производит ее прогрев в течение 15—20 мин;

3) проверяет зарядку регистратора диаграммной лентой, заправку чернильниц самописцев, зарядку и наличие запасных кассет АФА;

4) проверяет срабатывание отметчика ориентиров и аэрофотоаппарата;

5) записывает на диаграммной ленте начальные данные съемочного вылета — номер диаграммы, дату, номер вылета, номер аэрофильма фотопривязки, измеряемые параметры поля, рабочие частоты и т. д.;

6) фиксирует на диаграммной ленте взаимное расположение перьев рабочих и вспомогательных каналов регистратора; при необходимости производит регулировку прижимных пружин перьев;

7) определяет работоспособность аналогового, кодового, цифрового магнитного или другого типа регистратора; выполняет контрольно-настроечные операции и калибровки, предусмотренные для данного типа аппаратуры;

8) отключает аппаратуру от источника аэродромного питания.

3.6.1.35. После запуска двигателя и включения пилотажного оборудования бортоператор выполняет следующие операции:

1) включает аппаратуру, проверяет соответствие напряжений и токов в цепях питания номинальным;

2) посредством компенсации начального напряжения РВ-2 устанавливает перо канала записи высоты на нулевую отметку шкалы (при этом отклонение от нуля на индикаторе РВ-2 должно быть не более ± 2 м);

3) выключает аппаратуру и докладывает командиру экипажа о готовности к вылету.

3.6.1.36. После взлета и набора высоты бортоператор выполняет следующее:

1) с разрешения командира корабля выпускает гондолу на заданную длину троскабеля и включает аппаратуру;

2) переводит аэрофотоаппарат в рабочее положение, устанавливает требуемую выдержку и доворот на угол сноса (по указанию штурмана);

3) на подлете к съемочному участку выполняет операции по проверке, настройке и калибровке, предусмотренные для данного типа аппаратуры;

4) фиксирует на диаграммной ленте характер выполняемых операций, номера пределов измерений (шкал), параметры калибровочных сигналов и т. д.;

5) производит запись помех в различных режимах работы аппаратуры;

6) производит регистрацию параметров поля на контрольном маршруте и на основании полученных данных принимает решение о выполнении съемки или возвращении на аэродром.

3.6.1.37. Во время подлета бортоператор также выполняет (с периодичностью

три—пять вылетов) калибровку канала записи высоты полета следующим образом:

1) при полете над ровной земной или водной поверхностью устанавливает масштаб записи 100 м на 60—70 % шкалы;

2) регистрирует на ленте самописца уровень сигнала при последовательных полетах на высотах 120, 100, 80, 60, 40, 20 м по индикатору РВ-2.

При правильной компенсации начального напряжения РВ-2 нелинейность записи высоты в диапазоне 0—80 м не должна превышать ±10 %. При получении худших значений производится подстройка компенсации начального напряжения РВ-2 согласно 3.6.1.35 и калибровка канала повторяется.

3.6.1.38. Во время съемки бортоператор выполняет следующее:

1) наблюдает за работой аппаратуры и записью измеряемых параметров поля и высоты полета; своевременно производит переключение шкал (если это не выполняется автоматически); фиксирует на диаграммной ленте номера (номиналы) шкал и другие данные, касающиеся режима работы аппаратуры; обеспечивает и контролирует работу кодового, цифрового магнитного или другого типа регистратора в соответствии с техническими инструкциями по эксплуатации;

2) по указаниям штурмана фиксирует на ленте номера и курсы маршрутов, номера входных, промежуточных и выходных ориентиров;

3) при необходимости выполняет фотографирование дополнительных ориентиров;

4) ведет аэровизуальные наблюдения, отмечая на ленте (записью от руки или с помощью условных обозначений):

— линии электропередачи и связи, железные дороги, трубопроводы, населенные пункты и прочие искусственные сооружения, которые могут быть источником помех или аномалий;

— орогидрографические особенности местности (реки, озера, болота, солончаки, хребты и т. п.);

— распознаваемые с воздуха геологические объекты (выходы коренных пород, ожелезненные зоны, депрессии, тектонические нарушения и т. д.) и признаки ведения геологоразведочных работ — горные выработки, буровые скважины;

5) фиксирует на ленте моменты резких эволюций летательного аппарата — изменения курса, крена или тангажа, моменты усиления «болтанки» гондолы и другие причины, вызывающие усложнение записи;

6) периодически (на разворотах) проверяет положение нулей и калибровку измерительных каналов и в случае необходимости производит подстройку аппаратуры;

7) на разворотах производит разделение кадров аэрофильма;

8) в случае возникновения неисправностей аппаратуры принимает меры для их устранения, а при невозможности ремонта дает командиру указание о возвращении на аэродром базирования;

9) по окончании рядовой съемки выполняет повторное измерение на контрольном маршруте (если это предусмотрено методикой работ), калибровочные операции и запись помех;

10) выключает аппаратуру и с разрешения командира производит подъем гондолы.

3.6.1.39. Во время измерений на съемочном маршруте запрещается:

1) изменение режима работы и проведение подстройки аппаратуры;

2) работа связных радиостанций летательного аппарата в режиме передачи, если к этому не вынуждают особые обстоятельства;

3) выполнение неучитываемых доворотов с целью точного выхода на намеченный ориентир.

3.6.1.40. После посадки бортоператор выполняет следующие операции:

1) проверяет выключение аппаратуры, снимает записанную диаграммную ленту, вставляет новый рулон, надевает на аппаратуру чехлы;

2) при необходимости устраняет отмеченные в полете неисправности и неполадки;

3) вносит в бортовой аппаратурный журнал сведения о работе аппаратуры, произведенных настройках, регулировках и ремонте;

4) выполняет сверку записей номеров и курсов маршрутов, номеров ориентиров на диаграмме и в штурманском журнале (донесении), восстанавливает (дублирует) все нечеткие записи на ленте;

5) сдает диаграмму в камеральную группу партии.

3.6.1.41. Рекомендуется проводить разборы полетов, в которых участвуют

начальник (техрук) партии, старший геофизик камеральной группы, бортоператор, командир корабля и штурман-аэросъемщик. В начальный период работы проведение разборов обязательно.

3.6.1.42. С целью проверки работы аппаратуры, учета влияния помех и объективной оценки качества съемки выполняются контрольные (повторные) измерения. Контрольные измерения выполняются путем систематического прохождения специально выбранного контрольного маршрута (КМ), повторные — путем повторения маршрутов рядовой съемки.

3.6.1.43. При настройке и облете аппаратуры, опытно-методических работах, связанных с выбором оптимальных условий съемки, и при детализационных работах основным способом контроля являются измерения на КМ. Прохождение КМ обязательно также при резких изменениях условий съемки, после ремонта аппаратуры и длительных перерывов в полетах. Допускается использование измерений на КМ в качестве способа контроля и при выполнении рядовой съемки. В этом случае каждый вылет должен начинаться и заканчиваться прохождением КМ. В начале вылета измерения на КМ выполняются в строго номинальном режиме работы аппаратуры, а в конце — в режиме, в котором закончилась съемка.

3.6.1.44. КМ располагают таким образом, чтобы при его залете максимально снизить непроизводительные затраты летного времени; обычно он выбирается в пределах площади съемки с учетом следующих требований:

1) длина маршрута 10—15 км;

2) ландшафтные условия — средние для площади съемки;

3) наличие интервалов как спокойного, так и аномального поля;

4) максимальная обеспеченность хорошо опознаваемыми ориентирами (при необходимости дополнительно выставляются искусственные ориентиры).

Объем контрольных и повторных наблюдений зависит от характера и условий производства работ и должен составлять не менее 5 % от объема рядовых наблюдений.

3.6.1.45. Оценка работы аппаратуры и качества измерений производится с учетом особенностей аэроэлектроразведочного метода (см. 3.6.2.19, 3.6.3.11, 3.6.4.9, 3.6.5.6).

3.6.1.46. Основными полевыми документами, получаемыми в процессе аэроэлектроразведочной съемки, являются: 1) диаграммы аналоговой регистрации измеряемых параметров поля, высоты полета, ориентирных отметок или меток циклов радиогеодезической привязки, магнитные или перфоленты с кодовой или цифровой записью с соответствующей полевой документацией; 2) бортжурнал штурмана (штурманские донесения); 3) рабочие полетные карты; 4) аппаратурный журнал бортоператора; 5) аэрофильмы фотопривязки; 6) фазограммы радиогеодезической привязки; 7) отчет командира экипажа о выполнении заявки на полет; 8) другие документы, определяемые спецификой того или иного метода аэроэлектроразведки.

При применении бортовых средств автоматизации обработки материалов к полевым документам относятся также носители кодовой регистрации (магнитные ленты, перфоленты, перфокарты) и сопровождающие их журналы.

3.6.1.47. Диаграммы аналоговой регистрации должны содержать сведения, необходимые для обработки и интерпретации: время взлета и посадки; режим работы аппаратуры, записи положения нулей измерительных каналов и калибровочных импульсов; номера, курсы, обозначения начала и конца съемочных маршрутов; номера ориентиров и снимков фотопривязки, номера циклов радиогеодезической привязки; данные аэровизуальных наблюдений и прочие отметки, характеризующие ход съемки (детализация аномалий, повторы, возвраты, перерывы в выполнении съемки) и условия ее выполнения.

Все перечисленные сведения заносятся бортоператором в процессе полета простым карандашом. При необходимости неразборчивые записи дублируются непосредственно после окончания вылета. Стирать или переправлять записи, сделанные в полете, не разрешается.

Каждая диаграмма должна иметь паспорт, заполняемый бортоператором (прил. 129, 133, 134, 136). Все диаграммы должны быть зарегистрированы в журнале приемки.

3.6.1.48. Штурманские бортовые журналы (донесения) ведутся по формам и требованиям, приведенным в «Руководстве по съемочным полетам».

3.6.1.49. Рабочие полетные карты с нанесенными по данным визуальной привязки линиями съемочных маршрутов (рядовых, повторных, контрольных) должны содержать все данные по прокладке маршрутов, соответствующие записям в бортовом журнале: номера маршрутов, их направление, отметки начала, конца и всех проме-

жуточных ориентиров по каждому из маршрутов, круги набора, перерывы в съемке, перезаходы, повторы и т. д. Рабочие полетные карты после сверки нанесенных на них данных с бортовым журналом и диаграммой аналоговой регистрации и оформления тушью передаются в камеральную группу.

3.6.1.50. Аппаратурный журнал бортоператора ведется по произвольной форме. В нем фиксируются: даты и результаты профилактических осмотров всех составных частей аппаратурного комплекса, обнаруженные дефекты и способы их устранения; отказы и неисправности в работе, причины и способы их устранения, сведения о произведенных при этом заменах деталей и узлов аппаратуры и т. п. Каждая законченная запись подписывается бортоператором. Не реже одного-двух раз в месяц аппаратурный журнал просматривается и подписывается начальником [главным инженером, главным (старшим) геофизиком] партии.

3.6.1.51. Аэрофильмы, содержащие снимки фотопривязки, должны иметь номера. На каждом аэрофильме должны быть указаны дата и номер вылета, номера снимков фотопривязки, их число, масштаб и вид съемки, светофильтр, выдержка, замечания бортоператора и его фамилия (подпись).

3.6.1.52. На фазограммах радиогеодезической привязки должны быть отмечены: время вылета и посадки, номера начального, конечного и промежуточных опорных геодезических пунктов, курсы захода на них, начала и концы съемочных маршрутов, номера засеченных штурманом ориентиров. Каждая фазограмма снабжается паспортом, в котором указывают номер фазограммы, название или номер участка, дату, номера съемочных маршрутов, опорных пунктов, способ вождения самолета (визуальный или с использованием радиогеодезических систем), фамилии штурмана и бортоператора. Паспорт подписывается бортоператором.

3.6.1.53. Магнитные ленты, перфоленты кодовой или цифровой регистрации должны сопровождаться соответствующими паспортами, содержащими все необходимые сведения для обработки информации на ЭВМ.

3.6.1.54. Отчет о выполненном съемочном полете составляет командир экипажа в соответствии с требованиями «Руководства по съемочным полетам».

3.6.1.55. В целях учета, оценки качества и обработки полевых материалов ведут дополнительную документацию, к которой относятся: 1) журнал приемки диаграмм; 2) журналы обработки диаграмм; 3) журнал вычисления погрешности съемки; 4) журналы учета и обработки материалов аэрофотопривязки и радиогеодезической привязки.

Выделяют также предварительную камеральную обработку, которая заключается в следующем:

1) проявлении и дешифрировании аэрофотоснимков, привязке опознанных ориентиров и нанесении ЛФП на топокарту отчетного масштаба;

2) устранении на диаграммах записи параметров электромагнитного поля случайных скачков, осреднении записи на чувствительных пределах измерения, осложненной помехами;

3) разбивке оси расстояний на диаграммной ленте на интервалы, через которые происходит взятие отсчетов измеряемых параметров, обычно через 100—200 м в зависимости от сложности поля; при этом скорость полета между ориентирами принимается постоянной;

4) при кодовой или цифровой регистрации — проверке магнитных лент на полевых устройствах контроля, перфолент на ЭВМ с помощью специальной программы разбраковки.

3.6.1.56. Журнал приемки диаграмм ведется старшим геофизиком камеральной группы (примерную форму см. в прил. 131). В журнал приемки переносятся все данные из паспорта диаграммы, в нем приводится краткая характеристика диаграммы с указанием отмеченных недостатков и производится оценка материалов помаршрутно по четырехбалльной системе в соответствии с временными или постоянно действующими инструкциями. Записи по каждой диаграмме заверяются подписью старшего геофизика и бортоператора.

3.6.1.57. Журнал обработки диаграмм ведется в случае необходимости фиксации результатов измерений в цифровой форме (для введения различного рода поправок, ввода в ЭВМ и т. д.). Форма журнала устанавливается в зависимости от характера выполняемых при обработке операций и требований вычислительных программ.

3.6.1.58. Журнал вычисления погрешности съемки ведется, если для применяемого метода аэроэлектроразведки установлен количественный способ оценки погреш-

ности. В журнал в цифровой форме заносятся исходные данные и производятся соответствующие расчеты.

3.6.1.59. Журналы учета и обработки материалов аэрофотопривязки и радиогеодезической привязки ведутся согласно рекомендациям соответствующих руководств.

3.6.1.60. Все журналы ведутся простым карандашом или шариковой ручкой с пастой темных тонов. Оформление журналов (надписи на обложках, титульных листах, оглавление, нумерация страниц, подписи исполнителей и ответственных лиц) должны соответствовать общим требованиям.

3.6.1.61. Приемка полевых материалов и оценка качества работ осуществляются руководством партии и комиссиями вышестоящих организаций в порядке, регламентируемом настоящей инструкцией (см. 3.9.17—3.9.22).

3.6.2. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ДЛИННОГО КАБЕЛЯ (прил. 129-131)

3.6.2.1. В аэроэлектроразведке методом длинного кабеля (ДК-А) с воздуха изучается электромагнитное поле, возбуждаемое в земле токами в диапазоне звуковой частоты (от первых сотен до первых тысяч герц), текущими в прямолинейном заземленном на концах кабеле. Измерительное устройство устанавливается на вертолете типа МИ-4 или самолете типа АН-2.

3.6.2.2. Метод применяется при крупномасштабном геологическом картировании с целью выявления и прослеживания зон тектонических нарушений, рудной минерализации, электропроводных геологических образований (типа сланцев, зон графитизации и пр.), картирования толщ вмещающих пород и выделения участков, перспективных на поиски месторождений.

Методом ДК-А уверенно выделяются линейно вытянутые локальные объекты при различной их мощности, в зависимости от удельного сопротивления объекта. Они выделяются при мощностях от первых метров для объектов с удельным сопротивлением $\rho \approx 1$ Ом·м, залегающих во вмещающих средах высокого удельного сопротивления, и при мощностях не менее 50—100 м — при удельном сопротивлении $\rho \approx$ ≈ 50 Ом·м и удельном сопротивлении вмещающих пород 1000 Ом·м и более.

Разрешающая способность метода по разделению искомых геологических объектов в плане удовлетворяет требованиям геологического картирования масштабов 1 : 25 000—1 : 50 000 в одноярусных районах, а в двухъярусных — преимущественно в разрезах высокого удельного сопротивления при картировании объектов с $\rho \leqslant$ $\leqslant 200 \div 500$ Ом·м. Деление районов на одно- и двухъярусные производится в соответствии с «Основными положениями организации и производства геологосъемочных работ масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000)» (М., Недра, 1968) и дополнениями к ним.

Глубинность метода ДК-А при выявлении тел жильного типа низкого удельного сопротивления (первые единицы ом-метров) в открытых районах и в средах с очень высоким удельным сопротивлением может достигать нескольких сотен метров; если тело выходит под наносы с удельным сопротивлением 10—40 Ом·м, глубинность снижается до первых десятков метров.

В силу малой зависимости аномальных эффектов от высоты полета и слабого влияния форм рельефа дневной поверхности на низких частотах, используемых в методе ДК-А, метод может применяться в условиях пересеченного рельефа. При низком удельном сопротивлении пород, слагающих рельеф, аномалии, связанные с ним, можно «отбраковать», производя измерения на разных частотах. Одновременно увеличение высоты полета ведет к уменьшению аномалий над небольшими объектами слабой контрастности по удельному сопротивлению.

Метод ДК-А может применяться как самостоятельно, так и в комплексе с другими — СДВР, аэромагнитометрией и при условии «жесткого» крепления чувствительного элемента аппаратуры к борту летательного аппарата — с аэрогамма-спектрометрией.

Аэроэлектроразведочная съемка методом ДК обязательно должна сопровождаться наземной проверкой выявленных аномалий этим же методом как по отдельным профилям, так и на детальных участках. Для лучшего сопоставления данных воздушных и наземных наблюдений следует использовать один и тот же питающий кабель.

3.6.2.3. Масштаб съемки определяется поставленной геологической задачей и размерами изучаемых объектов и обычно соответствует масштабам 1 : 50 000—1 : 25 000, а при детализации — и масштабу 1 : 10 000 (см. 3.6.1.28).

Специфика организации работ в сравнении с другими методами аэроэлектроразведки состоит в необходимости предварительной подготовки и обслуживания в процессе аэросъемки наземной питающей линии с генераторной группой.

3.6.2.4. Для производства работ методом ДК-А (первоначальное название БДК) используются аэроэлектроразведочные станции типа двухчастотной БДК-69 (БДК-70) или одночастотной МДК-74, 80 в комплекте с наземной генераторной группой, питаемой передвижной трехфазной электростанцией типа АБ-8 или ПЭС-15.

3.6.2.5. Измеряемыми параметрами ДК-А являются модуль горизонтальной составляющей вектора напряженности магнитного поля кабеля и его фаза относительно тока в кабеле на одной или одновременно на двух рабочих частотах (при использовании станции типа БДК-69) или только модуль горизонтальной составляющей вектора напряженности магнитного поля кабеля на одной частоте (аппаратура типа МДК-74).

3.6.2.6. Питающая линия AB (кабель) раскладывается в центре изучаемого планшета вдоль предполагаемого простирания искомых геологических образований с таким расчетом, чтобы последние не находились вблизи ее заземлений.

Питающая линия не должна располагаться в областях развития пород низкого удельного сопротивления, в депрессиях, заполненных рыхлым электропроводным материалом, в пределах известных или ожидаемых рудопроявлений и месторождений.

Съемочные маршруты прокладываются перпендикулярно питающей линии, не доходя до ее заземлений на расстояние $(0{,}05 \div 0{,}1)\, l_{AB}$.

Длина питающей линии выбирается в зависимости от размеров подлежащей обследованию площади и обычно составляет 10—40 км. Размеры площади, обследуемой от одной раскладки питающей линии, зависят от максимально возможного удаления по маршруту съемки от питающей линии. Определить это удаление при заданном l_{AB} можно по палеткам нормального поля кабеля конечной длины, задаваясь реально достижимой силой тока в питающей линии, оптимальным соотношением сигнал/помеха, удельным сопротивлением вмещающих пород и используемыми частотами. Палетки строятся по таблицам нормального поля кабеля конечной длины в соответствии с методическими рекомендациями.

3.6.2.7. При исследовании большой территории (несколько тысяч квадратных километров) вся территория делится на несколько участков, так чтобы она была заснята при минимальном числе раскладок питающих линий. Размеры участков определяются согласно 3.6.2.6.

Если геологические условия позволяют проводить исследование смежных участков так, чтобы питающая линия одного участка являлась продолжением таковой другого, то целесообразна установка генераторной группы на стыке участков с целью сокращения числа ее перемещений.

Если ориентировка питающей линии на стыке участков не меняется, то необходимо 4—8 (в зависимости от характера электромагнитного поля) съемочных маршрутов, приходящихся на стык, перекрыть от питающих линий смежных участков.

3.6.2.8. Выбор рабочих частот, длины маршрутов, высоты и скорости полета осуществляется на основе предварительных теоретических оценок (см. 3.6.2.6), имеющихся сведений об удельном сопротивлении и размерах искомых геологических объектов, а также опытно методических работ на хорошо изученном в геологическом отношении участке, желательно площадью не менее 200 км^2. Площадь опытных работ в малоисследованном районе выбирается по результатам отдельных профильных пересечений изучаемой территории через 2—3 км.

Теоретические расчеты для выбора рабочих частот и высоты полета можно сделать, пользуясь расчетами для тел пластовой формы безграничного простирания разных размеров в сечении и разной удельной электропроводности в соответствии с методическими рекомендациями.

Если работы проводятся в условиях пересеченного рельефа, необходимо дополнительно оценить возможные аномалии от различных форм рельефа и выбрать рабочую частоту с таким расчетом, чтобы получить оптимальное соотношение аномалий от искомого объекта и рельефа.

При проведении опытно-методических работ полеты проводят по профилям, проходящим над эпицентром возмущающего объекта и его флангами; измерения производятся на всех рабочих частотах. Высота съемки, считая до входного преобразователя (датчика), должна быть 50 (при выпускной гондоле — 85), 100, 150 м; целесообразно также дальнейшее увеличение высоты до исчезновения аномалии.

Критерием окончательного выбора длины маршрута является соотношение сигнал/помеха на его концах по измеряемым характеристикам (в случае одновременной двухчастотной съемки — на обеих частотах). Допустимо измерение поля на концах маршрутов при соотношении сигнал/помеха 3 : 1, если период действия помехи в несколько раз меньше минимальной ширины аномалии (обычно менее 50—100 м). На этих интервалах маршрутов производится осреднение записи.

Если проектируемая площадь съемки расположена вблизи участка, где аэроэлектроразведочные работы методом ДК проводились ранее, то при сходстве геологических ситуаций и задач можно опытно-методические работы не проводить, приняв ранее применявшуюся методику съемки.

3.6.2.9. Прокладку питающей линии на участке съемки осуществляет топоотряд по провешенной прямолинейной магистрали. Концы питающей линии привязывают к триангуляционной сети или к местным ориентирам в соответствии с требованиями, изложенными в 3.2.

3.6.2.10. Питающая линия делается из проводов типа ГПМП или ГПСМП. Заземление ее концов производят с помощью 30—50 стальных электродов, по возможности в сыром месте. Расстояние между электродами должно быть не меньше двух—трех длин части электрода, забитой в землю. Общее активное сопротивление линии не должно превышать 500—600 Ом.

Исправность питающей линии проверяется ежедневно перед началом работ путем измерения ее активного сопротивления при подаче в линию тока напряжением не менее 20 В.

3.6.2.11. Перед проведением съемки питающая линия должна быть настроена в режим бегущей волны. Настройка осуществляется путем подключения в разрыв питающей линии у одного из ее заземлений активного сопротивления, которое подбирается экспериментально до получения прямолинейной (параллельной оси частот) токовой частотной характеристики (зависимости входного тока от частоты). С этой целью в линию подается напряжение от звукового генератора (например, ГЗ-56) на ряде фиксированных частот, включая все рабочие. Ток в линии определяется путем измерения падения напряжения на включенном последовательно в линию резисторе.

После настройки питающей линии необходимо определить степень затухания тока вдоль нее, для чего на рабочих частотах измеряется сила тока в месте подключения генераторной группы и у заземлений. В случае расхождения указанных значений, превышающего 10—15 %, при вычислении эффективного удельного сопротивления нижнего полупространства необходимо вводить поправку, учитывающую искажение структуры поля в соответствии с методическими рекомендациями.

3.6.2.12. Генераторная группа устанавливается в средней части питающей линии или вблизи одного из рабочих заземлений (если размеры планшета требуют наращивания линии в соответствующем направлении) по возможности на доминирующей высоте (с целью обеспечения повсеместного прохождения опорного сигнала для измерений фазового сдвига). В соответствии с требованиями «Руководства по съемочным полетам» здесь оборудуются специальная площадка для установки генераторной группы и посадочная площадка для вертолета.

3.6.2.13. До начала работ на участке необходимо определить чувствительность приемно-усилительного тракта аппаратуры к магнитному полю с использованием колец Гельмгольца; в дальнейшем эта операция повторяется с периодичностью 10—15 дней, а также после регулировки и ремонтных работ, затрагивающих соответствующие узлы аппаратуры. Систематическое определение чувствительности должно производиться при идентичных условиях на максимально возможном удалении от источников промышленных помех и металлических конструкций.

3.6.2.14. Перед съемкой на рядовых маршрутах ежедневно производятся измерения на КМ, который выбирается на расстоянии 6—8 км от кабеля (см. 3.6.1.43, 3.6.1.44). На КМ в безаномальном интервале выставляют условный нуль для измерений фазового сдвига. Если по каким-либо причинам ежедневное прохождение КМ невозможно или экономически невыгодно из-за расположения участка съемки, то необходимо в начале каждого вылета повторять часть предыдущего маршрута с таким

расчетом, чтобы перекрытие содержало не менее двух хорошо опознаваемых ориентиров.

3.6.2.15. Наблюдения на рядовых маршрутах выполняют с учетом требований 3.6.1.12—3.6.1.16. На резкопересеченной местности допускается увеличение рабочей высоты съемки до 130—150 м, если при этом сохраняется уверенная корреляция аномалий от исследуемых объектов.

Высотную детализацию выполняют в соответствии с требованиями 3.6.1.20. При этом одно из задаваемых значений высоты съемки должно быть меньше ширины детализируемой аномалии (если это допустимо по условиям безопасности полетов), одно-два других — соизмеримы с шириной аномалии, а последующие — превосходить ее.

Наземную привязку и детализацию аэроэлектроразведочных аномалий проводят с помощью аппаратуры типа ИМА-1 с использованием питающего кабеля для воздушной съемки. Детализация включает измерения горизонтальной $|H_y|$ (в случае необходимости и $|H_x|$) и вертикальной $|H_z|$ составляющих электромагнитного поля кабеля на разных частотах.

3.6.2.16. Работа генераторной группы должна быть согласована с планом съемки на данный день. Предполетная подготовка генераторной группы и питающей линии осуществляется в соответствии с инструкцией по эксплуатации аппаратуры.

3.6.2.17. Предполетная подготовка бортовой аппаратуры производится согласно указаниям, приведенным в 3.6.1.34, 3.6.1.35. Перед вылетом необходимо выполнить наземные контрольно-настроечные операции:

1) определить и записать уровень помех при неработающем двигателе летательного аппарата. При сильном изменении уровня помех по сравнению со средним за продолжительный период необходимо тщательно проверить работоспособность аппаратуры;

2) калибровать приемно-измерительный тракт аппаратуры. Калибровка проводится в соответствии с инструкцией по эксплуатации, прилагаемой к комплекту аппаратуры.

3.6.2.18. На подлете к участку съемки измеряется и записывается на диаграммную ленту уровень помех на рабочих частотах при различных значениях постоянной времени измерительных каналов при выключенном токе в питающей линии. Оператор с помощью бортовой радиостанции связывается с генераторной группой и справляется о ее готовности к работе. При получении положительного ответа он дает команду о подаче опорного сигнала с требуемой рабочей частотой и выполняет калибровку приемно-измерительного тракта. Затем бортоператор дает команду на включение тока в питающую линию и после доклада оператора генераторной группы записывает значение силы тока на диаграммной ленте.

3.6.2.19. Во время съемки оператор генераторной группы обязан непрерывно следить за стабильностью силы тока в питающей линии и командами бортоператора, немедленно их выполнять и докладывать о выполнении. Для синхронизации отсчета времени на генераторной и измерительной группах, необходимого для точного учета возможных изменений силы тока в питающей линии, операторы в начале и в конце вылета сверяют часы. Диаграмма с записью силы тока датируется, подписывается оператором и передается в камеральную группу.

В ходе съемки бортоператор выполняет работу согласно инструкции по эксплуатации аппаратуры и требованиям, изложенным в 3.6.1.38, 3.6.1.39. В конце вылета повторяются измерения на КМ. Затем на генераторную группу подается команда о выключении тока в питающей линии. На подлете к аэродрому базирования проводится проверочная калибровка измерительной аппаратуры и регистрация уровня помех.

3.6.2.20. Контроль за качеством съемки производят в соответствии с требованиями 3.6.1.42—3.6.1.45.

По результатам рядовых и повторных наблюдений и измерений в конце и начале вылета на КМ вычисляют среднюю относительную погрешность измерений, %, по модулю горизонтальной составляющей магнитного поля $|H_y|$

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{|\Delta|H_y||}{|H_y|_{ср}}}{n} \cdot 100$$

и среднюю квадратичную погрешность, град, по фазе φ_{H_y}

$$\bar{\sigma} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta\varphi)^2}{2n}},$$

где $|H_y|_{ср}$ — среднее арифметическое значение модуля горизонтальной составляющей магнитного поля на основном и повторном маршрутах;

$$|\Delta|H_y||=||H_y|-|H_y|_{ср}|;$$

$\Delta\varphi$ — разность между значениями фазы первичного и повторного измерений; n — число использованных при подсчете точек.

При вычислении погрешности по модулю основные и повторные наблюдения предварительно приводят к силе тока 1 А и одинаковой чувствительности приемно-усилительного тракта аппаратуры.

3.6.2.21. Средняя относительная погрешность $|H_y|$ на участках, где отсутствуют резкие аномалии, не должна превышать 10 %, а средняя квадратичная по фазе $\pm 3°$. На интервалах маршрутов, включающих аномалии с большими градиентами, должно сохраняться качественное сходство аномалий, полученных при рядовых и повторных измерениях; при этом средняя относительная погрешность по модулю не должна превышать 20 %, а средняя квадратичная погрешность по фазовому сдвигу $\pm 5°$.

3.6.2.22. Полевая документация аэроэлектроразведочных съемок методом ДК-А ведется в соответствии с перечнем и правилами, приведенными в 3.6.1.46—3.6.1.60.

В перечень первичных документов дополнительно включаются: 1) журнал работы генераторной группы; 2) аппаратурный журнал генераторной группы; 3) диаграмма записи силы тока в питающей линии.

Форма журнала работы генераторной группы приведена в прил. 130.

Диаграммы записи силы тока в питающей линии снабжаются паспортом, в который переносятся сведения из журнала работы генераторной группы.

Аппаратурный журнал ведется по произвольной форме. В нем должны фиксироваться следующие сведения:

1) данные о методике и результатах настройки питающей линии в режим бегущей волны, значение затухания тока вдоль линии на рабочих частотах;

2) даты и длительность профилактических осмотров, ремонта и настроек, обнаруженные дефекты, даты их обнаружения и даты и способы их устранения;

3) обстоятельства, связанные с возникшей опасностью эксплуатации аппаратуры, даты их обнаружения и устранения;

4) даты и время нормальной эксплуатации аппаратуры;

5) даты монтажа, демонтажа, транспортировки аппаратуры.

Оценку качества полевой документации производят согласно требованиям 3.9 и 3.6.1.60.

3.6.2.23. Исходными материалами при камеральной обработке являются документы, перечисленные в 3.6.1.46, 3.6.2.22.

Первичная камеральная обработка помимо операций, перечисленных в 3.6.1.55, включает:

1) приведение наблюденных значений $|H_y|$ и φ_{H_y} к одному вертикальному масштабу;

2) построение графиков $|H_y|$ и φ_{H_y} с горизонтальным масштабом, соответствующим масштабу отчетной карты.

Вертикальный масштаб для графиков $|H_y|$ выбирается логарифмический с модулем 10; 12,5 или 6,25 (в зависимости от значений $|H_y|$ и интенсивности аномалий), так как поле $|H_y|$ на маршруте по мере удаления от кабеля меняется на несколько порядков; вертикальный масштаб графиков φ_{H_y} линейный в силу менее резкого изменения фазового сдвига по мере удаления от кабеля.

При обработке:

— маршрут полета принимают перпендикулярным питающей линии;

— высоту полета считают постоянной (резкие изменения ее на маршруте, устанавливаемые по записи показаний высотомера, учитываются при интерпретации);

— если на диаграммах записи силы тока за время прохождения маршрута отмечены изменения тока, в значения $|H_y|$ вводят соответствующую поправку по синхронным отметкам времени.

3.6.2.24. Следующий этап обработки заключается в вычислении и построении графиков аномального поля H_{ya} и $\varphi_{H_{ya}}$ и значений эффективного сопротивления $\tilde{\rho}$.

Аномальное поле H_{ya} вычисляется по формуле, %,

$$H_{ya} = \frac{|H_{yc}| - |H_{y0}|}{|H_{y0}|} \cdot 100, \qquad (119)$$

аномалии фазы $\varphi_{H_{ya}}$ — по формуле, град,

$$\varphi_{H_{ya}} = \varphi_{H_{yc}} - \varphi_{H_{y0}}, \qquad (120)$$

где $|H_{yc}|$ и $\varphi_{H_{yc}}$ — наблюденные значения модуля и фазы суммарного поля соответственно; $|H_{y0}|$ и $\varphi_{H_{y0}}$ — модуль и фаза нормального поля.

Модуль и фазовый сдвиг нормального поля определяют для каждого профиля в отдельности путем осреднения наблюденных кривых в соответствии с методическими рекомендациями. Если известно среднее значение удельного сопротивления вмещающих пород изучаемого участка, то нормальное поле для каждого профиля вычисляют с помощью палеток, построенных на основе опубликованных таблиц. Вычисленное таким образом нормальное поле наносится на графики $|H_{yc}|$ и $\varphi_{H_{yc}}$.

Разность ординат между измеренным и нормальным полем по характеристике $H_{yc}|$, снятая графически в каждой точке, отвечает значению H_{yc}/H_{y0} в логарифмическом масштабе в данной точке. Значение H_{ya} вычисляют по формуле (119).

Аномалии $\varphi_{H_{ya}}$ вычисляются графически и получаются как разность ординат между $\varphi_{H_{yc}}$ и $\varphi_{H_{y0}}$ в каждой точке в масштабе первичного графика.

Вычисленные в каждой точке профиля значения H_{ya} и $\varphi_{H_{ya}}$ строятся в виде графика по каждому маршруту в горизонтальном масштабе, отвечающем масштабу отчетной карты. Вертикальный масштаб графиков выбирается так, чтобы они были читаемы, будучи сведенными в карту.

Карты графиков H_{ya} и $\varphi_{H_{ya}}$ строятся в отчетном масштабе. На картах графиков H_{ya} положительные значения закрашиваются зеленым цветом, отрицательные — коричневым; положительные значения $\varphi_{H_{ya}}$ — фиолетовым, а отрицательные — оранжевым цветом.

3.6.2.25. Вычисление эффективного удельного сопротивления производится на ЭВМ по программе либо вручную. При вычислении $\tilde{\rho}$, Ом·м, на ЭВМ используется формула, справедливая для значений параметра $2l\sqrt{f/\rho} > 10 \div 20$,

$$\tilde{\rho} = \frac{1{,}974 l^4 f |H_y|^2}{l^2 G^2 \left\{(1-x)/r_2^3 + (1+x)/r_1^3 + (1/y^2)\left[(1-x)/r_2 + (1+x)/r_1\right]\right\}^2}, \qquad (121)$$

где l — половина длины питающей линии, км; f — частота, Гц; I — сила тока в линии, А; G — чувствительность приемного тракта измерительной аппаратуры, В/Э или В/(А/м); H_y — модуль горизонтальной составляющей, мкВ; x, y — координаты точки наблюдения, выраженные в долях полудлины питающей линии;

$$r_1 = \sqrt{1 + x^2 + y^2} \text{ и } r_2 = \sqrt{(1-x)^2 + y^2}$$

— расстояния от точки наблюдения до заземлений. Ось x направлена вдоль кабеля, ось y — перпендикулярно (по маршруту), начало координат — в середине кабеля.

При аналоговой регистрации значения $|H_y|$ для ввода в ЭВМ снимаются с диаграммы с фиксированным шагом. Результаты вычислений выдаются с помощью АЦПУ одновременно для четырех—шести маршрутов.

При вычислении $\tilde{\rho}$ вручную строят палетки нормального поля (в том же вертикальном масштабе, что и наблюденные графики) по таблицам нормальных полей для заданной длины кабеля и используемых рабочих частот, разбивая все графики на

планшете на ряд групп, тяготеющих к значениям $x = 0$, $x = 0{,}4$ и т. д. Значения поля даются в эрстедах при силе тока в кабеле 1 А каждого значения удельного сопротивления полупространства. Наблюденные значения $|H_y|$ приводятся к силе тока 1 А и оцифровываются в эрстедах. Палетки вычерчиваются на кальке и накладываются затем на графики наблюденных значений $|H_y|$ по соответствующим маршрутам. Значения $\tilde{\rho}$ в каждой точке маршрута считываются с палетки как ордината точки пересечения наблюденного графика с палеточной кривой с соответствующим индексом. По ним строится график $\tilde{\rho}$ по линии маршрута.

3.6.2.26. Графики наблюденных значений $|H_y|$ и φ_{H_y} по результатам частотной и высотной детализации (см. 3.6.1.17—3.6.1.20) строятся по каждому профилю друг над другом с указанием около каждой кривой значений частоты и высоты. Затем по этим графикам вычисляются аномальные значения и строятся графики $H_{y\text{а}}$ и $\varphi_{H_{y\text{а}}}$. По результатам частотной детализации для каждой детализируемой аномальной зоны на билогарифмическом бланке строятся частотные характеристики: по горизонтальной оси откладываются значения $\sqrt{f}$, по вертикальной — аномалия $H_{y\text{а}}$ в процентах, а $\varphi_{H_{y\text{а}}}$ — в градусах (для фазового сдвига вертикальный масштаб выбирается линейным).

3.6.2.27. Интерпретация результатов съемки методом ДК-А заключается в определении удельного сопротивления, размеров и глубины залегания выявленных электропроводных тел и удельного сопротивления вмещающих пород.

Для оценки удельного сопротивления и геометрических параметров электропроводных объектов используют данные частотной и высотной детализации и имеющиеся априорные сведения о геоэлектрическом разрезе (форма тела, размер по падению и др.).

Для тел пластовой формы определяют их видимую мощность, глубину залегания, удельное сопротивление, направление падения, используя разработанные приемы интерпретации. По графикам $\tilde{\rho}$ выделяют области равных значений $\tilde{\rho}$, взятых на безаномальных участках профиля.

3.6.2.28. По результатам определения параметров локальных объектов и $\tilde{\rho}$ строят геоэлектрическую карту в отчетном масштабе. На карте выделяют зоны низкого удельного сопротивления с указанием их параметров (мощность, глубина залегания, направление падения, электропроводность) и области развития пород, характеризующихся устойчивыми средними значениями $\tilde{\rho}$.

В сочетании с данными других геофизических методов и горно-буровых работ геоэлектрическая карта является основой для составления крупномасштабных геологических карт и выделения участков, перспективных для поисков рудных полезных ископаемых.

Локальные объекты с высокой удельной проводимостью при наличии благоприятных геологических факторов выделяют для первоочередной проверки наземными работами как перспективные на поиски оруденения.

В полевых условиях предварительно строят структурно-корреляционную схему в отчетном масштабе, куда наносят оси корреляции электропроводных зон и особенностей электромагнитного поля.

3.6.2.29. К отчету должны быть приложены следующие материалы: 1) карты графиков аномальных значений модуля и фазового сдвига в отчетном масштабе; 2) альбомы графиков $|H_y|$, φ_{H_y}, $\tilde{\rho}$; 3) геоэлектрическая карта в отчетном масштабе; 4) графики частотных характеристик.

Другие требования к отчету остаются общими согласно настоящей инструкции (см. 4.2).

3.6.3. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ РАДИОКИП (прил. 132—133)

3.6.3.1. Воздушный вариант съемки методом радиокип в диапазоне сверхдлинных волн (СДВР-А) проводится с целью геологического картирования горно-рудных районов и поисков контрастных по удельной электропроводности залежей полезных ископаемых. Измерительное устройство помещается на самолете или вертолете. Рабочая высота съемки до 100 м.

Метод характеризуется меньшей глубинностью исследований по сравнению с наземным вариантом (см. 3.3.9), поскольку объект поиска удален от приемника поля на дополнительное расстояние, равное высоте полета h_0. С воздуха могут быть обнаружены электропроводные объекты, залегающие в земле на глубине до 20—30 м под отложениями с достаточно высоким удельным сопротивлением (сотни и тысячи омметров).

3.6.3.2. Аэрометод радиокип обычно применяют в комплексе с аэромагниторазведкой и аэрогаммаспектрометрией при съемках масштабов 1 : 50 000—1 : 10 000 с расстоянием между маршрутами от 500 до 100 м.

3.6.3.3. При аэросъемках измеряется горизонтальная составляющая магнитного поля H_φ одной или двух радиостанций СДВ-диапазона. Одновременная регистрация двух полей с разными пеленгами позволяет более четко фиксировать электропроводные объекты с различным простиранием.

3.6.3.4. Аэроэлектроразведочный канал метода радиокип, построенный на базе наземной аппаратуры типа СДВР-4, содержит: а) входной преобразователь (антенную систему) для приема горизонтальной составляющей магнитного поля радиоволн, укрепляемый в хвостовой части или на концах крыльев летательного аппарата на расстоянии не менее 3 м от двигателя, а также в удалении от других источников помех, например блока фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) аэрогаммаспектрометра; б) амплитудный измеритель с аналоговым регистратором (самописцем). Необходимой частью аппаратуры является профилограф — устройство для записи профиля рельефа вдоль линии полета (см. 3.6.1.31).

Аналогичные узлы содержит специальная аэроаппаратура метода радиокип, входящая в состав аэрогеофизической станции типа СКАТ-77.

3.6.3.5. При регистрации на отдельной ленте запись поля СДВ должна сопровождаться записью профиля рельефа и высоты полета и синхронизироваться с другими каналами комплексной станции.

3.6.3.6. После монтажа аппаратуры производят ее включение на рабочей частоте, выбираемой согласно 3.3.9.4, 3.3.9.5. С помощью переключателя чувствительности (аттенюатора) устанавливают перо самописца на среднюю линию диаграммной ленты, при этом для более точной установки (в пределах нескольких миллиметров) используют регулятор механического нуля гальванометра. Затем проводят градуировку чувствительности измерительного канала, ступенчато через 2 дБ увеличивая, а затем уменьшая регистрируемый сигнал и добиваясь отклонения пера гальванометра до краев диаграммной ленты. Полученный ступенчатый график сигнала должен соответствовать трафарету, на котором зафиксирован стандарт чувствительности записи в децибелах (прил. 132). Если наблюдается несовпадение отклонений пера с делениями трафарета, то нужно изменить усиление выходного каскада амплитудного измерителя или чувствительность гальванометра.

Затем во время записи на ленте сигнала поля СДВ производят запуск двигателя летательного аппарата. При включении стартера могут наблюдаться скачки пера гальванометра, но после начала работы двигателя и отключения стартера уровень записи должен устанавливаться таким же, каким был до запуска двигателя. Изменение частоты вращения двигателя не должно влиять на показания прибора.

Возможное влияние других каналов аэрогеофизической станции проверяется поочередным включением всех блоков станции. Если установлено, что какой-либо узел станции создает заметные помехи, то нужно свести их к минимуму путем введения дополнительной фильтрации, экранировки или улучшения металлизации соответствующих блоков. Снизить уровень наводок можно и удалением антенной системы от источника помех. Максимально допустимое влияние помех на величину отсчета составляет 0,2 дБ.

3.6.3.7. Подготовка к съемочным полетам и их выполнение производятся в соответствии с действующими требованиями «Руководства по съемочным полетам».

Перед каждым вылетом аппаратура градуируется с записью на диаграммную ленту согласно 3.6.3.6.

При проведении съемки приемная рамка должна быть ориентирована на максимум приема. Ориентировку можно осуществить на выбранной на земле контрольной точке, например в районе аэродрома, предварительно установив летательный аппарат по курсу съемочных маршрутов.

3.6.3.8. Для проверки работоспособности аппаратуры проводится полет по контрольному маршруту, проложенному по прямой линии над ровной местностью, по

возможности с однородными геоэлектрическими условиями (например, над водой), на высоте около 200 м. Уровень записи поля устанавливается аттенюатором в средней части диаграммной ленты. Запись напряженности поля должна представлять собой ровную линию с флуктуациями не более 2 мм.

Во время пробного полета проверяется также работа профилографа. Над ровной местностью изменение высоты полета от 20 до 100 м практически не должно влиять на уровень его записи. При облете возвышенности запись должна отразить особенности рельефа. Превышение местности на 100 м должно вызывать отклонение пера самописца профилографа на 1 см (см. 3.6.1.31).

3.6.3.9. В процессе съемки оператор следит за тем, чтобы запись поля производилась в средней части диаграммной ленты, и при необходимости корректирует уровень записи переключением аттенюатора (во время разворотов).

3.6.3.10. При нормальной работе аппаратуры записи поля H_φ, профиля рельефа и высоты полета должны иметь вид тонких плавных линий. Качество записи можно считать удовлетворительным и в том случае, если наблюдается небольшая изрезанность графика поля (в пределах 0,3 дБ), вызываемая вибрацией, влиянием помех на борту летательного аппарата или грозовой активностью. Обычно в первой половине дня уровень атмосферных помех невелик, во второй половине дня он возрастает в несколько раз. При интенсивных грозах в соседнем районе большие амплитуды и частота следования импульсных помех могут сделать запись поля радиоволн непригодной для выделения полезных аномалий. В таких условиях съемку нужно прекратить, а забракованные маршруты повторить в другие дни.

3.6.3.11. Для оценки точности измерений используют повторные (при повторном залете в одном или разных вылетах) наблюдения, выполняемые согласно 3.6.1.42. Объем повторных измерений должен составлять не менее 5 % общего объема. Для определения идентичности условий рядовых и повторных измерений следует кроме данных фотопривязки привлекать показания профилографа и радиовысотомера. Для сравнения выбирают участки маршрутов, где наблюдения проводились на одинаковой с погрешностью ± 10 м высоте. Уровень поля при рядовых и повторных полетах может различаться, поэтому графики поля нужно перестроить в одинаковых масштабах. Масштаб расстояний должен быть сведен к отчетному масштабу, а для значений поля нужно принять масштаб 2 дБ в 1 см. Значения поля в децибелах для любой точки записи на диаграммной ленте могут быть определены с помощью трафарета (прил.132). Перестроенные графики рядовых и повторных наблюдений совмещают и сравнивают. Вследствие разной скорости полета между ориентирами при рядовых и повторных полетах экстремальные точки совмещенных графиков могут быть несколько сдвинуты, а значения аномалий могут различаться из-за неодинаковой высоты полета, но все характерные аномальные изменения поля должны повторяться.

3.6.3.12. Полевым материалом аэросъемок методом радиокип являются диаграммы, которые должны содержать записи поля H_φ на одной или двух частотах, записи профиля рельефа и высоты полета, отметки ориентиров или циклов радиогеодезической привязки и необходимые пометки бортоператора, а также другая документация согласно 3.6.1.46—3.6.1.60 настоящей инструкции. Формы паспорта и журнала регистрации диаграмм приведены в прил. 133.

3.6.3.13. При обработке диаграмм рядовой съемки в том случае, если на записи кривая характеристик поля изрезана, ее сглаживают, проводя через точки, где помехи минимальны. При этом нужно иметь в виду, что ширина аномалии, вызванной маломощным объектом низкого удельного сопротивления, составляет не менее 80—100 м, а минимальная надежно выделяемая аномалия — 0,5 дБ. Изменения характеристик поля с меньшей протяженностью по маршруту или с меньшей амплитудой вызываются помехами.

Далее разбраковывают аномалии на полезные и вызванные объектами, не представляющими интереса. Повышенные значения поля интенсивностью от 0,5 до 6 дБ могут вызываться не только геологическими образованиями низкого удельного сопротивления, но и хребтами или искусственными электропроводными объектами. Понижениями уровня наблюдаемого поля могут отмечаться породы высокого удельного сопротивления, долины, а также отклонения приемной рамки от положения максимального приема при эволюциях летательного аппарата. Аномалии, вызываемые искусственными электропроводными объектами и отклонениями рамки, могут быть отбракованы по заметкам оператора во время полета.

Основную трудность составляет исключение влияния локальных форм рельефа, так как хребты и долины с амплитудой более 20—30 м могут вызывать заметные аномалии (см. 3.3.9.17). Рассматривая совместно записи поля H_φ и профиля рельефа, проверяют, не совпадают ли повышенные значения поля с хребтами, а пониженные — с долинами. При совпадениях аномалии отбраковывают. В сомнительных случаях рекомендуется совместное рассмотрение осложненных интервалов на смежных маршрутах.

На записи поля H_φ выделяют только аномалии, предположительно связанные с геологическими образованиями повышенной или пониженной удельной электропроводности. В соответствии с методическими рекомендациями нормальное поле в районе аномалии проводят штриховой линией, руководствуясь характером графика H_φ в окрестности аномалии и учитывая, что он обычно повторяет формы рельефа.

Эпицентры выделенных аномалий выносят на топографическую карту с фактическими маршрутами. Для более точного определения положения аномалии на карте в качестве дополнительных ориентиров используют характерные точки графика рельефа на диаграммной ленте. При этом могут быть дополнительно отбракованы аномалии, вызываемые расположенными по соседству отрогами, не отразившимися на записи рельефа.

После уточнения эпицентры аномалий наносят на план маршрутов и на этой основе строят карту графиков аномального поля. Положительные и отрицательные значения аномального поля откладываются соответственно выше и ниже оси абсцисс в масштабе 2 дБ в 1 см. Значение аномалии определяется с помощью трафарета (прил. 132) вычитанием уровня нормального поля из наблюденного значения H_φ. Для более точного воспроизведения формы аномалий такие определения делают для ряда интервалов аномальной зоны. Затем аномалии коррелируют и проводят аномальные оси и зоны. При этом учитывают форму и величину аномалий.

3.6.3.14. На основе карты графиков аномального поля H_φ составляется карта геоэлектрических условий, на которой обычно изображают оси и зоны как низкого, так и высокого удельных сопротивлений объектов, а также элементы геоэлектрической ситуации, выделяемые по косвенным признакам (перерывам и изменению направления аномальных осей, изменению формы, ширины или величины аномалий).

При геологической интерпретации аномалий нужно учитывать, что обычно основная часть аномальных зон низкого удельного сопротивления соответствует разломам, зонам дробления, породам с повышенной трещиноватостью. Аномалии поля могут вызываться также графитизированными или сульфидизированными породами и крупными линзами руд, обладающих высокой удельной электропроводностью. Пониженные значения H_φ могут наблюдаться над массивами пород высокого удельного сопротивления.

3.6.3.15. Аэроэлектроразведочные данные должны, как правило, рассматриваться совместно с данными магнитометрии и гамма-спектрометрии.

По результатам комплексных съемок с учетом имеющихся сведений о геологическом строении района работ выделяют перспективные участки, подлежащие наземной проверке и детализации. Первой задачей наземных работ является точная локализация аномалий на местности, второй — проведение более детальных геофизических и геологических работ.

Детализация аномалий метода СДВ-А радиокип осуществляется с аппаратурой типа СДВР-3 или -4 по методике, изложенной в 3.3.9.

3.6.3.16. В результате камеральной обработки по каждому участку съемки должны быть представлены:

1) карта аномального поля в отчетном масштабе, совмещенная с геологической картой;

2) карта геоэлектрических условий в отчетном масштабе с элементами интерпретации и границами участков детализационных работ;

3) карты участков наземных детализационных работ с профилями, элементами геологии, аномальными осями и зонами;

4) копии диаграмм с записями наблюденных характеристик поля и отметками ширины, эпицентров и другими сведениями об аномалиях, используемых при построении карты аномального поля.

Отчет составляется согласно общим требованиям (разд. 4).

3.6.4. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ДИПОЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ (прил. 134—135)

3.6.4.1. Воздушный вариант метода дипольного индуктивного профилирования (ДИП-А) является низкочастотной модификацией дипольного электромагнитного профилирования и состоит в изучении с воздуха электромагнитного поля вторичных токов, возбужденных в земле вертикальным магнитным диполем, который конструктивно представляет собой горизонтальную многовитковую петлю, питаемую током в диапазоне звуковой частоты.

Источник электромагнитного поля устанавливается на самолете АН-2, а две ортогональные приемные рамки — в гондоле, буксируемой самолетом на трос-кабеле. Измеряются полуоси эллипса поляризации переменного магнитного поля, которые являются инвариантными величинами и не зависят от поворота ортогональных приемных рамок в плоскости эллипса поляризации. Первичное поле вертикального магнитного диполя имеет две синфазные составляющие — горизонтальную и вертикальную— и поляризовано линейно. В присутствии электропроводных объектов, создающих вторичное поле, результирующее поле становится эллиптически поляризованным, и малая полуось эллипса поляризации приобретает значение, отличное от нуля.

3.6.4.2. Метод ДИП-А позволяет решать задачи поисков руд низкого удельного сопротивления, геологического картирования горных пород по их удельной электропроводности и продольной проводимости, картирования погребенного рельефа коренных пород.

Наиболее типичным геоэлектрическим разрезом при решении этих задач является двухслойная структура с горизонтальным верхним слоем переменной мощности; второй слой представляет собой нижнее полупространство конечного удельного сопротивления, которое может включать локальные объекты низкого удельного сопротивления различной формы.

В зависимости от поставленной геологической задачи могут изучаться либо часть, либо все параметры геоэлектрического разреза: удельное электрическое сопротивление и мощность верхнего слоя; удельное электрическое сопротивление коренных пород; удельная электропроводность, морфология и глубина залегания верхней кромки локальных геологических объектов.

Глубинность исследований методом ДИП-А, определяемая на основании теоретических оценок и опыта полевых работ, составляет 50—100 м при поисках локальных объектов низкого удельного сопротивления, расположенных в породах высокого удельного сопротивления, и достигает 100 м при картировании погребенного рельефа коренных пород, перекрытых рыхлыми отложениями с удельными сопротивлениями не ниже нескольких десятков ом-метров.

Метод ДИП-А целесообразно комплексировать с аэровариантом метода радиокип на сверхдлинных волнах и аэромагниторазведкой.

Масштаб съемки определяется конкретной геологической задачей и размерами изучаемых объектов и может меняться от 1 : 10 000 до 1 : 50 000 (см. 3.6.1.31).

3.6.4.3. Измерение полуосей эллипса поляризации переменного магнитного поля производится одновременно на двух частотах — 312 и 2500 Гц с помощью аппаратуры типа ДИП-АД, содержащей:

1) генераторную группу, включающую двухчастотный генератор, нагруженный на основной источник поля (многовитковая горизонтальная петля); двухчастотный компенсирующий генератор, нагруженный на компенсирующий влияние корпуса самолета источник поля (одновитковая вертикальная петля);

2) измерительную группу, включающую ортогональные приемные рамки и предварительные усилители, установленные в выпускной гондоле и посредством трос-кабеля соединенные с измерительным пультом; измерительный пульт с блоком питания и автоматическим регистратором (самописцем) измеренных величин;

3) вспомогательное оборудование (лебедку, тросоруб, выпускное устройство).

3.6.4.4. Выбор высоты полета и разноса (длины трос-кабеля) производится на основании опыта предыдущих исследований или на основании анализа результатов опытно-методических работ.

Из опыта применения метода ДИП-А следует, что в малоизученных районах съемку площади следует производить дважды: рядовая съемка выполняется в заданном масштабе на минимально допустимой по условиям безопасности высоте полета в соответствии с требованиями «Руководства по съемочным полетам» с разносом 30—

60 м, а вспомогательная — в более мелком масштабе на высоте 150 м с разносом 60 м. В обоих случаях измерения производятся одновременно на двух частотах — 312,5 и 2500 Гц. Длина маршрутов и их ориентировка определяются размерами площади и преобладающим простиранием пород.

В более изученных районах методика работ выбирается по результатам опытно-методических исследований, которые выполняются на хорошо изученном в геолого-геофизическом отношении участке площадью порядка 200 км^2 при наличии на нем наиболее характерных для данного района возмущающих объектов. Знание электрических свойств пород, слагающих этот участок, является обязательным. Измерения производятся по маршрутам, заданным вкрест основного простирания пород, одновременно на двух частотах, на трех-четырех высотах, выбираемых в интервале 80—250 м. Для каждой высоты разнос следует брать наибольшим, но таким, чтобы обеспечить требования «Руководства по съемочным полетам».

В результате опытно-методических работ должны быть установлены:

1) разнос и высота полетов при рядовой съемке;

2) разнос, масштаб и оптимальный набор высот при детализационной аэросъемке аномальных участков.

Если проектируемая площадь съемки расположена вблизи участка, где аэроэлектроразведочные работы проводились ранее, то при сходстве геологического строения этих участков и задач, подлежащих решению аэроэлектроразведкой, опытно-методические работы могут не проводиться. Методика рядовой съемки остается той же, что применялась ранее.

3.6.4.5. Подготовка к съемке, предполетная подготовка и проведение съемки осуществляются в соответствии с общими положениями настоящей инструкции (см. 3.6.1.33—3.6.1.41). Во время подлета к съемочному участку бортоператор обязан:

1) сразу после взлета по получении разрешения командира самолета подключить аппаратуру к бортсети и выпустить гондолу на заданную длину трос-кабеля;

3) при подлете к участку съемки на высоте, в 3—4 раза превышающей рабочую высоту, провести цикл контрольно-настроечных операций, предусмотренных инструкцией по эксплуатации аппаратуры, с обязательной записью всех основных контрольных режимов, включая переходной процесс при включении калибровочного сигнала «Усиление»;

3) на первых двух-трех вылетах в начале и конце вылета провести над ровной поверхностью калибровку записи показаний радиовысотомера на трех—пяти высотах, различающихся не менее чем на 20 м и выбранных таким образом, чтобы рабочая высота была средней. В дальнейшем при достаточной стабильности записи калибровок допускается калибровка высотомера один раз за вылет.

При правильной настройке стрелка прибора для измерения большой полуоси эллипса поляризации должна отклоняться на полную шкалу, а стрелка прибора для измерения малой полуоси оставаться в нулевом положении.

3.6.4.6. Во время съемки бортоператор выполняет работу согласно 3.6.1.38—3.6.1.39. При этом он обязан:

1) на разворотах проверять калибровку измерительных блоков и в случае необходимости подняться на высоту, в 3—4 раза превышающую рабочую, и провести полный цикл контрольно-настроечных операций с записью основных режимов до и после подстройки;

2) в зависимости от чувствительности рабочей шкалы и качества работы аппаратуры, но не реже чем через 2 ч работы, провести полный цикл калибровки аппаратуры на высоте, в четыре раза превышающей рабочую, с записью основных режимов до и после подстройки.

3.6.4.7. После выполнения съемки на планшете нужно произвести увязку наблюдений по рядовым маршрутам. Увязка съемки производится при хороших метеорологических условиях по секущим маршрутам, проложенным в зонах, характеризующихся малыми градиентами вторичного поля. Число секущих маршрутов определяется размерами съемочного планшета, но должно быть не менее двух. Полет ведется по замкнутому контуру, включающему части крайних на участке рядовых маршрутов и два секущих маршрута, в прямом и обратном направлениях.

3.6.4.8. В процессе аэроэлектроразведочной съемки методом ДИП-А на выявленных аномалиях проводятся воздушные и наземные детализационные работы (см. 3.6.1.17). Воздушные детализационные работы включают полеты на высотах и разносах, которые не применялись при рядовой съемке. В задачу наземных детализацион-

ных работ электромагнитными индуктивными методами входит уточнение положения выявленных аномалий на местности, определение их частотных характеристик, а также морфологических особенностей геологических объектов, создающих аномалии.

Наиболее перспективные аномалии детализируются другими наземными геофизическими, а также геохимическими методами.

3.6.4.9. Для оценки точности измерений используются повторные наблюдения по отдельным маршрутам. Объем повторных наблюдений зависит от характера и условий работ, качества основного полевого материала и должен составлять до 5 % объема рядовых наблюдений. Повторные наблюдения должны распределяться равномерно во времени и по площади.

Оценка качества измерений производится при сравнении повторных и основных маршрутов, совпадающих в плане с точностью, составляющей не менее половины от высоты полета, а по высоте — с точностью до 0,1 высоты полета. Критерием оценки качества измерений является средняя квадратичная погрешность b/a, которая не должна превышать 0,015 % на низкой (например, 312,5 Гц) и 0,08 % на высокой (например, 2500 Гц) частоте. Критерием воспроизводимости измерений является средняя относительная погрешность, которая в зависимости от интенсивности аномалий не должна превышать нижеприведенных данных:

Интенсивность аномалии, %	Средняя относительная погрешность на низкой частоте, %	Средняя относительная погрешность на высокой частоте, %
0,05	50	—
0,25	30	50
0,75	15	30

Кроме этого, в процессе полного цикла калибровки должен регистрироваться уход нуля записи. Он не должен превышать в значениях b/a на низкой частоте $\pm 0{,}08$ %, в час и на высокой $\pm 0{,}20$ % в час. Изменение коэффициента огибающей (амплитуды калибровки) не должно превышать ± 15 % в час.

При вычислении средней квадратичной погрешности совмещают графики малой полуоси эллипса основного и повторного маршрутов и по совпадению ориентиров или радиогеодезических циклов вычисляют среднюю разность ординат с шагом 100 м в горизонтальном масштабе записи на диаграммной ленте. При правильном совмещении кривых и отсутствии систематической погрешности сумма всех разностей должна стремиться к нулю. Значительное отклонение этого значения от нуля указывает на наличие систематической погрешности, вызванной изменением параметров аппаратуры или высоты полета (при надежной привязке маршрутов к местности). Систематическая погрешность измерений должна быть исключена путем вычитания ее значения из разностей, найденных в каждой точке маршрута.

Для маршрутов, не охваченных повторными измерениями, критерием надежности результатов проведенной съемки является коррелируемость аномалий от маршрута к маршруту. Такая оценка надежности является справедливой, поскольку аномалия от искомых геологических объектов, как правило, отмечается на нескольких соседних маршрутах. Средняя относительная погрешность определяется для максимальных значений аномального поля или локальных аномалий.

Локальные аномалии, которые зафиксированы только на одном маршруте или слабо коррелируются по смежным маршрутам, но могут представлять геологический интерес, должны быть подтверждены повторными измерениями.

3.6.4.10. Полевая документация ведется в соответствии с перечнем и указаниями, приведенными в 3.6.1.46—3.6.1.60. Примерная форма паспорта диаграммы приведена в прил. 134. Оценку качества материалов аэрогеофизических работ производят по аналоговым диаграммам с учетом полноты и качества магнитной записи или по записи на перфолентах в соответствии с требованиями инструкции по оценке качества.

При оценке качества записи на диаграммной ленте нужно учитывать, что период действия помехи, как правило, намного меньше периода действия аномалии. Производя осреднение кривой, можно выделить аномалии, которые в два—три раза превышают уровень помехи.

3.6.4.11. Исходным материалом для камеральной обработки являются полученные во время съемки диаграммы и, в зависимости от вида регистрации, перфоленты или магнитные ленты, на которых должны быть записаны:

1) малая полуось эллипса поляризации на частоте 312 Гц;

2) малая полуось эллипса поляризации на частоте 2500 Гц;

3) высота полета самолета;

4) метки ориентиров с порядковым номером или метки циклов при радиогеодезической привязке.

Если позволяет конструкция аппаратуры и регистратора, кроме необходимой записи вышеперечисленных величин желательно записывать полуоси при более грубой чувствительности, чтобы исключить возможность зашкаливания, а также сигналы с горизонтальной и вертикальной рамок низкой частоты, что даст возможность грубо оценить местоположение гондолы и таким образом повысить точность и надежность интерпретации.

Диаграмма аналоговой записи должна содержать записи калибровок аппаратуры и высотомера, на ней должны быть отмечены и занесены в журнал регистрации вылетов все особенности записи, случайные скачки, участки высокого уровня помех и т. п. После вылета диаграмма должна тщательно просматриваться инженером-интерпретатором.

Перед обработкой диаграмму освобождают от случайных скачков, обусловленных как собственно геофизической, так и самолетной аппаратурой, и осредняют на интервалах, характеризующихся высоким уровнем помех (см. 3.6.1.55). Необходимо иметь в виду, что при осреднении выделяется влияние только относительно крупных объектов, период действия аномалий от которых превышает в несколько раз период действия помехи.

При ручной обработке в зависимости от ширины аномалий расстояние между опознанными по карте ориентирами разбивается на отрезки, равные 100 или 200 м в масштабе записи. Аналогичную операцию проводят и при радиогеодезической привязке маршрутов, используя для этого метки циклов. С помощью специальной масштабной линейки через каждые 100 или 200 м маршрута снимают значение малой полуоси эллипса поляризации (b) и высоты полета в миллиметрах. При этом используется запись b/a на такой чувствительности шкалы, при которой аномалия регистрируется без зашкаливания. Найденные значения заносят в журнал обработки и путем умножения на коэффициент $K_{в.м}$ (коэффициент вертикального масштаба, учитывающий чувствительность записи) находят отношение b/a и высоту полета в метрах. По этим значениям проводится качественная и количественная интерпретация.

3.6.4.12. Качественная интерпретация материалов наблюдений значения отношений полуосей эллипса поляризации выполняется в два этапа. На первом этапе результаты измерений представляются в виде карт графиков b/a отчетного масштаба; вертикальный масштаб графиков выбирается с учетом погрешности таким образом, чтобы аномалии малой интенсивности могли быть надежно коррелированы. Карты графиков строятся раздельно для каждой частоты. Если вследствие сложного геологического строения изучаемой площади карты графиков плохо читаются, строят также карты изолиний b/a.

Для всех локальных аномалий, связанных с достаточно протяженными объектами и выделенных на двух частотах, вычисляют отношение b_{2500}/b_{312} и с помощью номограммы (прил. 135) находят индукционный параметр объекта в методе ДИП-А $p = \sqrt{\mu_0 \omega h_0 \sigma m}$ (где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная проницаемость; $\omega = 2\pi f$ — круговая частота, Гц; h_0 — высота полета, м; σm — продольная проводимость, См). По значению параметра при известных ω и h_0 определяют значение продольной проводимости σm. Затем по карте графиков b/a с учетом найденных значений σm производят корреляцию аномалий между маршрутами. Разбраковка аномалий и оценка их перспективности проводятся по следующим признакам: протяженность аномальных зон, ширина аномалии (мощность локального проводящего объекта), удельная электропроводность пород в пределах аномальной зоны вычисленная по имеющимся данным о значении продольной проводимости и мощности локального объекта m.

Для районов, характеризующихся вмещающими породами высокого удельного сопротивления, а также повышенным удельным сопротивлением и незначительным развитием покровных отложений, может быть использована следующая схема обработки измерений. Значения b/a, вычисленные для частоты 2500 Гц, уменьшаются в восемь раз и делятся на значения b/a, полученные для частоты 312,5 Гц. В результате такой обработки все аномалии, интенсивность которых пропорциональна частоте

(в данном частотном диапазоне), станут равными единице, а аномалии, связанные с объектами низкого удельного сопротивления, будут иметь значения, меньшие единицы.

Для выделения или подавления аномальных эффектов от объектов низкого удельного сопротивления с заранее заданными свойствами целесообразно вычислять ручным способом или с помощью машинной обработки разностный параметр $\delta\,(b/a)$, который представляет собой разность значений $(b/a)_{312}$, полученных на частоте 312,5 Гц, и значений $(b/a)_{2500}/n$, полученных на частоте 2500 Гц, где n — коэффициент, принимающий значения от 1 до 8 в зависимости от требуемой фильтрации аномалий. При выделении аномалий от локальных объектов высокого индукционного параметра и подавлении аномалий от объектов низкого индукционного параметра ($n = 8$) разностный параметр $\delta\,(b/a)$ для первой группы объектов будет равен или близок к нулю, а для второй группы он будет характеризоваться конечным значением.

Результаты расчета отношения или разностной характеристики изображаются в виде карт графиков отчетного масштаба. Такая обработка данных наблюдений позволяет выделить для дальнейшего анализа только те аномалии, которые связаны с локальными объектами низкого удельного сопротивления.

Дополнительно можно строить геолого-геофизические карты, которые представляют собой карты изолиний отношения полуосей эллипса поляризации (раздельно для каждой частоты), нанесенные на геологическую основу.

3.6.4.13. Количественная интерпретация результатов двухчастотных измерений полуосей эллипса поляризации магнитного поля для слоистой среды требует применения ЭВМ. В ее основу положено обратное решение задачи о поле вертикального магнитного диполя, поднятого над двухслойной горизонтально-слоистой структурой. Приемы обработки и интерпретации результатов наблюдений с помощью ЭВМ описаны в литературе.

Итогом количественной интерпретации данных аэроэлектроразведочной съемки является оценка геологического разреза по следующим параметрам: мощности покровных отложений, удельной электропроводности, проводимости подстилающих пород, которые определяются с помощью кажущейся удельной электропроводности $\sigma_к$ и кажущейся проводимости $S_к$. Результаты количественной интерпретации, как и наблюденные величины, представляют в виде карт-графиков или карт изолиний или того и другого вместе в зависимости от конкретных условий.

3.6.4.14. Оформление графиков и карт производят в соответствии с общими требованиями настоящей инструкции. На картах должны быть указаны частота поля, высота полета, разнос (длина трос-кабеля), масштаб ординат (для карт графиков), значения изолиний.

3.6.4.15. В полевой период камеральная обработка результатов измерений ограничивается построением и предварительной интерпретацией карт графиков отношений полуосей эллипса поляризации магнитного поля раздельно на двух частотах. Эти карты являются основой для детальных работ.

К окончательному отчету должны быть приложены следующие материалы (в отчетном масштабе):

1) карты графиков отношений полуосей эллипса поляризации переменного магнитного поля b/a раздельно на двух частотах. В случае необходимости составляются карты изолиний b/a на всю или часть площади на одной или двух частотах. Оси корреляций аномалий (оси или зоны проводимости), охарактеризованные значениями продольной проводимости, выносятся на схему элементов интерпретации или на карту результатов аэрогеофизических работ;

2) графики отношений b/a для каждой из двух частот по отдельным пересечениям;

3) схема результатов геологической интерпретации;

4) дополнительно могут быть представлены карты графиков и изолиний параметров двухслойного разреза для всей площади или ее части либо результаты решения обратной задачи для двухслойной модели по наиболее характерным геологическим разрезам;

5) карты графиков фактического материала с измерениями полуосей эллипса поляризации.

Другие требования к отчету остаются общими согласно настоящей инструкции (разд. 4).

3.6.5. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ (прил. 136)

3.6.5.1. Сущность аэроэлектроразведки методом переходных процессов (МПП-А) заключается в следующем. Через укрепленную на носителе (вертолет типа Ка-26) генераторную рамку пропускаются импульсы тока большой мощности, возбуждающие в объектах низкого удельного сопротивления в земле, над которыми пролетает вертолет, неустановившиеся вихревые токи, затухающие в паузах между импульсами. Чем больше удельная электропроводность объекта и его размеры, тем меньше тепловые потери в нем и тем дольше длится процесс затухания вихревых токов и связанного с ними вторичного магнитного поля. Этот переходный процесс воспринимается приемной рамкой, буксируемой в гондоле на внешней подвеске вертолета при помощи троскабеля длиной 50 м, усиливается, стробируется, интегрируется и регистрируется бортовой аппаратурой. Процесс импульсного возбуждения и стробирования в ходе полета периодически повторяется.

3.6.5.2. Как и его наземный аналог, аэровариант метода переходных процессов предназначен в первую очередь для поисков промышленных месторождений массивных руд высокой удельной электропроводности. Поэтому для обеспечения рациональной методики измерений выбирают такие моменты времени стробирования и регистрации переходного процесса, на которых преобладает сигнал, связанный с крупными объектами низкого удельного сопротивления (например, с промышленными залежами массивных руд цветных металлов), а поле над объектами относительно более высокого удельного сопротивления (поверхностные образования тектонические зоны и т. п.) уже исчезло. В то же время изучение ранних стадий переходного процесса позволяет получить вспомогательный материал по картированию толщ низкого удельного сопротивления поверхностных и коренных пород (см. 3.3.8.2).

При высоте полета 80—100 м и оптимальных условиях измерений глубина обнаружения рудных залежей средних и больших размеров составляет соответственно 50 м и более (от поверхности земли до верхней кромки тела). Масштаб съемки выбирается из соображений надежного обнаружения и выделения на фоне помех локальных аномалий, связанных с рудными объектами и наблюдаемых по крайней мере на двух профилях. Расстояние между заданными линиями полета, как правило, составляет 100 м, что соответствует масштабу 1 : 10 000 — предельному при аэросъемке (см. 3.6.1.28).

Выбор направления съемочных маршрутов определяется геологическим строением участков (наиболее вероятным простиранием рудоконтролирующих структур) и требованием надежного закрепления концов маршрутов на жестких естественных или искусственных ориентирах. Оптимальная длина маршрутов колеблется в пределах 10—20 км.

3.6.5.3. Регистрация сигнала, характеризующего переходный процесс, осуществляется аппаратурой типа АМПП-2 в аналоговой форме одновременно для четырех времен стробирования, лежащих в диапазоне 0,5—3,0 мс после окончания токового импульса. В аппаратуре предусмотрена компенсация сигнала от вихревых токов в корпусе вертолета. В состав аппаратуры входят:

1) генераторное устройство, включающее импульсный генератор, нагруженный на основной источник поля; импульсный генератор, нагруженный на источник компенсирующего поля в виде вертикальной петли; схему синхронизации;

2) измерительное устройство, включающее приемную рамку и предварительный усилитель, размещенные в выпускной гондоле; измерительный пульт с блоком питания и аналоговым регистратором;

3) вспомогательное оборудование (лебедка, тросоруб, выпускное устройство).

Генераторная рамка с деталями крепления и вспомогательное оборудование изготавливаются на предприятиях авиационной промышленности по утвержденной технической документации на геологический вариант вертолета Ка-26. Монтаж и демонтаж аппаратуры и оборудования может производиться в условиях мастерских эксплуатационных подразделений МГА.

3.6.5.4. Предполетная подготовка аппаратуры и проведение съемки осуществляются в соответствии с 3.6.1.34—3.6.1.41. Наземные контрольно-настроечные операции при работе с аппаратурой АМПП-2 включают:

1) контроль амплитуды, длительности и формы токовых импульсов по экрану электронного осциллографа, входящего в состав аппаратуры;

2) калибровку измерительных каналов;

3) настройку системы компенсации.

Для выполнения последней операции гондола устанавливается на расстоянии 40 м от оси генераторной рамки (впереди или сзади вертолета). В этом случае сигнал первичного поля имеет такое же значение, что и в полете при разносе 50 м. Это значение контролируется наблюдениями ее на экране электронного осциллографа. Затем гондола устанавливается последовательно в вертикальное и горизонтальное положение несколько раз с регулировкой при этом амплитуды компенсационных сигналов до тех пор, пока изменение положения гондолы не перестанет вызывать нарушения компенсации. После этого создается искусственное изменение контактов (тряска, открывание — закрывание двери, замков капотов мотогондолы и т. п.) и одновременно регулируется значение компенсационного сигнала. В последнем варианте аппаратуры АМПП-2 настройка по п. 3 не производится.

После взлета вертолета по разрешению пилота производят выпуск гондолы и подключение аппаратуры к бортсети. Настройка аппаратуры в воздухе (на подлете) включает:

1) повторение наземных операций по пп. 1—2;

2) контроль амплитуды сигнала первичного поля, возникающего в приемной рамке во время токового импульса (по экрану осциллографа);

3) контроль компенсации помех и, если необходимо, регулировку компенсирующего сигнала.

Во время съемки указанные операции периодически повторяют (на разворотах). В полете бортоператор производит на диаграммной ленте необходимые служебные записи.

3.6.5.5. Привязка результатов наблюдений к местности осуществляется при помощи аэрофотосъемки сопровождения в соответствии с действующими наставлениями. Частота фотографирования составляет в среднем на профиле от 0,3 до 3 кадров на 1 км. Одновременно со срабатыванием затвора аэрофотоаппарата на диаграммной ленте производится отметка кадра; на этой же ленте непрерывно регистрируется высота полета (от штатного радиовысотомера). Опознавание сфотографированных ориентиров производят путем сопоставления аэронегативов сопровождения с фотопланом. Опознанные ориентиры переносят на топокарту масштаба 1 : 25 000. Линию, соединяющую центры аэроснимков сопровождения, принимают за ЛФП.

Если опознавание ориентиров по фотопланам прошлых лет затруднено из-за многолетних и сезонных изменений особенностей ландшафта, перед началом геофизической съемки необходимо выполнить аэрофотосъемку площади масштаба 1 : 20 000—1 : 30 000. По увеличенным до масштаба 1 : 10 000 отпечаткам монтируют фотосхему, на которую наносят ЛЗП и намечают характерные ориентиры. Подготовленные таким образом фотосхемы используются при вождении вертолета и привязке маршрутов.

Точность построения схемы ЛФП характеризуется погрешностью определения планового положения вертолета в момент фотографирования и погрешностью, зависящей от длины межориентирного интервала. Суммарная погрешность составляет 25—30 м. Это означает, что хотя густота сети выбирается соответствующей масштабу 1 : 10 000, по точности привязки выполняемые съемки соответствуют более мелкому масштабу, примерно 1 : 25 000. Поэтому в качестве основы для построения отчетных карт принимается схема ЛФП масштаба 1 : 25 000.

Если при составлении схемы ЛФП выявляют участки с недостаточной густотой маршрутов, в этих местах выполняют дополнительные полеты.

3.6.5.6. Оценка качества съемки проводится по уровню суммарной помехи, который характеризуется стандартным отклонением помехи от нулевого уровня, определяемым по достаточно представительной выборке. Для этого перед началом съемки производится оценка стандартного отклонения $\bar{\sigma}$ в нормальном поле. Вблизи аэродрома базирования выбирают контрольный маршрут — профиль длиной 10—15 км, проходящий над местностью со спокойным рельефом. Полеты по этому профилю производят при постоянной высоте (более 300 м) и скорости 80 км/ч, а также при хороших, по возможности, метеорологических условиях. Полученная запись (по каждому каналу) разбивается на вертикальные интервалы, равные чувствитель-

ности канала, в микровольтах на миллиметр. Далее для каждого уровня U_i определяются горизонтальные интервалы $\Delta x_n(U_i)$, на которых сигнал помехи заключен в пределах $U_i \pm \Delta U$, где ΔU равно половине вертикального интервала, и вычисляют вероятности

$$p(U_i) = \sum_n \Delta x_n(U_i)/X, \tag{122}$$

где X — интервал профиля, по которому проводятся вычисления; n — число интервалов.

Затем вычисляют стандартное отклонение

$$\bar{\sigma} = \sum_i p\left((U_i)\, U_i^2\right)^{1/2}. \tag{123}$$

В хороших метеорологических условиях, когда скорость ветра не превышает 5 м/с, значение $\bar{\sigma}$ не должно превышать $30 \cdot 10^{-6}$ сигнала первичного поля.

В дальнейшем оценка качества лент производится по максимальным отклонениям. С учетом того, что максимальное отклонение M с вероятностью 0,99 не превышает $3\bar{\sigma}$, получаем для хороших метеорологических условий требование $M \leqslant \leqslant 100 \cdot 10^{-6}$ ед. сигнала первичного поля. В плохих метеорологических условиях (дождь, гроза, боковой или порывистый ветер при скорости до 10 м/с и более) значение M может возрастать до $300 \cdot 10^{-6}$. В этих условиях выделение аномалий на фоне помех производится путем сопоставления записей на разных временах с записью сигнала первичного поля во время токового импульса. При $M > 300 \cdot 10^{-6}$ ед. сигнала первичного поля результаты измерений бракуются.

Дополнительную оценку качества съемки дают повторные измерения на участках с аномалиями в объеме 5 %. При этом сравниваются результаты повторных измерений, проведенных по одному и тому же маршруту при залете в одну сторону и при близких метеорологических условиях. Однако даже в этом случае условия съемки полностью не воспроизводятся (высота, скорость, уклонение от ЛЗП и т. п.). Поэтому данная оценка сводится к требованию качественной воспроизводимости записей в пределах аномальных зон.

Допускается также изучение сигналов переходных характеристик на разных высотах в пределах аномальных зон.

3.6.5.7. Полевая документация аэросъемок МПП ведется в соответствии с перечнем и правилами, приведенными в 3.6.1.46—3.6.1.60. Форма паспорта диаграммы дана в прил. 136.

3.6.5.8. Обработка наблюдений включает ввод массива исходных данных с учетом координат ориентиров и выделение аномалий на фоне помех. Выделение аномалий проводится по уровню, втрое превышающему средний уровень помех. При этом учитывают следующие особенности, характерные для полезного сигнала и не обязательные для помехи: 1) постоянство знака на графике полезного сигнала; 2) спад значений полезного сигнала с увеличением времени задержки; 3) отсутствие корреляции сигнала помехи с сигналом первичного поля; 4) наличие корреляции между сигналами, зарегистрированными на двух соседних профилях.

Для выделения аномальных участков производят снятие отсчетов с диаграммы, перенесение их на схему ЛФП и построение изолиний. Расстояние между точками, в которых снимаются отсчеты, выбирается так, чтобы аномалия была охарактеризована не менее чем пятью точками. Младшую изолинию и сечение между изолиниями выбирают равными соответственно $3\bar{\sigma}$ и $\bar{\sigma}$. Построенная в масштабе 1 : 25 000 карта изолиний аномальных значений сигнала на самом раннем времени задержки является обязательным отчетным материалом. При необходимости строят еще карты изолиний сигнала на других временах задержки. К отчету прикладывается также карта графиков аэроэлектроразведочных наблюдений сигналов переходного процесса U_c.

В центрах выделенных аномалий строят графики переходного процесса, используя все времена. При этом время по любому из каналов выражается в долях длительности импульса. Для построения графиков применяется полулогарифмический масштаб: по оси координат в логарифмическом масштабе (с модулем 6,25 см) откладывается значение сигнала, а по оси абсцисс — относительное время в масштабе 0,1 ед. в 1 см. Эти графики также являются отчетным материалом.

3.6.5.9. Интерпретация материалов носит качественный характер. Для локальных аномалий определяется глубина залегания и индукционный параметр (по требованиям 3.3.8.2.13).

Перспективность аномалии и соответственно очередность проверки определяют главным образом по значению индукционного параметра $p_{МПП}$: чем оно больше, тем больше потенциальная ценность вызвавшего аномалию объекта.

3.6.5.10. Проверка аномалий МПП-А проводится комплексом геолого-геохимических исследований, а из геофизических — в первую очередь наземными работами МПП. В методическом отношении эти работы проводятся также, как обычные наземные наблюдения МПП (см. 3.3.8.2). При организации их следует учитывать специфику, связанную с необходимостью оперативного проведения исследований на нескольких участках, разбросанных на относительно большой и часто труднодоступной территории.

3.7. МОРСКАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

3.7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.7.1.1. Морские электроразведочные работы осуществляются преимущественно в районе шельфа (с глубинами обычно до 80—100 м) с целью расчленения осадочной толщи и изучения поверхности фундамента на глубину до 4—5 км и более, а также для картирования локальных неоднородностей в придонной части разреза.

3.7.1.2. В морских условиях применяются обычно варианты электрозондирования и электропрофилирования:

1) дипольно-осевое зондирование с непрерывными измерениями (НДОЗ-М);

2) зондирование становлением магнитного поля (ЗС-М) с непрерывными точечными измерениями;

3) электропрофилирование (ЭП-М) с непрерывными измерениями;

4) магнитотеллурические зондирования (МТЗ-М).

Кроме того, применяются варианты методов естественного электрического поля (ЕП-М) и вызванной поляризации (ВП-М).

3.7.1.3. Для обеспечения морских электроразведочных работ в прибрежных зонах наиболее часто используются специально оборудованные суда водоизмещением 150—1000 т, на которых размещаются по отдельности или совместно приемные и питающие установки используемого метода.

3.7.1.4. Переоборудование судов с целью их использования для выполнения электроразведочных работ, а также их комплектация электроразведочным оборудованием (источниками питания и преобразователями напряжения мощностью более 0,5 кВт, станциями или устройствами управления генераторными установками мощностью более 1 кВт, кабельными лебедками с устройствами электропривода, приемо-регистрирующими станциями или аппаратурными комплексами, потребляющими энергию свыше 1 кВт и т. д.) осуществляется с разрешения Морского регистра СССР и Госгортехнадзора СССР.

3.7.1.5. Морские электроразведочные работы, предусматривающие необходимость постановки судна на якорь, использования донной аппаратуры или прокладки стационарных (не перемещаемых в процессе измерений) донных кабельных линий, могут выполняться лишь в пределах районов, безопасных для якорной стоянки и применения придонных рыболовных орудий. Выполнение перечисленных работ в районах, на которые распространяются соответствующие ограничения, запрещается.

3.7.1.6. Морские электроразведочные работы должны обеспечиваться радиогеодезической системой местоопределения непрерывного действия. Управление движением судна при производстве электроразведочных работ осуществляется на основе предвычисления гиперболических координат проектных профилей (линий).

При рекогносцировочных и региональных работах масштаба 1 : 500 000 и мельче при наличии системы береговых маяков возможна привязка профилей наблюдения навигационным способом.

3.7.1.7. Погрешность определения прямоугольных координат судна и центров питающего и приемного диполей при работах вариантами НДОЗ-М, ЗС-М и ЭП-М с повышенной глубиной исследования не должна превышать 30 м; погрешность

определения и нанесения на планшет профилей или точек наблюдений должна быть не более 0,8 мм в масштабе отчетной карты.

3.7.1.8. Морские электроразведочные работы должны выполняться в соответствии с требованиями 3.1.10.

Район проведения работ и их сроки согласовываются с органами Рыбнадзора.

При проектировании и организации работ учитываются требования разд. 2, при техническом контроле результатов наблюдений — разд. 3.8, при составлении отчетов — разд. 4, а также требования других общих разделов.

3.7.2. ДИПОЛЬНО-ОСЕВОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ С НЕПРЕРЫВНЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ

3.7.2.1. Дипольно-осевые зондирования основаны на непрерывном измерении осевой компоненты напряженности квазипостоянного электрического поля, создаваемого горизонтальной установкой AB при постепенном удалении ее от точки наблюдения на расстояние трех — четырех глубин залегания наиболее глубокого из изучаемых горизонтов (как правило, до 15—18 км). Опыт применения НДОЗ-М свидетельствует о том, что этот метод позволяет расчленить осадочную толщу и изучить тектонику поверхности фундамента на глубину до 3—4 км в тех районах, где отсутствуют непроводящие экраны, при наличии которых возможности НДОЗ-М ограничиваются изучением лишь надэкранной части разреза.

НДОЗ-М выполняется с аппаратурой управления, питающей установкой зондирования и приемной аппаратурой, включающей компенсатор типа АЭ-72, в соответствии с методическими рекомендациями.

Непрерывное дипольно-осевое зондирование в морском варианте (НДОЗ-М) осуществляется с помощью двухсторонней и симметричной установок с учетом требований, изложенных в 3.3.4.

3.7.2.2. Двухсторонняя установка НДОЗ-М применяется при производстве работ в мелководных районах (с глубинами до 50 м), где постановка судна на якорь не вызывает затруднений; в этом случае судно с приемной донной установкой MN располагается неподвижно в центре участка профиля, длина которого примерно соответствует удвоенному максимальному разносу зондирования (30—36 км), а судно с питающим диполем AB непрерывно перемещается от начала и до конца этого профиля.

3.7.2.3. Симметричная установка НДОЗ-М, не требующая постановки судна с приемной линией на якорь, однако не свободная от влияния помех за счет движения линии MN, используется при производстве зондирования на глубинах 50—100 м; в этом случае оба судна — с питающей и приемной линиями — одновременно перемещаются навстречу друг другу по участку профиля, длина которого близка к максимальному разносу зондирования (15—18 км).

3.7.2.4. С целью уменьшения помех при производстве НДОЗ-М приемные электроды подключаются ко входу измерительного канала с помощью жил единого кабеля или же с помощью кабелей, плотно (через 0,2—0,5 м) увязанных друг с другом; ближайший к судну приемный электрод удаляется от кормы не менее чем на 100 м при измерениях на стоянке и не менее чем на 300 м при измерениях в движении; во всех случаях электрод должен находиться непосредственно на дне. Категорически запрещается подключать тот или иной полюс источника к корпусу судна.

3.7.2.5. В процессе НДОЗ-М:

1) скорость движения судна (судов) не должна превышать 5—6 узлов (8—10 км/ч);

2) длина установок l_{AB} и l_{MN} скачкообразно изменяется с таким расчетом, чтобы длина большей установки всякий раз не превышала $^1/_3$ разноса установок; рекомендуемые размеры l_{AB} — 50, 200, 500, 1200 м; l_{MN} — 50, 200 и 500 м;

3) продолжительность прямоугольных двухполярных токовых импульсов изменяется соответственно изменению разноса установки таким образом, чтобы она всякий раз не менее чем в два раза превышала длительность процесса становления поля; рекомендуемая продолжительность импульсов для зондирований с максимальными разносами 15—18 км 2, 5, 10, 20, 30 с при суммарной проводимости разреза 1000—1200 См;

4) по мере изменения разноса установки производится 2—3-кратное изменение силы тока в 1,5—2 раза; начальная сила тока, соответствующая большим разносам установки (10—15 км), должна быть максимально возможной (200—250 А);

5) по мере необходимости производится 3—5-кратное изменение чувствительности измерительного канала в два — три раза, амплитуда полезного сигнала на ленте регистратора не должна быть при этом менее 15 мм;

6) сила тока в линии AB (50—250 А) и напряжение на приемной установке (20 мкВ—50 мВ) непрерывно регистрируются с помощью аналоговых регистраторов с видимой записью типа КСП-4, КЛС-4, К-115;

7) скорость протяжки для регистраторов силы тока в линии AB и напряжения на приемной установке MN должна быть одинаковой и обычно равной 1800, 2400 или 3600 мм/ч (± 10 %);

8) ленты регистраторов должны содержать марки времени (через 10 с $\pm 0{,}1$ %), а также синхронные для всех видов каналов регистрации и однозначно определяемые отметки моментов прохождения судном (судами) проектных (предвычисленных) точек профиля, следующих через целое число километров;

9) момент совмещения экваториальных плоскостей питающей и приемной установок (нулевая отсчетная точка при определении изменяющегося во времени разноса установок) фиксируется центральным экстремумом напряжения на приемной установке; с этой целью интервал зондирования, соответствующий малым разносам установок (± 150—200 м), отрабатывается при неизменном направлении тока в установке AB; расстояние между установками в момент регистрации центрального экстремума не должно превышать 10—20 м.

3.7.2.6. Измерительный канал калибруется обычно в начале и конце каждого рабочего цикла (в процессе съемки НДОЗ-М) путем регистрации эталонных сигналов известной (с погрешностью не более 1 %) амплитуды в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации аппаратуры; чувствительность канала по начальной и конечной калибровке не должна отличаться от ее среднего значения более чем на 2 %.

3.7.2.7. При малых (10—200 м) разносах установки НДОЗ-М дополняется точечными измерениями; для этих целей применяется многожильная коса с фиксированным расстоянием между центрами установок AB и MN.

3.7.2.8. При высоком уровне теллурических помех НДОЗ-М дополняется точечными измерениями при больших (8—10 км и более) разносах установки; измерения выполняются при стоянке судна (судов) в выбранных точках профиля и, как правило, комплексируются с наблюдениями в морском варианте метода становления электрического поля.

3.7.2.9. Разнос между центрами диполей AB и MN определяется исходя из радиогеодезических данных и средней скорости движения судна (судов) при заданной длине интервала профиля; рекомендуется принимать длину интервала равной 4 км, шаг — 1 км, единицу времени — 10 с (интервал между марками времени).

3.7.2.10. Значения кажущегося удельного сопротивления по данным НДОЗ-М определяются для разносов установки, отличающихся друг от друга не более чем на 10—15 %.

3.7.2.11. При составлении результативной кривой НДОЗ-М допускается осреднение двух-трех значений кажущегося удельного сопротивления для соседних разносов установки, отличающихся друг от друга не более чем на 10 %; относительное отклонение наблюденных значений кажущегося удельного сопротивления от средних его значений в этом случае не должно превышать 5 %.

3.7.2.12. Количественная интерпретация результатов НДОЗ-М осуществляется с помощью палеток теоретических кривых для радиальной дипольной установки в соответствии с методическими рекомендациями.

3.7.3. МОРСКОЙ ВАРИАНТ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

3.7.3.1. Зондирования становлением электромагнитного поля в морском варианте (ЗС-М) производятся с измерением характеристик электрического и магнитного поля в дальней и ближней зоне с учетом требований, изложенных в 3.3.7. ЗС-М с изучением электрического поля по своим разведочным возможностям близко

к НДОЗ; ЗС-М с изучением магнитного поля позволяет получить сведения о геологическом строении разреза, содержащего непроводящие экраны.

Установки ЗС-М с магнитным источником могут применяться в районах, где по тем или иным причинам невозможно использование установок с заземлениями (например, в пресноводных или рыбопромысловых бассейнах).

ЗС-М выполняется с помощью измерительной аппаратуры типа СЭМ-ЗС и аппаратуры управления питающей установкой УПЗ.

3.7.3.2. В случае применения ЗС-М с измерениями характеристик магнитного поля рекомендуется применять петлю большого диаметра (800—1000 м) из одного витка кабеля, укладываемую на дно моря при непрерывном перемещении судна по заданной окружности с обязательным использованием радиогеодезических средств местоопределения.

3.7.3.3. При возникновении квазипериодических помех, обусловленных колебаниями участков петли и имеющих частоту менее 1 Гц, а амплитуду более 20 % от предела измерений по наиболее чувствительному измерительному каналу, приемная петля должна быть уложена повторно.

3.7.3.4. Концы приемной петли подключаются к кабелю-кондуктору через соединительную муфту, которая в процессе измерений должна располагаться на дне моря и быть неподвижной; рекомендуется присоединять муфту к входным клеммам измерительной аппаратуры с помощью двухжильного экранированного кабель-троса, длина которого не менее чем в два раза превышает глубину моря.

3.7.3.5. Судно с приемной установкой должно размещаться с внешней наветренной стороны приемной петли на расстоянии не менее 200 м от нее; с этой целью концы приемной петли при ее размотке укладываются параллельно друг другу по соответствующему радиальному направлению.

3.7.3.6. Зондирование становлением поля в ближней зоне в зависимости от условий проведения работ осуществляется посредством точечных или непрерывных измерений. В случае точечных измерений они выполняются на стоянках судна с питающей установкой в двух — четырех точках по профилю наблюдений и вкрест профиля, в случае непрерывных измерений — при непрерывном перемещении судна с питающей установкой по окружности, радиус которой равен выбранному разносу установки, а центр совпадает с центром приемной петли.

3.7.3.7. ЗС-М с точечными измерениями выполняются, как правило, в мелководных (с глубинами менее 50—60 м) районах, где постановка судна с питающей установкой на якорь не вызывает затруднений, и в случае появления помех, обусловленных повышенным уровнем вариаций магнитотеллурического поля.

3.7.3.8. ЗС-М с непрерывными круговыми измерениями осуществляются при полном отсутствии или слабом уровне вариационных и близких к ним низкочастотных помех, когда амплитуда последних не превышает 20 % от наиболее чувствительного предела измерений (канала).

3.7.3.9. Разнос установки ЗС-М с непрерывными круговыми измерениями должен быть не менее 2,5—3 км.

3.7.3.10. В процессе выполнения ЗС-М с непрерывными круговыми измерениями на лентах регистраторов напряжения и силы тока фиксируются моменты прохождения судна с питающей установкой через предвычисленные точки окружности, следующие через 1000 м; обычно этим точкам присваиваются порядковые номера, возрастающие по часовой стрелке от нулевой точки, расположенной на пересечении с окружностью луча, направленного по меридиану.

3.7.3.11. В начале и конце рабочего цикла (на каждой стоянке при точечных измерениях или в процессе съемки непрерывного кругового зондирования) измерительный канал должен калиброваться в соответствии с требованиями 3.7.2.6.

3.7.3.12. При обработке данных ЗС-М по методике, предусматривающей дифференцирование наблюдаемого сигнала, должна периодически (между рейсами) осуществляться высокоточная сквозная калибровка измерительного канала с целью определения поправочных коэффициентов (0,98—1,02) для учета нелинейности, значения которой не должны выходить за пределы паспортных данных аппаратуры; погрешность определения поправочных коэффициентов для учета нелинейности не должна превышать 0,2 %.

3.7.3.13. Точность и достоверность наблюдений должны обеспечивать определение ординат кривой становления наблюдаемого поля в рабочем временном диапазоне с погрешностью не более 2 % в обычном случае и 0,5 % в случае

обработки данных ЗС-М по методике, предусматривающей дифференцирование сигнала.

3.7.3.14. При обработке данных непрерывного кругового зондирования производится осреднение нормированных сигналов становления по кругу или же по отдельным его секторам (4—8 мм) в соответствии с методическими рекомендациями.

3.7.4. ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЕ С НЕПРЕРЫВНЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ

3.7.4.1. В морской электроразведке вариант электропрофилирования служит для качественного изучения геоэлектрического разреза с целью тектонического районирования исследуемой площади, а также выявления и картирования резких геоэлектрических неоднородностей в разрезе.

Выделяют три разновидности электропрофилирования: с повышенной (1000—2000 м), средней (300—800 м) и малой (до 100—150 м) глубиной исследования.

Морской вариант электропрофилирования (ЭП-М) с непрерывными измерениями и глубиной исследования до 1000—2000 м обычно осуществляется с целью изучения общего геолого-структурного плана исследуемой площади при наличии в разрезе четко выраженного опорного геоэлектрического горизонта высокого или низкого удельного сопротивления. ЭП-М осуществляется с помощью дипольно-осевой или дипольно-экваториальной установок, размещаемых на двух судах с разносом 3—6 км; осевую установку рекомендуется применять в случае наличия в разрезе опорного горизонта низкого удельного сопротивления, экваториальную — при наличии горизонта высокого удельного сопротивления. При проведении работ учитываются требования, изложенные в 3.3.3.

3.7.4.2. При постановке ЭП-М выполняются следующие требования:

1) оба судна перемещаются с одинаковой скоростью (не более 10—15 км/ч) на фиксированном расстоянии друг от друга по профилю наблюдений (дипольно-осевая установка) или по линиям, параллельным профилю и отстоящим от него на расстояния, равные половине разноса установки (дипольно-экваториальная установка);

2) ближайший к судну электрод приемной установки удаляется от кормы не менее чем на 300 м;

3) установка AB питается периодически инверсируемым (через 10—15 с) током возможно большей силы (200—250 А) с учетом требований охраны окружающей среды;

4) производится непрерывная регистрация разности потенциалов и силы тока; скорость движения ленты регистратора 0,5—1,0 мм/с; типы регистраторов — КСП-4, КЛС-4;

5) все ленты снабжаются марками времени (через 10 с) и отметками моментов прохождения судами предвычисленных точек (через 1000 м);

6) измерительный канал градуируется в начале и конце работы, при изменении предела регистрации в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации.

3.7.4.3. Значения кажущегося удельного сопротивления вычисляются для точек профиля, отстоящих друг от друга не более чем на 5 мм в масштабе отчетной карты.

3.7.4.4. ЭП-М с непрерывными измерениями при средней (300—800 м) и малой (до 100—150 м) глубине исследования выполняется с помощью одного судна; при средней глубине применяются дипольно-осевые и четырехэлектродные установки $AMNB$ с одним-двумя разносами длиной 1500—3000 м, при малой — многоразносные дипольно-осевые и близкие к ним установки, а также дифференциальные картировочные установки линейной конфигурации (MAN,B_∞; $AMNA,B_\infty$; $AMANA,B_\infty$).

3.7.4.5. При выполнении ЭП-М при средней и малой глубине исследования установка AB питается однополярными прямоугольными импульсами тока силой 30—100 А и продолжительностью 3,5 с; регистрация и маркировка лент и градуировка измерительного канала осуществляются в соответствии с 3.7.4.2; графики для отчетных карт составляются в соответствии с требованиями, изложенными в 3.7.4.3.

3.7.4.6. В процессе обработки результатов ЭП-М при средней и малой глубине исследования рекомендуется составлять графики изменения постоянной составляющей естественного электрического поля по профилю, используя для этой цели значения напряжения на приемной установке в моменты отсутствия тока в установке AB.

3.7.5. ЭЛЕКТРОЗОНДИРОВАНИЕ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫМИ УСТАНОВКАМИ ПРИ ДВИЖЕНИИ СУДНА

3.7.5.1. Морской вариант электрозондирования многоэлектродными установками при движении судна применяется для целей геологического картирования и поисков скоплений твердых полезных ископаемых при глубинах моря до 100—150 м.

3.7.5.2. Запись разностей потенциалов и силы тока осуществляется с помощью регистраторов типа Н-399. Автоматическое переключение измерительных каналов и их пределов измерений выполняется с помощью специально изготавливаемого коммутатора каналов и пределов измерений.

3.7.5.3. Электрозондирование проводится установками ABM_iN_i (i изменяется от 1 до n), в которых удаленный от судна электрод предыдущей измерительной установки является ближним к судну в последующей установке: l_{AB} выбирается близкой к $l_{BM_{n-2}}$ и остается неизменным в процессе электрозондирования. Процесс электрозондирования состоит в последовательном измерении разностей потенциалов между приемными электродами, различно удаленными от питающей линии.

Расстояния BM_i выбираются возрастающими в геометрической прогрессии при постоянном отношении $l_{BM_{i+1}}/l_{BM_i}$. Рекомендуемые значения отношений 2, $\sqrt{2}$, $\sqrt[4]{2}$ выбираются в зависимости от условий наблюдений и поставленных геологических задач. При рекогносцировочных наблюдениях, а также на малотоннажных судах $l_{BM_{i+1}}/l_{BM_i} = 2$; при детальных исследованиях и в случае использования судов водоизмещением 25 т и более это отношение выбирается равным $\sqrt[4]{2}$.

Размеры установки определяются максимальной длиной $l_{BN_i} = 50 \div 2000$ м в зависимости от задач и условий наблюдений.

3.7.5.4. Измерительные линии и приемные установки монтируются из каротажного кабеля типа КТШ-0,3, из 32-жильного кабеля типа КПРС и различных видов плавающего кабеля с применением неполяризующихся электродов.

Питающие линии установки жестко увязываются с измерительными линиями и приемными установками. Питающие линии изготавливаются из кабеля типа НРШМ. Ток, стекающий с питающих электродов, в зависимости от размеров установки изменяется и имеет силу от 1 до 20 А (сечение кабеля и размеры питающих электродов должны обеспечивать необходимую силу тока).

В процессе измерения на первом разносе производится не менее чем четырехкратное инверсирование тока.

3.7.5.5. Скорость движения судна при измерениях с донной косой обычно не превышает 7 узлов, а при измерениях с плавающей косой — 9 узлов. В условиях значительных горизонтальных градиентов кажущегося удельного сопротивления рекомендуется снижение скорости судна до минимальной (в соответствии с методическими рекомендациями).

3.7.5.6. Время гидрографического определения должно быть зарегистрировано и увязано с временами измерения разностей потенциалов путем нанесения маркирующих временных отметок.

3.7.5.7. Обработка данных электрозондирования с установкой вида ABM_iN_i предусматривает пространственное приведение центров приемных установок к точкам, равномерно распределенным по профилю, исключение влияния электрода A на результаты наблюдений, внесение поправки, учитывающей конечные размеры приемной линии; автоматическое построение разносов, трансформированного и дифференциального кажущегося удельного сопротивления. Обработка выполняется с ЭВМ «Минск-32» по специально разработанному алгоритму и программам. Интерпретация данных выполняется на ЭВМ по специальным программам. Предусмотрены автоматическое построение геоэлектрических разрезов на АЦПУ, а также

количественная интерпретация ВЭЗ с помощью палеток с последующим уточнением параметров на ЭВМ путем минимизации среднего квадратичного отклонения теоретической кривой от экспериментальной.

3.7.5.8. Контроль за работой аппаратуры осуществляется ежедневно путем градуировки каналов приемной линии; периодичность градуировки — в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации аппаратуры.

3.7.5.9. Контрольные измерения выполняются в объеме 5 %.В аномальных зонах проводится детализация в объеме 10 %.

3.7.6. МОРСКОЙ ВАРИАНТ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

3.7.6.1. Морской вариант магнитотеллурического зондирования (МТЗ-М) перспективен для изучения, во-первых, геоэлектрического разреза в районах с мощным чехлом осадочных пород с целью поисков месторождений нефти и газа и, во-вторых, электропроводных слоев земной коры и верхней мантии с целью исследования современного термического режима Земли, ее тепловой истории, выяснения механизма тектоники плит и различий в глубинном строении океана и суши.

Физическая сущность метода та же, что и в наземных МТЗ (см. 3.3.6).

3.7.6.2. Установки для измерения магнитотеллурического поля различаются типами (электрического или магнитного) датчиков (преобразователей) и их взаимным расположением в слое морской воды. Выделяют следующие виды установок.

1. Донная установка, когда датчики (преобразователи) электрического и магнитного поля располагаются на дне. Установка применяется при решении широкого круга задач МТЗ-М и наименее подвержена влиянию различного рода помех. Однако отсутствие серийной донной аппаратуры приводит к необходимости использования других типов установок.

2. Поверхностная установка, когда преобразователи электрического и магнитного поля располагаются на поверхности моря. Установка обладает меньшей разрешающей способностью, чем донная. Технически может быть реализована при исследованиях со льда, с применением обычной наземной аппаратуры.

3. Разнесенная магнитная установка с измерением только магнитной компоненты на разных уровнях. Установка может применяться в океане и малопригодна на шельфе. Технически может быть просто реализована применением протонных модульных магнитометров.

4. Разнесенная теллуромагнитная установка с измерением электрического поля на поверхности и магнитного на дне. Принципиально пригодна для прослеживания мантии в океане.

5. Разнесенная магнитотеллурическая установка с измерением магнитного поля на поверхности и электрического — на дне. Принципиально возможно применение на всех морях для изучения мантии, а на шельфе и в морях субокеанического типа — для изучения осадочной толщи. Применение установки целесообразно, когда на берегу расположена сложная магнитовариационная станция.

3.7.6.3. При работах на шельфе (до глубин 200 м) применяется донная станция конструкции НПО Южморгео с записью в аналоговом виде на кинопленку шириной 35 мм. При работах на всех глубинах предполагается применять донную станцию типа «Адомас» с записью в цифровом виде на магнитную пленку.

3.7.6.4. Для проведения работ на шельфе используются суда водоизмещением 150—300 т, для съемок на больших глубинах — не менее 1000 т.

3.7.6.5. Методика работ с донной установкой при использовании станции конструкции НПО Южморгео на шельфе заключается в следующем. В нужном азимуте с борта судна выкладывается одна электрическая линия, на развороте судна выкладывается в перпендикулярном направлении вторая линия. Судно становится на якорь, и на дно опускается контейнер с магнитными вариометрами. Подбирая якорь-цепь, судно перемещается на небольшое расстояние. Опускается контейнер с регистрирующей аппаратурой, удерживаемый грузом-якорем на глубине 5—10 м под поверхностью моря. Местоположение станции отмечается вехой с проблесковым светильником. Станция включается автоматически, а работа ее определяется программой блока управления. После окончания цикла регистрации станцию поднимают в порядке, обратном погружению.

3.7.6.6. Требования к точности прокладки электрических линий, выбор их длины, продолжительность записи, частота градуировки аппаратуры при работах на шельфе такие же, как и при наземных работах (см. 3.3.6).

3.7.6.7. Обработка результатов наблюдений, зарегистрированных станцией конструкции НПО Южморгео, заключается в преобразовании аналог — код данных, записанных на кинопленку. Дальнейшая обработка осуществляется на ЭВМ по общим для суши и моря программам.

Частотные характеристики, полученные разнесенными станциями, предварительно пересчитываются во входной импеданс донных отложений. Учет влияния сферичности Земли, электромагнитного поля морских течений и волн, специфических для моря геоэлектрических неоднородностей, влияния разнесения преобразователей по вертикали и горизонтали и др. производится в соответствии с разработанными теоретическими требованиями, изложенными в методических рекомендациях.

3.7.7. МОРСКОЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

3.7.7.1. Морские работы методом ЕП осуществляются в пределах шельфовой зоны.

Цель работ: геологическое картирование, выявление месторождений твердых полезных ископаемых и определение их морфологических и металлогенических особенностей, литодинамические исследования.

3.7.7.2. В морских условиях применяются: 1) измерения с корабля в движении в модификации потенциала, 2) измерения с корабля в движении в модификации градиента, 3) вертикальные зондирования градиента ЕП на стоянках и в дрейфе, 4) работы на площади приливно-отливной осыхающей полосы в модификации градиента и потенциала.

Работы могут осуществляться в судовом и наледном варианте.

3.7.7.3. Работы в движении выполняются при скорости судна 4—7 узлов.

3.7.7.4. При выполнении измерений используются любые типы неполяризующихся электродов, пригодные для работы в водной среде и обеспечивающие в течение суточного рабочего цикла собственную разность потенциалов электродных пар не более 1 мВ. При выполнении наледных работ электроды выдерживаются в водной среде время, необходимое для их температурной стабилизации.

Остальные требования к производству работ — в соответствии с 3.3.1 и методическими рекомендациями.

3.8. ДОКУМЕНТАЦИЯ И ПОЛЕВАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

3.8.1. Документация результатов полевых измерений и наблюдений является ответственным элементом производства полевых работ. Документация ведется по установленным формам, приведенным в приложениях, для каждого метода с выполнением требований, предусмотренных настоящей инструкцией. Записи результатов наблюдений ведутся в полевом журнале, на фотобумаге, диаграммной бумаге или магнитной ленте с одновременной записью в журнале порядка и условий наблюдений. Полевые журналы, осциллограммы, диаграммные и магнитные ленты вместе с журналами регистрации и обработки являются основными первичными документами работ партии (включая данные топографической привязки, аэрофотосъемки, радиогеодезии, карты с отметками штурмана и т. д.).

3.8.2. Полевые журналы должны изготовляться из белой плотной бумаги с твердой обложкой, размерами, не превышающими 25 × 18 см (размер полевой сумки). Листы должны быть пронумерованы до заполнения журнала.

На обложке и титульном листе (повторно) указывают: организацию и партию, ведущие работы, район работ, метод исследований, номер журнала, фамилии начальника партии (отряда), оператора и вычислителя. На титульном листе также указывают тип, номер прибора (станции), дату начала и окончания записей в журнале. Кроме того, пишут обращение к нашедшему журнал (в случае потери) с просьбой возвратить его по адресу организации, который указывают тут же.

Записи на титульном листе осуществляются по форме прил. 3.

3.8.3. На каждом листе делают заголовок для внесения общих сведений по данному профилю (зондированию). Заголовок не должен занимать более 4—6 см по высоте, чтобы основную часть листа можно было использовать для записей. В заголовке указывают участок работ (номер планшета), номер зондирования (профиля), азимут разносов (направление профиля), схему установки, число применяемых батарей и их марки (тип генератора), число пикетов (шпилек) на заземлениях, чувствительность гальванометра, силу и частоту тока при использовании переменного тока, дату начала и окончания работ, при необходимости — время, погоду, а также фамилии оператора и вычислителя.

3.8.4. В зависимости от применяемого метода в журнал заносятся наблюденные данные в единицах измеряемых физических величин или в делениях шкалы прибора с указанием цены деления (пределов измерения). В последнем случае вводится дополнительная графа, в которой в виде числителя указывается отсчет, а в виде знаменателя — чувствительность (предел).

Для всех методов работы в журнал вводят одну или две лишние графы на случай, если потребуется запись перевычисленных или средних значений наблюдаемых характеристик поля.

В графе «Примечание» записываются данные о чувствительности гальванометра при включенной приемной цепи, поведении стрелки гальванометра во время измерения, значении утечки, неисправностях, обнаруженных в установке во время производства работ, об уровне помех, о погоде, об особенностях рельефа местности и т. д.

Вторую страницу листа заполняют так же, как и первую, но без заголовка. При работе по методу зондирования вторая страница может быть использована для нанесения кривых зондирования в логарифмическом масштабе.

Все графы, начиная с первой, заполняют на профиле. Предварительное заполнение первых граф не рекомендуется, так как это затрудняет документацию повторных наблюдений, число которых заранее предусмотреть нельзя.

3.8.5. В полевом журнале делается абрис (зарисовка) района, точки зондирования или профиля, на котором отмечают топографическую ситуацию (рельеф, речки, дороги), геологическую обстановку (обнажения, характер поверхностного покрова), горные выработки и скважины. По профилю вычерчивается рельеф дневной поверхности, который определяют глазомерно или при помощи эклиметра. Под абрис используют незаполненную часть страницы, свободное место в графе «Примечание» или, в случае надобности, оборотную сторону страницы. Графа «Примечание» по размерам должна позволять делать необходимые записи.

Абрис ведут в определенном масштабе, который указывается на рисунке.

3.8.6. Записи в журнале ежедневно подписывают оператор (наблюдатель) и вычислитель. Проверка вычислений удостоверяется подписью проверившего лица. Приемка журнала начальником партии скрепляется его подписью в конце журнала. При этом указываются число страниц и точек наблюдения, записанных в журнал, а также объемы принятых и выполненных работ по видам (шаг, категория местности, разнос, период, частота, задержка — прил. 2).

3.8.7. Записи в журнале ведут карандашом средней твердости. Записи химическим карандашом и чернилами не допускаются. Допускается запись шариковой ручкой темного цвета. Категорически запрещается стирание и подчистка записей. Неправильно записанные данные вычеркивают тонкой линией.

Не допускается вырывание или вклейка других страниц в журнал. Не допускается ведение записей на листах с последующим переписыванием их в журнал. Полевой журнал, заполненный с других записей, документом не считается и начальником партии не принимается.

3.8.8. Параллельно с записями в полевом журнале для всех видов профилирования, методов заряда, СДВР, КЭП, ВП вычерчивают полевые графики. Допускается вычерчивание полевых графиков на следующий после измерений день в камеральном бюро партии (отряда), а для методов зондирования — непосредственно на точках наблюдений. На базе партии (отряда) проверяют правильность вычислений и построения графиков.

Полевые графики вычерчивают в определенном масштабе на листах стандартного типа с соблюдением требований, перечисленных в следующих параграфах настоящей инструкции. Полевые графики являются элементом полевой документации.

3.8.9. Кривые зондирования вычерчивают в поле на логарифмической бумаге модуля 6,25 см.

В верхней части бланка ВЭЗ, МТЗ, ЗГЭМП на кривой указывают наименование (номер) партии, номер зондирования, участок работ, местоположение и высотную отметку точки ВЭЗ (координаты и альтитуды центра) и дату наблюдения. В начале и конце кривой указывают значение кажущегося удельного сопротивления $\rho_к$, кажущегося удельного сопротивления в методе МТЗ $\rho_т$, эффективного удельного сопротивления $\tilde{\rho}$, кажущегося удельного сопротивления на переменном токе ρ_ω.

Под графиком ставятся подписи оператора и вычислителя. Крестовые и повторные кривые зондирования вычерчивают рядом с основной кривой штриховой линией. Точки различных кривых ВЭЗ, МТЗ, ЗС, ЗГЭМП отмечают различными обозначениями. На кривых указывают азимут разносов и дату наблюдения.

На бланке зондирования записываются все данные интерпретации (шифр теоретической кривой, мощности, глубины, удельное сопротивление электрических горизонтов).

3.8.10. Кривые $\rho_к$, H_z/H_{z0}, U/I и т. д. при работе по методам профилирования и градиента, а также кривые потенциала и градиента потенциала при работе по методам естественного поля, заряда и срединного градиента, дипольного электромагнитного профилирования, метода переходных процессов и т. д. вычерчивают в виде планов графиков на листах миллиметровой бумаги стандартного размера. На этих же листах указывают район и участок работ, метод разведки, горизонтальный и вертикальный масштабы, дату работ, название партии и отряда, условные обозначения к графикам, а также вычерчивают схему установки с указанием ориентировки относительно стран света и основных пунктов геодезической опоры, имеющихся на планшете (триангуляционных знаков, буровых скважин и т. д.).

Профили нумеруют римскими или арабскими цифрами (в последнем случае номера профиля и пикета записываются в виде дробей), а точки на профиле — арабскими цифрами. Нумерация профилей и точек в полевых журналах и на графиках должна точно соответствовать нумерации пикетов на местности. Профили при вычерчивании наносят таким образом, чтобы слева на чертеже находились концы профилей, расположенные в западных или южных румбах. Это правило должно применяться с учетом удобства сопоставления профилей между собой (см. 3.2).

В аэроэлектроразведке применяется раскраска графиков.

Надписи на картах следует делать в строго определенном порядке, принятом управлением, объединением (экспедицией, трестом).

3.8.11. При графическом оформлении результатов наблюдений точки должны быть расположены по профилю в строгом соответствии с масштабом карт и планом работ по данному участку.

Допускается представление графиков и промежуточных карт в масштабах на разряд крупнее масштаба съемки. Переход на более крупный масштаб представления графиков является обязательным, если для значительного объема (30 %) работ на участке (планшете) расстояние между точками наблюдений на графиках меньше 2 мм.

3.8.12. Расстояния между соответствующими профилями на картах графиков по данному участку должны быть одинаковыми для всех методов для удобства сопоставления и анализа результатов работ по различным методам. Расстояние между профилями на картах графиков выбирают с учетом необходимости обеспечения максимальной компактности представляемых материалов при сохранении наглядности и удобства чтения графиков.

Если позволяет принятый масштаб графики, расстояния между профилями на карте профилей должны соответствовать в масштабе расстояниям между теми же профилями в натуре. Для удобства анализа карт графиков вместе с другими материалами рекомендуется их составлять на сопоставимой основе. В тех случаях, когда масштаб расстояний между профилями и точками не может быть выдержан, профили рекомендуется располагать на одинаковом расстоянии друг от друга. В качестве стандартного расстояния между профилями рекомендуется 5 см. Оно может быть уменьшено или увеличено в зависимости от характера работ и получаемых результатов.

3.8.13. Вертикальный масштаб измеряемых величин по данному методу выбирают по возможности стандартным для всех работ в исследуемом районе при условии соблюдения требования наглядного представления результатов. Если

выбранный масштаб является слишком мелким для малых значений или слишком крупным для больших, отдельные части кривых повторяют в дополнительных масштабах.

Дополнительные масштабы рекомендуется выбирать такими, чтобы они относились к основным, как 1 : 5 или 1 : 10 для больших значений и 1 : 1/5 или 1 : 1/10 — для малых.

При вычерчивании части кривой в другом масштабе необходимо делать перекрытия кривых по нескольким точкам в месте перехода от одного масштаба к другому (аналогично тому, как это делается при каротаже).

Так, в качестве стандартных масштабов рекомендуются: для $\rho_к$ в 1 см — 5000, 2000, 500, 100, 20 Ом·м, для естественного электрического поля в 1 см — 100, 20 мВ и т. д.

3.8.14. На графиках каждого профиля указывают номер профиля, нулевую и каждую пятую или десятую точки, ориентировку профиля по странам света, привязочные точки (буровые скважины, речки, дороги), элементы рельефа, возможные источники промышленных и геологических помех (водопроводные трубы, силовые линии, ярко выраженные особенности рыхлых отложений и т. д.).

На график наносят все результаты наблюдений, включая повторные и контрольные. При этом повторные и контрольные наблюдения отмечают особым знаком (крестиком, треугольником). В условных обозначениях должно быть указано, какие точки являются рядовыми, какие повторными и контрольными.

Внизу под всеми профилями должны быть подписи оператора и вычислителя.

3.8.15. Учет работы в партиях (отрядах) ведут по форме прил. 2. В дневник (на оборотной стороне формы) дополнительно записывают изменения в составе партии (отряда), даты начала и окончания работ на отдельных участках, даты сдачи полевых материалов начальнику партии (отряда) и т. д.

3.8.16. В партии (отряде) составляется каталог (опись) наблюденных ВЭЗ, профилей, планшетов и т. д., в котором указываются номер ВЭЗ (профиля и т. д.), расположение, разносы, фамилия оператора, производившего наблюдения, время наблюдения и номера журналов и страниц, в которых сделаны записи наблюдений.

3.8.17. Полевую обработку материалов следует производить повседневно по мере выполнения работ. Она должна выполняться с достаточной полнотой и с глубоким анализом материалов, чтобы обеспечить правильную ориентировку работ в процессе их выполнения, полноту решения поставленных задач и быстрое выявление геологических результатов.

3.8.18. Полевая обработка материалов производится сотрудниками камерального бюро партии (экспедиции) или лицами, выполняющими наблюдения. Необходимое на камеральную обработку время должно предусматриваться проектом. Передача материалов в камеральное бюро партии (экспедиции) производится в установленные начальником (старшим геофизиком) партии (экспедиции) сроки, но не реже одного раза в месяц.

3.8.19. Полевые журналы, дневники, полевая графика и материалы по камеральной обработке должны оформляться по единым образцам во всех отрядах партии, выполняющих однотипные работы (по данному виду работ для журналов используются книжки одинакового формата, для графиков — одинаковые бланки и т. д.).

Карты графиков, планы участков геофизических работ и другие картографические материалы составляются на листах (миллиметровки, ватмана, кальки) установленных размеров. Заранее подготовленные для работы листы миллиметровки, ватмана или кальки, а также находящиеся в работе и законченные карты должны храниться в развернутом виде в больших папках с твердыми обложками.

Вся графика, начиная с вычерчивания кривых на профиле, должна вестись и оформляться таким образом, чтобы максимально сократить необходимость ее перечерчивания.

Совершенно не допускаются вычерчивание каких бы то ни было чертежей на случайных обрывках миллиметровки, использование случайных масштабов и хранение материалов в разрозненном виде в свертках, связках и т. д.

Все материалы должны группироваться по определенной системе, нумероваться и храниться в определенном месте, с тем чтобы каждый документ в любое время мог быть найден без потери времени, для чего составляется опись материалов.

Для выполнения полевой и камеральной обработки материалов партии (отряды) должны обеспечиваться необходимыми чертежными принадлежностями, походными чертежными досками и несгораемыми ящиками или шкафами для хранения и перевозки материалов.

3.9. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТ

3.9.1. Все наблюдения должны быть проведены с достаточной точностью в соответствии с требованиями настоящей инструкции. Правильность наблюдений и их точность обеспечиваются надлежащей подготовкой оператора, хорошим качеством и исправным состоянием аппаратуры, выбором рациональной методики работ, строгим соблюдением правил техники полевых измерений, требований по борьбе с помехами и систематическим контролем за работой персонала партии со стороны начальника (старшего геофизика) партии, отряда.

В зависимости от характера работ и сложности наблюдений в качестве операторов (наблюдателей) используются лица различной квалификации и опыта. При наиболее сложных работах (глубинные ВЭЗ, ЗС, МТЗ, профилирование с большими разносами, работы по методам заряда, ВП, аэроэлектроразведка и т. д.) наблюдения производятся опытными техниками-геофизиками и инженерами.

3.9.2. С целью уменьшения погрешности наблюдений оператор должен постоянно следить за исправностью аппаратуры, соблюдением правил ее эксплуатации, правильностью соединений схем, величиной разносов, контролировать отсчеты измеряемых значений и пределы измерений, следить за правильностью записей и внесением их в соответствующие графы, а также за характером кривых, вычерчиваемых параллельно с наблюдениями или записываемых регистраторами.

Работа на точке и профиле должна быть четко организована и все операции, связанные с наблюдениями, должны вестись в строго установленном порядке.

3.9.3. Оператор, проводящий наблюдения, должен полностью овладеть используемой в данном методе аппаратурой, хорошо знать ее, уметь регулировать, эталонировать и настраивать для данного вида работ. Оператор должен уметь оценивать погрешность отсчета (наблюдения) с учетом влияния помех разного рода.

3.9.4. Работа с электронными компенсаторами, электроразведочными станциями и другой электроразведочной аппаратурой должна вестись строго в соответствии с требованиями настоящей инструкции и с указаниями, изложенными в заводских инструкциях и руководствах (см. 3.1).

3.9.5. Оценка точности проверяется путем повторных измерений (наблюдений), которые в зависимости от условий и методов могут выполняться с изменением или без изменения режима тока в питающих цепях на точках зондирования, профилях и т. д. Повторные измерения проводятся систематически через определенное число точек и при незакономерных и не согласующихся с другими данными изменениях кривой. Оператор обязан на месте выяснить причину указанных изменений кривой. Если они подтверждаются повторными измерениями, оператор обязан произвести повторные измерения на близлежащих соседних точках и в промежутке между соседними и данной точками.

3.9.6. При наблюдении трудно измеряемых величин любыми приборами их значения берутся по двум и более отсчетам, которые фиксируются в полевом журнале.

3.9.7. Кроме повторных измерений, которые являются внутренним контролем, необходимо производить контрольные наблюдения по отдельным профилям (точкам зондирований). Результаты последних являются объективным материалом, по которому оценивается качество и точность работ партии. Объем контрольных наблюдений может меняться в зависимости от характера и условий работ, опытности оператора и качества полевого материала, но не может быть меньше 5 % объема всех наблюдений (не менее 10 % в случае опытно-методических работ).

3.9.8. Контрольные наблюдения распределяют равномерно по площади и в первую очередь проводят на профилях (точках зондирований, изолиниях), которые по тем или иным признакам являются наименее надежными. Контрольные профили и точки зондирования выбирает начальник (старший геофизик) партии. Измерения при контрольных работах производит начальник (старший геофизик) партии или назначенный им оператор. Оператору, проводившему рядовые (основные) наблюде-

ния, производить контрольные не разрешается. В исключительных случаях (малоприборные партии, условия большой разобщенности отрядов, применение редкой аппаратуры и др.) контрольные наблюдения может выполнять и исполнитель контролируемых измерений, причем в данном случае он не должен иметь при себе журналов (диаграмм и т. п.) с записью рядовых наблюдений или их графиков.

Контрольные профили и точки зондирования следует выбирать таким образом, чтобы они могли характеризовать качество выполняемых работ на всех участках (планшетах) и всеми операторами. Наблюдения на контрольных профилях и точках зондирования необходимо вести в течение всего полевого периода и распределять во времени и по площади равномерно.

Для каждого метода формулируются четкие требования к проведению контрольных измерений (одна или разные спуско-подъемные операции в скважине, один или разные залеты летательного аппарата, один или разные морские рейсы, один и тот же или другой прибор и т. д.). Свои определенные требования предъявляются в каждом методе и к повторным измерениям, проводимым в процессе основной съемки.

3.9.9. В тех случаях, когда работы на участке производятся различными приборами, необходимо систематически (примерно раз в месяц) сверять их показания. С этой целью используются различные контрольные пункты, маршруты, а иногда и специализированные электроразведочные полигоны. В случае сложных приборов допускаются систематические проверки одного прибора на контрольном пункте (маршруте).

3.9.10. В процессе полевых измерений оператор должен оценивать погрешность измерений, используя для этого расхождения рядовых и повторных измерений на данной точке.

3.9.11. Оценка точности наблюдений как официальная характеристика качества работ партии (отряда) производится на основании измерений на контрольных профилях (зондированиях) путем вычисления погрешности. За меру погрешности наблюдений на данной точке обычно принимается абсолютное значение разности результатов рядового и контрольного измерений (для краткости обозначается одним словом «разность») или отношение этой разности к среднему значению измеряемой величины — относительная разность. Относительная разность дается в процентах. Средняя погрешность наблюдений оценивается по средней разности (средней относительной разности), определяемой как среднее арифметическое из разностей (относительных разностей) всех контролированных точек, в которых измерения сопоставимы по степени сложности. В ряде методов (например, 3.3.10, 3.4.2, 3.6.4) считается средняя квадратичная ошибка. Конкретные требования к вычислению погрешности наблюдений по методам приводятся в соответствующих разделах.

3.9.12. В отдельных случаях, когда заданная точность при всех принятых мерах не может быть достигнута (например, вследствие сильного влияния блуждающих токов), а при выполнении работ с пониженной точностью поставленная перед партией геологическая задача может быть разрешена, работы могут выполняться с пониженной, но максимально возможной в данных условиях точностью. В обоснование работ, выполненных с пониженной по сравнению с указанной в проекте точностью, должна быть представлена соответствующая аргументация. Если при этом работы с пониженной (по сравнению с проектной) точностью будут превышать 10 % общего объема работ партии, то на выполнение их должно быть получено разрешение объединения (экспедиции). Для этого начальник партии должен поставить перед экспедицией (трестом, объединением) вопрос о снижении требований в отношении точности наблюдений, приведя необходимые обоснования и возможно точно определив районы и объемы работ, по которым должны быть понижены требования. В этом случае одним из видов контроля является совпадение графиков по форме.

3.9.13. Работы, выполненные с пониженной точностью вследствие неисправности аппаратуры, небрежности оператора, плохой привязки и других неоправданных причин, а также при объеме контрольных наблюдений меньше 5 % от объема всех наблюдений, приниматься не должны.

3.9.14. Контроль и проверка качества электроразведочных работ производятся на всех этапах их выполнения.

Первичный контроль за качеством полевых работ осуществляют начальник отряда и начальник (старший геофизик) партии в процессе полевых работ.

3.9.15. Начальник отряда, если он не является оператором, или специально выделенное приказом по партии лицо контролирует работу операторов ежедневно, в относительно удаленных бригадах — не реже одного раза в три дня, а в удаленных — по специальному графику. При посещении бригады начальник отряда обязан проверить, соответствуют ли выполняемые работы требованиям настоящей инструкции по следующим показателям:

1) состояние аппаратуры и рабочих установок;
2) правильность производства полевых наблюдений;
3) правильность и полнота ведения полевой документации;
4) своевременность и правильность вычерчивания графиков;
5) наличие и достаточность повторных и контрольных наблюдений;
6) точность наблюдений;
7) соблюдение правил техники безопасности;
8) соблюдение правил охраны окружающей среды.

Начальник отряда при посещении бригады должен лично проконтролировать наблюдения оператора в объеме не менее 5 % дневной нормы бригады. Начальник отряда обязан выявить наблюдения, не удовлетворяющие требованиям инструкции, и дать указания оператору о производстве повторных наблюдений. Контрольные и повторные наблюдения, проведенные начальником отряда, и все его указания заносятся в полевой журнал и подписываются им.

3.9.16. Начальник партии (старший геофизик) проверяет работу отряда непосредственно в поле не реже одного раза в 10—15 дней, относительно удаленных отрядов — раз в месяц, удаленных — по специальному графику. Проверка производится в соответствии с требованиями, указанными в 3.9.15. Кроме того, начальник партии (старший геофизик) проверяет:

1) правильность ведения и своевременность выполнения топографических работ;
2) правильность ведения геофизических работ в методическом и техническом отношениях;
3) правильность и своевременность ведения первичной обработки полевых материалов при выполнении ее в отряде;
4) правильность оценки точности наблюдений по профилям и участкам;
5) объем выявленного брака и его причины.

Начальник партии (старший геофизик) обязан проверить правильность нормирования работ в условиях фактической категории местности и показатели выполнения плана, выявить и предложить отряду повторить все дефектные наблюдения, выбрать контрольные профили и провести на них контрольные наблюдения (или назначить для этого другого оператора). Записи контрольных наблюдений и указаний бригадам начальник (старший геофизик) партии делает в полевых журналах, указаний начальнику отряда — в дневнике отряда.

3.9.17. Приемка материалов и оценка качества работ и материалов производятся руководством партии раз в месяц и специальными комиссиями, назначаемыми приказом объединения (треста, экспедиции), поэтапно и по окончании полевых работ. Квартальная приемка материалов комиссиями в сезонных партиях, срок полевых работ которых менее 6 месяцев, не обязательна. Окончательная приемка материалов производится по окончании полевых работ.

3.9.18. При приемке полевых материалов руководство партии проверяет все полевые книжки (осциллограммы, диаграммы, магнитные ленты и журналы их обработки), полевую графику, материалы по оценке точности наблюдений, топографические (аэрофотосъемочные, радиогеодезические) материалы, материалы по первичной камеральной обработке, а также дневник отряда.

При приемке материалов от отряда проверяется соответствие выполненных работ требованиям настоящей инструкции.

Приемка полевых работ оформляется актами, в которых даются характеристика работ по требованиям, перечисленным в 3.9.15 и 3.9.16, объем выполненных и принятых работ, процент брака с указанием его причин и общая оценка материалов и работ.

3.9.19. При приемке полевых материалов комиссией проверяют полевые журналы (осциллограммы, магнитные ленты и журналы их обработки), полевую графику, графику камеральной обработки, материалы по оценке точности наблюдений, журналы топографических работ, материалы по интерпретации данных параметрических измерений и определений электрических и магнитных свойств горных пород, днев-

ники работ партии и отряда, акты приемки материалов начальниками отрядов и начальником (старшим геофизиком) партии.

3.9.20. Комиссии принимают первичные материалы, проверяют и оценивают качество полевых работ и материалов по четырехбалльной системе (неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично) в соответствии с требованиями настоящей инструкции (см. 3.9.15 и 3.9.16) и дополнительно по следующим показателям:

1) объем выполненных работ (в физических и условных показателях), соответствие выполненных работ проекту и заактированному объему;

2) эффективность примененных методов электрической разведки и методики работ;

3) эффективность комплекса работ, детализации и проверки аномалий;

4) эффективность контроля работ отряда со стороны начальника партии.

Качество обработки полевых материалов комиссия проверяет в соответствии с требованиями настоящей инструкции по следующим показателям:

1) достаточность и надежность проверки вычислений;

2) соответствие графических материалов масштабам работ;

3) полнота ориентиров и записей на картах и графиках;

4) сроки обработки и оформления материалов;

5) правильность методов интерпретации материалов;

6) полнота использования геологических и геофизических материалов.

При проверке качества полевых работ, полевой документации и обработки полевых материалов комиссия обращает особое внимание на полноту и рациональность использования возможностей электроразведки для решения поставленных перед партией задач и на эффективность электроразведочных работ, отмечая в актах:

1) число, характер и обоснованность выделения обнаруженных аномалий (структур) и их характеристики, размер закартированных площадей и т. д.;

2) сроки детализации и проверки результатов электроразведочных работ другими методами, горными выработками и бурением;

3) передачу геологическим организациям перспективных геофизических участков, рекомендованных для постановки проверочных работ;

4) результаты проверочных работ на рекомендованных участках;

5) мероприятия по повышению геологической эффективности геофизических работ.

3.9.21. При приемке работ руководством партии и комиссиями бракуются наблюдения, которые вследствие нарушения требований настоящей инструкции в отношении правил обращения с аппаратурой, контроля и точности наблюдений, разбивки и привязки топографической сети, документации и других технических требований являются заведомо неверными или ненадежными и не могут быть использованы для решения поставленных перед партией задач. Объем брака принимается во внимание при общей оценке качества работ партии. Работа партии, в которой допущено 10 % и более брака, не проверенного и не исправленного последующими наблюдениями, оценивается как неудовлетворительная.

3.9.22. При приемке полевых работ комиссиями устанавливается объем методически не оправданных работ, выполненных:

1) при необоснованном отклонении от проекта (см. 2) в отношении запроектированных площадей, методики и техники работ, приведшем к их безрезультатности и нерешенности поставленных геологических задач;

2) при необоснованном проведении работ, если нецелесообразность их дальнейшего производства на данной площади или данным методом вытекала из материалов, полученных на предыдущем этапе работ;

3) при неправильной методике работ (с неправильно выбранными разносами установок, режимами работ, ориентировкой профилей и разносов), не обеспечивающей решение поставленных задач.

Объем методически не оправданных работ принимается во внимание при оценке качества работ партии. Если он превышает 30 % общего объема работ, работы партии считаются выполненными неудовлетворительно.

3.9.23. Акт комиссии по окончательной приемке материалов полевых работ утверждается руководством экспедиции (объединения) и прилагается к отчету.

4. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И ОТЧЕТНОСТЬ

4.1. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

4.1.1. В задачу камеральных работ входит полная обработка и интерпретация материалов и составление отчета по работам партии.

Камеральная обработка материалов производится камеральной группой, организуемой из работников партии (отряда), или специальным камеральным бюро, предусмотренным в штате партии (экспедиции).

Камеральной группе (камеральному бюро) сдаются полевые журналы, осциллограммы, магнитные ленты, диаграммы и журналы их обработки, полевая графика (графики наблюденных величин, предварительные карты, разрезы, схемы), оформленная согласно требованиям настоящей инструкции, топографо-геодезические и другие материалы (см. 3.8.1).

4.1.2. В камеральной группе или в камеральном бюро проверяют на выборку вычисления (5—10 %), полностью производят повторную обработку осциллограмм, диаграмм, магнитных лент по методам, использующим осциллографическую запись, уточняют или вычерчивают заново карты графиков, кривые зондирования и другие графики и составляют сводные карты графиков, изолиний и т. д., осуществляют их анализ и геологическую интерпретацию.

4.1.3. Во всех случаях, когда это возможно, производится количественная оценка глубины, элементов залегания и размеров изучаемых объектов.

Количественную интерпретацию выполняют при помощи теоретических и экспериментальных палеток или упрощенных способов с использованием данных по электрическим и магнитным свойствам горных пород и руд, получаемых на основании как специальных параметрических измерений, так и анализа полевого материала, а также геологических данных (колонки буровых скважин, разрезы и др.), результатов анализа электрокаротажа скважин. Целесообразно использовать данные математического и физического моделирования.

При всех количественных оценках необходимо учитывать влияние таких осложняющих факторов, как неоднородность и анизотропия пород, рельеф и др.

Для обработки и интерпретации электроразведочных данных широко используют разработанные для ЭВМ программы.

4.1.4. Карты графиков сопоставляют с геологическими и топографическими картами и данными других геофизических методов. На основании совместного рассмотрения всех материалов производят корреляцию кривых по профилям и строят структурно-корреляционные карты. Данные полевых наблюдений увязывают с результатами параметрических наблюдений, каротажа, материалами изучения физических свойств и сопоставляют с геологическим разрезом. Выявляют аномальные зоны и устанавливают их геологическую природу.

Результаты камеральной обработки представляются в виде соответствующих геофизических карт, структурных карт и разрезов опорных горизонтов, карт основных результатов работ (перспективных аномалий, структур), уточненных геологических карт и т. д.

Геофизические материалы должны быть целиком использованы для геологических выводов, хотя бы последние и не относились непосредственно к поставленной перед партией задаче.

4.1.5. В результате камеральной обработки по каждому участку (району) должны быть представлены следующие материалы:

1) обзорная карта, в которой указывают положение исследуемого участка (участков) по отношению к известным пунктам;

2) схема участка работ на геологической карте мелкого масштаба с топографической основой, на которой показывают контуры участка, положение магистрали, дают нумерацию профилей (через 5—10 профилей) и нумерацию крайних точек;

3) план геофизических работ в масштабе съемки (или на разряд крупнее) с нанесением координатной сетки магистрали, всех профилей и точек наблюдений на них (с нумерацией всех профилей и оцифровкой пятых или десятых точек наблюдений по каждому профилю), скважин и горных выработок. Для участков детальных работ, проведенных на площади общей съемки, составляют планы в более крупном масштабе;

4) геологическая и топографическая карты участка работ в масштабе съемки или наиболее близком к нему. В случае отсутствия карт всего участка их дают для той части участка, для которой они имеются. На картах должны быть указаны масштаб, автор, источник и время составления. Для участков детальных работ геологические и топографические карты представляют в масштабе детальных съемок (или наиболее близком к нему). Геологические карты сопровождаются геологическими разрезами, легендой, колонками по скважинам и соответствующими описаниями;

5) карты графиков в единообразном оформлении (в одинаковом масштабе расстояний по профилям, с одинаковым расстоянием между соответствующими профилями, в стандартных масштабах для измеряемых величин). Расстояние между точками на графиках дается в приложении в масштабе съемки (или на разряд крупнее — в соответствии с планом). На одних и тех же листах (и профилях) рекомендуется помещать данные различных методов (или различные кривые, полученные при применении одного метода), если это не затрудняет чтение кривых. На картах графиков под горизонтальной осью каждого профиля приводятся кривые рельефа. В случае представления результатов работ по различным методам на нескольких картах профилей рельеф вычерчивают лишь на одной из них. Вертикальный масштаб при нанесении рельефа должен соответствовать горизонтальному масштабу по профилям или увеличиваться по сравнению с ним в целое число раз.

При работе по методу зондирования представляют альбом кривых зондирования. Альбомы оформляют таким образом, чтобы во время работы кривые ВЭЗ, ЗС, МТЗ и другие легко можно было взять для сопоставления в требуемом порядке;

6) карты графиков участков детальной съемки более крупного масштаба (соответствующего масштабу плана детальных работ);

7) карты изолиний в масштабе съемки или в каком-либо другом масштабе, если окажется целесообразным их составление наряду с картами графиков;

8) при работе по методу зондирования — карты типов кривых, карты качественной интерпретации кривых ВЭЗ, ЗС и других модификаций зондирования, а также карты проводимости S, карты удельного сопротивления надопорных горизонтов ρ_l и т. д.;

9) карта результатов работ в масштабе съемки, на которую наносят аномальные зоны или оси, структурные линии, границы пород, выделяемые по геофизическим данным, и т. д. При работе по методу зондирования представляют разрезы и карты изогипс опорных горизонтов. На картах отмечают все закрепленные на местности точки, а также указывают местоположение точек, в которых рекомендуется проведение горных работ и скважин для проверки результатов геофизических работ;

10) карты геофизической изученности;

11) карты геологической изученности;

12) план топографического обеспечения.

Все документы, перечисленные в настоящем разделе, подписываются исполнителями работ и начальником партии. На плане геофизических работ и на карте результатов работ обязательно должна быть подпись топографа.

Все материалы по каждому участку нумеруют, сосредоточивают в одном месте (в нумерованных папках и тубусах) и снабжают описью.

4.1.6. Кроме перечисленных в 4.1.5 документов, которые в зависимости от размеров чертежей идут в приложения или в текст, в процессе камеральной обработки подготавливается следующий иллюстративный графический материал для текста отчета:

а) графики (по методам профилирования, естественного поля и др.) над известными геологическими объектами вместе с геологическими разрезами и данными других методов;

б) характерные (типичные) и параметрические кривые зондирования и соответствующие им геологические разрезы;

в) результаты контрольных измерений в виде графиков или кривых повторных и контрольных наблюдений, вычерченных в одной координатной системе;

г) скважинные и каротажные диаграммы;

д) сводные таблицы и графики, характеризующие электрические свойства пород и руд.

При наличии материалов по другим геофизическим или геохимическим методам, например в случае комплексных работ, приводятся графические материалы по этим методам в той мере, в какой они могут быть использованы при анализе результатов электроразведочных работ.

Рекомендуется помещать в отчете также фотографии характерных участков работ, зарисовки обнажений, схемы новых установок и другие рисунки, иллюстрирующие обстановку и методику работ.

Весь иллюстративный материал может представляться в отчет в виде фотографий.

4.1.7. В результате камеральной обработки материалов выделяются участки и аномалии для детализации полученных данных и проверки их другими геофизическими методами и горными работами и намечаются места заложения буровых скважин.

Документация и проверочные работы оформляются в соответствии с требованиями действующих инструкций о порядке передачи результатов геофизических работ геологическим организациям и положением об учете перспективных геофизических участков и порядке их геологической оценки.

Геофизическая партия (экспедиция), а также трест, контора, управление, объединение ведут учет объектов, рекомендуемых для проверки геологическими методами, а также контроль за ходом этой проверки и ее результатами.

4.1.8. Камеральные, как и полевые, работы электроразведочной партии ведутся в тесном контакте со всеми другими геофизическими и геологическими партиями, работающими в данном районе, а в отдельных случаях применения скважинных методов — по единому графику с партиями, выполняющими буровые работы.

4.2. ОТЧЕТНОСТЬ

4.2.1. В процессе полевых работ в соответствии с этапами геологического задания начальник партии представляет в управление (экспедицию, объединение) периодические отчеты в сроки и по формам, установленным вышестоящей организацией.

В этих отчетах указываются: объемы выполненных работ в физических и условных точках, производительность работ, процент выполнения плана, сведения о методике, технике и качестве работ (с перечислением случаев брака), отклонения от проекта и обоснования для этого, а также основные результаты работы. Кроме того, приводятся сведения о состоянии техники безопасности, выполнении мероприятий по охране окружающей среды и план работы на следующий отчетный период. Отчет снабжается графическими приложениями, являющимися результатом предварительной интерпретации полевых материалов, копиями актов о передаче перспективных площадей, структур, аномальных участков геологоразведочным организациям и протоколами обсуждения результатов.

4.2.2. Годовой и предварительный отчеты составляются по указанному в 4.2.1 плану, но в более развернутом виде и с графической иллюстрацией всех основных результатов работ.

4.2.3. Окончательный отчет о проделанной геофизической работе должен соответствовать требованиям Инструкции о государственном учете результатов работ по геологическому изучению недр и о порядке хранения и пользования отчетным геологическим материалом (1976 г.) и Инструкции о государственной регистрации работ по геологическому изучению недр (1976 г.), а также требованиям к содержанию и оформлению геологических карт и приложений. Окончательный отчет состоит из следующих элементов;

1) титульный лист;
2) информационная карта (аннотация)
3) содержание (оглавление), включая списки иллюстраций;
4) список исполнителей;
5) текст отчета с иллюстрациями и списком используемой литературы;
6) текстовые и графические приложения;
7) протокол утверждения отчета;
8) справка о стоимости проведенных работ.

Отчет сопровождается рецензиями (отзывами) специалистов, актами передачи аномальных перспективных геофизических участков, актами приемки полевых материалов и актом сдачи первичных материалов в архив экспедиции (объединения) на хранение.

Все текстовые приложения помещают в конце отчета в порядке их номеров, графические — в отдельном томе или в конце отчета в зависимости от количества материалов.

Отчет печатают на белой бумаге с одной стороны через полтора-два интервала.

Картографический материал (карты профилей, изолиний, результатов работ и др.) для отчета должен быть выполнен на кальке в контурно-штриховом исполнении, черной тушью на фотобумаге (без искажений масштаба) или литографическим способом на картографической бумаге.

4.2.4. Окончательный технический отчет составляется по всем работам партии, предусмотренным проектом работ (разд. 2). Окончательный отчет содержит исчерпывающие данные по проведенным работам и состоит из следующих разделов:

1) введение;
2) геолого-геофизическая и экономическая характеристика района;
3) задачи, методика и техника полевых работ;
4) интерпретация материалов геофизических работ;
5) результаты работ;
6) заключение.

В разделах 1 и 2 приводятся сведения того же характера, что и в соответствующих разделах проекта, но более расширенные и дополненные данными последних геологических и геофизических работ.

Раздел 3 должен содержать:

1) краткое изложение задач и сведения с обоснованием работ партии, сведения об изменениях проекта и плана в процессе полевых работ и обоснование этих изменений;

2) описание и обоснование методики и техники работ наземных, скважинных, аэро- и морских методов с подробным освещением условий производства измерений, расположения точек зондирования, профилей, планшетов контрольных маршрутов и т. п., краткое изложение способов разбивки, привязки (с указанием точности) и закрепления пунктов геофизических наблюдений; сведения о проведенной рационализации производственного процесса;

3) сведения о работе аппаратуры, точности наблюдений; характеристику качества полевых материалов; оценку его комиссией управления (экспедиции, объединения);

4) задачи, обоснование и результаты опытно-производственных работ;

5) данные о стадиях и комплексности геофизических работ и связи их с геологоразведочными работами;

6) основные технико-экономические показатели плана и сведения о его выполнении, данные о выполненных объемах работ по методам, районам и масштабам съемки. Дается анализ выполнения работ и производительности во времени. Приводятся основные сведения по организации работ.

Раздел 4 должен содержать:

1) подробные сведения о геоэлектрическом разрезе района работ (электрические и магнитные свойства пород, опорные геоэлектрические горизонты) по данным бурения, каротажа, скважинных работ, параметрических измерений, зондирований и т. д., а также по результатам изучения физических свойств на образцах;

2) анализ результатов полевых наблюдений в плане выявления особенностей геоэлектрического разреза и закономерностей его изменения на площади исследования в зависимости от геологических и других факторов;

3) обоснование выбора изучаемых характеристик поля и методики интерпретации результатов работ;

4) методику составления геоэлектрических разрезов, геоэлектрических и структурных карт и т. п., обоснование выбора масштаба;

5) оценку точности построения карт и разрезов.

При анализе материалов результаты электроразведочных работ должны быть увязаны с данными других геофизических методов.

Раздел 5 должен содержать:

1) систематическое описание поставленных работ и полученных результатов (с указанием местоположения участков, планшетов, профилей, характеристикой наблюденных кривых и т. д.).

Анализ и геологическую трактовку полученных результатов (установление общих и частных закономерностей в поведении наблюденных полей по району, участкам, планшетам, выявление связи особенностей полей с геологическими факторами и т. д.);

2) описание строения района (участка) исследований по данным электроразведочных работ;

3) сравнение и увязку полученных результатов с результатами геологических, буровых и геофизических работ другими методами, проведенных в районе (на участке) исследования;

4) подробные методические рекомендации по дальнейшему проведению геофизических и геологоразведочных работ; как правило, рекомендации даются в виде отдельного приложения, которое рассылается в заинтересованные организации;

5) полные сведения о решении задачи, поставленной перед партией согласно проекту и геологическому заданию.

В разделе 5 должна быть представлена графика, отражающая основной фактический материал по наблюденным полям.

В зависимости от расположения площадей исследования описание и анализ результатов работ дается по отдельным участкам или району в целом.

В заключении (раздел 6) подводятся итоги работ по следующему плану:

1) полученные геологические результаты и их значение в общем комплексе разведочных работ по району;

2) рекомендации по дальнейшему изучению площади работ, обоснование необходимости детальных работ или разведки перспективных участков с указанием рекомендуемого геофизического метода, желательность проведения горных работ, структурного бурения или глубокого разведочного бурения (с указанием мест заложения скважин);

3) методические выводы — правильность примененного в исследуемом районе комплекса геофизических методов; критическая оценка результатов каждого из применявшихся геофизических методов.

4.2.5. Если отчет признан в экспедиции (объединении) удовлетворяющим требованиям в отношении полноты содержания и оформления, его передают на рецензию специалистам, в числе которых должен быть геолог, знакомый с районом исследования, и геофизик по данной специальности. Рецензентов назначает руководство объединения (экспедиции). Рецензенты представляют письменное заключение по отчету, уделяя особое внимание вопросам методики, геологическим выводам, их обоснованности и рекомендациям относительно дальнейших работ.

4.2.6. Окончательный отчет партия представляет в экспедицию. После рассмотрения в экспедиции отчет передается в объединение, где его проверяют инженеры-кураторы, руководители соответствующих подразделений, главный инженер и главный геолог. При недостаточно полном освещении вопросов, которые должны быть рассмотрены в отчете, и при неудовлетворительном оформлении текстового и графического материала отчет возвращается на доработку.

4.2.7. По получении отзывов рецензентов назначается защита отчета на научно-техническом совете управления (объединения) при обязательном участии непосредственных исполнителей работы, а также ответственного представителя геологической организации, на территории которой проводились геофизические работы. Научно-технический совет выносит решения по дискуссионным вопросам, поставленным рецензентами и участниками заседания совета, решение о принятии или возвращении отчета и об оценке принятого отчета по четырехбалльной системе. Основными показателями, определяющими оценку, должны быть: выполнение геологического зада-

ния по объекту, качество полевых и камеральных работ (наличие, характер и процент брака), правильность методики и техники работ, геологическая эффективность работ, выполнение плана и другие производственно-экономические показатели, а также качество технического отчета (см. также 3.9.22).

4.2.8. Отчет оформляется в четырех-пяти экземплярах, из которых: один высылается во Всесоюзный геологический фонд (ВГФ), один — в территориальный фонд, а остальные — в объединение. В случае необходимости использования отчета другими организациями и партиями, работающими в районе работ, одновременно с основными экземплярами должно быть оформлено соответствующее количество дополнительных экземпляров отчета. В специально оговоренных случаях один экземпляр отчета отсылается во Всесоюзный научно-технический информационный центр.

4.2.9. После принятия отчета дальнейшая работа партии (отряда) определяется приказом по объединению (экспедиции) в зависимости от характера ее работы (разд. 2).

4.2.10. Списание затрат на выполненные работы производится объединением (экспедицией) по получении от ВГФ и территориальных фондов извещений о принятии отчета.

4.2.11. Документальные материалы (см. 3.8.1) сдаются по акту в архив и хранятся там в соответствии с Перечнем документальных материалов, образующихся в деятельности Министерства геологии СССР и подведомственных ему учреждений, организаций, предприятий, с указанием сроков хранения материалов.

В 3.8, 3.9, 4.2 возможны обоснованные уточнения и дополнения, обусловленные спецификой требований организации-исполнителя и директивными указаниями.

5. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (прил. 137—141)

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1.1. Электрические и магнитные свойства горных пород и полезных ископаемых изучаются с целью выяснения предпосылок решения различных геологических задач с помощью методов электроразведки, выбора комплекса методов, уточнения методики работ и интерпретации электроразведочных данных.

5.1.2. Исследования электрических и магнитных свойств геологических сред должны проводиться с учетом того, что в электроразведке используется большой арсенал методов и их модификаций, основанный на изучении электромагнитных полей, имеющих электрохимическую природу или созданных естественными или искусственными источниками электрических токов. Частота токов и полей изменяется практически от нуля до нескольких десятков мегагерц. Характер изменения электромагнитного поля в общем случае определяется комплексом физических свойств горных пород и полезных ископаемых, к которому относятся: удельное электрическое сопротивление ρ (или обратно пропорциональная ему величина — удельная электропроводность σ), диэлектрическая проницаемость ε, магнитная проницаемость μ и вызванная поляризуемость η.

5.1.3. Главными геологическими факторами, определяющими электрические свойства, являются: фазовый, минеральный, вещественный состав и структурно-текстурные особенности горных пород и полезных ископаемых, дефектность кристаллического строения минералов.

В геологических средах выделяются твердая, жидкая и газовая фазы, которые по удельной электропроводности относятся к проводникам с преимущественно электронной (твердая фаза) или ионной проводимостью (жидкая фаза), полупроводникам (твердая) и диэлектрикам (твердая, газовая и жидкая фазы).

Неоднородность состава и строения, широкие пределы изменения электрических свойств твердой и жидкой фаз, различие в ионно-адсорбционной способности обусловливают большой диапазон изменения свойств горных пород и полезных ископаемых. Особенно велико влияние ионных проводников и обладающих сравнительно высокой удельной электропроводностью ($10—10^5$ $Ом^{-1} \cdot м^{-1}$) полупроводников, к которым относятся многие рудные минералы. В горных породах определяющее значение имеют ионные проводники, а в зонах рудной минерализации — полупроводники, изменяющие свою удельную электропроводность в пределах нескольких порядков в зависимости от характера (например, доноры или акцепторы) и концентрации дефектов в кристалле либо даже в отдельных зонах роста кристалла.* Слоистые среды и среды со структурной ориентировкой минералов обладают, как правило, анизотропией электрических свойств.

5.1.4. При производстве электроразведочных работ необходимо учитывать следующее.

1. Неоднородность горных пород по электрическим свойствам возрастает в районах проявления наложенных геологических процессов: разрывной тектоники и трещиноватости (при заполнении трещин водными растворами), пиритизации и графитизации (обусловливающих высокую удельную электропроводность), гидро-

---

* В силу традиции за рудными минералами, обладающими сравнительно высокой удельной электропроводностью, в ряде случаев сохранено название электронно-проводящих, хотя подразумевается, что это полупроводники.

термальных и контактово-метасоматических преобразований, которые изменяют минеральный состав, строение пород, объем и структуру порового пространства.

На электрические свойства горных пород и полезных ископаемых большое влияние оказывает выветривание, с увеличением степени проявления которого возрастают объем трещин и сообщающихся каналов, заполненных минерализованными водами, площадь границ твердой и жидкой фаз и ионно-адсорбционная способность пород. Кора выветривания представляет собой неоднородную по электрическим свойствам среду, удельное сопротивление которой в вертикальном разрезе изменяется на несколько порядков (от высоких ρ неизмененных пород в нижней части разреза до ρ глин в единицы ом-метров — в верхней). Рудные сульфидные минералы, обладающие высокой удельной электропроводностью, в зоне выветривания переходят в окисные соединения высокого удельного сопротивления. Современные осадки представлены преимущественно покровом дисперсных отложений переменной мощности, для которых характерны высокая пористость, неодинаковые влагонасыщенность и минерализация водных растворов. По электрическим свойствам они, как правило, отличаются от перекрываемых пород и вместе с породами коры выветривания представляют собой группу образований, создающих помехи для применения электроразведки.

2. Электрические свойства пород и полезных ископаемых зависят от частоты используемых электромагнитных полей, от температуры и давления, что рассмотрено в литературе. Эти зависимости носят сложный характер и определяются изменениями свойств и состава жидкой и твердой фаз, ионно-адсорбционной способностью, структурными особенностями и пористостью сред. В области низких температур водные растворы переходят из жидкого в твердое состояние и приобретают высокое удельное сопротивление, резко падает их диэлектрическая проницаемость, что приводит к существенному изменению электрических свойств пород. Такой характер влияния температуры проявляется в районах, площадь которых составляет около 47 % территории СССР. Многолетняя мерзлота в них развита как на отдельных участках, так и на большой площади. Мощность многолетнемерзлых пород не одинакова и достигает нескольких сотен метров.

3. Вскрытие разрезов буровыми скважинами, карьерами, подземными горными выработками, откачка подземных вод, закачивание воды при эксплуатации месторождений, водоснабжение, сброс сточных вод, использование взрывов и т. д. приводят к нарушению монолитности пород, водного режима и уровня минерализации вод. Поэтому в осваиваемых человеком районах электрические свойства горных пород также претерпевают определенные изменения, как правило непрерывные.

Горные породы и полезные ископаемые представляют собой в общем случае неоднородные по электрическим свойствам среды. Теория методов элетроразведки и методы интерпретации базируются на представлениях о наличии неких однородных сред, которые характеризуются определенными значениями действующих средних электрических параметров. Реализация этих представлений при производстве электроразведочных работ подтверждает возможность их использования и рассмотрения отдельных разновидностей горных пород и типов полезных ископаемых как сред квазиоднородных или однородно-анизотропных по электрическим свойствам. Электрические свойства количественно характеризуются значениями, относящимися к единице объема среды.

5.1.5. Перечисленный в 5.1.1 круг вопросов с учетом разнообразия геологических условий (см. 5.1.3—5.1.7) и в соответствии с методическими рекомендациями решается на основе: 1) изучения дифференциации объектов исследования по электрическим свойствам; 2) выявления комплекса свойств, вероятность связи которых с объектом наиболее высока; 3) установления комплекса свойств, достаточного для обнаружения практически важного объекта; 4) оценки путем теоретических расчетов или моделированием наиболее вероятных параметров аномалии; 5) дополнительного исследования недостаточно полно изученных свойств в районе работ, а также практической оценки электрических параметров образующих аномалию геологических объектов и изучения уровня геоэлектрических помех; 6) расчета статистических характеристик электрических параметров комплексов пород и полезных ископаемых, дифференцировавшихся в наблюденных полях; 7) изучения закономерностей изменения электрических свойств горных пород в условиях, характерных для больших глубин.

5.1.6. Электрические свойства горных пород и полезных ископаемых изучаются:

1) лабораторными измерениями на образцах, отобранных из обнажений, горных выработок и керна скважин;

2) по данным каротажа;

3) параметрическими измерениями на обнажениях, в горных выработках, скважинах и на участках с геологически изученными разрезами;

4) на основе интерпретации электроразведочных данных.

Каждый из перечисленных приемов изучения электрических свойств имеет свои достоинства и недостатки. Для повышения достоверности определения параметров целесообразно комплексировать различные приемы с учетом особенностей изучаемых свойств, геологического строения и геоморфологии района, решаемых задач, наличия соответствующих условий, разработанности теории, методики и технического обеспечения определений свойств.

В силу тесной связи электрических свойств со структурно-текстурными особенностями и влагонасыщенностью геологических сред, минерализацией водных растворов приемы изучения свойств в естественных условиях залегания являются предпочтительными. Определение свойств в естественных условиях важно также и потому, что для оценки применимости методов и интерпретации необходимы средние действующие значения электрических свойств различных сред в объеме их взаимодействия с полем установки используемого метода. Последнее условие вытекает из того факта, что неоднородность реальных сред по-разному проявляется в характере объемного распределения изучаемых электромагнитных полей в зависимости от применяемых схем и размеров электроразведочных установок, частоты и способа возбуждения и измерения поля, а в случае анизотропных сред — также и от ориентировки установки. Изменяются и объемы влияния среды.

Достоинство массовых лабораторных измерений электрических свойств на образцах состоит в том, что свойства в этом случае могут быть строго сопоставлены друг с другом, так как относятся к одному и тому же объекту, который в то же время возможно детально характеризовать по составу и структуре. Кроме того, определения могут быть выполнены с изменением характера влагонасыщенности, температуры, давления и других условий. Имеется возможность определения комплекса других (неэлектрических) свойств, что важно для установления их связи и использования ее с целью изучения некоторых электрических свойств косвенными методами, а также для сравнения информативности различных методов, выбора их комплекса. Недостатком изучения свойств на образцах является нарушение естественного состояния породы, изменение ее влажности, характера минерализации воды, давления, температуры, сложность обеспечения представительности отбора образцов, в частности соответствия образцов по структуре трещиноватости, и т. д.

5.1.7. Методика изучения электрических свойств горных пород и полезных ископаемых в основном определяется:

1) геологическим строением района;

2) целевым заданием и масштабом электроразведочных работ;

3) состоянием геофизической изученности и изученности физических свойств в исследуемом районе;

4) степенью обнаженности, наличием доступных для работы горных выработок и скважин, рельефом местности.

5.1.8. Проект работ в соответствии с целевым заданием электроразведочных работ должен содержать анализ перечисленных в 5.1.7 условий их проведения, обоснование задач и методики изучения электрических свойств. При проектировании комплексных геофизических работ методика выбирается с учетом особенностей определения всего комплекса свойств.

5.1.9. Для выбора и обоснования методики исследования электрических свойств горных пород и полезных ископаемых необходимо иметь следующие материалы:

1) геологические карты, разрезы и стратиграфические колонки исследуемого района;

2) геологическую характеристику района, включающую в зависимости от задачи электроразведочных работ необходимые сведения по стратиграфии, литологии, тектонике, гидрогеологии, магматизму, полезным ископаемым, метаморфизму, коре выветривания и т. д.;

3) карты районирования территории по данным предшествующих электроразведочных работ с качественными и количественными характеристиками степени изменчивости различных признаков (средний уровень, дисперсия и мера изрезанности $\rho_к$ и $\bar{\rho}$, положение аномалий, поперечное сопротивление T и суммарная продольная проводимость S, типы кривых ВЭЗ, мощности современных отложений, коры выветривания, а также характеристики их свойств, контуры развития многолетнемерзлых пород и сред, обладающих высокой удельной электропроводностью, аномальной поляризуемостью и т. п.);

4) результаты оценки электрических свойств горных пород и полезных ископаемых по данным электроразведочных работ;

5) карты фактического материала, разрезы по скважинам и сводные колонки по району, отражающие данные определений электрических свойств. При этом следует оценить качество и исключить из рассмотрения недостоверные данные.

По указанным материалам необходимо выделить участки и комплексы пород, требующие дополнительного изучения свойств, в пределах намеченных участков показать площади обнажений, горные выработки и скважины, по данным анализа всех перечисленных материалов наметить необходимый комплекс и методику работ, определить объем исследований для изучения свойств.

Ниже (см. 5.2.2 и др.) приведены основные требования к изучению электрических свойств на образцах с помощью специальных приборов — измерителей электрических и магнитных свойств (ИЭМС), позволяющих исследовать ρ и ε образцов (прил. 139) в широком диапазоне частот (от 20 Гц до 2,5 МГц), а также на основе параметрических измерений.

5.1.10. При исследованиях электрических свойств пород для использования их в электроразведке помимо рассмотренных в настоящей инструкции получили распространение и другие методы определения свойств на образцах. Они включают определения ρ, ε и их частотной зависимости, η, диффузионно-адсорбционной активности и других параметров. При этом используются серийная электроразведочная или радио- и электроизмерительная аппаратура и измерительные преобразователи различных конструкций несерийного изготовления. Наиболее употребимые схемы установок, типы аппаратуры и принципы устройства измерительных преобразователей, а также порядок работы описаны в рекомендуемой литературе. Эти методы разрешается применять для изучения электрических свойств в соответствии с требованиями методических руководств, а также инструкций по эксплуатации используемой аппаратуры.

5.1.11. Исследования электрических свойств с помощью каротажа скважин и интерпретация данных каротажа должны выполняться в соответствии с действующей инструкцией и руководствами по методам каротажа.

5.1.12. Исследования электрических свойств проводятся не только применительно к задачам электроразведки, но и с целью непосредственного решения различных геологических задач. Большое практическое значение, в частности, может иметь изучение термоэдс рудных минералов. Требования к проведению работ по этому направлению изложены в 5.4.

5.1.13. Результаты изучения электрических свойств горных пород и полезных ископаемых различными приемами и методами должны быть обработаны, тщательно сопоставлены между собой и с данными определения других физических свойств и помещены в отчет в виде следующих материалов:

1) карты фактического материала, заимствованной из проекта и дополненной сведениями о собственных работах;

2) таблиц электрических свойств горных пород и полезных ископаемых, в которых должны быть указаны геологические характеристики изученных сред, число измерений, средние, минимальные и максимальные значения изученных величин, способы их определения (по образцам, каротажу, параметрическим измерениям раздельно по условиям измерений);

3) графиков характерных зависимостей от условий измерений, пористости, частоты и других связей;

4) вариационных кривых распределения свойств, построенных в соответствии с методическими требованиями статистического анализа;

5) колонок скважин с графиками КС, ЕЭП-С и других методов, в том числе неэлектроразведочных, если они уточняют представления об электрических свойст-

вах пород и полезных ископаемых. Здесь же должно быть дано сравнение с результатами измерения свойств на образцах;

6) разрезов с обобщенными характеристиками электрических свойств по данным каротажа, параметрических измерений и определений на образцах;

7) сводной статиграфической колонки с аналогичными характеристиками;

8) заимствованной из проекта и дополненной результатами выполненных исследований карты районирования территории.

Полученные результаты изучения электрических свойств должны быть представлены в отчете в разделе «Физические свойства горных пород и полезных ископаемых». Отчет должен содержать также сведения по методике и технике изучения свойств и данные, характеризующие качество исследований.

5.2. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ

5.2.1. ЛАБОРАТОРНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ

5.2.1.1. Измерение удельного электрического сопротивления и диэлектрической проницаемости твердых, жидких и сыпучих материалов в широком диапазоне частот, а также магнитной проницаемости на одной фиксированной частоте производится с помощью приборов серии ИЭМС. Эксплуатация приборов осуществляется в соответствии с техническими инструкциями, входящими в комплект приборов.

5.2.1.2. Для измерений отбираются образцы не короче 60 мм для двухэлектродных и 80 мм для четырехэлектродных контактных измерений, имеющие поперечное сечение, постоянное по всей длине образца, и форму, позволяющую вычислить поперечное сечение с погрешностью, не превышающей ± 5 %. Наиболее подходящими для измерения образцами являются керны буровых скважин. При необходимости изучения электрических свойств образцов неправильной формы желательно для снижения погрешности измерения улучшить форму образца с помощью геологического молотка или алмазной пилы. С каждого исследуемого участка отбирают для измерений не менее 10—20 образцов каждой из имеющихся там пород. Из однотипных образцов каждой породы образуют серии по 10—15 шт. и образцы каждой серии измеряют совместно. Все отобранные образцы должны быть снабжены геологическим описанием в соответствии с требованиями инструкции по хранению геологических образцов.

5.2.1.3. Для измерения электрических свойств твердые образцы горных пород проходят предварительную подготовку. На образцы наносятся кольцевые электроды из проводящей мастики.

Для измерений на приборе ИЭМС-1 для изготовления электродов используется мастика, состоящая из графитового порошка, оргстекла (связка) и дихлорэтана (растворитель).

Для работы с прибором ИЭМС-3 мастика приготавливается из медного порошка ПМС (ГОСТ 4960—75), полистирола (связка) и бензола (растворитель). Мастика наносится на образец поверх петли из неизолированной медной проволоки, механически закрепленной на образце и имеющей вывод длиной 10—15 см для подсоединения к преобразователю (датчику) прибора. Выводы должны располагаться в один ряд.

Примерный состав мастики: 1) графит серебристый — 40 г; оргстекло — 1,5 г; дихлорэтан — 100 мл; 2) медный порошок ПМС — 70 г; полистирол — 12 г; бензол — 100 мл.

Вместо указанных мастик может быть использован промышленный проводящий лак АС-588. Электроды из этого лака годятся для измерений на любом из перечисленных приборов.

Работа с химическими веществами и их хранение должны вестись с соблюдением мер безопасности в соответствии с требованиями разд. 9 «Правил безопасности при геологоразведочных работах». Дихлорэтан и бензол ядовиты, поэтому работать с мастиками разрешается только в вытяжном шкафу или на открытом воздухе с соблюдением необходимых правил безопасности. Растворители хранят в вытяжном

шкафу в бутылях с притертыми пробками. Мастика не подлежит длительному хранению и должна изготовляться непосредственно перед употреблением. Свежеприготовленная мастика должна хорошо покрывать образец и быстро сохнуть, образовывая после высыхания электрод, обладающий высокой электропроводностью и достаточной механической прочностью. Следует помнить, что повышение концентрации оргстекла или полистирола в мастике увеличивает механическую прочность электродов, но снижает их электропроводность.

5.2.1.4. При нанесении электродов из мастики на образец необходимо следить, чтобы расстояние между краями электродов было постоянно по всему периметру образца. Для двухэлектродной установки оно должно удовлетворять соотношению

$$a \leqslant l_0 \leqslant 4a, \tag{124}$$

где a — радиус образца; l_0 — расстояние между внутренними краями электродов. Для прибора ИЭМС-1 $l_0 \geqslant 40$ мм, а для ИЭМС-3 $l_0 \geqslant 30$ мм. Ширина каждого электрода должна быть не менее 15 мм.

При работе на ИЭМС-1 для измерения образцов низкого удельного сопротивления необходимы специальные меры, снижающие переходное сопротивление контактов. С этой целью поверх свеженанесенных графитовых электродов (до их высыхания) накладывают покрытие из станиоля (оловянной фольги). Это же рекомендуется и при измерении образцов значительной массы. В этом случае станиоль предохраняет электроды от преждевременного разрушения.

Для четырехэлектродной установки (ИЭМС-3) расстояние между внутренними краями приемных электродов M и N должно быть не менее 30 мм и между внутренним краем питающего и внешним краем приемного электродов (A и M, N и B) — не менее 15 мм. Ширина приемных электродов 5 мм, ширина питающих электродов — не менее 10 мм.

При нанесении электродов рекомендуется размещать их таким образом, чтобы между электродами заключалась та часть образца, поперечное сечение которой не изменяется. Для четырехэлектродной установки это условие относится к участку между приемными электродами M и N.

5.2.1.5. Существует значительная разница между электрическими свойствами сухих и влагонасыщенных образцов керна. Замачивание образцов в течение 2—3 сут позволяет вернуть им почти естественную влажность. Измерение электрических свойств образцов после замачивания позволяет получить данные, близкие к электрическим свойствам пород в естественном залегании.

Образцы следует замачивать в воде того же района или месторождения, из которого они взяты. Допускается применение дистиллированной воды. В крайнем случае можно употреблять слабоминерализованную воду постоянного состава.

Измерение можно начинать после высыхания поверхностной влаги в межэлектродной области на образцах.

Однако при изучении частотных зависимостей серии образцов (массовые измерения) рекомендуется на каждой частоте измерять только что вынутый из воды образец и после измерения сразу вновь опускать его в воду. Это позволяет избежать дополнительных погрешностей за счет изменения температуры и влажности образца. Погрешность, возникающая за счет проводимости поверхностной пленки воды, является систематической. Рекомендуется вместе с измерениями на образцах измерять частотную зависимость удельного сопротивления воды, в которой эти образцы замочены.

5.2.1.6. Электрические свойства жидкостей и сыпучих материалов исследуются с помощью специальных измерительных стаканов с вмонтированными в них электродами.

5.2.1.7. Результаты измерений в виде значений A_ε, A_σ записываются в журналы (прил. 137—138), где имеются также графы для записи результатов первичной обработки. Удельные параметры образцов рассчитываются по формулам, основные сведения о которых приведены в прил. 139. Более подробные сведения о расчетных формулах можно найти в технических инструкциях, входящих в комплект прибора.

5.2.1.8. Погрешность измерений в значительной степени определяется геометрией образца и качеством его подготовки. Неправильная форма образца, затрудняющая точное определение поперечного сечения, ведет к увеличению погрешности, то же — при неаккуратном нанесении электродов, неправильном измерении раз-

меров образца. Погрешность прибора обычно не превышает 5 % и может быть проверена с помощью эталонных сопротивлений, входящих в комплект прибора. Дополнительные погрешности, возникающие по перечисленным выше причинам, могут увеличивать погрешность в отдельных случаях до 50 %, при аккуратном выполнении указанных выше требований средняя арифметическая погрешность измерения не превышает 10—15 %.

5.2.1.9. Изменение удельного сопротивления и диэлектрической проницаемости имеет логарифмически нормальное распределение. Результаты измерений этих величин оформляются в виде вариационных кривых, построенных в логарифмическом масштабе в соответствии с методическими требованиями статистического анализа. Количественную оценку закономерностей изменения изучаемых величин получают с помощью методов статистической обработки результатов наблюдений.

Первым этапом работы является выбор интервалов группирования. При построении вариационных кривых в логарифмическом масштабе длина интервала выбирается опытным путем так, чтобы в соответствии с имеющимися методическими рекомендациями на вариационных кривых оказались выделенными характерные черты распределения, а случайные колебания были бы сглажены.

При многочастотных исследованиях определение интервала следует делать на самой высокой рабочей частоте, так как диапазон изменения электрических характеристик здесь у́же, чем на низких частотах. В противном случае может оказаться, что вариационные кривые на высоких частотах будут строиться по небольшому числу точек.

Применение методов математической статистики для обработки данных изучения электрических свойств пород резко увеличивает объем вычислительных работ, поэтому при большом числе измерений результаты обрабатывают с помощью ЭВМ или графических построений. Способы обработки данных приведены в прил. 139.

5.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОБРАЗЦОВ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ДИПОЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ

5.2.2.1. При определении магнитной проницаемости, в частности (см. 3.5.1) в случае слабомагнитных руд, можно использовать дипольные установки. Для измерений выбирают образцы больших размеров со сравнительно ровной поверхностью. Разнос L дипольной установки XX и наименьшая сторона исследуемой поверхности образца m должны быть связаны соотношением $m/L \geqslant 2$. Установку помещают в средней части образца, при этом катушки должны находиться не ближе $0{,}5L$ от краев образца. По относительному значению суммарного магнитного поля определяется магнитная проницаемость (см. 3.5.1). При измерениях над слоистыми образцами это значение поля соответствует среднему арифметическому значению магнитной проницаемости.

5.2.2.2. Для определения составляющих магнитной проницаемости анизотропных образцов рекомендуется использовать вертикальную установку ZZ. Измерения напряженности поля необходимо проводить над двумя плоскостями образца. Величина вторичного поля пропорциональна той составляющей μ, с направлением которой совпадает ось установки. Составляющие магнитной проницаемости определяются по формуле (118) при $L/d > 100$.

Если $L/d < 100$, вводят поправку, которая определяется по номограмме прил. 122, *а*.

Рекомендуется проводить серию из 5—10 измерений над образцом (при определении $\mu_{ср}$) или по каждому направлению (при определении составляющих μ_n и μ_t). Форма журнала показана в прил. 81, погрешность вычисляется по формуле (69).

5.2.2.3. Работы проводят с аппаратурой типа АЭММ-1 с фазовой приставкой. Рабочая частота 0,5—2 кГц. Рекомендуются дипольные установки с разносом рамок 10—20 см. Рамки, применяемые в установках, должны удовлетворять следующим требованиям:

а) диаметр рамок $D \leqslant 8$ мм, ширина намотки 10—15 мм (для установок XX);

б) ширина намотки $B \leqslant 5$ мм, диаметр рамок $D = 15 \div 20$ мм (для установок ZZ).

Индуктивность рамок 1—3 мГн. Рамки в комплект аппаратуры не входят и изготовляются исполнителями.

5.3. ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И РУД НА ОБРАЗЦАХ

5.3.1. Измерения поляризуемости на образцах проводятся с целью:

а) выяснения возможностей метода ВП (см. 3.3.5, 3.5.3) в данной геологической обстановке при поисках рудных месторождений, геологическом картировании;

б) оценки соответствия объектов, вскрытых при проходке скважин и других горных выработок, аномалиям ВП, обнаруженным над этими объектами;

в) определения вида связи поляризуемости с концентрацией электронно-проводящих минералов и с другими факторами.

5.3.2. Для изучения поляризуемости горных пород и руд образцы отбираются из естественных обнажений, горных выработок и керна буровых скважин. Длина образцов 50—100 мм, желательно, чтобы они примерно имели форму параллелепипеда или цилиндра. Все отобранные образцы должны быть снабжены геологическим описанием и указанием места их отбора в соответствии с методическими требованиями.

5.3.3. Сухие образцы перед измерениями должны замачиваться в дистиллированной или слабоминерализованной воде, чтобы состав и концентрация солей были близки к естественным. Длительность замачивания от нескольких часов (для пористых образцов) до 1 сут (для массивных, плотных образцов). Непосредственно перед измерением поверхность образца должна обсохнуть в течение нескольких минут.

Отбор образцов целесообразно сопровождать измерениями удельного сопротивления вод из выходящих на поверхность источников и подземных вод, их химического состава, а также использовать данные резистивиметрии в скважинах.

5.3.4. Измерять поляризуемость рыхлых пород (песков, глин, суглинков и т. п.) можно в матерчатых мешочках для отбора образцов.

5.3.5. Измерения проводятся с использованием лабораторной установки, например типа сконструированной в ВИТР, в соответствии с методическими рекомендациями.

5.3.6. Временной режим измерений поляризуемости на образцах выбирается в зависимости от имеющейся аппаратуры и методики проводящихся или проектируемых работ.

5.3.7. Результаты измерений после вычисления поляризуемости представляют в соответствии с требованиями, изложенными в 5.1.13.

5.4. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

5.4.1. Параметрические измерения выполняют с целью изучения осредненных значений электрических свойств горных пород и полезных ископаемых в естественных условиях залегания. Полученные характеристики наиболее тесно приближаются к реальным их значениям, определяющим распределение электромагнитного поля при проведении электроразведочных работ.

5.4.2. С помощью параметрических измерений определяются средние значения следующих величин: удельное сопротивление $\rho_{ср}$, поперечное сопротивление $T_{ср}$, суммарная продольная проводимость S, вызванная поляризуемость $\eta_{ср}$, коэффициент поглощения радиоволн $K_{ср}$, магнитная проницаемость $\mu_{ср}$ и др. В случае анизотропных сред определяются соответствующие перечисленным величинам их поперечные N_t, продольные N_l и квадратичные $N_m = \sqrt{N_t N_l}$ параметры, а также коэффициенты анизотропии сред

$$\Lambda = \sqrt{N_t / N_l}, \qquad (125)$$

где на место $N_{t,\,l}$ можно подставить $\rho_{t,\,l}$, $\eta_{t,\,l}$, $K_{t,\,l}$ соответственно.

5.4.3. Параметрические измерения выполняются на естественных обнаженных средах, в горных выработках скважинах и на участках с наиболее полно геологически изученными разрезами.

Параметрические измерения проводятся как самостоятельный вид работ и выполняются по одиночным профилям, маршрутам, в отдельных пунктах на участках обнажений, по линиям разрезов, вскрытых скважинами или горными выра-

ботками либо изученных обычными геологическими методами, а также у одиночных скважин или группы скважин, расположенных на одном разведочном профиле, либо непосредственно по стволу скважины.

Параметрические измерения осуществляются стандартными геофизическими методами (см. соответствующие разделы настоящей инструкции): ЭП, ВЭЗ, ДЭЗ, ДЭМП, ПЕЭП, ВП, ВЭЗ-ВП, ЗС, МПП, скважинной электроразведки (ДЭМП-С, ВП-С, МПП, РВП) и каротажа (КС, ЕЭП-С, МЭП, МСК, БКЗ, РВП, резистивиметрии и др.). Интерпретация данных измерений проводится приемами, разработанными для указанных методов.

Для характеристики рудных тел и месторождений как объектов исследования методами электроразведки производится оценка размеров электрически связанных рудных скоплений методами заряда, электрической корреляции и др.

При проведении параметрических измерений применяется серийная электроразведочная аппаратура (см. 3.1.1) и стандартное оборудование.

Параметрические измерения выполняются с различными размерами установок с целью выяснения характера неоднородности исследуемой среды для оценки его влияния при проведении электроразведочных работ.

Участки для параметрических измерений должны располагаться по возможности в местах наиболее простого геологического строения, с тем чтобы было возможно определять исследуемые параметры характеризуемой среды непосредственно из данных наблюдений или в результате интерпретации последних. Линейные размеры обнажений исследуемой среды должны не менее чем в два—три раза превосходить размеры используемых установок.

Не рекомендуется проводить параметрические наблюдения на участках резко пересеченного рельефа и с установками, результаты измерений с которыми могут быть искажены влиянием рельефа, так как точность учета этого влияния существующими методами недостаточна.

Пункты ВЭЗ, ДЭЗ и ЗС должны располагаться на участках сред, не имеющих отчетливо выраженных неоднородностей в горизонтальном направлении в пределах наибольших разносов питающих линий. Выбор участков производится на основании предшествующих наблюдений методами профилирования.

Параметрические измерения методами ВЭЗ, профилирования, ДЭМП и МПП выполняются на участках развития коры выветривания и мощных покровов рыхлых отложений с целью оценки их как мешающих факторов. В результате изучения должны быть получены данные об изменении электрических свойств в разрезе в зависимости от состава, мощности образований и положения в рельефе.

Параметрические измерения в подземных горных выработках рекомендуется проводить с симметричными установками малых размеров, например $l_{AB} = 1 \div 2$ м, располагая их в центре вертикальной стенки, свободной от технических сооружений. Изготовление установок производится в соответствии с общими требованиями.

Документация параметрических наблюдений и контроль качества измерений производятся согласно требованиям настоящей инструкции в зависимости от используемого метода.

5.4.4. Аппаратуру типа ИЭМС-3м можно применять для параметрических измерений на обнажениях и в горных выработках. В этих случаях используется микроустановка $AMNB$ с разносом $l_{AB} = 1{,}5 \div 3{,}0$ м. Максимальное значение удельного сопротивления пород, которое можно измерить с этими приборами, не превышает 5000 Ом·м.

При параметрических измерениях установка $AMNB$ подключается к датчику (преобразователю) прибора с помощью проводов значительной длины. Эти провода являются источником дополнительных помех за счет собственного сопротивления, паразитной электрической связи между питающей и приемной линиями, а также от наводок внешних источников.

В лабораторных условиях ток через исследуемый образец стабилизирован и не зависит от сопротивления образца а определяется схемой прибора и поэтому известен заранее. В результате отсчет прибора прямо пропорционален сопротивлению образца. При параметрических измерениях ток оказывается зависящим от сопротивления заземления и не может быть определен заранее. Поэтому необходимо измерять ток, протекающий между электродами A и B.

5.4.5. Методика проведения параметрических измерений такова.

1. Собирают установку $AMNB$ и подключают к ней измерительную аппаратуру согласно схеме прил. 140

2. Закорачивают перемычкой электроды M и N и снимают отсчеты A_σ и A_ε, определяемые влиянием подводящих проводов. Если отсчеты оказываются слишком велики, перемещают прибор относительно установки, ищут расположение проводов, соответствующее минимальным отсчетам.

3. Снимают перемычку между электродами M и N, проводят новое измерение. Полученные отсчеты A_σ и A_ε записывают.

4. Подключают прибор к установке согласно схеме прил. 140. Проводят измерение, снимая отсчеты A_σ и A_ε.

5. При необходимости снять частотную характеристику переключают прибор на другую рабочую частоту и проводят новый цикл измерений согласно п. 2—4.

5.4.6. Величину $\Delta U/I$ рассчитывают по формуле

$$\frac{\Delta U}{I} = \frac{A''_\sigma - A'_\sigma}{A'''_\sigma - A'_\sigma} R_{\text{доп}}, \tag{126}$$

где A'_σ — отсчет при закороченной линии MN; A''_σ — отсчет при снятой перемычке между M и N; A'''_σ — отсчет, полученный при измерении дополнительного резистора $R_{\text{доп}}$.

$\rho_к$ определяют, пользуясь известной формулой

$$\rho_к = K\Delta U/I. \tag{127}$$

Если используется установка $AMNB$ и при этом $K = 2\pi a$, где a — расстояние между электродами M и N, то

$$\rho_к = 2\pi a R_{\text{доп}} \frac{A''_\sigma - A'_\sigma}{A'''_\sigma - A'_\sigma}. \tag{128}$$

При параметрических измерениях приходится снимать три отсчета: A'_σ, A''_σ и A'''_σ. Отсчеты A_ε играют вспомогательную роль и в расчетах не учитываются, так как считается, что активное сопротивление породы много больше реактивного.

5.5. ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОПОТЕНЦИАЛОВ ОБРАЗЦОВ

5.5.1. Изменчивость термоэлектрических свойств типоморфных минералов, отобранных с геологических объектов (геофизические, геохимические, шлиховые аномалии, рудоносные площади, рудопроявления, коренные и россыпные месторождения, рудные тела, рудные поля, узлы и районы), изучается с целью разбраковки и выделения из них перспективных для проведения дальнейших поисково-разведочных работ.

5.5.2. Изменчивость термоэлектрических свойств типоморфных минералов используется для решения следующих геологических задач:

1) определения уровня эрозионного среза и размаха оруденения прогнозируемых геологических объектов для выбора и постановки необходимых видов поисково-разведочных работ;

2) составления карт эрозионного среза площадей, используемых для построения прогнозно-металлогенических карт и оценки перспектив геологических объектов;

3) поисков россыпных месторождений и оценки перспектив коренных источников, питающих эти россыпи.

Результаты исследования электрических свойств минералов используются также для решения вопросов генезиса рудных месторождений, сопоставления геологических объектов, расшифровки природы некоторых геофизических аномалий и решения других прикладных задач.

Изучение термоэлектрических свойств типоморфных минералов проводится на всех стадиях поисков, разведки и освоения геологических объектов. Оно комплексируется с геофизическими методами естественных и вызванных потенциалов, гравиразведкой, магнитометрией, с геохимическими методами поисков по первич-

ным и механическим ореолам рассеяния, с разведкой объектов горными и буровыми работами и разными геологическими методами.

Для выполнения работ по изучению электрических свойств минералов привлекаются геологи и геофизики, имеющие дополнительную подготовку по геологии рудных месторождений, минералогии и методам исследования рудного вещества, владеющие аппаратурой для измерения электрических свойств минералов и методикой их интерпретации. Эти работы являются физико-минералогическими.

5.5.3. При комплексировании физико-минералогических методов с другими геолого-геофизическими методами выполняются следующие виды работ.

1. В пространстве изучаемых геологических объектов отбираются образцы, которые содержат типоморфные минералы, характеризующие условия их образования. Эти образцы отбираются из естественных обнажений (коренные выходы пород и руд горных и речных систем), горных выработок, буровых скважин, а где это возможно, из плотика и рыхлых отложений россыпей, горных склонов и т. д. Отбор образцов производится с учетом требований, предъявляемых к ним условиями решения геологической задачи и техническими условиями измерения.

В качестве типоморфных минералов отбираются в основном пирит, арсенопирит и некоторые другие. Основным типоморфным минералом месторождений базальтоидного ряда формаций является пирит, а гранитоидного ряда — арсенопирит. Отбираются и другие минералы, например золото, касситерит, галенит, магнетит, несущие полезную генетическую и геолого-геофизическую информацию, получаемую в результате физико-минералогических исследований.

2. Ведется геологическое обеспечение физико-минералогических работ. Все отобранные образцы сопровождаются геологическим описанием, привязкой на картах, погоризонтных планах, продольных или вертикальных проекциях рудных тел, разрезах и других графических документах в масштабах проводимых геофизических и геологических работ. Сеть отбора образцов определяется обнаженностью геологических объектов и детальностью разведочных работ.

3. Измеряются электрические свойства минералов, изучается минеральный состав образцов, обрабатываются результаты исследований, дается интерпретация результатов. Полученные данные увязываются с геологическими, геофизическими и другими исследованиями.

4. Составляются и оформляются карты, погоризонтные планы, продольные или вертикальные проекции, разрезы, отражающие изменчивость термоэлектрических свойств минералов в пространстве геологических объектов, а где это сделать невозможно, получают информацию об изменчивости свойств отдельных объектов или их частей.

5.5.4. При решении геолого-геофизических задач определяются и используются следующие параметры: $\mathscr{E}$ — измеренная термоэлектродвижущая сила, сокращенно термоэдс, мВ или мкВ; δ — систематическая относительная погрешность измерений термоэдс; $\bar{\sigma}$ — случайная средняя квадратичная погрешность измерений термоэдс; ΔT — установленная разность температур между термоэлектродами; T — температура окружающей среды, при которой измеряется термоэдс; $\alpha = (1 - \delta)\mathscr{E}/\Delta T$ — коэффициент термоэдс, мВ/°С или мкВ/°С; N — число измерений термоэдс на одном минерале или группе минералов, представляющем или представляющих свойства образца в определенной точке или области пространства геологического объекта; n_p, n_n — число измерений тэрмоэдс дырочной и электронной проводимости в общем числе измерений $N = (n_p + n_n)$; $D_p = n_p/N$; $D_n = n_n/N$ — относительные доли измерений термоэдс соответственно дырочной и электронной проводимости, характеризующие соответствующие относительные содержания минералов дырочной и электронной проводимости ($D_p + D_n = 1$);

$\langle\alpha\rangle = (1 - \delta)\sum_{n=1}^{N} \mathscr{E}_n/(N\Delta T)$ — среднее значение коэффициента термоэдс по результатам измерений в минерале или группе минералов, представляющих свойства образца в определенной точке или области пространства геологического объекта;

$\bar{\sigma}(\alpha) = \sqrt{\left(\sum_{n=1}^{N} \alpha_n^2 - N\langle\alpha\rangle^2\right)/(N-1)}$ — средний квадратичный разброс коэффициентов термоэдс в минерале или группе минералов, представляющих свойства

образцов в определенной точке или области пространства геологического объекта.

5.5.5. В связи с неоднородностью минералов и существенной изменчивостью термоэлектрических свойств в пределах отдельных образцов термоэдс минералов определяется так называемым зондовым методом, когда горячий, а иногда и холодный электроды выполнены в виде заостренного стержня-зонда. При этом холодный термоэлектрод, как правило, имеет температуру окружающей среды T, а горячий нагревается относительно холодного термоэлектрода на ΔT, °С. Конструкции термозондов различаются в зависимости от формы и вида минералов, подлежащих исследованию (зерна, штуфы, аншлифы). В состав прибора для измерения термоэдс кроме термозондов обычно входит усилитель постоянного тока с регистрирующим прибором, а также вспомогательное оборудование: микроскоп для измерений в мелких минеральных включениях по аншлифам, приспособления для установки и контроля разности температур между термоэлектродами, инструменты для регулировки и проверки прибора.

Для определения термоэдс типоморфных минералов и выявления изменчивости их свойств в пространстве геологических объектов используется прибор ТЭДС-1 или другая аналогичная аппаратура.

5.5.6. Тип термоэлектродов для измерения термоэдс выбирается в зависимости от формы исследуемых образцов минералов (зерна, аншлифы, штуфы, шлихи). Более затруднителен и менее определен выбор разности температур между термоэлектродами. Большая разность температур обеспечивает соответственно получение относительно больших значений термоэдс, однако при температурах выше 100—120 °С значительно ускоряется процесс появления окисной пленки на горячем термозонде, обычно изготовляемом из меди. Кроме того, сопоставление результатов измерения термоэдс и производных параметров, например коэффициентов термоэдс, может быть при этом затруднено из-за наличия в ряде случаев значительной зависимости коэффициента термоэдс от температуры.

При выборе малой разности температур между термоэлектродами увеличивается погрешность за счет колебаний температуры окружающей среды, а регистрируемые на более чувствительных пределах измерений значения термоэдс подвержены влиянию помех, наводок и других мешающих факторов. Поэтому разность температур между термоэлектродами выбирается в пределах от 40 до 75 °С.

Основная погрешность измерения термоэдс определяется уменьшением установленной начальной разности температур при введении термоэлектродов в тепловой и электрический контакты с минералом. Степень изменения исходной разности температур для данной конструкции термозондов определяется теплофизическими свойствами минералов, которые изменяются в зависимости от их генезиса в значительных пределах, а также размерами и формой исследуемых минералов. Среднее значение этой погрешности для каждого типа месторождения учитывается как относительная систематическая поправка к получаемым в процессе измерений результатам δ, а средний квадратичный разброс значений $\bar{\sigma}$, характерный для каждого типа месторождений, показывает случайную погрешность измерений.

Результаты измерений термоэдс заносятся в журнал (прил. 141). Число измерений каждого образца минерала или нескольких минералов (например, в виде порошка), представляющих свойства образца в определенной точке или области пространства геологического объекта, выбирается в зависимости от допустимой погрешности определения усредненных параметров. Относительная погрешность этих параметров в зависимости от числа измерений определяется величиной $1/\sqrt{N}$. Закономерная изменчивость термоэлектрических свойств минералов обычно уверенно проявляется при выполнении на каждом образце 15—20 измерений, что соответствует определению усредненных значений с погрешностью около 25 %. При обработке множества усредненных значений и построении по ним карт изменчивости свойств минералов в пространстве геологических объектов погрешности метода в значительной мере уменьшаются по мере увеличения числа образцов. Построение карт изменчивости термоэлектрических свойств типоморфных минералов в пространстве геологического объекта осуществляется путем вынесения на планы разрезов вертикальных или продольных проекций рудных тел, найденных усредненных параметров и соединения точек с одинаковыми значениями этого параметра изолиниями. Определение уровня эрозионного среза следует производить по картам изменчивости параметра D_p (D_n). Совместное изучение карт изменчивости $\langle\alpha\rangle$ и

$\sigma(\alpha)$ позволяет решать более сложные задачи формирования геологического объекта, в частности прогнозировать зоны продуктивного оруденения, определять границы зоны промышленного оруденения. и решать ряд других задач в соответствии с методическими рекомендациями.

Расчет средних статистических параметров и построение карт может осуществляться на ЭВМ по специальной программе.

5.5.7. Интерпретация результатов осуществляется по изменчивости электрических свойств типоморфных минералов в соответствии с методическими рекомендациями.

5.5.8. При проведении физико-минералогических работ необходимо выполнять правила безопасности, установленные для камерального периода лабораторных исследований, а в полевой период при отборе образцов следует руководствоваться едиными правилами ведения геологоразведочных и горных работ.

5.5.9. В результате полевых работ комиссии по приемке материалов представляются журналы отбора образцов в соответствии с требованиями действующей инструкции по отбору образцов, геологические разрезы, погоризонтные планы и карты с вынесенными номерами привязанных образцов. Масштабы используемых графических приложений соответствуют масштабом проводимых геолого-геофизических работ на изучаемом объекте. При организации измерений электрических свойств типоморфных и других минералов в полевых условиях, кроме того, могут представляться журналы результатов измерений, карты, погоризонтные планы или вертикальные проекции рудных тел и разрезы, характеризующие изменчивость термоэлектрических свойств минералов, состава руд и других минералогических и геологических параметров исследуемого объекта, полезных для интерпретации результатов геолого-геофизических работ с учетом требований, изложенных в 5.1.13.

ПРИЛОЖЕНИЯ

К разд. 1.4. ВИДЫ И МАСШТАБЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ СЪЕМОК. СЕТИ НАБЛЮДЕНИЙ

1. ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МАСШТАБАМ

Масштаб съемки	Категория масштаба	Расстояние между профилями, * м	Интервалы расстояний между точками наблюдений, м
1 : 100 000	Средний	1000	100—200
1 : 50 000	Крупный	500	50—100
1 : 25 000	»	250	25—50
1 : 10 000	Детальный	100	10—40
1 : 5 000	»	50	5—20
1 : 2 000	»	20	2,5—10

* Допускается включать расстояния 200 и 25 м, поскольку при проведении комплексных геофизических и геохимических работ масштаба 1 : 10 000 (при общей сети пунктов 100×25 м) электроразведочные работы методами ВП, ВЭЗ, МПП выполняются, например, по сети 200×50 м (ВП), 200×50÷100 м (ВЭЗ), 200×200÷100 м (МПП) и т. д. (см. также 1.4.6).

2. ФОРМА ДНЕВНИКА ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОЙ ПАРТИИ (ОТРЯДА)

_____ отряда _____ партии _____ экспедиции _____ обьединения

_____ 19 _____ г. Начальник отряда _____
(месяц)

Метод _____

Дата	Бригада, фамилия опера тора	Вид транс порта	Категория местности, условия передви жения	Погода	Сеть наблю дений	Дневная норма в физиче ских точках	Выполнение физических точек		Принято		Выполне ние дневного за дания, %
							всего	в том числе забраковано	физиче ских точек	услов ных точек	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

3. ОБЩАЯ ФОРМА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ЖУРНАЛА

Министерство геологии СССР _____
(управление, трест, контора, объединение)

_____

Экспедиция _____

Партия _____

Журнал по методу _____

№ _____

Наименование и номер прибора _____

Начат _____

Закончен _____

Начальник партии _____

Начальник отряда _____

Оператор _____

Вычислитель _____

В случае утери нашедшего журнал просят вернуть за вознаграждение по адресу: _____

4. ОБЩАЯ ФОРМА ОГЛАВЛЕНИЯ ЖУРНАЛА *

№ п/п	Дата	Участок (месторождение)	ПК	Число физических точек	Страница	Примечание
1	2	3	4	5	6	7

* Допускается на 4-й странице обложки журнала изложить основные требования к заполнению журнала, перечислив, в какой графе что следует записывать в соответствии с требованиями настоящей инструкции и конкретной методикой работ партии (отряда). Для лучшей сохранности журналов рекомендуется использовать полиэтиленовые обложки и полиэтиленовые пакеты.

5. МЕРОПРИЯТИЯ НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОХРАНЫ НЕДР И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В связи с принятием Верховным Советом СССР законов, имеющих большое значение для защиты окружающей природной среды, а также основ законодательства о недрах, основ земельного, водного и лесного законодательств и с целью усиления ответственности за охрану недр и окружающей среды

1. При организации и проведении полевых работ необходимо:

а) вменить в обязанности начальников партий и отрядов (управлений, трестов, контор или объединений) при организации полевых работ получение в местных Советах народных депутатов сведений о специфических требованиях к охране окружающей среды в данном районе и проведение дополнительного инструктажа всех работников по данному вопросу (пожарная безопасность, правила охоты и обращения с оружием и т. д.);

б) обеспечить партию (отряд), ведущую полевые работы, типовыми памятками по охране недр и окружающей среды и тематическими плакатами.

2. При производстве геологосъемочных, геофизических и топографических работ с целью охраны окружающей среды необходимо обеспечить:

а) минимальную рубку леса при прокладке профилей;

б) максимальное использование естественных незалесенных участков для размещения временных построек и площадок и существующих трасс для передвижения транспорта;

в) максимально полное использование естественных обнажений, а также котлованов, канав и траншей при изучении геологии района; размещение искусственных выработок на малоценных землях;

г) достаточную разведанность участков, намеченных для застройки жилыми и техническими строениями;

д) в случае морских работ — неукоснительное соблюдение правил охраны морской среды и ее обитателей.

3. При завершении работ следует обеспечить по возможности полную ликвидацию лагеря и других стоянок, засыпку шурфов и ям заземлений, а также рекультивацию земли.

4. На базе полевых партий необходимо:

а) оборудовать постоянные и временные места хранения ГСМ, исключающие разлив горючего и масел при заливке емкостей и заправке автотракторного транспорта;

б) осуществлять постоянный контроль за топливной аппаратурой двигателей внутреннего сгорания, с тем чтобы уменьшить попадание несгоревшего горючего в атмосферу и воду;

в) исключить попадание технологических жидкостей, соленых вод, бытового мусора (отходов), кислот и щелочей на участки пахотных земель, лесных массивов, а также в водоемы, реки и водоносные горизонты, содержащие питьевую воду;

г) соблюдать правила пожарной безопасности в лесу.

5. При геологоразведочных работах целесообразно:

а) производить разведку запасов на полную мощность рудного тела;

б) оценивать породы на весь комплекс полезных ископаемых для максимально полного использования сырья; при разведке одного полезного ископаемого не упускать из вида другие полезные ископаемые;

в) шире внедрять рациональный комплекс наземных и скважинных геофизических методов разведки для сокращения объема буровых и горнопроходческих работ, нарушающих естественное состояние почвенного и растительного покрова;

г) проводить пропаганду геологических, геофизических и других естественнонаучных знаний среди местного населения.

6. При производстве опытно-методических работ шире использовать геолого-геофизические полигоны.

7. При отборе образцов следует учитывать, что грамотный и разумный отбор минимально необходимого для работы числа образцов и тщательное их хранение также содействует охране окружающей среды.

8. После завершения работ следует сохранять:

а) в архивах всю первичную полевую документацию, особенно о горных выработках, которая может быть использована при дальнейшем изучении недр;

б) в коллекторах-музеях типичные образцы с изученными физическими свойствами. Особенно тщательно должны храниться образцы, имеющие эталонный характер.

9. Объединению (экспедиции) осуществлять постоянный контроль над полевыми партиями, требуя выполнения правил охраны окружающей среды и правильного ведения документации.

10. Комиссиям при оценке деятельности полевых партий и отрядов учитывать результаты их работы по соблюдению правил охраны окружающей среды.

К разд. 3.3.1. МЕТОД ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

6. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЕСТЕСТВЕННОГО ПОЛЯ ПРИ РАБОТЕ В МОДИФИКАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА *

Профиль _____ Азимут _____ Дата _____

Участок _____ Начало наблюдений _____

Конец наблюдений _____

Положение электрода _____ Погода _____

Шаг наблюдений, м _____ Питание и градуировка нормальные _____

_____

* Здесь и ниже в формах журналов допускается введение граф для дополнительных сведений. При обработке на ЭВМ форма записи в журнале определяется инструкцией по эксплуатации соответствующей автоматизированной системы.

№ п/п	Точка стояния электрода M	U, мВ	$\Delta\overline{U}$, мВ	U_0, мВ	Примечание
1	2	3	4	5	6
					Абрис и положение исходной O-точки

Примечание. Допускается введение графы «Значения, исправленные за эдс электродов».

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

7. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЕСТЕСТВЕННОГО ПОЛЯ ПРИ РАБОТЕ В МОДИФИКАЦИИ ГРАДИЕНТА ПОТЕНЦИАЛА

Профиль _____ Азимут _____ Дата _____

Участок _____ Начало наблюдений _____

Конец наблюдений _____

Чувствительность гальванометра _____ Погода _____

№ п/п	Точки стояния электродов, N/M	ΔU, мВ	$\Delta\overline{U}$, мВ	$\Delta U'$, мВ	$\Delta U''$, мВ	U, мВ	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
							Абрис

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

К разд. 3.3.2. МЕТОД ЗАРЯДА

8. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗАРЯДА ПРИ РАБОТЕ В МОДИФИКАЦИИ ГРАДИЕНТА

Профиль _____ Азимут _____ Дата _____

Участок _____ Начало наблюдений _____

Конец наблюдений _____

Электрод A _____ Погода _____

Электрод B _____ Напряжение источника питания, В

Шаг наблюдений, м _____ Тип прибора _____

№ п/п	Точки стояния электродов		ΔU, мВ	I, А	$\Delta U/I$, мВ/А	Приведенное значение	Примечание
	M	N					
1	2	3	4	5*	6	7	8

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

* При работе со стабилизированным источником тока применяется также форма типа прил. 78.

9. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗАРЯДА ПРИ РАБОТЕ В МОДИФИКАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА

Профиль _____ Азимут _____ Дата _____

Участок _____ Начало наблюдений _____

Электрод A _____ Конец наблюдений _____

Электрод B _____ Погода _____

Электрод N _____ Напряжение источника питания, В

Шаг наблюдений _____ _____

Тип прибора _____

Точка стояния электрода M	U, мВ	I, А	U/I, мВ/А	Исправленное значение $U/I \pm \Delta U/I$	Примечание
1	2	3	4	5	6

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

10. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗАРЯДА С ПРИВЯЗКОЙ ИЗОЛИНИЙ ПОТЕНЦИАЛА

Участок _____ Дата _____

Электрод A _____ Начало наблюдений _____

Электрод B_∞ _____ Конец наблюдений _____

Номера изолиний _____ Погода _____

Прибор _____

№ п/п	Номер исходной точки наблюдений	Номера последующих точек наблюдений	Азимуты точек наблюдений, град	Расстояние между точками наблюдений, м	Примечание
1	2	3	4	5	6

Топограф:

Проверил:

11. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗАРЯДА С ИЗМЕРЕНИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Участок _____ Дата _____

Профиль _____ Азимут, град _____ Начало наблюдений _____

Вид питающей установки _____ Конец наблюдений _____

Электрод A _____

Электрод B _____

Прибор № _____

Чувствительность _____

Сила тока в цепи AB, А _____

Частота, Гц _____

№ п/п	ПК	U_x, мВ	U_y, мВ	U_z, мВ	ψ, град	α, град	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

Оператор:

Проверил:

12. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗАРЯДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Район работ _____ Дата _____

Скв. № _____ Погода _____

Глубина скважины, м _____ Глубина погружения электрода A в скважину, м _____

Длина колонны обсадных труб, м _____ Расстояние от электрода B до скважины, м _____

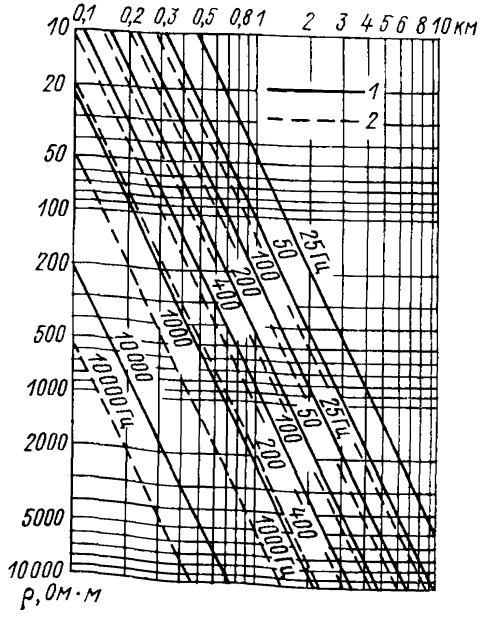
Интервал исследования _____ Прибор № _____

Уровень воды в скважине _____

Номер серии	Номер и азимут лучей	1-я изолиния			2-я изолиния			3-я изолиния			Примечание
		t, ч, мин	r, м	Δr, м	t, ч, мин	r, м	Δr, м	t, ч, мин	r, м	Δr, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1 — С		60,0								Электролит введен «_____»
	2 — СВ		60,4	+0,4							
	3 — В		61,1	+1,1							
	4 — ЮВ		61,2	+1,2							19_____г.
	5 — Ю		61,0	+1,0							и добавляется
	6 — ЮЗ		59,5	—0,5							через _____ ч
	7 — З		59,2	—0,8							
	8 — СЗ		59,2	—0,8							Сила тока I =

Оператор:
Вычислитель:
Проверил:

13. ПАЛЕТКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ПРОВОДА ПРИ РАЗНЫХ УДЕЛЬНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЯХ ПОРОД



Допустимая погрешность, %: *1* — 10, *2* — 5.

14. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗАРЯДА С ИЗМЕРЕНИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Участок _____ Дата _____

Профиль _____

№ п/п	ПК	$\lvert H_c \rvert$			$\lvert H_п \rvert$			$\lvert H_a \rvert$			Примечание
		$\lvert H_{cx} \rvert$	$\lvert H_{cy} \rvert$	$\lvert H_{cz} \rvert$	$\lvert H_{nx} \rvert$	$\lvert H_{ny} \rvert$	$\lvert H_{nz} \rvert$	$\lvert H_{ax} \rvert$	$\lvert H_{ay} \rvert$	$\lvert H_{az} \rvert$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Вычислитель:

Проверил:

15. ФОРМА ЖУРНАЛА ГРАДУИРОВКИ МАГНИТНЫХ ВХОДНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ (ДАТЧИКОВ) АППАРАТУРЫ ДЛЯ МЕТОДА ЗАРЯДА

Аппаратура _____

Операторы _____

№ п/п	Дата	Вид установки	Параметры установки	Частота, Гц	Сила тока, А	Градуируемый входной преобразователь (датчик)				Примечание
						I		II		
						отсчет, мВ	чувствительность (коэффициент преобразования)	отсчет, мВ	чувствительность (коэффициент преобразования)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Оператор:

Проверил:

16. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ СКВАЖИННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗАРЯДА С ИЗМЕРЕНИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Участок _____ Дата _____

Зарядная скв. № _____ Начало наблюдений _____

Глубина расположения электрода A, м _____ Конец наблюдений _____

Измерительная скв. № _____

Прибор № _____

Частота, Гц _____

Чувствительность (коэффициент преобразования) МИД _____

Вид установки _____

Электрод A _____ Электрод B _____

Сила тока в цепи AB, А _____

№ п/п	Отметка глубин, м	$H_{ос}$	$H_{верт}$	$H_{гор}$	Примечание
1	2	3	4	5	6

Оператор:

Проверил:

17. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СКВАЖИННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗАРЯДА С ИЗМЕРЕНИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Участок _____ Дата _____

Зарядная скв. № _____

Измерительная скв. № _____

№ п/п	Отметка глубин, м	$H_с$			$H_п$			$H_а$			Примечание
		$H_{с.\ верт}$	$H_{с.\ гор}$	$H_{с.\ ос}$	$H_{п.\ верт}$	$H_{п.\ гор}$	$H_{п.\ ос}$	$H_{а.\ верт}$	$H_{а.\ гор}$	$H_{а.\ ос}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Вычислил:

Проверил:

18. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ *

Участок _____ Дата _____

Профиль _____ Начало наблюдений _____

Установка _____ Конец наблюдений _____

l_{AB} _____ l_{MN} _____ Прибор _____ № _____

Шаг наблюдений, м _____ Модификация _____

Схема установки (на схематическом изображении установки указывается положение электродов по отношению к профилям и странам света).

№ п/п	ПК	ΔU, мВ (мкВ)	I, мА (сА)	K ***	ρ_K, Ом·м	Примечание
1	2	3 **	4	5	6	7

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

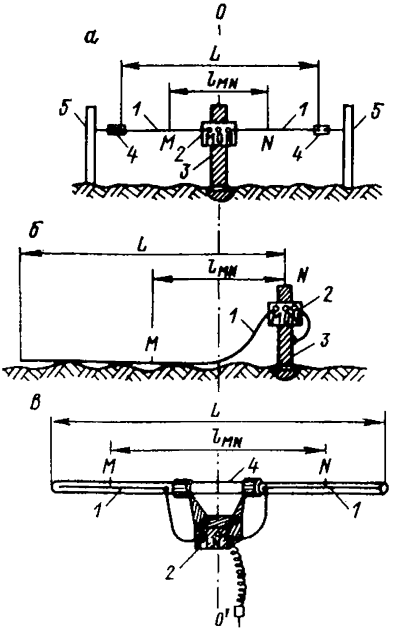
---

* При работе со станцией см. формы журналов в прил. 24 и 25

** В случае необходимости в графе 3 можно записывать следующие данные: «Шкала», «Отсчет», «ΔU».

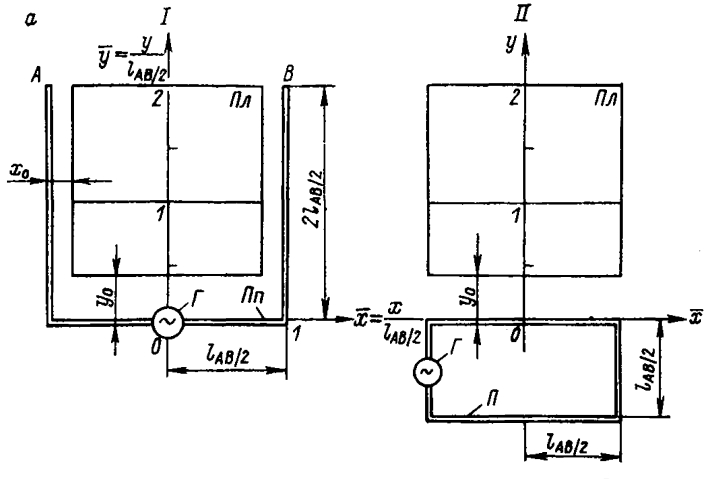
*** В случае применения установки с постоянным коэффициентом K последний записывается в заглавии формы.

19. СХЕМЫ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАЗМЕРЫ, м, НЕЗАЗЕМЛЕННЫХ ПРИЕМНЫХ ЛИНИЙ



а — подвесная ($L = 10$ и 20; $l_{MN} = 5$ и 10); *б* — стелющаяся ($L = 40$; $l_{MN} = 20$); *в* — штыревая ($L = 2$; $l_{MN} = 1$); *1* — приемные электроды; *2* — входной блок индикатора напряжений; *3* — положение оператора; *4* — изоляторы крепления; *5* — положение рабочего; *OO'* — ось центров приемных линий.

20. СХЕМЫ (*а*), РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАЗМЕРЫ (*б*) И ТАБЛИЦЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ $\lg K_T$ НЕЗАЗЕМЛЕННЫХ ЕМКОСТНОЙ И ИНДУКТИВНОЙ ПИТАЮЩИХ ЛИНИЙ УСТАНОВКИ СРЕДИННОГО ГРАДИЕНТА (*в*)



A, *B* — питающие электроды; *П* — петля; *Пп* — полупетля; *Г* — генератор; *Пл* — планшет съемки; *S* — площадь *Пл*; L_{AB} — длина проводов питающей линии.

S, км²	L_{AB}, км	$l_{AB/2}$, м	y_0, м	x_0, м
0,5×0,5	2	333	150	83
1×1	4	666	300	166

S, км²	L_{AB}, км	$l_{AB/2}$, м	y_0, м
0,5×0,5	1,5	250	100
1×1	3	500	100

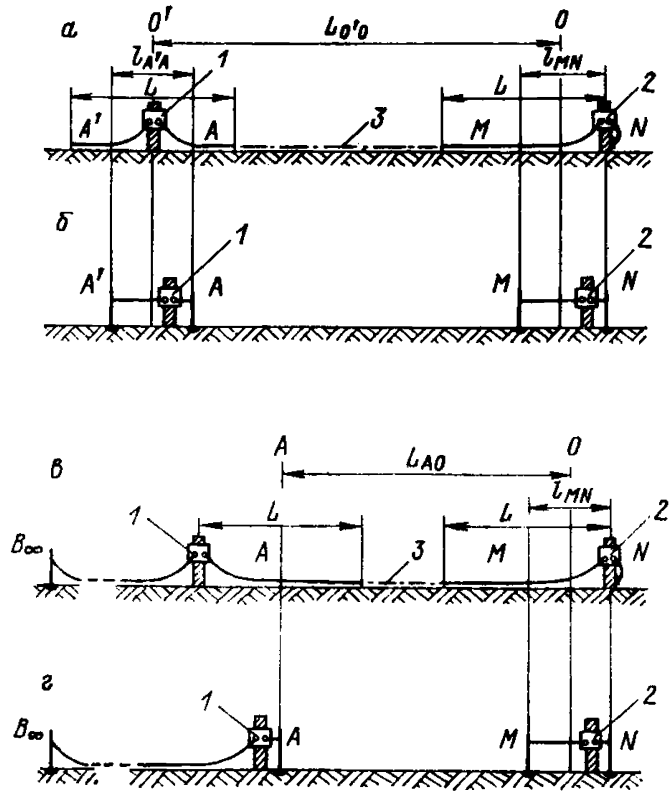
$\lg K_{т.е}$

$\lg \bar{y}$	$\bar{x}$				
	0,0	±0,2	±0,4	±0,6	±0,8
−0,5	0,44	0,51	0,59	0,58	0,33
−0,4	0,52	0,56	0,60	0,56	0,30
−0,3	0,59	0,61	0,61	0,54	0,28
−0,2	0,65	0,65	0,63	0,53	0,27
−0,1	0,70	0,69	0,64	0,53	0,26
0,0	0,74	0,72	0,66	0,53	0,26
0,1	0,78	0,76	0,68	0,54	0,26
0,2	0,85	0,82	0,74	0,58	0,27
0,3	0,99	0,97	0,91	0,79	0,53

$K_{т.п}$

$\lg \bar{y}$	$\bar{x}$				
	0,0 ±0,2	±0,4	±0,6	±0,8	±1,0
−1,0	0,56	0,57	0,60	0,65	0,83
−0,8	0,66	0,67	0,70	0,76	0,92
−0,6	0,77	0,79	0,82	0,88	1,02
−0,4	0,91	0,93	0,97	1,03	1,14
−0,2	1,08	1,11	1,14	1,20	1,28
0,0	1,30	1,32	1,35	1,40	1,46
0,2	1,57	1,59	1,61	1,64	1,67
0,4	1,88	1,89	1,91	1,92	1,94

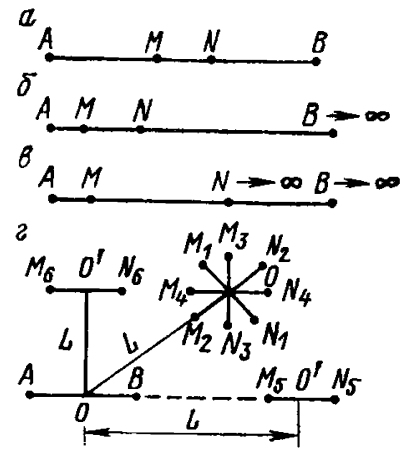
21. СХЕМЫ И РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАЗМЕРЫ, м, НЕЗАЗЕМЛЕННЫХ УСТАНОВОК ДИПОЛЬНОГО И КОМБИНИРОВАННОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ



а — незаземленная дипольная ($L_{O'O} = 100$; $l_{MN} = 20$; $l_{A'A} = 20$; коэффициент установки $K = 7540$ м); *б, г* — эквивалентные заземленные; *в* — незаземленная комбинированная ($L_{AO} = 100$; $l_{MN} = 20$; $L = 40$ м; $K = 3110$ м); *1* — индикатор напряжений; *2* — генератор тока; *3* — капроновый шнур.

К разд. 3.3.4. МЕТОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

22. ПРИМЕНЯЕМЫЕ УСТАНОВКИ



а — четырехточечная; *б* — трехточечная; *в* — двухточечная; *г* — дипольная; ABM_1N_1 — азимутальная; ABM_2N_2 — радиальная; ABM_3N_3 — перпендикулярная; ABM_4N_4 — параллельная; ABM_5N_5 — дипольно-осевая; ABM_6N_6 — дипольно-экваториальная.

23. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗОНДИРОВАНИЯ СО СТРЕЛОЧНЫМ ИНДИКАТОРОМ

Зондирование № _____ Азимут, град _____ Дата _____

Участок _____ Начало наблюдений _____

Профиль _____ Конец наблюдений _____

ПК центра MN _____ Погода _____

Номер измерения	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	K	ΔU, мВ	I, мА	$\rho_к$, Ом·м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

Оператор: Вычислитель: Проверил:

24. ФОРМА ЖУРНАЛА ГЕНЕРАТОРНОЙ ГРУППЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗОНДИРОВАНИЯ СО СТАНЦИЕЙ

1. Симметричная установка

Зондирование № _____ Дата _____

Азимут AB _____ Начало наблюдений _____

Профиль _____ Конец наблюдений _____

ПК центра MN _____ Погода _____

Альтитуда центра _____ Сопротивление питающей линии R_{AB} _____

Установка $AMNB$ _____

Номер измерения	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	U_{AB}, В	I_{AB}, А	Примечание
1	2	3	4	5	6

Оператор:

2. Дипольная установка

Плюсовые разносы направлены _____

Минусовые разносы направлены * _____

Номер измерения	Номер осциллограммы	L	$l_{AB/2}$	Азимут AB	$l_{MN/2}$	θ, град	U_{AB}, В	I_{AB}, А	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Оператор:

* В случае азимутальной установки указывается общее направление разносов, в случае экваториальной — проставляются азимуты разносов.

25. ФОРМА ЖУРНАЛА ПОЛЕВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗОНДИРОВАНИЯ СО СТАНЦИЕЙ

ДЗ (ДАЗ) _____ Дата _____

ПК центра _____ Начало наблюдений _____

Профиль _____ Конец наблюдений _____

ПК центра AB _____ Погода _____

Азимут перемещения лаборатории _____

№ п/п	Номер осциллограммы	ПК	L	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	Чувствительность	Градуировка	ΔU	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Оператор:

26. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ *K*

Таблица 1

Номер измерения	L	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	$\overline{L}$	$K_{\text{ДЭЗЭ}}$
1	100	100	10	141,4	4,447
2	200	100	20	223,6	8,852
3	300	100	25	316,2	20,09
4	200	200	10	282,8	17,77
5	300	200	25	360,5	14,777
6	500	200	50	538,5	24,776
7	800	200	50	824,6	88,59
8	500	500	50	707,1	22,24
9	800	500	50	943,4	58,871
10	1 200	500	50	1 300	138,27
11	1 600	500	150	1 676	99,67
12	2 000	500	200	2 061	139,375
13	3 000	500	200	3 041	44,8
14	4 500	500	300	4 528	978,2
15	6 000	500	300	6 020	2 293,8
16	2 000	1 500	200	2 500	82,2
17	3 000	1 500	200	3 354	198,0
18	4 500	1 500	300	4 743	373,0
19	6 000	1 500	300	6 185	829,0
20	8 000	1 500	400	8 140	1 416,5
21	10 000	1 500	400	10 112	2 713,2
22	12 000	1 500	400	12 093	4 640
23	15 000	1 500	400	15 075	

Таблица 2

Номер измерения	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	$K_{\text{ВЭЗ}}$	Номер измерения	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	$K_{\text{ВЭЗ}}$
1	3,0	1,0	12,57	21	750	250,0	3 142
2	4,5	1,0	30,24	22	1 000	250,0	5 890
3	6,0	1,0	54,98	23	1 000	75,0	20 830
4	9,0	1,0	125,7	24	1 500	250,0	13 740
5	15,0	1,0	351,9	25	2 000	250,0	24 740
6	15,0	5,0	62,83	26	2 000	500,0	11 780
7	25,0	5,0	188,5	27	3 000	500,0	27 490
8	25,0	1,0	980,2	28	3 000	250,0	56 160
9	40,0	5,0	494,8	29	4 500	500,0	62 830
10	65,0	5,0	1319	30	6 000	500,0	112 300
11	65,0	20,0	300,4	31	6 000	1 500	35 340
12	100	20,0	754,0	32	8 000	1 500	64 630
13	100	5,0	3 134,0	33	8 000	500,0	200 300
14	150	20,0	1 735,0	34	10 000	1 500	102 400
15	225	20,0	3 945,0	35	15 000	1 500	233 300
16	225	75,0	942,5	36	15 000	4 000	82 070
17	325	75,0	2 094	37	20 000	4 000	150 800
18	325	20,0	8 264	38	20 000	1 500	416 500
19	500	75,0	5 118	39	25 000	4 000	239 200
20	750	75,0	11 660	40	32 000	4 000	395 800

Таблица 3

Номер измерения	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	$K_{ВЭЗ}$	Номер измерения	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	$K_{ВЭЗ}$
1	0,4	0,125	1,813	21	340	12	15 110
2	0,75	0,125	6,869	22	340	70	2 483
3	1,5	0,125	28,06	23	500	70	5 497
4	1,5	0,5	6,283	24	750	70	12 500
5	3	0,125	112,84	25	750	250	3 140
6	3	0,5	27,48	26	1 000	70	22 320
7	5	0,5	77,72	27	1 000	250	5 890
8	9	0,5	253,5	28	1 500	250	13 740
9	9	3	37,68	29	2 000	250	24 740
10	15	0,5	705,7	30	2 000	500	11 780
11	15	3	113,0	31	3 000	250	56 130
12	25	3	322,4	32	3 000	500	27 480
13	40	3	832,6	33	4 000	500	49 460
14	40	12	190,5	34	5 000	500	77 720
15	65	3	220,6	35	5 000	1 500	23 810
16	65	12	533,9	36	6 500	500	131 880
17	100	12	1 290	37	6 500	1 500	41 870
18	150	12	2 925	38	8 000	1 500	64 630
19	220	12	6 314	39	10 000	1 500	102 300
20	220	70	975,6				

Таблица 4

Номер измерения	L	l_{AB}	l_{MN}	$K_{ДЭЗО}$
1	350	80	40	40,75
2	500	80	40	120,85
3	800	80	100	198,64
4	1 200	80	100	675,91
5	800	200	100	77,34
6	1 200	200	100	267,04
7	1 600	200	300	209,18
8	2 000	200	300	412,39
9	3 000	200	300	1 405,99
10	2 000	500	300	160,55
11	3 000	500	300	555,46
12	4 500	500	600	941,66
13	6 000	500	600	2 244,86
14	4 500	1 000	600	462,0
15	6 000	1 000	600	1 110,51
16	8 000	1 000	1 000	1 584,57
17	10 000	1 000	1 000	3 112,56
18	8 000	2 000	1 000	773,43
19	10 000	2 000	1 000	1 532,70
20	12 000	2 000	1 000	2 670,38

27. РАЗНОСЫ ПИТАЮЩИХ И ПРИЕМНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ СИММЕТРИЧНЫХ ЧЕТЫРЕХЭЛЕКТРОДНЫХ УСТАНОВОК ВЭЗ С БОЛЕЕ ЧАСТЫМ ШАГОМ

№ п/п	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	$K_{ВЭЗ}$	№ п/п	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	$K_{ВЭЗ}$
1	0,4	0,125	1,813	19	20	0,5	1 255
2	0,75	0,125	6,869	20	20	5	117,8
3	1,5	0,125	28,06	21	25	5	188,4
4	1,5	0,5	6,280	22	30	5	274,8
5	2,0	0,125	50,04	23	40	5	494,6
6	2,0	0,5	11,78	24	60	5	1 122
7	2,5	0,5	18,84	25	75	5	1 758
8	3,0	0,5	27,47	26	90	5	2 536
9	3,5	0,5	37,68	27	90	30	376,8
10	4,0	0,5	49,45	28	110	5	3 792
11	5,0	0,5	77,71	29	110	30	586,1
12	6,0	0,5	112,2	30	150	30	1 130
13	7,5	0,5	175,8	31	220	30	2 486
14	9,0	0,5	253,5	32	340	30	6 003
15	11	0,5	379,2	33	500	30	13 036
16	13	0,5	529,9	34	750	30	29 390
17	15	0,5	705,7	35	1000	30	52 286
18	15	5	62,80				

28. ПРОГРАММА ИЗМЕРЕНИЙ АЗИМУТАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ № _____

Азимут _____ ПК центра _____

l_{AB} _____

Номер измерения	ПК	L	θ	Азимут MN	Примечание
1	2	3	4	5	6

Оператор:

29. ФОРМЫ ПАСПОРТА ОСЦИЛЛОГРАММЫ

1. Симметричная установка

Электроразведочная партия № _____
(объединение, экспедиция)

Осциллограмма № _____

ВЭЗ № _____

Дата и время измерений _____

$l_{AB/2}$ _____

Шунт _____

Канал	Чувствительность	Градуировка	$l_{MN/2}$
1	2	3	4

Оператор:

2. Дипольная установка

Электроразведочная партия № _____

_____

(объединение, экспедиция)

Осциллограмма № _____ ДЭЗ (ДЭЗА) № _____ Дата и время измерений _____ ПК центра ДЭЗ (ДЭЗА) _____

$l_{AB/2}$ _____ $l_{MN/2}$ _____

ПК центра _____ L _____

Осциллограф _____

Чувствительность _____ Градуировка _____

Оператор:

30. ФОРМА ЖУРНАЛА РЕГИСТРАЦИИ ОСЦИЛЛОГРАММ

Дата _____ Электрическое зондирование № _____

Профиль № _____ ПК центра _____

Номер осциллограммы	Примечание
1	2

Итого

Оператор:

Интерпретатор:

31. ФОРМА ЖУРНАЛА ЭТАЛОНИРОВКИ

Осциллограф № _____ Электроразведочная станция _____

№ п/п	Дата	$U_{эт}$, мВ	$U_{отсч}$, мВ	ΔU, %*	$I_{эт}$, А	$I_{отсч}$, А	ΔI, %
1	2	3	4	5	6	7	8

* $\Delta U = \dfrac{U_{эт} - U_{отсч}}{U_{эт}} \cdot 100$; аналогичная формула используется при вычислении ΔI.

32. ФОРМА ЖУРНАЛА ОБРАБОТКИ ОСЦИЛЛОГРАММ

Номер зондирования	Номер осциллограммы	L	$\bar{L}$	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	Номер импульса	I_i	$\Delta U_г$	$M_г$	ΔU						$\Delta U_i/I_i$	K	ρ_i	$\rho_{с.а}$	Подпись вычислителя
										g_i	$g_{с.а}$	$(t_{(с)})_i$	$(t_с)_{с.а}$	M_i	ΔU_i					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

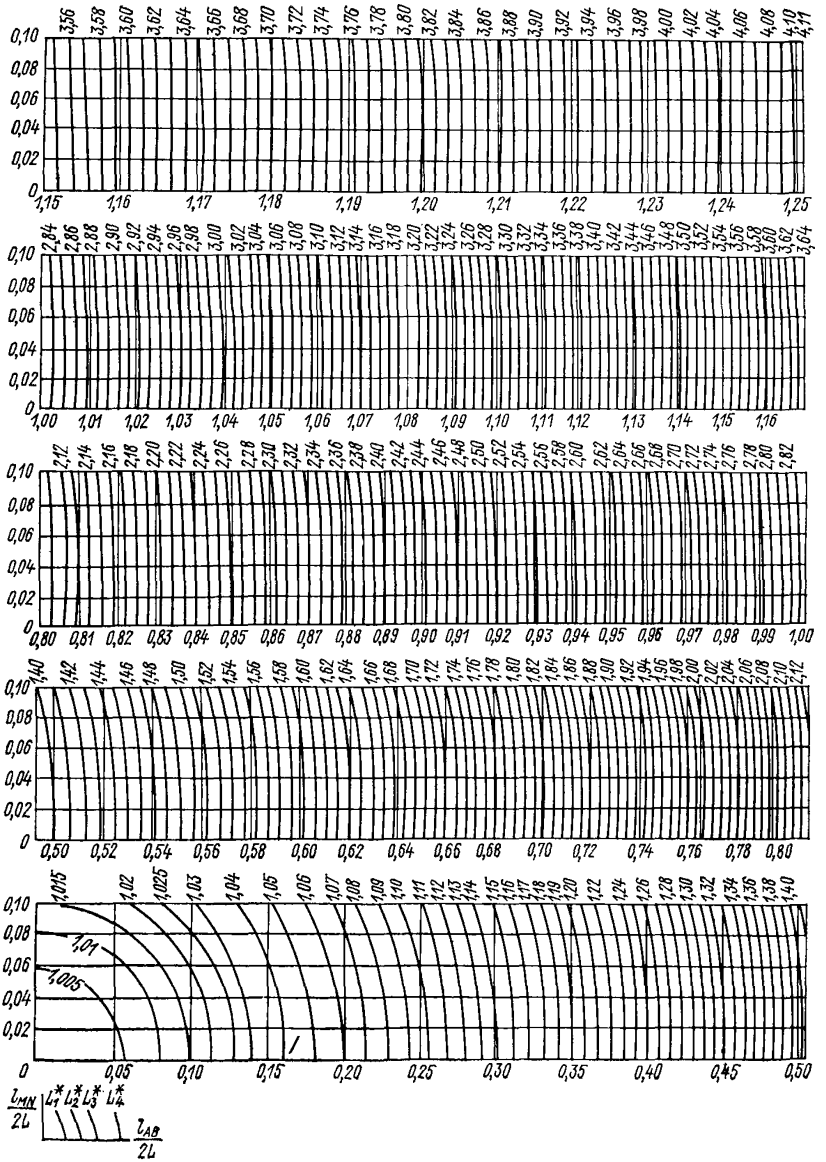
Примечание. $M_г$ — установившееся отклонение блика гальванометра, мм; g — множитель пропорциональности, мм/мВ; $t_с$ — время становления. Индекс «с. а» — среднее арифметическое.

33. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ $\rho_к$

Номер зондирования	$l_{AB/2}$	$l_{MN/2}$	Действующее расстояние	ρ_1	ρ_2	$\rho_{с.а}$	$\delta = 2\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \cdot 100$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

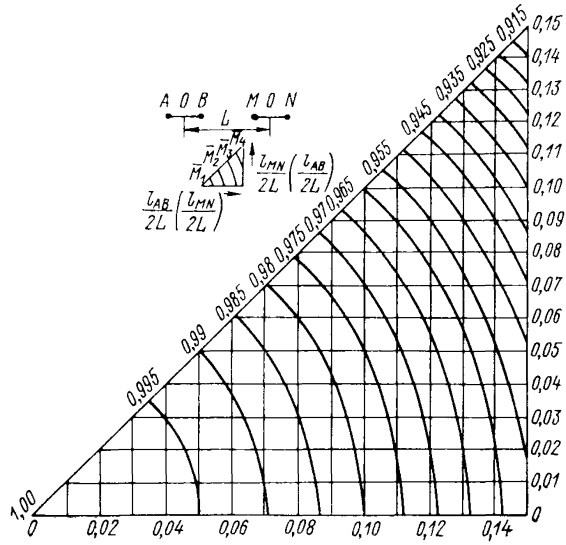
Примечание. ρ_1 — значение $\rho_к$ по данным обработки в первую руку; ρ_2 — значение $\rho_к$ по данным обработки во вторую руку; $\rho_{с.а}$ — среднее арифметическое $\rho_к$ по данным обработки в первую и вторую руку.

В случае вычислений на электронных микрокалькуляторах графы 6—8 лишние. При расхождении значений ρ_1 и ρ_2 в этом случае следует выполнить еще одно вычисление — третье и *за истинное брать то, которое повторится.*



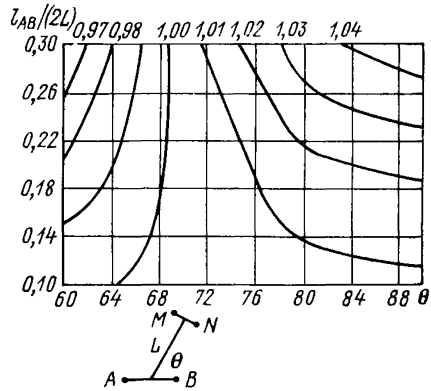
$$K = \frac{2\pi L^3}{l_{AB} l_{MN}} L^* \cdot 10^{-3}.$$

35. НОМОГРАММА ФУНКЦИИ $\overline{M}$



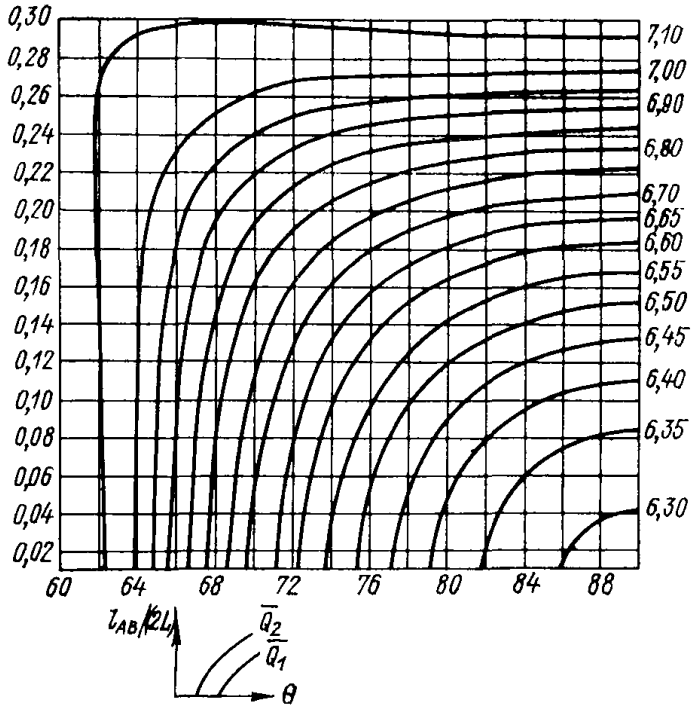
$$K = \frac{\pi L^3}{l_{AB} l_{MN}} \overline{M} \cdot 10^{-3}.$$

36. НОМОГРАММА КОЭФФИЦИЕНТА $\bar{p}$



$$\overline{L} = \overline{p} L.$$

37. НОМОГРАММА ФУНКЦИИ $\overline{Q}$



$$K = \frac{L^3}{l_{AB} l_{MN}} \overline{Q} \cdot 10^{-3}.$$

38. СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВП НА ИМПУЛЬСНОМ И ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

При $t_{\text{п}}\omega = (\sqrt{\pi})^{-1} = 0{,}56$ и $E_{\text{пр}}(t_{\text{п}}) = E_{\text{пр}}(\omega) = E_{\text{пр}}$

$$F(t_{\text{п}}) \approx \operatorname{Re}\Phi(\omega), \tag{1}$$

где $t_{\text{п}}$ — время после включения импульса постоянного тока; $\omega = 2\pi f$ — круговая частота переменного тока; f — частота; $E_{\text{пр}}$ — напряжение поляризующего тока; $F(t_{\text{п}})$ — переходная характеристика ВП; $\operatorname{Re}\Phi(\omega)$ — действительная часть частотной характеристики; $\Phi(\omega) = \operatorname{Re}\Phi(\omega) + \operatorname{Im}\Phi(\omega)$.

Коэффициент частотной дисперсии

$$K_{\text{д}} = \frac{\Delta \operatorname{Re}\Phi(\omega)}{E_{\text{пр}}\Delta \lg \omega}; \tag{2}$$

$$-\frac{\Delta F(t_{\text{п}})}{\Delta \lg(t_{\text{п}})} = \frac{\Delta \operatorname{Re}\Phi(\omega)}{\Delta \lg(\omega)} = a \operatorname{Im}\Phi(\omega), \tag{3}$$

где

$$a = (\ln 10)/\sqrt{2};$$

$$-\frac{\Delta F(t_{\text{п}})}{E_{\text{пр}}\Delta \lg(t_{\text{п}})} = -\frac{E_{\text{ВП}}}{E_{\text{пр}}P_{t_{\text{п}}}} = -\frac{\eta}{P_{t_{\text{п}}}} = -\Delta\eta = \frac{\ln 10}{\sqrt{2}}\,\frac{\operatorname{Im}\Phi(\omega)}{E_{\text{пр}}} =$$

$$= \frac{\ln 10}{\sqrt{2}} \operatorname{tg}\varphi_{\text{ВП}} \approx \frac{\ln 10}{\sqrt{2}}\varphi_{\text{ВП}}\,(\text{рад}); \tag{4}$$

η — поляризуемость; $\Delta\eta$ — дифференциальная поляризуемость (производная от η по логарифму времени); $P_{t_{\text{п}}}$ — коэффициент времени в импульсном режиме измерений (прил. 39). Из (4) имеем:

$$\Delta\eta \approx 3\varphi_{\text{ВП}}, \tag{5}$$

где $\Delta\eta$ выражена в процентах, а $\varphi_{\text{ВП}}$ — в градусах;

$$\eta = \Delta\eta P_{t_{\text{п}}}. \tag{6}$$

Аналогично:

$$\eta_{\omega} = K_{\text{д}}P_{\omega}, \tag{7}$$

где η_{ω} — поляризуемость на переменном токе; P_{ω} — коэффициент времени в гармоническом режиме измерений (прил. 39).

39. КОЭФФИЦИЕНТЫ ВРЕМЕНИ P

1. Импульсный режим измерений $P_{t_п}$

$t_з/t_с$	ОИ	РПИ-2	РПИ-1
1	0,301	0,222	0,196
2	0,477	0,383	0,340
3	0,602	0,501	0,449
5	0,778	0,671	0,610
10	1,041	0,929	0,860
20	1,322	1,207	1,134
30	1,491	1,375	1,300
50	1,708	1,591	1,514
100	2,004	1,887	1,810
200	2,301	2,186	2,108
300	2,479	2,361	2,283
500	2,700	2,582	2,504
1000	3,000	2,883	2,804

Примечание. $t_з/t_с$ — отношение длительности импульса тока ко времени спада; ОИ — режим одиночных импульсов постоянного тока; РПИ-2 — режим разнополярных импульсов со скважностью 2; РПИ-1 — режим разнополярных импульсов со скважностью 1.

2. Гармонический режим измерений

$$P_\omega = \lg(\omega_2/\omega_1).$$

40. ФОРМЫ ПОЛЕВЫХ ЖУРНАЛОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ РАБОТЕ С ОСЦИЛЛОГРАФОМ

1. Установка градиента

Участок_____ l_{AB}_____ l_{MN}_____ Шаг наблюдений_____ Дата_____

Профиль_____ A_____ B_____ Начало работ_____

Установка_____ Напряжение в AB_____ Конец работ_____

Время зарядки_____ Время подзарядки_____ Время разрядки_____

Погода_____

Лента №_____

№ п/п	ПК		I, A	Шкала		$t_с$, с	$\Delta U_{ПР}$, мВ	$\Delta U_{ВП}$, мВ	$\eta_к$, %	K, м	$\rho_к$, Ом·м	Примечания
	M	N		$\Delta U_{ПР}$	$\Delta U_{ВП}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

2. Установка КП

Участок _____ l_{AO} _____ l_{MN} _____ Шаг _____ Дата _____

Профиль _____ Напряжение в AB _____ Начало работ _____

Установка _____ Время зарядки _____ Конец работ _____

Погода _____

K _____

Лента № _____

№ п/п	ПК		I, А	Шкала		t_c, с	$\Delta U_{пр}$, мВ	$\Delta U_{ВП}$, мВ	$\eta_к$, %	K, м	$\rho_к$, Ом·м	Примечание
	A	O		$\Delta U_{пр}$	$\Delta U_{ВП}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

3. Установка ВЭЗ

Участок _____ Зондирование № _____ Дата _____

Профиль _____ Центр _____ Начало работ _____

Установка _____ Азимут разносов _____ Конец работ _____

Время зарядки _____ Погода _____

Время спада _____

№ п/п	l_{AO}	l_{MN}	I, А	U, В	Шкала		t_c, с	$\Delta U_{пр}$, мВ	$\Delta U_{ВП}$, мВ	$\eta_к$, %	K, м	$\rho_к$, Ом·м
					$U_{пр}$	$U_{ВП}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

41. ФОРМЫ ПОЛЕВЫХ ЖУРНАЛОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ РАБОТЕ СО СТРЕЛОЧНЫМ ПРИБОРОМ (установка градиента)

Участок _____ l_{AB} _____ l_{MN} _____ Шаг _____ Дата _____

Профиль _____ A _____ B _____ Начало работ _____

Установка _____ Напряжение в AB _____ Конец работ _____

1. При работе с длительными импульсами тока

№ п/п	ПК		I, А	$t_з$, с	$\Delta U_{пр}$, мВ	$\Delta U_{ВП}$, мВ, при различном $t_с$, с (0,5—5—15—30—45—60)	$\Delta U_{ВП_{0,5-60''}}$	$\eta_к$, %	K, м	$\rho_к$, Ом·м	Примечание
	M	N									
1	2	3	4	5	6	7 ... 12	13	14	15	16	17

2. При работе с разнополярными импульсами тока

№ п/п	ПК (M, N)	I, А	$t_з$, с	$\Delta U_{пр}$, мВ		$\Delta U_{пр}$, мВ	$\Delta U_{ВП}$, мВ (AB, BA)	$\Delta U_{ВП}$, мВ	$\eta_к$, %	K, м	$\rho_к$, Ом·м	Примечание
				AB	BA							
1	2—3	4	5	6	7	8	9—10	11	12	13	14	15

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

42. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ Φ_{AB} В ПИТАЮЩЕЙ ЛИНИИ *

Участок _____ l_{AB} _____ l_{MN} _____ Дата _____

Профиль _____ Местоположение электрода A _____ Начало наблюдений _____

Установка _____ Местоположение электрода B _____ Конец наблюдений _____

Прибор № _____ Погода _____

Место измерения	f, Гц	I_{AB}, А	U_{AB}, В	Отсчет в режиме «Генератор» $\mathscr{P}_{\text{г}}$	Отсчет в режиме «Измеритель» $\mathscr{P}_{\text{и}}$	$\mathscr{P}_0(f) = \mathscr{P}_{\text{г}} - \mathscr{P}_{\text{и}}$	$\mathscr{P}_0(f-3f) = \mathscr{P}_0(f) - \mathscr{P}_0(3f)$	Время измерения	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

* Сдвиг фазы тока в питающей линии измеряется только в одночастотном режиме на первой (f) и на третьей ($3f$) гармониках; $\mathscr{P}_0(f)$ — фазовый сдвиг AB в показаниях счетчика на одной частоте; $\mathscr{P}_0(f-3f)$ — фазовый сдвиг в линии AB в показаниях счетчика в двухчастотном режиме измерений.

43. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ С ИЗМЕРЕНИЕМ ФАЗОВОГО СДВИГА (ИНФАЗ ВП) В ОДНОЧАСТОТНОМ РЕЖИМЕ *

Участок _____ l_{AB} _____ l_{MN} _____ Дата _____

Профиль _____ Местоположение электрода A _____ Начало наблюдений _____

Установка _____ Местоположение электрода B _____ Конец наблюдений _____

Прибор № _____ Погода _____

ПК	f, Гц	I_{AB}, А	U_{AB}, В	ΔU, мВ	Показания счетчика в режимах «Измерение» ($\mathscr{P}_{и}$), «Калибровка» $\mathscr{P}_{(к)}$	$\mathscr{P}^{MN} = \mathscr{P}_{к} - \mathscr{P}_{и}$	$\mathscr{P}_0^{AB}$	$\mathscr{P}_f = \mathscr{P}^{MN} - \mathscr{P}_0^{AB}$	$\varphi_f = \mathscr{P}_f \cdot 0{,}056$; $\varphi_{3f} = \mathscr{P}_{3f} \cdot 0{,}169$, град	K	$\rho_к = K\,\Delta U/I$, Ом·м	Время измерения
1	2	3	4	5	6—7	8	9	10	11	12	13	14

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

* $\mathscr{P}^{MN}_{р}$ — фазовый сдвиг φ_f в показаниях счетчика; $\mathscr{P}_0^{AB}$ — фазовый сдвиг в линии AB в показаниях счетчика в одночастотном режиме; K — геометрический коэффициент установки.

44. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ С ИЗМЕРЕНИЕМ ФАЗОВОГО СДВИГА (ИНФАЗ ВП) В ДВУХЧАСТОТНОМ РЕЖИМЕ *

Участок _____ l_{AB} _____ l_{MN} _____ Дата _____

Профиль _____ Местоположение электрода A _____ Начало наблюдений _____

Установка _____ Местоположение электрода B _____ Конец наблюдений _____

Прибор № _____ Погода _____

ПК	f, Гц	I_{AB}, А	U_{AB}, В	ΔU, мВ	Показания счетчика в режимах «Измерение» ($\mathscr{P}_и$), «Калибровка» ($\mathscr{P}_к$)	$m_1 = \mathscr{P}_и - \mathscr{P}_к$	$\mathscr{P}_0 (f - 3f)$	$m = m_1 - \mathscr{P}_0$	$\varphi = (1{,}5m \cdot 0{,}056)$, град	K	$\rho_к = K \Delta U / I$, Ом·м	Время измерения
1	2	3	4	5	6—7	8	9	10	11	12	13	14

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

* m_1 — фазовый сдвиг ($-3f$) в показаниях счетчика; $\mathscr{P}_0 (-3f)$ — фазовый сдвиг в линии AB в показаниях счетчика в двухчастотном режиме; K — геометрический коэффициент установки.

45. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ С ИЗМЕРЕНИЕМ АМПЛИТУДЫ

Участок _____ l_{AB}_____ l_{MN}_____

Профиль _____ Местоположение электрода A_____

Установка _____ Местоположение электрода B_____

Прибор № _____

Дата _____

Начало наблюдений _____

Конец наблюдений _____

Погода _____

ПК	I_{AB}, А	ΔU, В	Шкала ΔU	K	$\rho_к$, Ом·м	$\eta_к^\omega$, %
1	2	3	4	5	6	7

Оператор:

Вычислитель: Проверил:

К разд. 3.3.6. МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

46. ФОРМА ЖУРНАЛА ЭТАЛОНИРОВКИ

Магнитотеллурическая лаборатория МТЛ-71 №_____

1. Эталонировка градуировочного устройства ПУ №_____

Дата	Положение переключателя градуировочных напряжений										
	а	б	в	г	д	ж	з	и	к	л	м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Оператор: Проверил:

2. Эталонирование магнитометра H_x МЭ-71 №_____

Дата	Положение переключателя градуировочных напряжений										
	а	б	в	г	д	ж	з	и	к	л	м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Оператор: Проверил:

3. Эталонирование магнитометра H_y МЭ-71 №_____

Дата	Положение переключателя градуировочных напряжений										
	а	б	в	г	д	ж	з	и	к	л	м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Оператор: Проверил:

47. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ МЕТОДОВ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ (ЗОНДИРОВАНИЯ)

_____ управление, трест, контора, объединение

Партия № _____ Азимуты осей, град: x _____

y _____

Отряд № _____ Длины линий, км: E_x _____

Дата _____ E_y _____

Пункт № _____ Начало работы _____

Конец работы _____

Кроки пункта Тип установки _____

Пункт № _____ Расположен _____ (адрес)

Номер записи	Время окончания записи, ч, мин	Пределы измерения					Градуировка					Примечание
		E_x	E_y	H_x	H_y	H_z	E_x	E_y	H_x	H_y	H_z	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Оператор: Вычислитель:

48. ФОРМА ЖУРНАЛА ПОЛЕВОЙ СТАНЦИИ

Полевой пункт № _____ Дата записи _____

Базисный пункт № _____ Начало работы

Кроки полевого пункта Конец работы _____

Тип установки _____

Место для кроков полевого пункта

Азимуты линий, град: 1—3 _____

2—4 _____

Длины линий, км: 1—3 _____

2—4 _____

Полевой пункт № _____

Расположен _____ (адрес)

Номер осциллограммы	Время окончания записи, ч, мин	Чувствительность		Градуировка		Примечание
		1-й канал	2-й канал	1-й канал	2-й канал	
1	2	3	4	5	6	7

Оператор: Вычислитель:

49. ФОРМА ЖУРНАЛА БАЗИСНОЙ СТАНЦИИ

Базисный пункт №_____ Дата приезда _____

Кроки базисного пункта_____ Дата отъезда _____

Азимуты линий, град: 1—3 _____

2—4 _____

Длины линий, км: 1—3 _____

2—4 _____

Место для кроков базисного пункта

Пункт №_____ расположен _____

(адрес)

Номер осциллограммы	Номер полевого отряда	Номер полевого пункта	Время окончания записи, ч, мин	Чувствительность		Градуировка		Примечание
				1-й канал	2-й канал	1-й канал	2-й канал	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Оператор:

Вычислитель:

50. ФОРМА ПАСПОРТА ОСЦИЛЛОГРАММЫ В МЕТОДАХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ (ЗОНДИРОВАНИЯ)

_____ объединение, экспедиция

Партия № _____ Запись №_____

Отряд №_____

Пункт №_____

Азимуты осей, град: x_____ y_____

Длины линий, км: E_x_____ E_y_____

Пределы измерений					Градуировка				
E_x	E_y	H_x	H_y	H_z	E_x	E_y	H_x	H_y	H_z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Оператор:

Вычислитель:

51. ФОРМА ПАСПОРТА ТЕЛЛУРОГРАММЫ

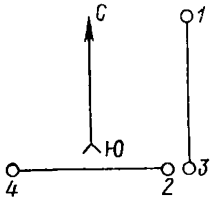
Дата записи _____ Пункт № _____

Номера пунктов совместного наблюдения _____

Запись № _____ Время окончания записи _____

Вид операции	1-й канал	2-й канал	Примечание
Чувствительность			
Градуировка			

Схема установки



Азимуты, град: 1—3 _____ Длины, км: 1—3 _____

2—4 _____ 2—4 _____

_____

_____ управление, трест,

контора, объединение

Электроразведочная партия № _____

Оператор: Начальник партии:

52. ФОРМА ЖУРНАЛА РЕГИСТРАЦИИ ОСЦИЛЛОГРАММ

Дата	Пункт	Число записей	Примечание	Подпись интерпретатора
1	2	3	4	5

Итого _____ записей

_____ линий

Оператор:

Начальник партии:

53. ФОРМА ЖУРНАЛА РЕГИСТРАЦИИ ТЕЛЛУРОГРАММ

Дата	Номер осциллограммы	Номер пункта одновременного наблюдения	Примечание	Подпись интерпретатора
1	2	3	4	5

Итого _____ записей

_____ линий

Оператор:

Начальник партии:

54. ФОРМА ЖУРНАЛА ОБРАБОТКИ ОСЦИЛЛОГРАММ ПО СПОСОБУ ВЕКТОРОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ

1. Амплитудно-фазовые измерения

Номер записи	A_{E_x}, мм	A_{E_y}, мм	A_{H_x}, мм	A_{H_y}, мм	$\varphi_{E_y} - \varphi_{E_x}$, град			$\varphi_{H_x} - \varphi_{H_y}$, град			T, с	Примечание
					Способ сдвига	Способ проекции	Среднее	Способ сдвига	Способ проекции	Среднее		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Интерпретатор: Проверил:

Вычислитель:

2. Определение модуля эффективного импеданса

m, n	l_E	l_H	Q	$\lvert Z_{эф} \rvert$	T, с	$S_{эф}$, См ($\rho_{эф}$, Ом·м)
1	2	3	4	5	6	7

Интерпретатор: Проверил:

Вычислитель:

55. ФОРМА ПАСПОРТА МАГНИТОГРАММЫ

Штамп организации

Лента ЦЭС-1 _____ 19____ г.

МТЗ №_____ Запись №_____

Начало записи _____

Конец записи _____

Число каналов _____

Зона _____

Скорость, мм/с _____

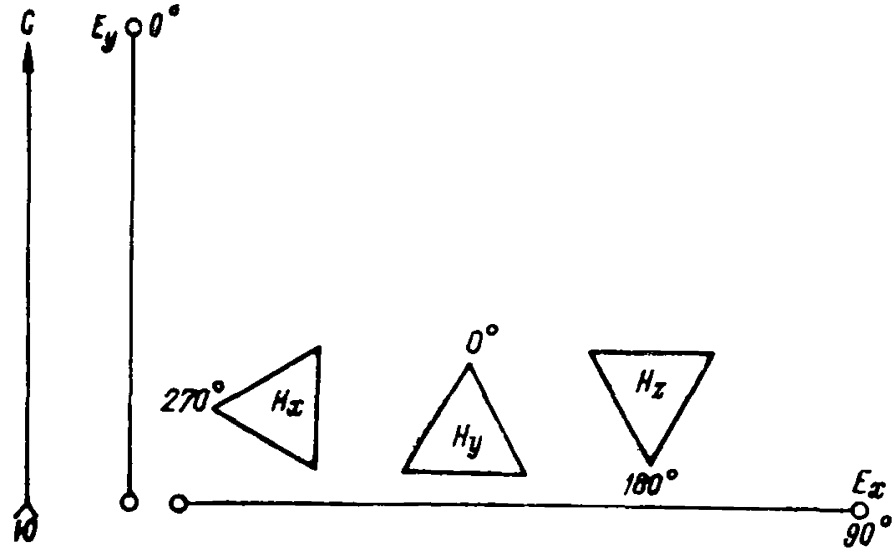
Δt, мс _____

Канал	Компонента	Азимут, град	l_{MN}, км	Участок _____ Начало_____конец_____ записи				Участок _____ Начало_____конец_____ записи			
				ослабление	компенсация	фильтр	постоянные, мВ/км, гаммы	ослабление	компенсация	фильтр	постоянные, мВ/км, гаммы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E_x										
2	E_y										
3	H_x										
4	H_y										
5	H_z										

Оператор:

56. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ УСТАНОВКИ

МТЗ №



$MN_{E_x} = MN_{E_y} = 200$ м.

Грозы, ливни, ветер порывистый

Примечание. Треугольниками показано положение магнитометров H_x, H_y, H_z.

Оператор:

57. ФОРМА ЖУРНАЛА ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЛИПСОВ В МЕТОДЕ ТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ТОКОВ *

n	Преобразования				$\bar{\Phi}$	Контроль углов					Примечание
	F	H	$R\ (F/H)$	$R\ (H/F)$		$\operatorname{tg}\bar{\Phi}$	$(b/a)\operatorname{tg}\bar{\Phi}$	$\operatorname{arctg}[(b/a)\operatorname{tg}\bar{\Phi}]$	ψ	Δ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Вычислитель:

Проверил:

---

* F — значение базисного векто а вариаций; H — значение соответствующего полевого вектора вариаций; R — масштабный коэффициент, выбираемый с таким расчетом, чтобы полуоси эллипса имели длину от 2 до 6 см; $\bar{\Phi}$ — угол между базисным вектором вариаций и малой осью базисного эллипса; b/a — угол отношения малой и большой полуосей полевого эллипса (параметр $\mathcal{M}$); ψ — угол между полевым вектором вариаций и большой осью полевого эллипса.

$\Delta =$ — $\operatorname{arctg}[(b/a)\operatorname{tg}\bar{\Phi}]$

$\Sigma\Delta =$

$\bar{\Delta} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{n=N}\Delta$ — угловое несогласие

58. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРА $\varkappa$ В МЕТОДЕ ТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ТОКОВ *

Номер пары	Номер вектора	Базисная станция						Полевая станция				Вычисления				Примечание
		$\Delta y_1 \Delta x_2$	Δx	Δy	$\Delta x_1 \Delta y_2$	Z_p	$\Delta V_1 \Delta U_2$	ΔV	ΔU	$\Delta V_2 \Delta U_1$	Z_q	$I_n = Z_q/Z_p$	ξ	ξ^2	F	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	1		+7,0	+44,0				+14,5	+55,0							
1		+1320			+70	−1250	+1920			+116	−1804	1,4				
	9		+30,0	10,0				+35,0	+8,0							
2		+2400			−750	−990	+172			−1250	−1422	1,43				
	25		+24,0	−25				+21,5	−5,0							

* Δx_1, Δy_1, ΔV_1, ΔU_1 — верхние векторы данной пары; Δx_2, Δy_2, ΔV_2, ΔU_2 — нижние векторы данной пары; $F = 50 \left[\frac{(\Delta x_1) + (\Delta y_1) + (\Delta x_2) + (\Delta y_2)}{(\Delta x_1 \, \Delta y_2 - \Delta y_1 \, \Delta y_2)} + \frac{(\Delta U_1) + (\Delta V_1) + (\Delta U_2) + (\Delta V_2)}{(\Delta U_1 \, \Delta V_2 - \Delta V_1 \, \Delta U_2)} \right]$ — максимально возможная относительная погрешность данного измерения; $Z_p = \Delta x_1 \, \Delta y_2 - \Delta y_2 \, \Delta x_2$; $Z_p = \Delta U_1 \, \Delta V_2 - \Delta V_1 \, \Delta U_2$; $\xi = I_n - I_m$; $I_m = \frac{1}{n} \sum^{n} I_n = \ldots$

$\delta_n = \sqrt{\frac{\sum_1^n \xi^2}{n-1}}$ — средняя квадратичная погрешность группы измерений

Составил:

59. ФОРМА ЖУРНАЛА ВЕКТОРОВ ВАРИАЦИЙ

Номер вектора	Δx	Δy	ΔV	ΔU
1	2	3	4	5

Оператор: Начальник партии:

К разд. 3.3.7, А. МЕТОД ЧАСТОТНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

60. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ РАЗНОСОВ L ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ

Кратность разносов (приближенное значение)	Последовательные значения m для разносов L, определяемых выражением $L = m \cdot 10^n$, где n — целое число																					
1,6	1,0						1,6						2,5									
1,25	1,0				1,25				1,6				2,0				2,5				3,15	
1,12	1,00		1,12		1,25		1,40		1,60		1,80		2,00		2,24		2,50		2,80		3,15	
1,06	1,00	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,12	2,24	2,36	2,50	2,64	2,80	2,92	3,15	

Кратность разносов (приближенное значение)	Последовательные значения m для разносов L, определяемых выражением $L = m \cdot 10^n$, где n — целое число																					
1,6	2,5				4,0						6,3						10,0					
1,25	3,15				4,0				5,0				6,3				8,0				10,0	
1,12	3,55		4,00		4,50		5,00		5,60		6,30		7,10		8,00		9,00		10,00			
1,06	3,34	3,55	3,77	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,30	5,60	5,95	6,30	6,70	7,10	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00		

61. ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЯ *

Источник поля	E_r		E_φ		H_z		H_r		H_φ	
	$p \ll 1$	$p \gg 1$	$p \ll 1$	$p \gg 1$	$p \ll 1$	$p \gg 1$	$p \ll 1$	,	$p \ll 1$	$p \gg 1$
Горизонтальный электрический диполь	$\frac{M_э \rho \cos\varphi}{\pi r^3}$	$\frac{M_э \rho \cos\varphi}{2\pi r^3}$	$\frac{M_э \rho \sin\varphi}{2\pi r^3}$	$\frac{M_э \rho \sin\varphi}{\pi r^3}$	$\frac{M_э \sin\varphi}{4\pi r^2}$	$\frac{6{,}05 \cdot 10^4 M_э \rho \sin\varphi}{f r^4}$	$\frac{M_э}{8\pi r^2} \sin\varphi\,(4\cos^2\varphi - 1)$	$\frac{10^3}{5{,}62\pi} \cdot \frac{M_э \sin\varphi}{r^3} \sqrt{\frac{\rho}{f}}$	$\frac{M_э}{8\pi r^2} \cos\,(2\cos 2\varphi - 1)$	$\frac{10^3}{1{,}12\pi} \cdot \frac{M_э \cos\varphi}{r^3} \sqrt{\frac{\rho}{f}}$
Вертикальный магнитный диполь	—	—	$2\pi \cdot 10^{-7} \frac{M_м f}{r^2}$	$0{,}48 \frac{M_м \rho}{r^4}$	$\frac{M_м}{4\pi r^3}$	$1{,}8 \cdot 10^{-5} \frac{M_м}{f r^5}$	$1{,}6 \cdot 10^{-5} \frac{M_м f}{r \rho}$	$170 \frac{M_м}{r^4} \sqrt{\frac{\rho}{f}}$	—	—

* E — напряженность электрического поля, В/м; H — напряженность магнитного поля, А/м; $M_э$ — момент электрического диполя, А·м; $M_м$ — момент магнитного диполя, А·м²; ρ — удельное сопротивление, Ом·м; p — приведенное расстояние $[p = 2{,}81 \cdot 10^{-3} \sqrt{f/\rho}\, r]$; f — частота электромагнитного поля; r — расстояние до точки наблюдения; φ — угловая координата.

62. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗОНДИРОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ДИПОЛЕМ

Участок _____ Профиль _____ Азимут профиля _____

Разнос _____ Положение генераторной рамки _____

Частота _____

№ п/п	ПК	L или f	$\lvert U_{H_z} \rvert$	$\lvert U_{H_r} \rvert$	$\lvert U_{H_z} \rvert / \lvert U_{H_r} \rvert = \lvert H_z \rvert / \lvert H_r \rvert$	$L^2 f$	$\bar{\rho}/(L^2 f)$	$\bar{\rho}$	H_θ	Примечание
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11

Оператор:

Вычислитель:

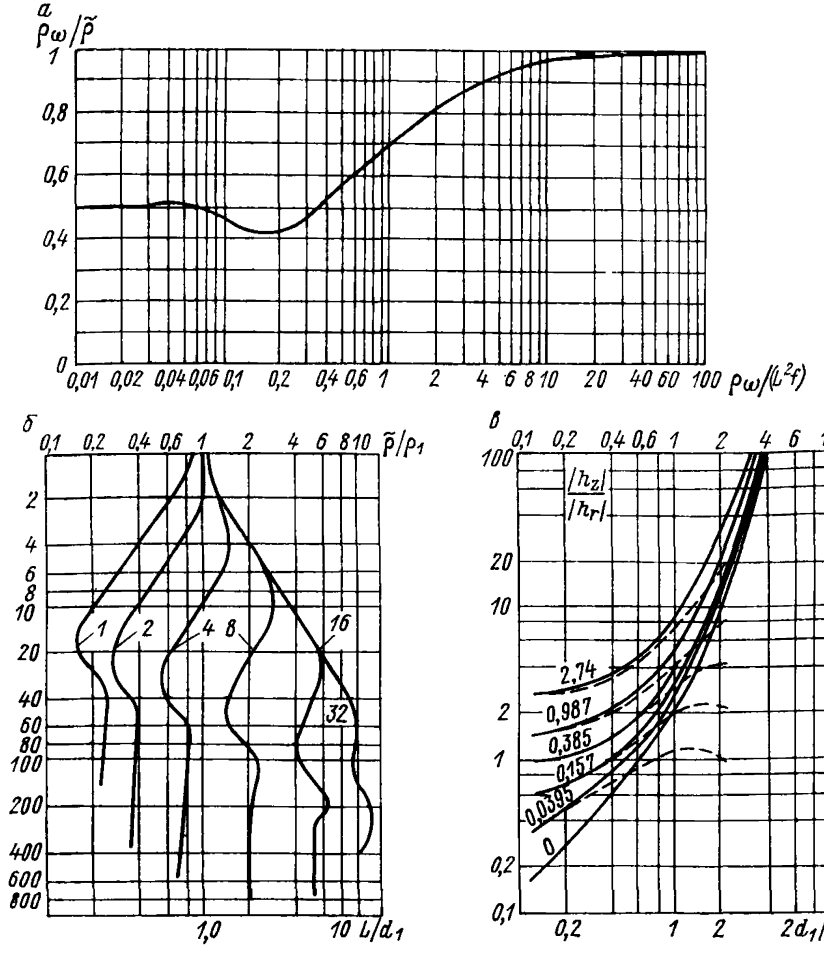
Проверил:

63. ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ρ_ω

Источник поля	Измеряемая составляющая	Формулы для определения ρ_ω	
		нормирование в ближней зоне	нормирование в дальней зоне
Горизонтальный электрический диполь	$\lvert E_r \rvert$	$\dfrac{\pi L^3}{M_э \cos\varphi} \lvert E_r \rvert$	$\dfrac{2\pi L^3}{M_э \cos\varphi} \lvert E_r \rvert$ *
	$\lvert E_\varphi \rvert$	$\dfrac{2\pi L^3}{M_э \sin\varphi} \lvert E\varphi \rvert$	$\dfrac{\pi L^3}{M_э \sin\varphi} \lvert E\varphi \rvert$ *
	$\lvert H_z \rvert$	$\dfrac{2\pi^2 \cdot 10^{-7} f L^2}{\sqrt{\dfrac{16\pi^2 L^4 \lvert H_z \rvert^2}{M_э^2 \sin^2\varphi} - 1}}$ *	$\dfrac{16\pi^3 f L^4}{3 \cdot 10^{-7} M_э \sin\varphi} \lvert H_z \rvert$
Вертикальный магнитный диполь	$\lvert E_\varphi \rvert$	$\dfrac{2\pi^2 \cdot 10^{-7} f L^2}{\sqrt{\dfrac{L^4 \lvert E_\varphi \rvert^2}{4\pi^2 \cdot 10^{-14} f^2 M_м^2} - 1}}$ *	$\dfrac{2\pi L^4}{3 M_м} \lvert E_\varphi \rvert$
	$\lvert H_z \rvert$	$\dfrac{2\pi^2 \cdot 10^{-7} f L^2}{\sqrt{\dfrac{16\pi^2 L^6 \lvert H_z \rvert^2}{M_м^2} - 1}}$ *	$\dfrac{16\pi^3 \cdot 10^{-7} f L^5}{9 M_м} \lvert H_z \rvert$
	$\lvert Z \rvert = \dfrac{\lvert E_\varphi \rvert}{\lvert H_r \rvert}$	$\dfrac{L}{4} \lvert Z \rvert$	$\dfrac{10^7}{8\pi^2 f} \lvert Z \rvert^2$
	$\dfrac{b}{a}$	$\dfrac{2\pi^2 \cdot 10^{-7} f L^2}{b/a}$ *	$\dfrac{16\pi^2}{9 \cdot 10^7} f L^2 \left(\dfrac{b}{a}\right)^2$
	$\dfrac{\lvert H_z \rvert}{\lvert H_r \rvert}$	$2\pi^2 \cdot 10^{-7} f L^2 \dfrac{\lvert H_z \rvert}{\lvert H_r \rvert}$ *	$\dfrac{8\pi^2}{9 \cdot 10^7} f L^2 \left(\dfrac{\lvert H_z \rvert}{\lvert H_r \rvert}\right)^2$

* Малоупотребимые варианты нормирования.

64. ГРАФИКИ ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ



Зависимости: *а* — $\rho_\omega/\tilde{\rho}$ от $\rho_\omega/(L^2f)$ для частотного зондирования осевой дипольной установкой с измерением напряженности электрического поля; *б* — $\tilde{\rho}/\rho_1$ для дистанционного зондирования над разрезами К-16 = 1/16 для различных значений мощности второго слоя d_2/d_1 (цифры на кривых) при $\delta_1 = 1{,}987\, d_1\sqrt{f/\rho_1}$ (d_1, км; f, Гц; ρ_1, Ом·м); *в* — поле вертикального магнитного диполя — $|h_z|/|h_r|$ от $2d_1/L$ над двухслойной средой с $\rho_1/\rho_2 = \infty$ (сплошные линии) и $\rho_1/\rho_2 = 16$ (штриховые линии).

Цифры на кривых указывают значение $\rho_2/(L^2f)$ (ρ_2, Ом·м; L, км; f, Гц).

65. ФОРМА ЖУРНАЛА ЭТАЛОНИРОВАНИЯ В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Усилитель становления №_____

Осциллограф №_____

Дата _____

Номер осциллографа	Чувствительность, деления шкалы	ΔU, град		Отклонение, мм			Истинное значение		Среднее		Примечание
		усилитель	осциллограф	от градуировочного осциллографа	от градуировочного усилителя	от эталонировочной схемы	от градуировочного усилителя	от градуировочного осциллографа	от градуировочного осциллографа	от градуировочного усилителя	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

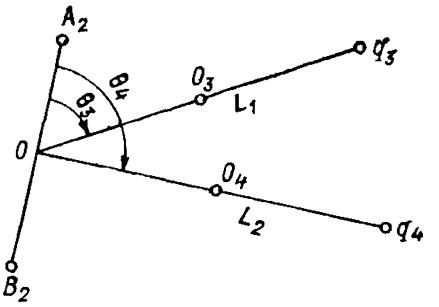
Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

66. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ l_{AB} И L В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Схема установки



Номер точки	x	y	Высота точки (альтитуда)	O	Координаты точки O			Значения l_{AB} и L, непосредственно измеренные на карте
					x	y	h	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A_2								l_{AB}
B_2								$L_1 =$
q_3								$L_2 =$
q_4								

Обозначения	Операция	x	y	Примечание
1	2	3	4	5
A_2	(1)			
B_2	(2)			
Δx, Δy	(3) = (1) — (2)			
$\Delta x/2$, $\Delta y/2$	(4) = (3)/2			
O	(5) = (1) ± (4)			
Δx^2, Δy^2	$(3)^2$			
$\Delta x^2 + \Delta y^2$	(6)			
$l_{AB} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$	$\sqrt{(6)}$			
O	(5)			
q_3	(7)			
Δx, Δy	(8) = (5) — (7)			
Δx^2, Δy^2	$(8)^2$			
$\Delta x^2 + \Delta y^2$	(9)			
$F = \sqrt{\Delta r^2 + \Delta y^2}$	$\sqrt{(9)}$			

Примечания: 1. Цифры в скобках — номера граф
2. Вычисления могут быть выполнены с помощью таблиц переводов прямоугольных декартовых координат в полярные.

Оператор: Вычислитель: Проверил:

67. ФОРМА ЖУРНАЛА КОЭФФИЦИЕНТОВ УСТАНОВОК В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Дата	Номер точки	Номер лаборатории	L, м	l_{AB}, м, или $\widetilde{S}_Q$, м²	θ, град	S петли, м²	n витков	l_{MN}, м	Поправка на недипольность η	K	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Оператор:

Вычислитель:

68. ФОРМА ЖУРНАЛА АНАЛОГОВОЙ ПОЛЕВОЙ ЛАБОРАТОРИИ В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Дата	Номер ЗС	Номер осциллограммы	Начало записи, ч, мин	Длительность импульса	I удвоенный, А	S петли	n витков	l_{MN}, м	Чувствительность	$\Delta U_{гр}$, мкВ	Фильтр	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Оператор:

69. ФОРМА ЖУРНАЛА ГЕНЕРАТОРНОЙ ГРУППЫ В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Дата	Номер ЗС	Номер записи	Начало записи, ч, мин	Длительность импульса		ПК AB	l_{AB}, м, или $\tilde{S}_Q$, м²	I по прибору (визуальный отсчет без удвоения), А					$I_{ср}$ (без удвоения), А	Примечание
				Δt, с	зона									
1	2	3	4	5	6	7	8	9					10	11

70. ФОРМА ЖУРНАЛА ЦИФРОВОЙ ПОЛЕВОЙ ЛАБОРАТОРИИ В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ

ЦЭС-1 №_____

ЗС №_____ *AB* №_____ «_____»_____19____г.

L, м_____ l_{AB}, м_____ Сторона петли l_q, м_____

Число участков_____ Число витков петли *q*_____

Магнитная лента №_____

1	Запись №				
2	Усилитель №				
3	Время записи				
4	$\Delta U_{гр}$, мкВ				
5	*I*, А				
6	Δt, мс				
7	Задержка (слов)				
8	Число слов в зоне				
9	Фильтрация				
10	Участок				
11	Число каналов				
12	Скорость, м/с				
13	Градуировка				
14	Запуск синхронный				
15	Режим автокомпенсации				
16	Код автокомпенсации				
17	Режим работы ГГ (генераторной группы)				
18	Примечание				

Оператор:

71. ФОРМА ПАСПОРТА ОСЦИЛЛОГРАММЫ (МАГНИТОГРАММЫ) В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ

1. Организация _____
2. Полевая партия № _____
3. Район работ _____
4. Полевая лаборатория № _____
5. ЗС № _____
6. Номер осциллограммы или МЛ _____
7. Дата _____

Оператор: Начальник партии:

72. ФОРМА ЖУРНАЛА РЕГИСТРАЦИИ ОСЦИЛЛОГРАММ В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ

Дата	Номер ЗС	Число осциллограмм	Номер журнала полевой лаборатории	Номер журнала генераторной группы	Подпись		Примечание
					сдал	принял	
1	2	3	4	5	6	7	8

Оператор: Интерпретатор: Начальник партии:

73. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСЦИЛЛОГРАММ В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ

$L =$ $A_{гр} =$

$\theta =$ $\Delta U_{гр}$, мкВ $=$

$l_{AB} =$ $l_{амп.\ удв} =$

$S_q =$

Номер осциллограммы	t, с	$\sqrt{2\pi t}$	Точки 1—2—3—4—5—6—7—8—9—10	Средняя амплитуда отклонения, мм	ΔU, мкВ	ρ_T, Ом·м	Примечание
1	2	3	4 ... 13	14	15	16	17

Составитель:

Интерпретатор:

Вычислитель:

74. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАГНИТОГРАММ В МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ

Вид установки _____

ЗС №_____

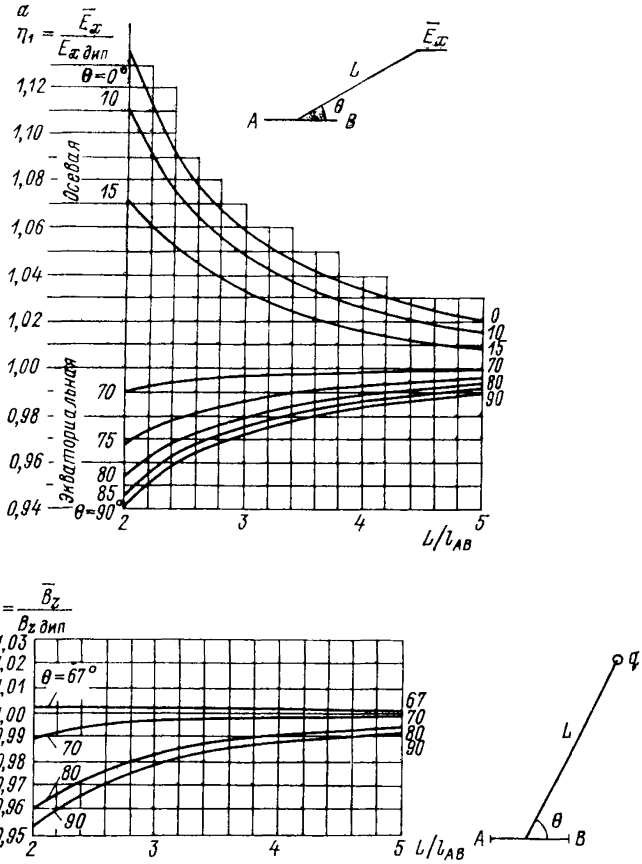
Дата _____

1	Число участков
2	ЗС №
3	МЛ №
4	Разнос L, м
5	Длина l_{AB}, м
6	Сторона петли l_q, м
7	Число витков петли q
8	Угол θ, град
9	Запись №
10	Усилитель №
11	Время записи
12	$\Delta U_{гр}$, мкВ
13	I, А
14	Δt, мс
15	Задержка (слов)
16	Число слов в зоне
17	Код 00
18	Фильтрация
19	Участок
20	Примечание
21	Зона данных МЛ БЭСМ-4
22	Зоны сигналов на МЛ БЭСМ-4
23	Зоны накопленных сигналов на МЛ
24	Зоны, исключенные из накопления

Составил: Обработал:

Проверил:

75. НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВОК η_1, η_2 НА ДЛИНУ ПИТАЮЩЕЙ ЛИНИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ КОМПОНЕНТ E_x (*а*) И B_z (*б*)



76. ТАБЛИЦА ФУНКЦИЙ $F(m)$ и $f(m)$

Тип установки						
$AB - q$			$\curlywedge - q$ (разнесенная)		Qq (совмещенная)	
m	$F(m)$	$f(m)$	$F(m)$	$f(m)$	$F(m)$	$f(m)$
0,25	$1{,}43\cdot10^{-1}$				3,2	1,57
0,3	$1{,}39\cdot10^{-1}$	7,78			2,5	1,72
0,4	$1{,}16\cdot10^{-1}$	$2{,}05\cdot10$			1,66	2,33
0,5	$8{,}85\cdot10^{-2}$	$3{,}41\cdot10$			1,2	3,08
0,65	$5{,}5\cdot10^{-2}$	$6{,}0\cdot10$			$7{,}0\cdot10^{-1}$	4,63
0,8	$3{,}36\cdot10^{-2}$	$9{,}68\cdot10$	$1{,}98\cdot10^{-2}$		$4{,}4\cdot10^{-1}$	6,77
1,0	$1{,}79\cdot10^{-2}$	$1{,}68\cdot10^{2}$	$1{,}78\cdot10^{-2}$	$7{,}85\cdot10$	$2{,}45\cdot10^{-1}$	9,82
1,5	$4{,}75\cdot10^{-3}$	$4{,}9\cdot10^{2}$	$7{,}12\cdot10^{-3}$	$2{,}72\cdot10^{2}$	$7{,}0\cdot10^{-2}$	$2{,}84\cdot10$
2,0	$1{,}74\cdot10^{-3}$	$1{,}09\cdot10^{3}$	$2{,}87\cdot10^{-3}$	$5{,}92\cdot10^{2}$	$2{,}8\cdot10^{-2}$	$5{,}97\cdot10$
3,0	$3{,}62\cdot10^{-4}$	$3{,}57\cdot10^{3}$	$6{,}71\cdot10^{-4}$	$1{,}85\cdot10^{3}$	$6{,}6\cdot10^{-3}$	$1{,}89\cdot10^{2}$
4,0	$1{,}18\cdot10^{-4}$	$8{,}35\cdot10^{3}$	$2{,}12\cdot10^{-4}$	$4{,}44\cdot10^{3}$	$2{,}5\cdot10^{-3}$	$4{,}29\cdot10^{2}$
5,0	$4{,}88\cdot10^{-5}$	$1{,}62\cdot10^{4}$	$9{,}4\cdot10^{-5}$	$8{,}0\cdot10^{3}$	$9{,}25\cdot10^{-4}$	$8{,}16\cdot10^{2}$
6,5	$1{,}72\cdot10^{-5}$	$3{,}39\cdot10^{4}$	$3{,}43\cdot10^{-5}$	$1{,}79\cdot10^{4}$	$3{,}4\cdot10^{-4}$	$1{,}79\cdot10^{3}$
8,0	$7{,}3\cdot10^{-6}$	$6{,}6\cdot10^{4}$	$1{,}53\cdot10^{-5}$	$3{,}32\cdot10^{4}$	$1{,}49\cdot10^{-4}$	$3{,}16\cdot10^{3}$
10,0	$3{,}12\cdot10^{-6}$	$1{,}28\cdot10^{5}$	$6{,}23\cdot10^{-6}$	$6{,}35\cdot10^{4}$	$6{,}22\cdot10^{-5}$	$6{,}4\cdot10^{3}$

77. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЗОНДИРОВАНИЯ В МОДИФИКАЦИИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Участок _____ Дата _____

Размер генераторной петли _____ Сопротивление утечки, МОм _____

Размер приемной петли _____ Генератор—земля _____

Положение генераторной петли _____ Измеритель—земля _____

Положение приемной петли _____ Генератор—измеритель _____

Профиль _____ I_1, А _____

ПК _____ I_2, А _____

Число накоплений _____

Длительность _____

№ п/п	t, мс	U_1, мкВ	U_2, мкВ	δ, %	$U_{ср}$	U/I	ρ_τ, Ом·м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Проверил: Оператор:

Вычислитель:

К разд. 3.3.8. МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

78. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ ЗАПИСИ СИЛЫ ТОКА В ПЕТЛЕ ИЛИ КАБЕЛЕ ПРИ РАБОТЕ МЕТОДАМИ НЕЗАЗЕМЛЕННОЙ ПЕТЛИ И ДЛИННОГО КАБЕЛЯ

Частота тока, Гц _____ Дата _____

Генератор _____ Участок _____

Планшет _____

№ п/п	Время, ч, мин	I, А	Примечание
1	2	3	4

Техник: Проверил:

79. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДАМИ НЕЗАЗЕМЛЕННОЙ ПЕТЛИ И ДЛИННОГО КАБЕЛЯ

Участок _____ Дата _____

Планшет _____ Профиль _____

Метод _____ Начало наблюдений _____

Составляющая _____ Конец наблюдений _____

Прибор _____

Приемная рамка _____

Частота _____ Размеры петли (кабеля) _____

№ п/п	Время, ч, мин	ПК	Шкала	Отсчет U, мкВ	I, А	$U_1 = U/I$	$U_{испр} = U_1\alpha$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Оператор: Вычислитель:

Проверил:

80. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ РАСЧЕТА СРЕДНИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ МЕТОДАМИ НЕЗАЗЕМЛЕННОЙ ПЕТЛИ И ДЛИННОГО КАБЕЛЯ

Дата основной съемки _____ Полевая партия _____

Журнал № _____ Область _____ Район _____ Участок _____

Дата контрольной съемки _____

Номер журнала контрольной съемки _____ Планшет _____ Профиль _____

Номера приборов: основной съемки _____ контрольной съемки _____

ПК	U_1, мкВ/А, основной съемки	U_2, мкВ/А, контрольной съемки	$\bar{k} = \frac{U_1}{U_2}$	$U_2' = U_2\bar{k}_{ср}$	$U_1 - U_2'$	$\delta = \frac{U_1 - U_2'}{U_1} \cdot 100$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

$\Sigma \bar{k} =$ $\Sigma \delta =$ n — число наблюдений

$k_{ср} = \frac{\Sigma \bar{k}}{n} =$ $\delta_{ср} = \frac{\Sigma \delta}{n} =$

Вычислитель: Проверил:

81. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ДИПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Дата _____ Участок _____ Профиль _____

Частота _____ Разнос, м _____

Погода _____ Прибор № _____

Методика установки рамок (нивелирование, взаимное визирование)

1. С вычислением аномалий $|H_z|/H_{z_0}$

№ п/п	ПК	U_{H_z}	φ_c, град	β, град	$K_р$	$U_{H_{zp}} = K_р U_{H_z}$	$\frac{\lvert H_z\rvert}{H_{z_0}} = \frac{U_{H_z}}{U_{H_{z0}}}$	$\varphi_а = \varphi_c - \varphi_0$, град	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									$U_п =$ $U_{о.с} =$ $U_{H_{z0}} =$ $\varphi_0 =$ $I =$ Абрис

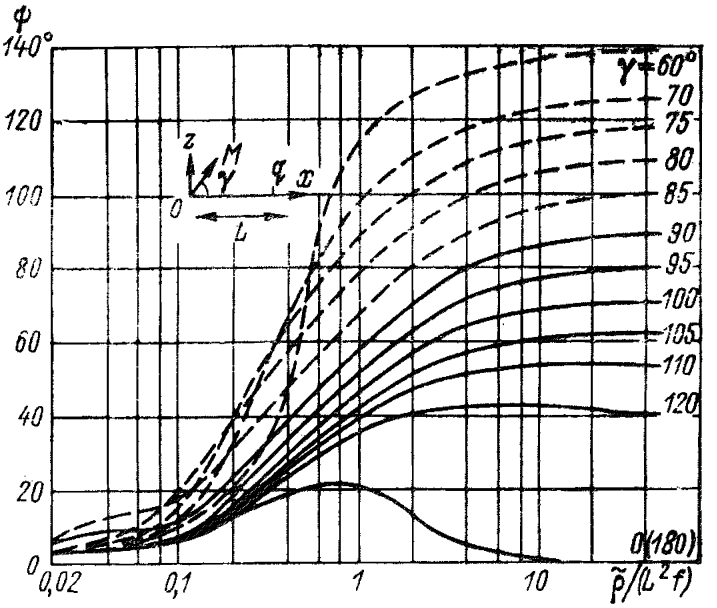
2. С вычислением $\tilde{\rho}$

№ п/п	ПК	U_{H_z}	U_{H_r}	$\frac{U_{H_z}}{U_{H_r}}$	β, град	$K_р$	$\frac{\lvert H_z\rvert}{H_r} = K_р \frac{U_{H_z}}{U_{H_r}}$	$\tilde{\rho}$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									$U_п =$ $I =$ Абрис

Оператор: Проверил:

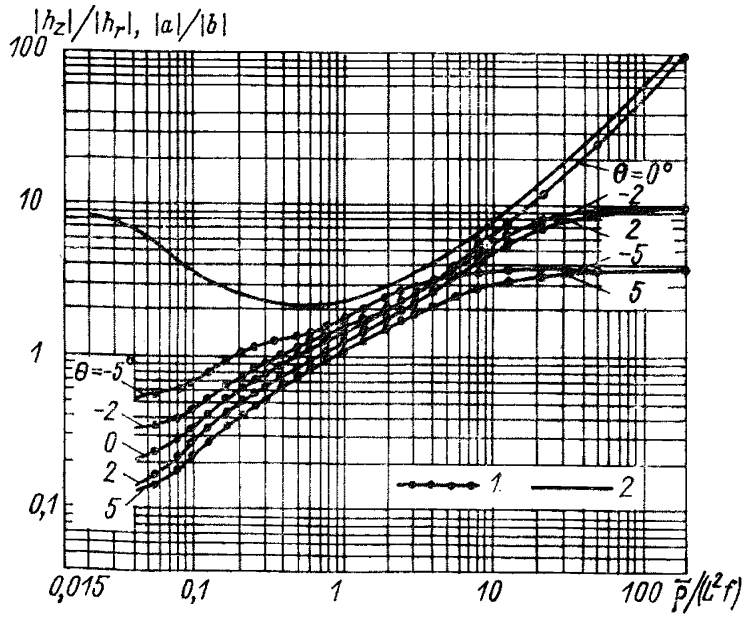
Вычислитель:

82. ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ УГЛА НАКЛОНА ψ БОЛЬШОЙ ОСИ ЭЛЛИПСА ПОЛЯРИЗАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ К ГОРИЗОНТУ ОТ $\tilde{\rho}/(L^2 f)$



Для вертикального ($\gamma = 90°$), горизонтального ($\gamma = 0$ или $180°$) и наклонного низкочастотного магнитного диполя с моментом M. Сплошные линии — для $\gamma \geqslant 90°$. q — точка наблюдения.

83. ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ $|h_z|/|h_r|$, $|a|/|b|$ от $\tilde{\rho}/(L^2 f)$



θ — угол превышения приемника относительно передатчика, град; *1* — $|h_z|/|h_r|$; *2* — $|a|/|b|$.

84. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ ПОЛУОСЕЙ ЭЛЛИПСА ПОЛЯРИЗАЦИИ МЕТОДОМ ДИПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Дата _____ Участок _____ Профиль _____

Установка _____ Частота _____ Разнос, м _____

№ п/п	ПК	a	b	b/a_0	$\tilde{\sigma}$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
						$a_0 =$ Рельеф _____

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

85. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОДНОПЕТЛЕВОМ ВАРИАНТЕ

Участок _____ Дата _____

Петля № _____ Уровень помех ±, мкВ _____

Размер петли $2l$, м _____ Сопротивление утечки, МОм _____

Положение петли _____ Генератор—земля _____

Профили № _____, № _____ Измеритель—земля _____

ПК № _____, № _____ Генератор—измеритель _____

t, мс	I, А	U_a, мкВ	U_b, мкВ	U, мкВ	δ, %	U/I, мкВ/А	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

86. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОДНОМ ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖКИ МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАМОЧНО-ПЕТЛЕВОМ ВАРИАНТЕ *

Дата _____

Участок _____

Петля № _____

Время задержки $t_{пр}$, мс _____

Размеры и расположение петли:

Эффективная площадь приемной рамки $S_п$, м² _____

Номер профиля	ПК	U_z, мкВ	U_x, мкВ	I, А	$U_z/IS_п$, мкВ/(А·м²)	$U_x/IS_п$, мкВ/(А·м²)	Уровень помех, мкВ	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Оператор:

Вычислитель: Проверил:

87. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАМОЧНО-ПЕТЛЕВОМ ВАРИАНТЕ *

Дата _____

Участок _____

Петля № _____

Профиль № _____

ПК № _____

Уровень помех ±, мкВ _____

Размеры и расположение петли:

t, мс	I, А	U_z, мкВ	$U_z/IS_п$, мкВ/(А·м²)	Примечание
1	2	3	4	5

Оператор:

Вычислитель: Проверил:

* При измерении трех составляющих неустановившегося сигнала вводят дополнительные графы.

88. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Участок _____ Дата _____

Петля № _____ Уровень помех ±, мкВ _____

Половина размера петли l, м _____ Сила тока в петле $I_{ср}$, А _____

t, мс	U/I, мкВ/А	$U_t/(Il)$, (мкВ·мс)/(А·м)	$\tau_к$	$\sigma_к$, См/м	Примечание
1	2	3	4	5	6

S, См _____

σ_2, См/м _____

Оператор:

Вычислитель: Проверил:

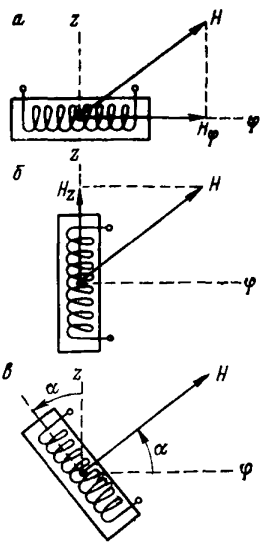
К разд. 3.3.9. МЕТОД РАДИОЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ — РАДИОКИП

89. ТОЛЩИНА СКИН-СЛОЯ НЕМАГНИТНЫХ ПОРОД δ,* м

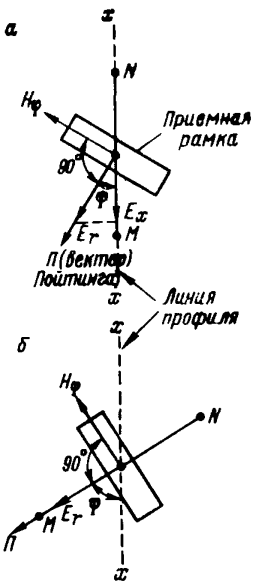
f, кГц	ρ, Ом·м				
	1	10	10^2	10^3	10^4
10	5	16	50	160	500
25	3	10	31	100	315
120	1,4	3,5	14	35	142
450	0,7	2,3	7,5	23	74

* $\delta = \sqrt{2\rho/(\mu\omega)}$, где $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; $\omega = 2\pi f$; f — частота поля; ρ — удельное сопротивление. Глубинность исследований методом радиокип по данным моделирования и опытных полевых работ составляет половину толщины скин-слоя.

90. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИЕМНОЙ РАМКИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СОСТАВЛЯЮЩИХ H_φ (*а*), H_z (*б*), α (*в*)



91. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИЕМНОЙ РАМКИ И ПРИЕМНОЙ ЛИНИИ *MN* В ПЛАНЕ ПРИ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ СОСТАВЛЯЮЩИХ H_φ И E_r
а — $\psi < 45°$; *б* — $\psi > 45°$.



92. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ РАДИОКИП

Участок _____ Радиостанция (частота) _____

Дата _____ Погода _____

Профиль _____ Шаг наблюдений _____

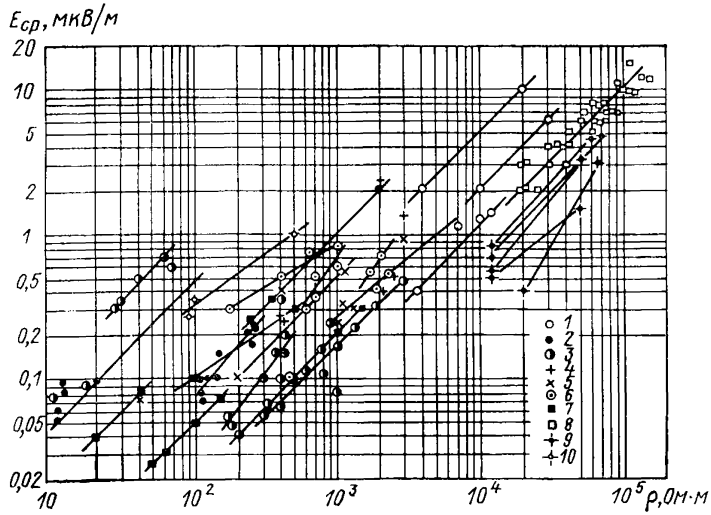
Приемная линия _____

№ п/п	ПК	$U(H_z)$	α, град	$U(H_\varphi)$	$U(E_r)$	$U(E_r)/U(H_\varphi)$	Время *	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Оператор: Проверил:

* При отсутствии заметных вариаций графу 8 заполняют через 15—20 мин.

93. ГРАФИК КОРРЕЛЯЦИИ ЗНАЧЕНИЙ СРЕДНЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ $E_{ср}$ ПЕРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И СРЕДНЕГО УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ρ ПОРОД ДЛЯ РАЙОНОВ СССР



1 — Карелия; *2* — Северный Казахстан; *3* — Южный Казахстан; *4* — Северный Кавказ; *5* — Центральный Кавказ; *6* — Восточная Сибирь; *7* — Восточное Забайкалье; *8* — Центральное Забайкалье; *9* — Алдан; *10* — Дальний Восток.

94. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Участок _____ Прибор _____

Дата _____ Частота _____

Погода _____ Время интегрирования _____

Профиль _____ Уровень селекции _____

Азимут _____ Размер приемной линии _____

Шаг съемки _____ Схема установки _____

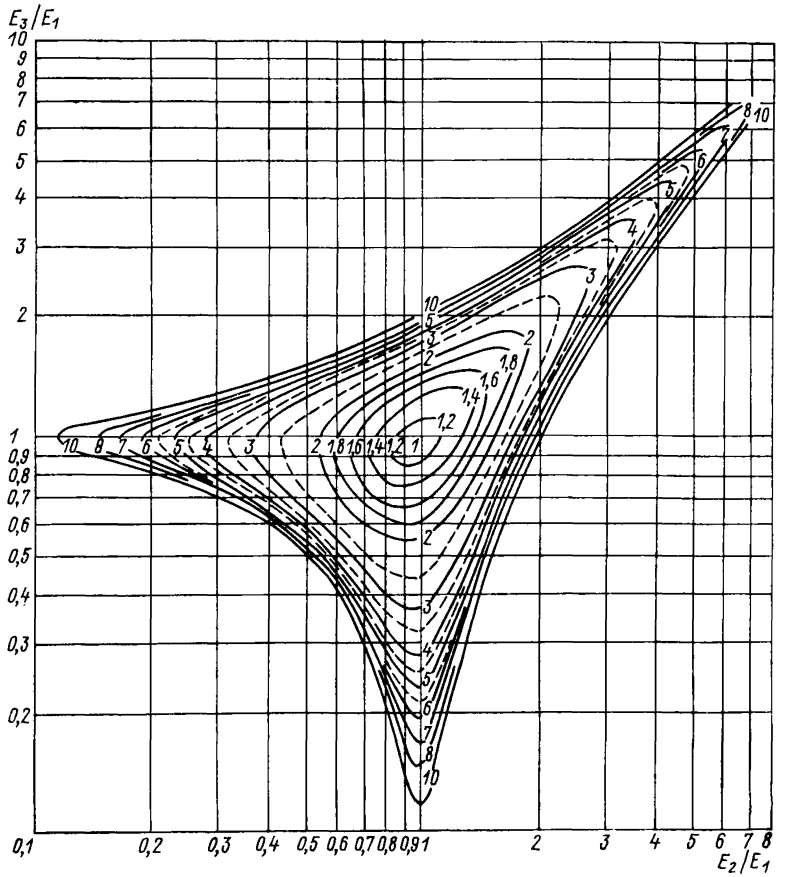
№ п/п	ПК	Азимут приемной линии, град	Время наблюдения t, ч, мин	ΔU_i, мкВ	$\Delta U_{ср}$, мкВ	$E_{ср}$, мкВ/м	Примечание
1	2	3 *	4	5	6	7	8

* Заполняется при несовпадении азимута профиля и азимута приемной линии при одноазимутных измерениях, а также при двух-, трех- и многоазимутных измерениях.

Оператор:

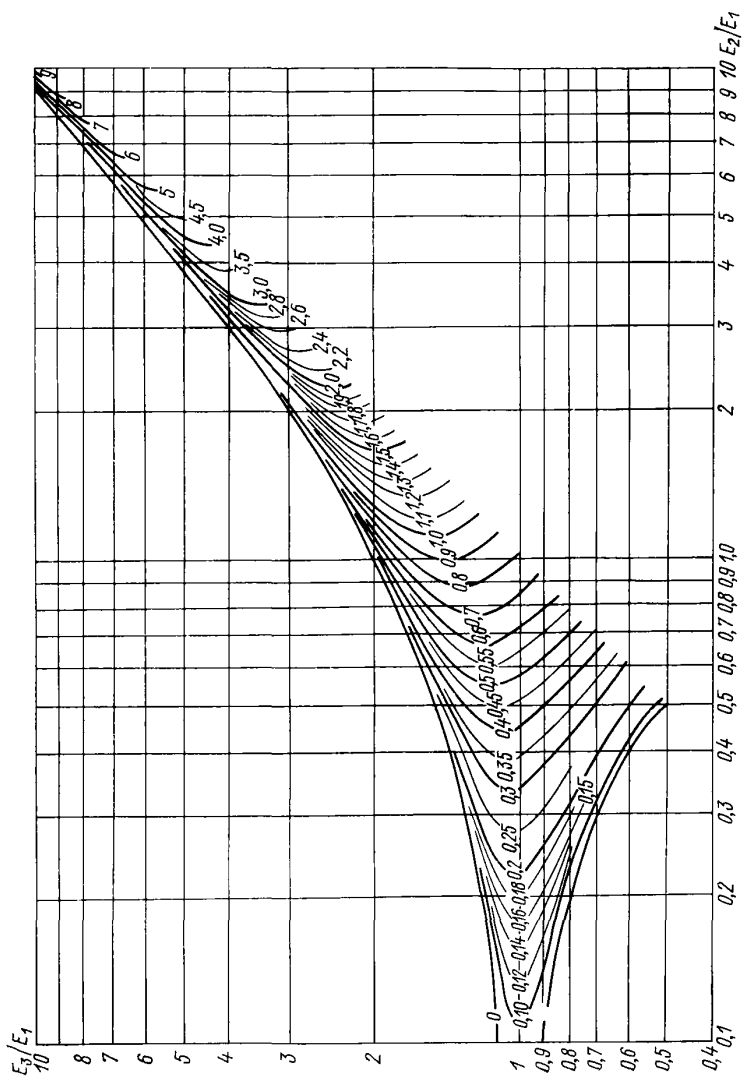
Вычислитель:

95. НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ ГЛАВНЫХ ОСЕЙ ЭЛЛИПСА ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЕЭП $\chi_{E_{ср}}$



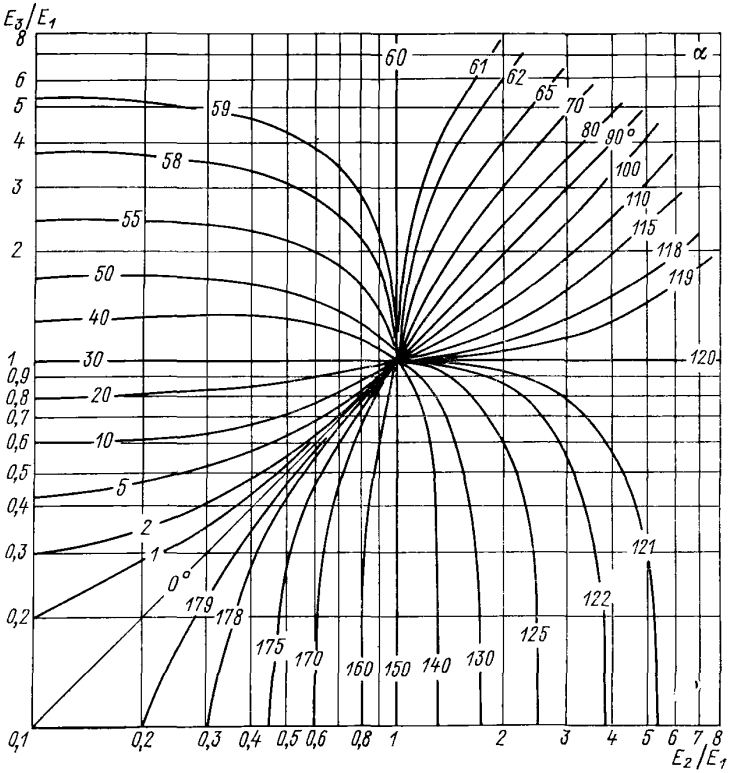
Шифр кривых — $\chi_{E_{ср}}$.

96. НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЭЛЛИПСА ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЕЭП $S_{E_{ср}}$



Шифр кривых — S_n; $S_{E_{ср}} = S_n E_1^2$.

97. НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА МЕЖДУ ЛИНИЕЙ ПРОФИЛЯ СЪЕМКИ И БОЛЬШОЙ ОСЬЮ ЭЛЛИПСА ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЕЭП $\alpha_{E_{ср}}$



Шифр кривых — $\alpha_{E_{ср}}$

К разд. 3.3.11. МЕТОД ПЕРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

98. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ МЕТОДА ПЕРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Участок _____ Дата _____

Профиль _____ Начало работ _____

Азимут профиля _____ Конец работ _____

ПК	$\mathrm{tg}\,\beta_x$	$\mathrm{tg}\,\beta_y$	Примечание
1	2	3	4

Оператор: Вычислитель:

99. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ МЕТОДА БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

Дата _____ Участок работ _____

Погода _____ Условия заземления _____

Профиль _____ Размеры l_{MN} _____ Шаг наблюдений _____

Положение заземлителей базовой приемной линии _____

Значение ДВП * в базовой линии _____

Собственная эдс электродов _____

_____

* ДВП — долгоспадающая вызванная поляризация.

№ п/п	Номер диаграммы	Положение заземлителей рабочей линии			Потенциал или градиент потенциала поля блуждающих токов $\psi/\Delta\psi$	Отрезки, отсекаемые прямой с угловым коэффициентом ψ		ДВП, мВ	Примечание
		Потенциал-установка		Градиент-установка $M_p N_p$		по оси ординат ΔU_p, мВ	по оси абсцисс $\Delta U_б$, мВ		
		M_1	M_2						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Оператор: Вычислитель:

Проверил:

100. ФОРМА ШТАМПА ПОЛЕВОЙ ДИАГРАММЫ ДЛЯ МЕТОДА БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

Дата _____ Участок работ _____

Номер диаграммы _____ Профиль _____

Положение заземлителей базовой приемной линии _____

Оператор:

Вычислитель:

Значение ДВП в базовой линии _____

Собственная эдс электродов _____

Время начала записи _____ Конец записи _____

К разд. 3.4.1. МЕТОДЫ СКВАЖИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

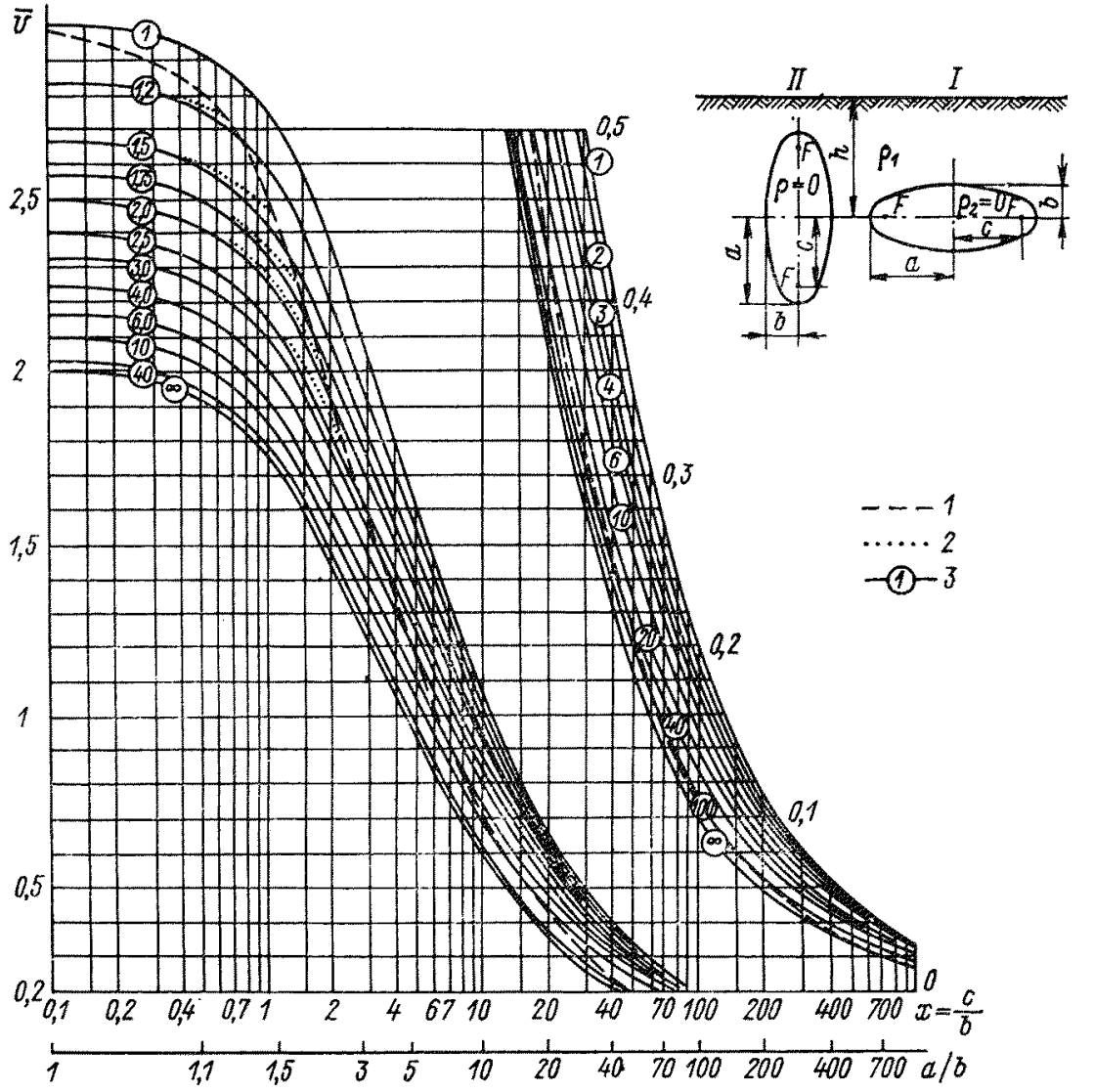
101. ФОРМА ЖУРНАЛА РЕГИСТРАЦИИ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ КРИВЫХ

Номер корреляционной кривой	Виды работ	Дата выполнения работ	Месторождение, участок	Номер ИС * или профиля наблюдений	Место за	
					Скважинный вариант	
					Номер ЗС **	$h_з$
1	2	3	4	5	6	7

земления электрода А								
Картировочный вариант				Интервал корреляции, м		Всего, м	Оценка качества	Материалы принял (дата, подпись)
Азимут профиля	Расстояние от ИС	Название горной выработки	ПК заземления	от	до			
8	9	10	11	12	13	14	15	16

* ИС — измерительная скважина.
** ЗС — зарядная скважина.

102. ПАЛЕТКА МЭК-РТ-3

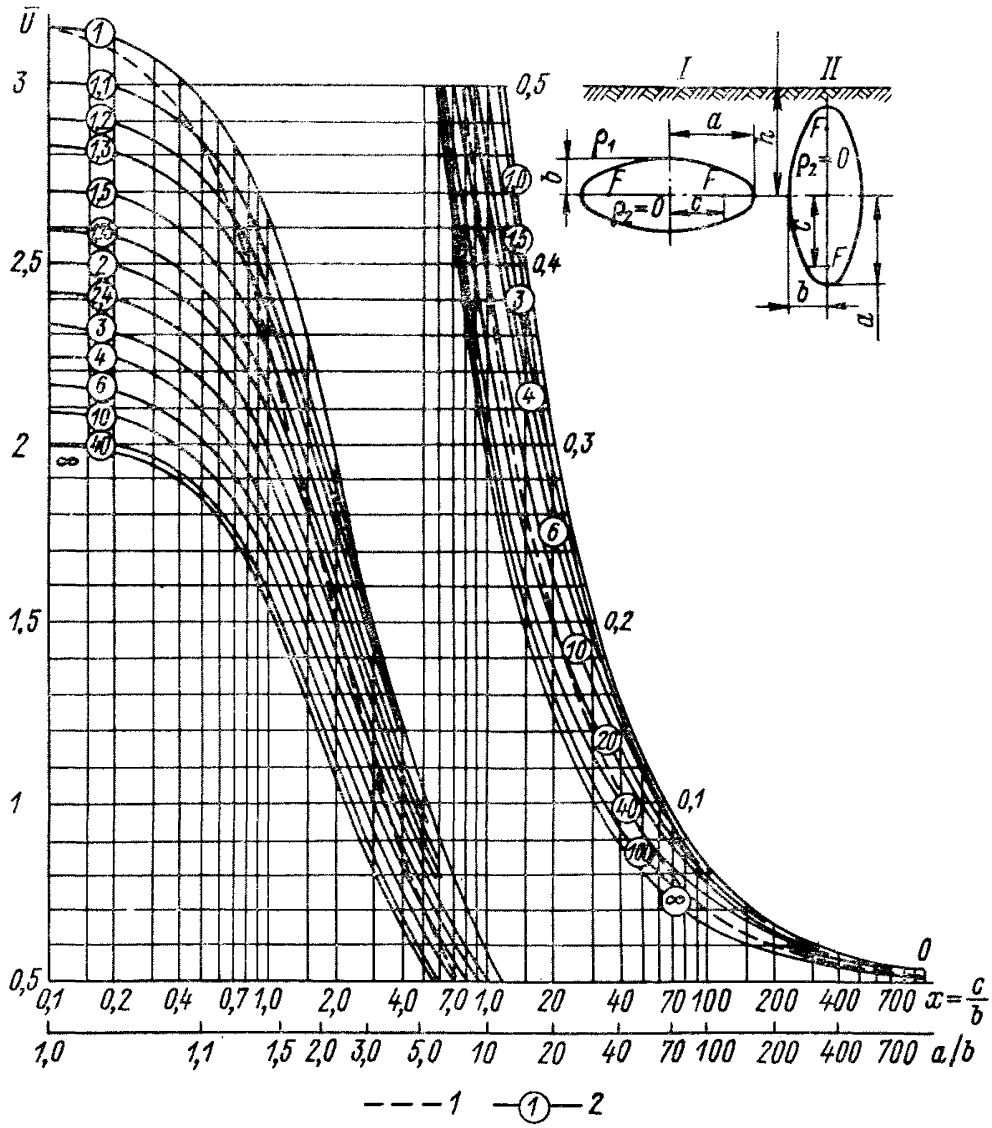


Вытянутый эллипсоид вращения. $\overline{U} = R \cdot 25{,}12\, b/\rho_1$; $R = U/I$.

1 — ограничение x для вертикального положения a; *2* — кривая для вертикального положения a; *3* — шифр кривых h/b.

Палетка разделена на две части.

103. ПАЛЕТКА МЭК-РТ-4



Сжатый эллипсоид вращения. $\bar{U} = R \cdot 25{,}12\, b/\rho_1$; $R = U/I$.

1 — ограничение *x* для вертикального положения *a*; *2* — шифр кривых *h/b*. Палетка разделена на две части.

104. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ДИПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ В СКВАЖИНЕ

Дата _____ Скв. № _____ Составляющая _____

Участок _____ Частота f, Гц _____ Разнос L, м _____

Делитель _____ Сила тока I, А _____

$\mathrm{Re}H_1$ _____ при положении приемной рамки _____

Полный калибровочный сигнал $\mathrm{Re}\,U_к$ _____

Номер измерения	Глубина, м	Измеряемые сигналы						Калибровочные сигналы				
		$\mathrm{Im}H_2$, делений	$\mathrm{Re}H_2$, $\mathrm{Re}H_1$, делений	$\frac{\mathrm{Im}H_2}{H_1}$, %	$\frac{\mathrm{Im}H_2}{H_1}+\beta$, %	$\frac{\mathrm{Re}H_2}{H_1}$, %	$\frac{\mathrm{Re}H_2}{H_1}+\beta$, %	$\mathrm{Im}U_к$, делений	$\mathrm{Re}U_к$, делений	$\mathrm{Im}U_к$, %	$\mathrm{Re}U_к$, %	β, %
1	2	3	4—5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

105. ФОРМА ШТАМПА ДИАГРАММНОЙ ЛЕНТЫ

Лента № _____

Дата _____ Организация _____

Участок _____

Передатчик в скв. № _____ Приемник в скв. № _____

Глубина стоянки, м: передатчика _____ приемника _____

Разнос, м _____ Частота, МГц _____ Антенны: передатчик _____

_____ приемник _____ Масштаб глубин _____

Уровень раствора, м _____ Нуль регистратора _____

Оператор: Начальник отряда:

106. ФОРМА ЖУРНАЛА УЧЕТА ДИАГРАММНЫХ ЛЕНТ

Участок _____

Дата _____

Передатчик № _____ Приемник № _____

Номер ленты	Передатчик в скв. №	Приемник в скв. №	Глубина стоянки, м		Частота, МГц	Примечание
			передатчика	приемника		
1	2	3	4	5	6	7

Оператор: Начальник отряда:

107. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ ПО МЕЖСКВАЖИННОМУ И ОДНОСКВАЖИННОМУ РАДИОПРОСВЕЧИВАНИЮ

(запись по точкам)

Участок _____

Дата _____

Передатчик № _____ в скв. № _____

Приемник № _____ в скв. № _____

Частота, МГц _____

№ п/п	Глубина, м		Диапазон шкалы	*E*, *H*, деления шкалы	Примечание
	передатчика	приемника			
1	2	3	4	5	6

Оператор: Начальник отряда:

108. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ ПО МЕЖВЫРАБОТОЧНОМУ И ОДНОВЫРАБОТОЧНОМУ РАДИОПРОСВЕЧИВАНИЮ

Участок _____

Дата _____

Передатчик № _____ Приемник № _____ Частота, МГц _____

№ п/п	Передатчик		Антенна передатчика			Приемник		Антенна приемника		Диапазон шкалы	*E*, *H*, деления шкалы	Примечание
	выработка	ПК	ориентировка	угол	ток	выработка	ПК	ориентировка	угол			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Оператор: Начальник отряда:

109. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЛУЧЕВЫМ СПОСОБОМ

Участок _____

Дата _____

Передатчик № _____ в скв. № _____

Частота, МГц _____ K'', Нп/м _____

Приемник № _____ в скв. № _____

_____ A_0, мкВ _____

№ п/п	Глубина погружения, м		R, м	θ	θ_2	α	$\sin\theta_1$	$\sin\theta_2$	$\cos\alpha$	$K'R$	$e^{-K''R}$	$\frac{e^{-K''R}}{R}$	$\frac{A_н}{A_0}$	$A_н$, мкВ	$A_{изм}$, мкВ	$K_э$	Примечание
	передатчика	приемника															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Начальник отряда:

Вычислитель:

110. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СКВАЖИННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СПОСОБОМ КАЖУЩИХСЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОГЛОЩЕНИЯ

Участок _____

Дата _____

Передатчик № _____ в скв. № _____

Частота, МГц _____

Приемник № _____ в скв. № _____

A_0, мкВ _____

№ п/п	Глубина погружения, м		R, м	θ_1	θ_2	α	$\sin\theta_1$	$\sin\theta_2$	$\cos\alpha$	$F(\theta, \alpha)$	$A_{изм}$, мкВ	$\frac{A_0F(\theta,\alpha)}{A_{изм}R}$	$\ln\frac{A_0F(\theta,\alpha)}{A_{изм}R}$	K''	Примечание
	передатчика	приемника													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 *	16

Начальник отряда:

Вычислитель:

* Кажущийся коэффициент поглощения:

$K'' = \frac{1}{R} \ln \frac{A_0F(\theta, \alpha)}{A_{изм}R}$, где $F(\theta, \alpha) = \sin\theta_1 \sin\theta_2 \cos\alpha$.

К разд. 3.4.4. СКВАЖИННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

111. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В СКВАЖИННОМ ВАРИАНТЕ

Участок _____ Дата _____

Скв. № _____ Начало наблюдений _____

Электрод _____ Конец наблюдений _____

№ п/п	h, м	ΔU, мВ	E_s, мВ	Примечание
1	2	3	4	5

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

К разд. 3.4.6. СКВАЖИННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

112. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СКВАЖИННОМ ВАРИАНТЕ *

Участок _____ Дата _____

Скв. № _____ Уровень помех $\pm$, мкВ _____

Петля № _____ Сопротивление утечки, МОм: _____

Размер петли $2l$, м _____ генератор—земля _____

Положение петли _____ измеритель—земля _____

Профили №_____, № _____ генератор—измеритель _____

ПК _____, _____

Глубина точки наблюдения, м	t, мс	I, А	U_a', мкВ	U_b', мкВ	U, мкВ	δ, %	U/I, мкВ/А	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

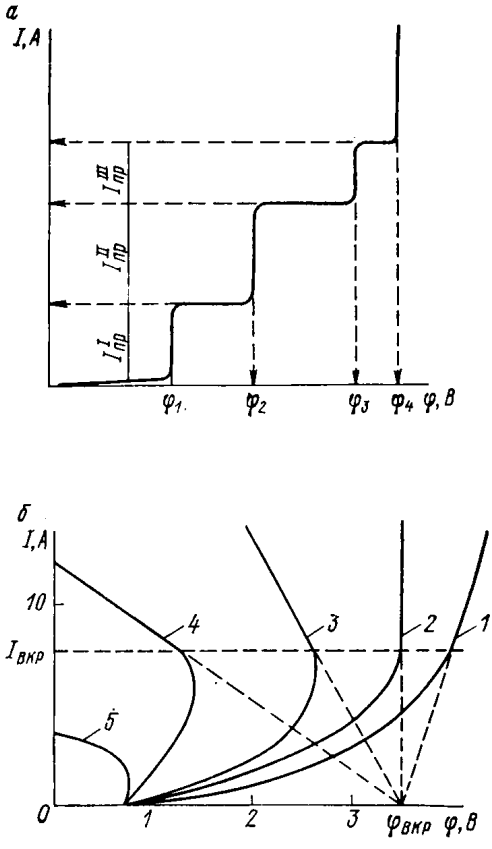
Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

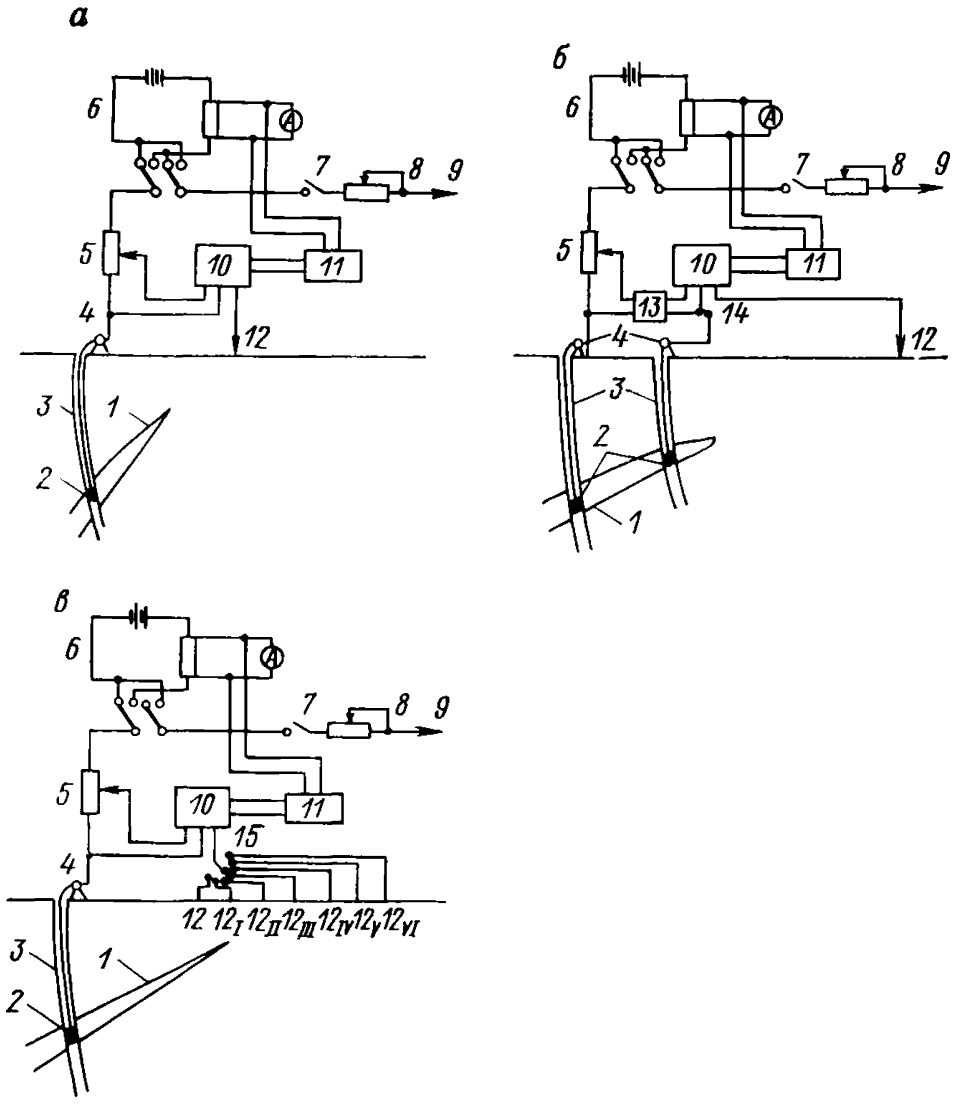
* При измерении трех составляющих неустановившегося сигнала вводят дополнительные графы.

113. ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ КРИВЫЕ ДЛЯ СПЛОШНЫХ И ПРОЖИЛКОВЫХ РУД



а — идеальная кривая для сплошных и прожилковых руд; *б* — для вкрапленного тела; *1—5* — кривые с разной компенсацией.

114. СХЕМА ПОЛЕВОЙ УСТАНОВКИ И АППАРАТУРЫ КСПК В ОСНОВНОЙ (*а*), УВЯЗОЧНОЙ (*б*) И ПОИСКОВОЙ (*в*) МОДИФИКАЦИЯХ



1 — рудное тело; *2* — электрод-снаряд КСПК, вспомогательный приемный электрод; *3* — скважины; *4* — лебедки с кабелем; *5* — генератор напряжения компенсации; *6* — источник тока с переключателем полярности; *7* — выключатель; *8* — сопротивление балласта; *9* — вспомогательный питающий заземлитель; *10* — измеритель потенциалов; *11* — самописец; *12* ... 12_{VI} — электроды сравнения; *13* — разделительный блок; *14* — выключатель вспомогательного приемного электрода; *15* — переключатель электродов сравнения.

115. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ ПРИ ПОИСКЕ МЕСТА КОНТАКТА

Участок _____ Дата _____

Скв. № _____

Положение движков n_1, n_2, n_3	Глубина h, м	Напряжение источника питания (без нагрузки) U, В	Сила тока I, А	Разность потенциалов ΔU, В	Примечание
1	2	3	4	5	6

Оператор:

Проверил:

116. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КРИВЫХ

Участок _____ Дата _____

Место контакта в рудное тело _____

Абрис расположения установки

Краткая геологическая и геоморфологическая характеристика участка _____

Погода _____

Начало работ _____

Конец работ _____

Номер бланка	Номер кривой	$\varphi_{исх}$	Поляризация	dI/dt	Примечание
1	2	3	4	5	6

Оператор:

Проверил:

117. ПОТЕНЦИАЛЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ДЛЯ ОСНОВНЫХ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Минерал	Анодные процессы		Катодные процессы	
	1-й процесс	2-й процесс	1-й процесс	2-й процесс
Магнетит	1,60±0,10		—0,70 *	—0,45±0,10
Пирротин	0,60±0,05	0,90±0,05	—0,50±0,05	—1,50±0,10
Пирит	0,60±0,05	0,90—1,20 *	—0,50±0,05	—1,30±0,05, иногда —1,80
Халькопирит	0,20±0,10	0,70±0,10	—0,60±0,10	—1,40±0,10
Халькозин	0,20±0,10	0,60	—0,60±0,05	—1,00±0,05
Сфалерит	0,05±0,10	2,30±0,10	—1,20±0,05	—2,20±0,10
Галенит	0,30±0,10	1,70±0,10	—0,75±0,10	—1,50±0,10
Пентландит	0,40±0,05		—0,35±0,05	—1,10±0,05
Молибденит	0,80±0,05		—1,25±0,05	
Графит	1,50±0,05		—1,55±0,05	

Примечания: 1. Значения потенциалов реакций приведены по отношению к насыщенному каломельному электроду.
2. Потенциалы реакций на магнетите и молибдените требуют уточнения.
3. Звездочкой помечены малоизученные случаи.

118. РАСЧЕТ СОСТАВА И РАЗМЕРОВ РУДНЫХ ТЕЛ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ КСПК

Участок № _____ Скв. № _____

1. Исходные сведения

1.1. Данные анализа керна обследуемой и других известных скважин

Номер скважины	Глубина рудного интервала	Содержание C_x, %							Мощность h_x, м
		Cu	Cpy	Pb	Ga	Zn	Sl	Σ_{min}	
241	366,2 373,2	1,12	3,40	2,15	2,48	2,67	3,98	15	7

1.2. Данные КСПК

Предельная сила тока реакций, А								Скорость съемки dI/dt, мА/с	1.3. Прочие сведения, полученные разными методами
катодные					анодные				
$I^{к}_{Py}$	$I^{к}_{Cpy}$	$I^{к}_{Ga}$	$I^{к}_{Sl}$	$I^{к}_{\Sigma}$	I^{a}_{Cpy}	I^{a}_{Ga}	I^{a}_{Sl}		
23	14,5	22,5	31	91	38	54	73	5 $\gamma = \sqrt[3]{\frac{15}{dI/dt}}$ 1,44	Объемная масса $\tau_p = 3{,}1$ г/см³. Угол падения рудного тела $\alpha \approx \approx 70 \div 80°$. Длина по простиранию $l_1 \approx 400$ м по данным метода заряда. Доля металла a_{Me} в минерале: $a^{Cpy}_{Cu} = 0{,}33$; $a^{Ga}_{Pb} = 0{,}87$; $a^{Sl}_{Zn} = = 0{,}67$

2. Результаты определения

2.1. Площадь поверхности S, 10^3 м^2			2.2. Площадь продольной проекции S, 10^3 м^2			2.3. Возможные линейные размеры $l_1 \times l_2$, м
$S = I_{пр}\gamma K_{100}/C$ по реакциям		$S_{ср}$	вдоль тела $S_{п.п} \approx \approx S_{ср}/2$	вертикальная $S_{в.п.п} \approx \approx S_{п.п} \sin\alpha$	горизонтальная $S_{г.п.п} \approx \approx S_{п.п} \cos\alpha$	
Катодные	Анодные					
$S^{к}_{Cpy} = \frac{14{,}5 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{3{,}4} = 307$	$S^{а}_{Cpy} = \frac{38 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 100}{3{,}4} = 322$	490,6	246	231		300×800 400×600 500×500 600×400 800×300
$S^{к}_{Ga} = \frac{22{,}5 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{2{,}48} = 653$	$S^{а}_{Ga} = \frac{54 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 100}{2{,}48} = 627$					
$S^{к}_{Si} = \frac{31 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{3{,}98} = 560$	$S^{а}_{Si} = \frac{73 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 100}{3{,}98} = 528$					
$S^{к}_{\Sigma} = \frac{91 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{17{,}5} = 437$						

2.4. Среднее содержание минералов и металлов в рудном теле $C_у$, %

$C_у \approx I_{пр}\gamma K_{100}/S_{ср}$ по реакциям				$C_{ср}$	
Катодные		Анодные			
Минералы	Металлы	Минералы	Металлы	Минералы	Металлы
$C^к_{Cpy} = \frac{14{,}5 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{490{,}6 \cdot 10^3} = 2{,}13$	0,71	$C^a_{Cpy} = \frac{38 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 100}{490{,}6 \cdot 10^3} = 2{,}23$	0,74	2,18	0,73
$C^к_{Ga} = \frac{22{,}5 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{490{,}6 \cdot 10^3} = 3{,}30$	2,87	$C^a_{Ga} = \frac{54 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 100}{490{,}6 \cdot 10^3} = 3{,}16$	2,75	3,23	2,81
$C^к_{Sl} = \frac{31 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{490{,}6 \cdot 10^3} = 4{,}55$	3,05	$C^a_{Cl} = \frac{73 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 100}{490{,}6 \cdot 10^3} = 4{,}28$	2,87	4,42	2,96
$C^к_{Py} = \frac{23 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{490{,}6 \cdot 10^3} = 3{,}38$					
$C^к_{\Sigma} = \frac{91 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 100}{490{,}6 \cdot 10^3} = 13{,}36$					

2.5. Соотношение содержания металлов

$$\frac{C^{II}}{C^{I}} = \frac{I^{II}_{пр}}{I^{II}_{пр}} \frac{K^{II}_{100}}{K^{I}_{100}} \frac{a^{II}_{Me}}{a^{I}_{Me}}$$

По катодным процессам

$$\frac{C_{Pb}}{C_{Cu}} = \frac{22{,}5}{14{,}5} \cdot \frac{0{,}87}{0{,}33} = 4{,}05$$

$$\frac{C_{Zn}}{C_{Cu}} = \frac{31}{14{,}5} \cdot \frac{0{,}67}{0{,}33} = 4{,}3$$

По анодным процессам

$$\frac{C_{Pb}}{C_{Cu}} = \frac{54}{38} \cdot \frac{0{,}87}{0{,}33} = 3{,}71$$

$$\frac{C_{Zn}}{C_{Cu}} = \frac{73}{38} \cdot \frac{0{,}67}{0{,}33} = 3{,}91$$

По катодно-анодным процессам

$$\frac{C_{Pb}}{C_{Cu}} = \frac{22{,}5}{38} \cdot \frac{500}{200} \cdot \frac{0{,}87}{0{,}33} = 3{,}88$$

$$\frac{C_{Zn}}{C_{Cu}} = \frac{31}{38} \cdot \frac{500}{200} \cdot \frac{0{,}67}{0{,}33} = 4{,}1$$

В среднем

$$\frac{C_{Pb}}{C_{Cu}} = 3{,}88; \quad \frac{C_{Zn}}{C_{Cu}} = 4{,}1$$

Cu : Pb : Zn ≈ 1 : 4 : 4

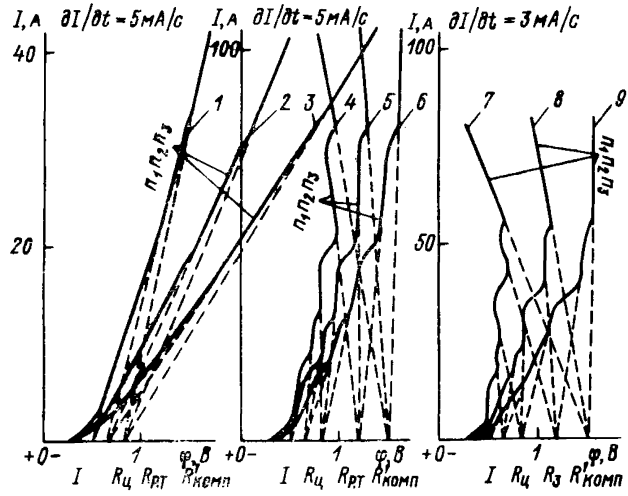
2.6. Масса (запасы) минералов и металлов в рудном теле M, 10^3 т

$M \approx l_{пр}\gamma K_{100}\, d_p h_x/2$ по реакциям				$M_{ср}$	
Катодные		Анодные			
Минера ы	Металлы	Минералы	Металлы	Мине-ралы	Металлы
$M^{к}_{Cpy} = \frac{14{,}5 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 3{,}1 \cdot 7}{2} = 113$	37,6	$M^{а}_{Cpy} = \frac{38 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 3{,}1 \cdot 7}{2} = 119$	39,2	116	38,4
$M^{к}_{Ga} = \frac{22{,}5 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 3{,}1 \cdot 7}{2} = 176$	153,2	$M^{а}_{Ga} = \frac{54 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 3{,}1 \cdot 7}{2} = 169$	147,0	173	150,1
$M^{к}_{Sl} = \frac{31 \cdot 1{,}44 \cdot 500 \cdot 3{,}1 \cdot 7}{2} = 242{,}1$	162,5	$M^{а}_{Sl} = \frac{73 \cdot 1{,}44 \cdot 200 \cdot 3{,}1 \cdot 7}{2} = 228$	153	235	157,8
					$\sum Me = 346{,}3$

Расчет выполнил:

Начальник отряда:

119. ФОРМА ПЕРВИЧНОГО БЛАНКА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КРИВЫХ



Бланк №_____

Дата_____Участок_____

Питающий электрод на глубине h, м_____скв. №_____

Приемный электрод на глубине h, м_____скв. №_____
Электрод сравнения _____
Вспомогательный питающий электрод _____
Поляризация: катодная (анодная)
Масштабы: верт. 1 см — 2 А
гор. 1 см — 0,2 В
} кривые *1—6*

верт. 1 см — 5 А
гор. 1 см — 0,2 В
} кривые *7 — 9*

Дополнительные сведения: приводятся номера кривых, снятых в увязочной и поисковой модификациях, с указанием положения приемного электрода и электрода сравнения.

Оператор:

Проверил:

120. ФОРМА ЖУРНАЛА ПРИЕМА И СДАЧИ СМЕН

№ п/п	Дата	Часы	Объекты по смене и их состояние	Смену сдал	Смену принял
1	2	3	4	5	6

Начальник партии (отряда):

К разд. 3.4.8. МЕТОД ЧАСТИЧНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

121. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ МЕТОДА ЧАСТИЧНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Участок работ _____ Начало работ _____

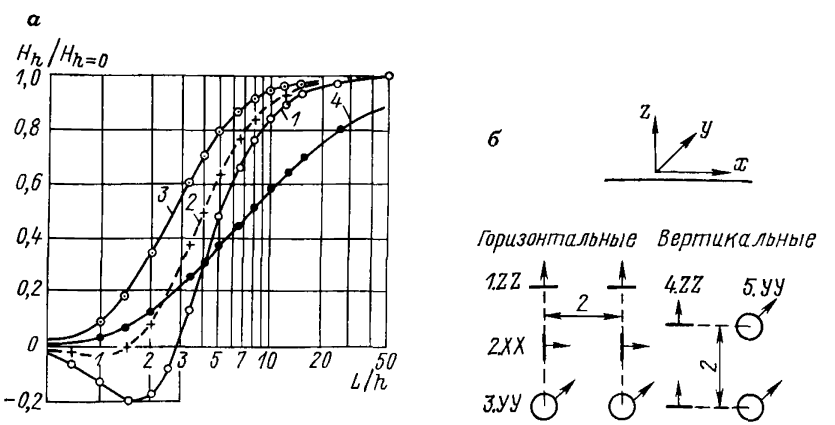
Профиль _____

Абрис расположения профиля

Измерение	Дата	Время	Общий ток, А	Общее напряжение, В	Номер элементоприемника						Подпись оператора
					1	2	3	4	5...27	28	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10...32	33	34
									...		

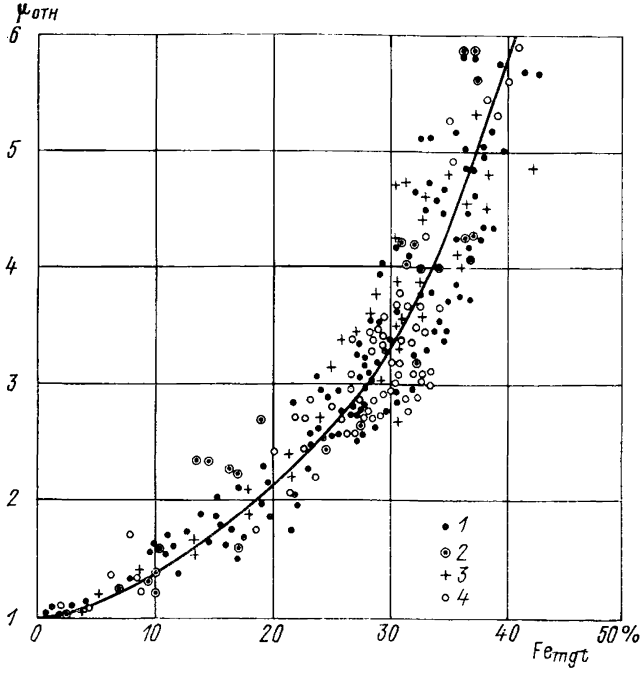
К разд. 3.5.1. МЕТОД ДИПОЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРАХ

122. НОМОГРАММА (*а*) ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВКИ ПРИ РАСЧЕТЕ $\mu_{отн}$ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЯ НАД МАГНИТНОЙ СРЕДОЙ НА ВЫСОТЕ h ДЛЯ ДИПОЛЬНЫХ УСТАНОВОК (*б*)



1 — *ZZ*; *2* — *XX*; *3* — *YY* (горизонтальных); *4* — *ZZ* (вертикальной).

123. ГРАФИК КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ $\mu_{отн}$ и Fe_{mgt} ДЛЯ ПОРОД И РУД СКЕЛЕВАТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



Магнитная проницаемость определена по измерениям: *1* — на астатическом магнитометре; *2* — с помощью индукционного преобразователя (датчика); *3* — дипольной установкой *XX* на глыбах в карьере; *4* — дипольной установкой *XX* (L = 10 м) на участках забойного опробования.

К разд. 3.5.3. МЕТОД ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ КАРТИРОВАНИИ РУД В КАРЬЕРАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

124. ФОРМА ПОЛЕВОГО ЖУРНАЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В КАРЬЕРЕ

Дата _____ Установка _____

Участок _____ Коэффициент установки _____

Профиль _____

№ п/п	ПК	T_1	T_2	η_K, %		$\Delta U/I$		ρ_K Ом·м	$I_{ст}$	Примечание
				предел	отсчет	предел	отсчет			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Оператор:

Вычислитель:

Проверил:

К разд. 3.5.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В СКВАЖИНАХ ПОДЗЕМНОГО БУРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНЫХ СТАНЦИЙ

125. ТАБЛИЦА ОТНОШЕНИЙ ТОКОВ СМЕЩЕНИЯ К ТОКУ ПРОВОДИМОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ЧАСТОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ СРЕДЫ

ρ, Ом·	ε, отн. ед.	f, МГц			
		0,625	1,25	2,5	5
10 000	12	4,167	8,333	16,667	33,333
	9	3,125	6,250	12,500	25,000
	6	2,083	4,167	8,333	16,667
1 000	12	0,417	0,833	1,667	3,333
	9	0,312	0,625	1,250	2,500
	6	0,208	0,417	0,833	1,667
100	12	0,042	0,083	0,167	0,333
	9	0,031	0,062	0,125	0,250
	6	0,021	0,042	0,083	0,167
10	12	0,004	0,008	0,017	0,033
	9	0,003	0,006	0,012	0,025
	6	0,002	0,004	0,008	0,017

126. ФОРМА ШТАМПА ДЛЯ ДИАГРАММЫ И ЖУРНАЛА РЕГИСТРАЦИИ ДИАГРАММ КАРОТАЖА СКВАЖИН ПОДЗЕМНОГО БУРЕНИЯ

Наименование организации_____Месторождение_____

Партия №_____ Вид каротажа_____

Дата_____ Горизонт №_____

Выработка №_____

Скв. №_____

Диаграмма № (вещественная или мнимая составляющие)_____,

рабочая частота f, Гц _____, длина зонда L, м_____,

рабочая длина антенны $l/2$, м _____ $D_{скв}$, мм_____,

направление скважины _____, наличие раствора_____,

запись на самописце _____, чувствительность самописца_____,

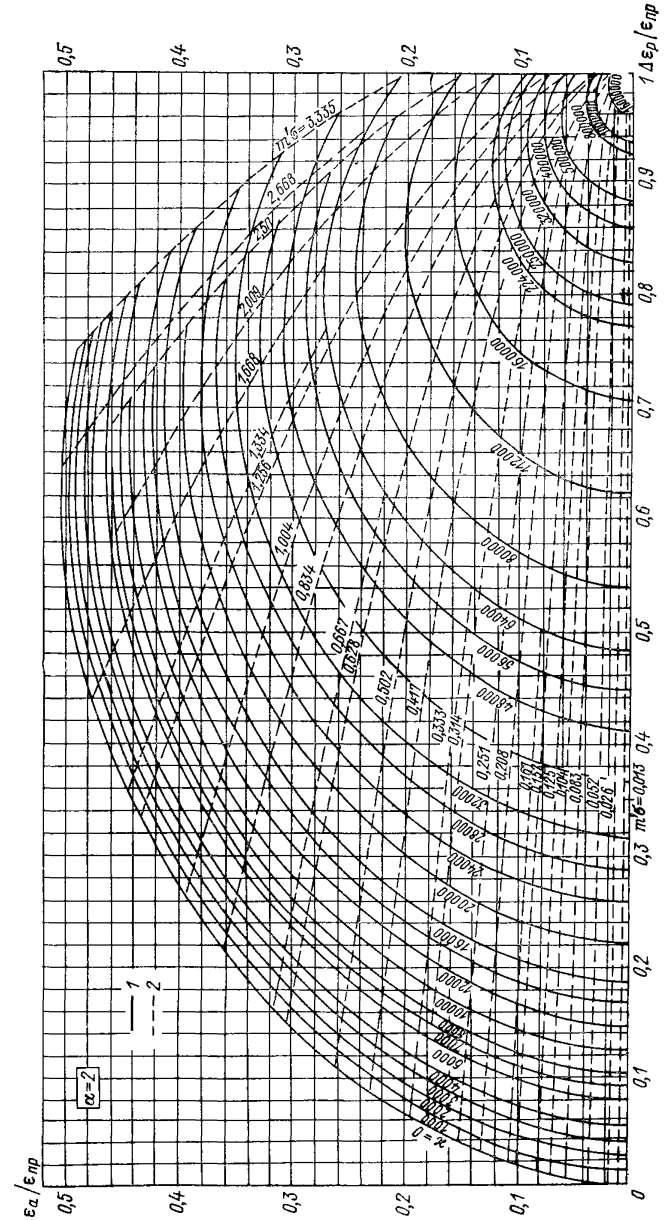
цена первой метки, м_____, расстояние до устья скважины $r_{уст}$, м_____,

масштаб записи_____

Оператор: Вычислитель:

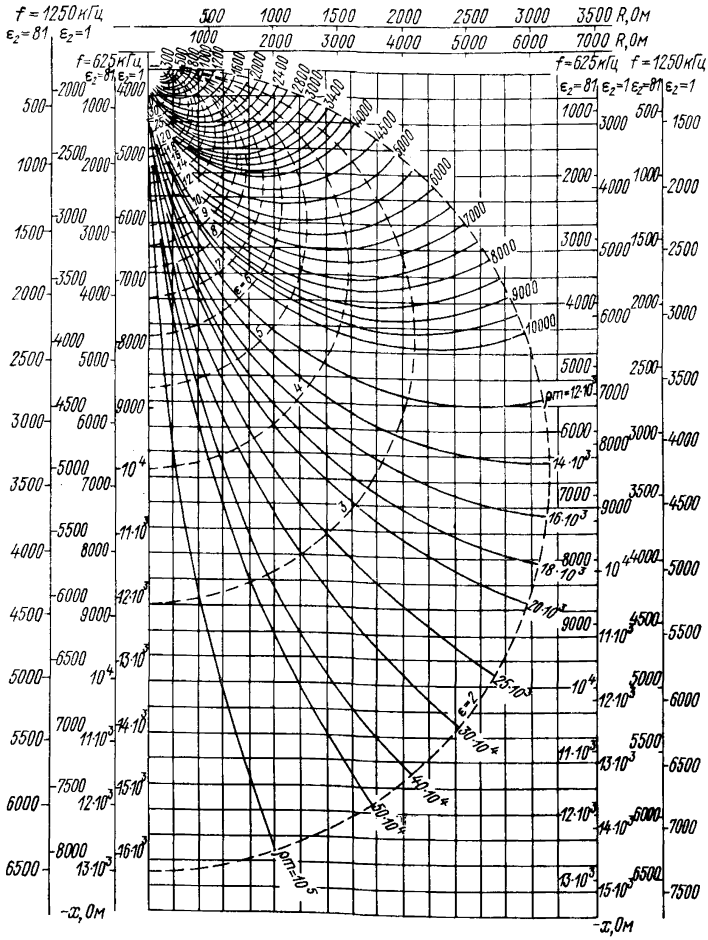
Начальник партии:

127. НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ σ И ϰ ПЛАСТА $\alpha = H/L = 2$



1 — $\varkappa = \text{const}$; *2* — $m'\sigma = \pi f \mu_0 L^2_{\text{экв}}\sigma$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

128. НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ρ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ε



К разд. 3.6.2. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ДЛИННОГО КАБЕЛЯ

129. ФОРМА ПАСПОРТА ДИАГРАММЫ ПО МЕТОДУ ДЛИННОГО КАБЕЛЯ

_____

(наименование организации)

Диаграмма №_____

Дата_____ Участок_____

Вылет №_____ Время вылета, ч, мин_____

Штурманское донесение №_____ Аэрофильм №_____

Номера маршрутов								
Курс, град								

Средняя высота, м, и скорость, км/с, полета_____

Измеряемые характеристики_____ Частота, Гц_____

Чувствительность, (А/м)/мм (Э/мм)_____ Постоянная времени, с_____

Длина трос-кабеля, м_____ Уровень помех, А/м (Э)_____

Длина кабеля, км_____ Ток в кабеле, А_____

Метеоусловия в полете_____

Бортоператор:

Заключение по просмотру диаграммы _____

Ст. геофизик:

130. ФОРМА ЖУРНАЛА РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРНОЙ ГРУППЫ

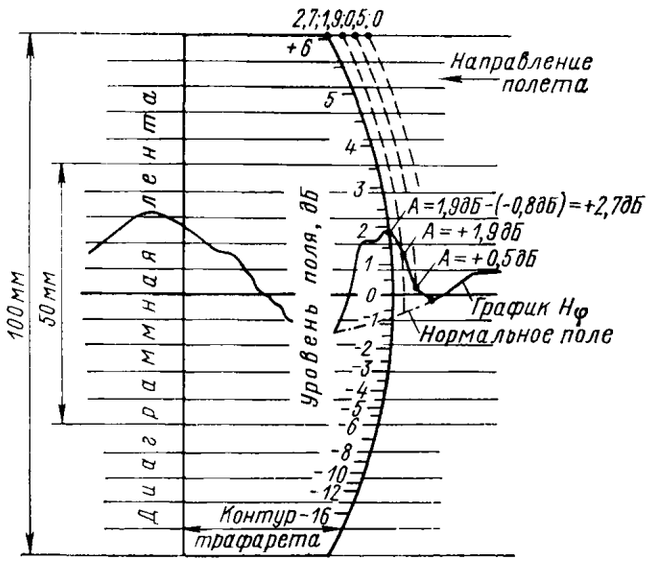
№ п/п	Характеристика работы генераторной группы	Даты и номера вылетов						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Длина питающей линии, км							
2	Активное сопротивление питающей линии, Ом							
3	Время включения электростанции							
4	Время выключения электростанции							
5	Время включения генераторного блока							
6	Время выключения генераторного блока							
7	Рабочая частота, Гц							
8	Выходной ток, А							
9	Выходное напряжение, В							
10	Напряжение сети, В							
11	Выпрямленный ток, А							
12	Выпрямленное напряжение, В							
13	Ток в антенне передатчика ОС, мА							
14	Примечания							
15	Оператор							

Примечания: 1. В п. 3—6 указываются часы и минуты.
2. При двухчастотном режиме работы данные по п. 7—9 приводятся в виде дроби (в числителе — для нижней, в знаменателе — для верхней частоты).

131. ФОРМА ЖУРНАЛА ПРИЕМКИ ДИАГРАММ

№ п/п	Дата	Вылет №	Диаграмма №	Штурманское донесение №	Аэрофильм №	Диаграмма записи тока №	Маршрут №	Курс, град	Измеряемые характеристики
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

132. ТРАФАРЕТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДИАГРАММ ПО МЕТОДУ РАДИОКИП



ПО МЕТОДУ ДЛИННОГО КАБЕЛЯ

Частота, Гц	Чувствительность, В/(А/м)	Длина кабеля, км	Ток в кабеле, А	Замечания по просмотру диаграммы; указания по обработке	Общая оценка диаграммы	Сдал (подпись борт-оператора)	Принял (подпись ст. геофизика)
11	12	13	14	15	16	17	18

133. ФОРМА ПАСПОРТА ДИАГРАММЫ ПО МЕТОДУ РАДИОКИП

_____
(наименование организации)

Диаграмма № _____

Дата _____ Участок _____

Вылет № _____ Время вылета, ч, мин _____

Штурманское донесение № _____ Аэрофильм № _____

Номера маршрутов _____

Курс, град _____

Средняя высота, м, и скорость, км/ч, полета _____

Измеряемые характеристики _____ Частота, кГц _____

Пеленг, град _____ Уровень помех, дБ _____

Метеоусловия в полете _____

Бортоператор:

Заключение по просмотру диаграммы _____

Ст. геофизик:

Форма журнала регистрации диаграмм по методу радиокип

№ п/п	Дата	Участок	Маршрут №	Частота, кГц	Качество записи	Примечание
1	2	3	4	5	6	7

Проверил:

134. ФОРМА ПАСПОРТА ДИАГРАММЫ ПО МЕТОДУ ДИП-А

(наименование организации)

Диаграмма №_____

Дата_____ Участок_____

Вылет №_____ Время вылета, ч, мин_____

Штурманское донесение №_____ Аэрофильм №_____

Номера маршрутов								
Курс, град								

Средняя высота, м, и скорость, км/ч, полета_____

Измеряемые характеристики_____ Частота, Гц_____

Длина трос-кабеля, м_____ Уровень помех, мкВ_____

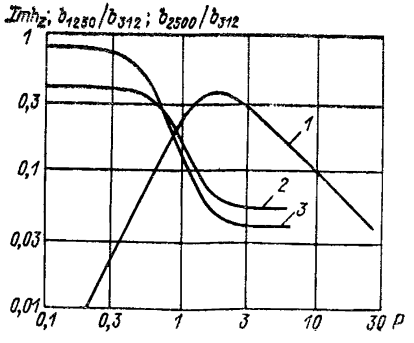
Метеоусловия в полете _____

Бортоператор:

Заключение по просмотру диаграммы_____

Ст. геофизик:

135. НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ



1 — Im h_z; *2* — b_{1250}/b_{312}; *3* — b_{2500}/b_{312}.

136. ФОРМА ПАСПОРТА ДИАГРАММЫ ПО АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

_____

(наименование организации)

Диаграмма №_____

Дата_____Участок_____

Вылет №_____Время вылета, ч, мин_____

Штурманское донесение №_____ Аэрофильм №_____

Номера маршрутов

Курс, град

Средняя высота, м, и скорость, км/ч, полета_____

Измеряемые характеристики_____Времена задержек, с_____

Чувствительность, мкВ/мм_____ Постоянная времени, с_____

Ток в генераторной рамке, А_____Амплитуда сигнала

Уровень помех, мкВ_____первичного поля, В_____

Метеоусловия в полете_____

Бортоператор:

Заключение по просмотру диаграммы _____

_____

Ст. геофизик:

К разд. 5. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

137. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С ПРИБОРОМ ИЭМС-1

Участок _____ Дата _____

Прибор № _____

№ п/п	Номер образца	f, кГц	Отсчеты				G, См	C, пФ	K_σ	K_ε	ρ, Ом·м	ε, отн. ед.
			A_σ	A_ε	M	M'						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Оператор: Проверил:

Вычислитель:

138. ФОРМЫ ЖУРНАЛОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С ПРИБОРОМ ИЭМС-3м

1. Бесконтактное измерение

Участок _____ Дата _____

Прибор № _____

№ п/п	Номер образца	Отсчеты			$\varkappa'$, СГСМ	σ', См/м	$\varkappa$, СГСМ	σ, См/м	Примечание
		A_σ	A_ε	b					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Оператор: Проверил:

Вычислитель:

Прил. 138 (продолжение)

2. Четырехэлектродное контактное измерение

Участок _____ Дата _____

Прибор № _____

№ п/п	Номер образца	f, Гц	Отсчеты			R, Ом	X, Ом	ρ', Ом·м	ρ'', Ом·м	$\sigma'_{\text{ч}}$ См/м	σ'', См/м	Примечание
			A_σ	A_ε	n							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Оператор: Проверил:

Вычислитель:

3. Двухэлектродное контактное измерение

Участок _____ Дата _____

Прибор № _____

№ п/п	Номер образца	f, Гц	Отсчеты			G, См	B, См	σ', См/м	σ'', См/м	Примечание
			A_σ	A_ε	n					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Оператор: Проверил:

Вычислитель:

139. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД И РУД

1. Обработка результатов контактных измерений образцов горных пород и руд

При измерениях образцов прибором ИЭМС-1 отсчеты A_σ характеризуют активную электрическую проводимость G, См, а A_ε — емкость C, пФ, образца. Соотношения между ними: при работе с преобразователем (датчиком) № 1

$$G = 10^{-6} A_\sigma M; \quad C = 0{,}1 A_\varepsilon M'; \tag{1}$$

с преобразователем № 2

$$G = 3 \cdot 10^{-6} A_\sigma M; \quad C = 0{,}3 A_\varepsilon M', \tag{2}$$

где M — положение рукоятки «Множитель»; $M' = M$ при $M \geqslant 1$ и $M' = 1$ при $M \leqslant 1$.

Для приборов ИЭМС-3м при двухэлектродных измерениях отсчеты A_σ и A_ε характеризуют активную G и реактивную B составляющие комплексной электрической проводимости образца $\dot{Y} = G + jB$, а при четырехэлектродных измерениях — активную R и реактивную X составляющие комплексного сопротивления образца $\dot{Z} = 1/\dot{Y} = R + jX$.

При измерениях с прибором ИЭМС-3м переход от отсчетов A_σ и A_ε к электрическим параметрам (G, B, См; R, X, Ом) образцов осуществляется следующим образом: двухэлектродный преобразователь

$$G = \frac{A_\sigma}{2 \cdot 10^{n-3}}; \quad B = \frac{A_\varepsilon}{2 \cdot 10^{n-3}}; \tag{3}$$

четырехэлектродный преобразователь

$$R = 2 \cdot 10^{n-6} A_\sigma; \quad X = 2 \cdot 10^{n-6} A_\varepsilon. \tag{4}$$

При необходимости сопоставления результатов измерения, полученных на двух- и четырехэлектродном преобразователях, измеренные параметры можно пересчитать по формулам:

$$R = \frac{G}{G^2 + B^2}; \quad G = \frac{R}{R^2 + X^2}; \quad X = \frac{B}{G^2 + B^2}; \quad B = \frac{X}{R^2 + X^2}.$$

Геометрические коэффициенты K_σ и K_ε, позволяющие перейти от параметров G, C, B, R, X образца к удельным электрическим свойствам горной породы, связаны следующими соотношениями: для ИЭМС-1 $K_\varepsilon = 3{,}6\pi K_\sigma$, для ИЭМС-3 и -3м $K_\varepsilon = K_\sigma$.

Коэффициент K_σ зависит от типа используемого преобразователя, а также от формы измеряемых образцов и определяется по следующим формулам, $м^{-1}$: при измерении кернов двухэлектродным преобразователем

$$K_{\sigma_2} = \frac{4l_0}{\pi D^2}\left(1 + 0{,}2\frac{D}{l_0}\right) \cdot 10^3, \tag{5}$$

четырехэлектродным преобразователем

$$K_{\sigma_4} = \frac{4l_1}{\pi D^2} \cdot 10^3; \tag{6}$$

при измерении прочих твердых образцов, определение площади поперечного сечения которых не вызывает затруднений: двухэлектродным преобразователем

$$K_{\sigma_2} = \frac{l_0}{S}\left(1 + 0{,}2\,\frac{\sqrt{4S/\pi}}{l_0}\right) \cdot 10^3, \tag{7}$$

четырехэлектродным преобразователем

$$K_{\sigma_4} = \frac{l_1}{S} \cdot 10^3; \tag{8}$$

при измерении твердых образцов произвольной формы, площадь поперечного сечения которых определить невозможно, двухэлектродной установкой:

$$K_{\sigma_2} = \frac{l_0}{(B_1 + B_2)\,P} \cdot 10^3 \tag{9}$$

В выражениях (5)—(9) приняты следующие обозначения: l_0, l_1 — соответственно расстояние между внутренними краями и серединами измерительных кольцевых электродов, мм; D — диаметр образца, мм; S — площадь поперечного сечения образца, мм^2; B_1, B_2 — ширина кольцевых электродов, мм; P — периметр — длина кольцевых электродов, мм; K_{σ_2} и K_{σ_4} — соответственно геометрические коэффициенты образца для двух- и четырехэлектродного преобразователей.

Для обработки результатов используется журнал (см. форму, с. 332).

Для образцов неправильной формы вводим $l_э = l_0\,(1 + 0{,}2D_э/l_0)$, где $D_э = \sqrt{4S/\pi}$.

При работе с прибором ИЭМС-1 определение удельной проводимости σ и диэлектрической проницаемости ε производится по формулам:

$$\sigma = K_\sigma G; \quad \varepsilon = K_\varepsilon C. \tag{10}$$

Заметим, что если $fC \cdot 10^{-7} < G$, то $\rho' = 1/\sigma'$. При $fC \cdot 10^{-7} \geqslant G$ более правильно определять ρ по формуле

$$\rho = \frac{1}{K_\sigma}\,\frac{G}{G^2 + 4\pi^2 f^2 C^2 \cdot 10^{-18}}, \tag{11}$$

где ρ — удельное сопротивление, Ом·м; f — рабочая частота, кГц; C — емкость образца, пФ; G — проводимость образца, См.

Использование формулы $\rho = 1/\sigma$ в этом случае приведет к значительному завышению ρ. При работе с двухэлектродным преобразователем приборов ИЭМС-3 и -3м определяются активная и реактивная составляющие комплексной удельной электрической проводимости, См/м:

$$\dot{\sigma} = \sigma' + j\sigma''; \tag{12}$$

$$\sigma' = K_2 G; \quad \sigma'' = K_2 B. \tag{13}$$

Они при необходимости могут быть пересчитаны в величины активной ρ' и реактивной ρ'' составляющих комплексного удельного сопротивления $\dot{\rho} = \rho' + j\rho''$, Ом·м:

$$\rho' = \frac{\sigma'}{\sigma'^2 + \sigma''^2} = \frac{1}{K_2}\,\frac{G}{G^2 + B^2}; \tag{14}$$

$$\rho'' = \frac{\sigma''}{\sigma'^2 + \sigma''^2} = \frac{1}{K^2}\,\frac{B}{G^2 + B^2}.$$

Для четырехэлектродного преобразователя ИЭМС-3 и -3м

$$\rho' = R/K_4; \quad \rho'' = X/K_4 \tag{15}$$

или

$$\sigma' = \frac{\rho'}{\rho'^2 + \rho''^2} = K_4 \frac{R}{R^2 + X^2}; \tag{16}$$

$$\sigma'' = \frac{\rho''}{\rho'^2 + \rho''^2} = K_4 \frac{X}{R^2 + X^2}.$$

Вычисленные значения записываются в рабочий журнал (см. форму, с. 332).

2. Определение удельной проводимости σ и магнитной восприимчивости ϰ образцов горных пород при индукционных измерениях

При измерениях с индукционным преобразователем (датчиком) в рабочий журнал записывают три величины: A_σ, A_ε и b, где A_σ и A_ε — отсчеты по шкалам аттенюаторов активного и реактивного каналов компенсации и b — положение переключателя чувствительности преобразователя.

Для перевода этих величин в удельную электрическую проводимость σ или магнитную восприимчивость ϰ служит эталонировочный график, построенный по экспериментальным данным на основании контрольных образцов (эталонов) с известной удельной электрической проводимостью или магнитной восприимчивостью (см. рисунок) *. График позволяет определять σ образца непосредственно по отсчету A_σ и ϰ по отсчету A_ε для образцов в виде куба со стороной 50 мм или цилиндра диаметром 50 и длиной 50 мм. Множитель 10^{5-b} учитывает влияние переключателя чувствительности преобразователя на пределы измерения.

При переводе отсчетов A_σ и A_ε в значения σ и ϰ необходимо учитывать возможность некоторого перекрестного влияния каналов, когда значение σ влияет на отсчет A_ε и ϰ — на отсчет A_σ**. Поэтому, если A_σ и A_ε получаются различных порядков, учитывается только больший отсчет и определяется только один параметр (или σ', или ϰ). Если же отсчеты A_σ и A_ε соизмеримы, то определяют оба параметра, но надо учитывать, что при этом измеренное значение ϰ оказывается заниженным, и тем больше, чем больше отсчет A_σ. Отрицательные значения A_ε могут появляться только при измерении образцов с высокой удельной электрической проводимостью и ϰ, близкой к нулю, а потому просто не учитываются.

При измерении образцов, размеры которых отличаются от указанных выше, переход от A_σ и A_ε к значениям σ и ϰ значительно усложняется. Зависимость отсчетов от диаметра и длины образца довольно сложна и меняется с изменением σ или ϰ. Поэтому для таких образцов точность измерения значительно снижается. Однако если необходимо измерять параметры кернов другого диаметра (например, кернов скважин алмазного бурения), можно на основе графиков рисунка (с. 333) построить новые градуировочные кривые для какого-либо определенного диаметра и пользоваться ими. Если же приходится иметь дело с образцами различных длин и диаметров, целесообразнее пользоваться формулами и таблицей, приведенными в заводском описании прибора ИЭМС-3м.

---

* График получен на основании измерения эталонов, обладающих или только электрической проводимостью (немагнитных), или только магнитной восприимчивостью (непроводящих).

** Перекрестное влияние каналов повышается с ростом размеров образца, особенно с увеличением диаметров кернов. Это затрудняет измерение, и поэтому использование кернов больших диаметров нежелательно. При наличии алмазной пилы лучше выпиливать из таких кернов кубики со стороной 50 мм. Это значительно облегчит измерения и увеличит их точность.

ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Участок _____

Дата _____

№ п/п	Номер образца	D, мм	l_0, мм	l_1, мм	S_2, мм^2	$l_э$, мм	$D_э$, мм	K_σ	K_ε	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Оператор: Вычислитель: Проверил:

ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

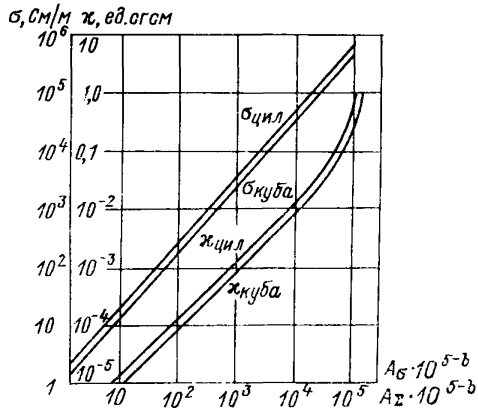
№ п/п	Номер образца	Место отбора	ρ, Ом·м					ε, отн. ед.				
			Частота f, кГц					Частота f, кГц				
			f_1	f_2	f_3	f_4	f-	1	f_2	f_3	f_4	f_5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Составил:

Проверил:

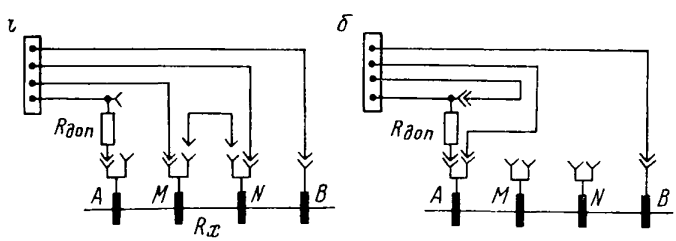
Примечания: 1. При измерении твердых образцов произвольной формы вместо l_0, $l_э$ и $D_э$ ставится P_1, B_1, и B_2.
2. На частотах $f < 100$ кГц вместо ε, отн. ед., нужно ставить ρ″, Ом·м, а вместо ρ — ρ′.

ЭТАЛОНИРОВОЧНЫЕ ГРАФИКИ ИНДУКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ



σ — удельная электрическая проводимость; χ — магнитная восприимчивость.

140. СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



а — измерение R_x; *б* — измерение $R_{доп}$.

141. ФОРМА ЖУРНАЛА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕРМОЭДС ТИПОМОРФНЫХ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Типоморфный минерал _____ Разность температур между термоэлектродами ΔT, °С _____

№ п/п	Обозначение образца	Привязка образца			Измеренные значения термоэдс, мВ	Число измерений		D_p, %	α, мкВ/°С	$\sigma(\alpha)$, мкВ/°С	Примечание
		x	y	z		N	n_p				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Оператор:

Вычислитель:

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Бобровников Л. З., Кадыров И. Н., Попов В. А. Электроразведочная аппаратура и оборудование. М., Недра, 1979. 336 с.

Вольвовский Б. С., Кунин Н. Я., Терехин Е. И. Краткий справочник по полевой геофизике. М., Недра, 1977. 391 с.

Козырин А. К. О понятии «метода» и выделении полезного сигнала в электроразведке постоянным током. — В кн.: Межвузовский сборник геофизических методов поисков и разведки. Свердловск, 1975, вып. 1, с. 68—75.

Матвеев Б. К. Схема классификации методов электроразведки. — В кн.: Геофизические изыскания. Пермь, 1975, вып. 1, с. 155—160.

Матвеев Б. К. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. 4-е изд. М., Недра, 1982. 376 с.

Методические рекомендации по применению низкочастотной аппаратуры АНЧ-3/А. А. Семенов, М. В. Семенов, А. А. Туаев, В. М. Попов. Л., НПО «Геофизика», 1979. 48 с.

Методы рудной геофизики. Обзор соврем. состояния геофиз. методов поисков и разведки месторождений твердых полез. ископаемых. Л., ВИРГ, 1968. 335 с.

Справочник геофизика. Т. 3. Электроразведка. М., Гостоптехиздат, 1963. 582 с.

Хмелевской В. К. Основной курс электроразведки. М., Изд-во Моск. ун-та, 1970. Ч. I. Электроразведка постоянным током. 245 с.; ч. II. Электроразведка переменным током. 1971. 271 с.; ч. III. Электроразведка в комплексе геолого-геофизических исследований. 1975. 208 с.

Электроразведка. Справочник геофизика. М., Недра, 1980. 518 с.

Якубовский Ю. В. Электроразведка. 2-е изд. М., Недра, 1980. 384 с.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Инструкция по технике безопасности при лабораторных работах. М., ВИЭМС, 1975.

Правила безопасности при геологоразведочных работах. М., Недра, 1976. 222 с.; 1979. 249 с.

Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах (ПТБ-73 г.). М., Недра, 1973.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М., Атомиздат, 1970. 352 с.: 1975. 352 с.

Сборник типовых инструкций по охране труда для рабочих, занятых на геологоразведочных работах/М-во геологии СССР. М., Недра, 1981, 224 с.

Типовая система обеспечения безопасных условий труда в организациях и на предприятиях Министерства геологии СССР. М., ВИЭМС, 1978. 46 с.

К разд. 1.3. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ С ДРУГИМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ И ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Вахромеев Г. С. Основы методологии комплексирования геофизических исследований при поисках рудных месторождений. М., Недра, 1978. 153 с.

Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач/Под ред. В. В. Бродового, В. Е. Никитского. М., Недра, 1976. 495 с.

Методические рекомендации по комплексированию геофизических методов при крупномасштабных геологосъемочных работах и поисках месторождений твердых полезных ископаемых. Л., НПО «Рудгеофизика», 1982. 174 с.

Новицкий Г. П. Комплексирование геофизических методов разведки. Л., Недра, 1974. 256 с.

Тархов А. Г., Бондаренко В. М., Никитин А. А. Принципы комплексирования в разведочной геофизике. М., Недра, 1977. 224 с.

К разд. 1.4. ВИДЫ И МАСШТАБЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ СЪЕМОК СЕТИ НАБЛЮДЕНИЙ

Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ в масштабе 1 : 200 000 и 1 : 100 000. М., Госгеолтехиздат, 1955. 128 с.

Основные положения организации и производства геологосъемочных работ масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000). М., Недра, 1968. 56 с.

Основные положения организации и производства групповой геологической съемки и аэрофотогеологического картирования масштаба 1 : 200 000. М., Недра, 1973. 62 с.

Основные требования к производству детальных геологосъемочных работ (масштабы 1 : 10 000—1 : 5000). М., Недра, 1973. 41 с.

Пузырев Н. Н. О связи между густотой сети наблюдений и сечением геофизических карт. — Прикл. геофизика, 1957, вып. 18, с. 279—287.

К разд. 3.3.1. МЕТОД ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Рысс Ю. С., Тясто А. С. Скважинный вариант метода естественного электрического поля. Л., ВИТР, 1960. 33 с. (Обмен опытом, вып. 33).

Семенов А. С. Электроразведка методом естественного электрического поля. Л., Недра, 1980. 446 с.

К разд. 3.3.2. МЕТОД ЗАРЯДА

Временное руководство по методу электрической корреляции (МЭК)/А. К. Козырин, В. М. Мунтян, А. В. Тарасов и др. Свердловск, Уральск. рабочий, 1964. 128 с.

Гуревич Ю. М. Магнитное поле тока, стекающего с точечного источника в присутствии сжатого сфероида. — В кн.: Электроразведка в области скважин на колчеданных месторождениях Урала. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1975, с. 60—72.

Егоров М. Н. Поиски рудных тел методом заряда с измерением магнитного поля. — Вестн. Ленингр. ун-та, 1966, № 4, с. 131—133.

Егоров М. Н. Сравнение аномалий вертикальной составляющей магнитного поля равномерно заряженного линейного тока. — Учен. зап. Ленингр. ун-та, 1968, № 340. Сер. физ. и геол. наук. Вопр. геофизики, вып. 18, с. 140—149.

Егоров М. Н. Использование погруженных питающих установок в методе заряда с измерением магнитного поля. — Методы развед. геофизики, 1975, вып. 26, с. 134—140.

Егоров М. Н. Магнитное поле плоского прямоугольного заземлителя прямоугольной формы. — Методы развед. геофизики, 1975, вып. 26, с. 123—129.

Матвеев Б. К. Геофизические методы изучения движений подземных вод. М., Госгеолтехиздат, 1963. 133 с.

Метод заряда с измерением магнитного поля при поисках и разведке рудных месторождений. Метод. пособие/Сост. М. Н. Егоров, Ю. М. Гуревич, А. А. Фирсов и др. Л., Недра, 1983. 200 с.

Метод заряда с измерением напряженности магнитного поля применительно к поискам и разведке колчеданных месторождений/В. Д. Семенов, В. В. Кормильцев, Ю. М. Гуревич. — В кн.: Электрометрические исследования при поисках и разведке рудных месторождений. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1977, с. 14—26.

Моисеев В. С. Вычисление поля от моделей заряженных эквипотенциальных поверхностей сплошной формы. — В кн.: Применение электронно-вычислительных машин при решении задач рудной геофизики. Метод. рекомендации. Новосибирск, СНИИГГИМС, 1972, с. 51—57.

О методе заряда с измерением магнитного поля (МЗТМ) и его применении на медноколчеданных месторождениях/В. В. Кормильцев, В. Д. Семенов, И. М. Федоров, И. М. Шепелева. — В кн.: Электроразведка в области скважин на колчеданных месторождениях Урала. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1975, с. 31—59.

Поляков А. С. Руководство по методу заряда. М., Недра, 1969. 166 с.

Рогачев Б. В. Руководство по методу заряда с измерением магнитного поля. М., Недра, 1965. 100 с.

Родионов П. Ф. Электроразведка методом заряда. М., Наука, 1971. 264 с.

Семенов В. Д. Поиски глубокозалегающих колчеданных месторождений методом заряда с измерением магнитного поля. — Разведка и охрана недр, 1975, вып. 9, с. 34—38.

Фокин А. Ф. Оценка влияния рыхлых отложений при проведении поисковых работ методом заряда. — Методика и техника геологоразвед. работ, 1965, вып. 79, с. 51—79.

К разд. 3.3.3. МЕТОД ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ

Блох И. М. Электропрофилирование методом сопротивлений. М., Недра, 1971. 216 с.

Вещев А. В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. Л., Недра, 1965. 478 с.; 1980. 391 с.

Заборовский А. И. Электроразведка. М., Гостоптехиздат, 1963, 423 с.

Поляков А. С. Методическое руководство по электропрофилированию. Л., Недра, 1969. 200 с.

Сапожников Б. Г. Аппаратура и методика работ методом срединного градиента с незаземленной приемной линией. — Геофиз. аппаратура, 1973, вып. 52, с. 31—40.

Сафронов А. Н., Сапожников Б. Г. Бесконтактное электропрофилирование в условиях горной тайги Забайкалья. Л., НПО «Геофизика», 1977. 26 с. (Рукопись депонирована в ВИНИТИ 23.12.77, № 4531—77).

Тыкоцкий В. М., Сапожников Б. Г. Результаты опытно-методических работ с прибором МСЗ-1 и БИЭП в условиях Среднего Урала. Л., НПО «Геофизика», 1977. 12 с. (Рукопись депонирована в ВИНИТИ 23.12.77, № 4530—77).

Якубовский Ю. В., Ляхов Л. Л. Электроразведка. М., Недра, 1982. 382 с.

К разд. 3.3.4. МЕТОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Альпин Л. М. Теория дипольных зондирований. М., Гостоптехиздат, 1950. 91 с.

Богданов А. И. Графический способ построения и интерпретации трехслойных кривых вертикального электрического зондирования. М., Госгеолиздат, 1948. 24 с.

Каленов Е. Н. Интерпретация кривых вертикального электрического зондирования. М., Гостоптехиздат, 1957. 472 с.

Матвеев Б. К. Методика графического построения кривых электрических зондирований. М., Недра, 1964. 72 с.

Пылаев А. М. Руководство по интерпретации вертикальных электрических зондирований. 2-е изд. М., Недра, 1968. 147 с.

Хмелевской В. К. Основной курс электроразведки. М., Изд-во Моск. ун-та, 1971, ч. I. 245 с.

К разд. 3.3.5. МЕТОД ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Иоффе Л. М., Комаров В. А. Инструктивные указания по электроразведке методом вызванной поляризации. Л., ВИТР, 1962. 44 с.

Комаров В. А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л., Недра, 1972. 341 с.

Куликов А. В., Шемякин Е. А. Электроразведка фазовым методом вызванной поляризации. М., Недра, 1978. 157 с.

Михайлов Г. Н., Юргенс И. Р., Яговкин Б. В. Руководство по методу вызванной поляризации. Л., Недра, 1973. 168 с.

Фазовые измерения в методе ВП на переменном токе. Метод. пособие/А. В. Куликов, В. Д. Жильников, В. Ф. Сарбаш и др. Алма-Ата, ВИРГ, 1975. 126 с.

Шейнманн С. М. Современные физические основы теории электроразведки. Л., Недра, 1969. 222 с.

К разд. 3.3.6. МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Безрук И. А., Лахтионов В. О. Оценка достоверности определения импедансов при обработке магнитотеллурических вариаций. — Прикл. геофизика, 1977, вып. 89, с. 74—89.

Бердичевский М. Н. Электрическая разведка методом магнитотеллурического профилирования. М., Недра, 1968. 255 с.

Бердичевский М. Н., Безрук И. А., Чинарева С. М. Магнитотеллурическое зондирование с использованием математических фильтров. — Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли, 1973, № 3, с. 76—92.

Ваньян Л. Л. Основы электромагнитных зондирований. М., Недра, 1965. 108 с.

Ключкин В. Н. Цифровая электроразведочная станция. — Прикл. геофизика, 1970, вып. 60, с. 110—115.

Поспеев В. И. Магнитотеллурические исследования в условиях квазилинейной поляризации поля. — В кн.: Геофизические работы в Восточной Сибири. Иркутск, Вост.-Сиб. изд-во, 1969, с. 29—35.

К разд. 3.3.7, А. МЕТОД ЧАСТОТНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Ваньян Л. Л., Терехин Е. И., Бутковский А. П. Трехслойные и четырехслойные палетки частотных зондирований. — В кн.: Геофизические исследования строения земной коры. Частотное электромагнитное зондирование. М., Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, 1976, с. 251—257.

Вешев А. В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. Л., Недра, 1965. 478 с.; 1980. 391 с.

Временное руководство по методу электромагнитного зондирования с вертикальным магнитным диполем. М., 1978. 45 с.

Давыдов К. И. Интерпретация многослойных кривых частотных зондирований.— Геология и геофизика, 1972, № 7, с. 115—119.

Дипольные частотные зондирования двухслойной среды. Метод. рекомендации. Новосибирск, 1980, ч. I. 123 с.; ч. II. 113 с., 400 ил.

Иванов А. П Непрерывные частотные электромагнитные зондирования геологических структур. — Труды Геол. ин-та АН СССР, 1975, вып. 271. 80 с.

Матвеев Б. К. Интерпретация электромагнитных зондирований. М., Недра, 1974. 232 с.

Молочнов Г. В., Радионов М. В. Частотное электромагнитное зондирование с вертикальным магнитным диполем. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 216 с.

Молочнов Г. В., Радионов М. В., Рыбкин В. Н. Частотное электромагнитное зондирование структур, близких к двухслойным. — Геофиз. методы поисков и разведки, 1975, вып. 1, с. 15—23.

Применение метода электромагнитных зондирований/А. В. Вешев, Е. Ф. Любцева, В. М. Леончиков, Л. А. Богданов. — Вестн. Ленингр. ун-та, 1975, № 24, с. 48—53.

Пятницкий В. И., Малашев Г. Ю. О возможности применения электромагнитных зондирований при картировании рудных полей. — Труды ЦНИГРИ, 1975, вып. 119, с. 54—61.

Светов Б. С., Сидельникова Т. А., Скугаревская О. А. Использование импедансных частотных зондирований для измерения многослойного геоэлектрического разреза. — Развед. геофизика, 1976, вып. 73, с. 74—86.

Титлинов В. С. Индукционное электромагнитное зондирование при поисках рудных месторождений. Метод. рекомендации. Свердловск, Ин-т геофизики УНЦ АН СССР, 1979. 132 с.

Шевнин В. А. Сводные номограммы-палетки для интерпретации кривых частотного зондирования. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 12, с. 143—146.

Эпенштейн Б. С. Общий вид интерпретации кривых частотных зондирований.— Докл. АН СССР, 1975, т. 222, № 5, с. 1093—1096.

К разд. 3.3.7, Б. МЕТОД ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Альпин Л. М. Теория дипольных зондирований. М., Гостоптехиздат, 1950. 91 с.

Ваньян Л. Л. Основы электромагнитных зондирований. М., Недра, 1965. 108 с.

Исаев Г. А., Ицкович Г. Б., Полетаева Н. Г. Методические рекомендации по применению метода переходных процессов при поисках глубокозалегающих железорудных месторождений. Новосибирск, СНИИГГИМС, 1977. 78 с. (См. также список литературы к разд. 3.3.8).

Исаев Г. А., Рempель Г. Г. Методика интерпретации зондирования метода переходных процессов при поисках полиметаллических месторождений пластообразной формы. Метод. рекомендации. Новосибирск, СНИИГГИМС, 1974. 89 с.

Киселев Е. С., Ключкин В. Н., Попов Ю. Н. Способ приближенной оценки аппаратурных искажений сигнала при измерении процесса становления электромагнитного поля. — Прикл. геофизика, 1974, вып. 74, с. 101—104.

Матвеев Б. К. Интерпретация электромагнитных зондирований. М., Недра, 1974. 232 с.

Сидоров В. А., Тикшаев В. В. Электроразведка зондированиями становлением поля в ближней зоне. Саратов, НВ НИИГГ, 1969. 68 с.

К разд. 3.3.8. МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Вешев А. В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. Л., Недра, 1965. 478 с.; 1980. 391 с.

Вешев А. В., Ивочкин В. Г., Игнатьев Г. Ф. Электромагнитное профилирование. Л., Недра, 1971. 215 с.

Дипольное электромагнитное профилирование/Под ред. Г. С. Франтова. Л., Недра, 1978. 136 с.

Захаров В. Х. Электроразведка методом дипольного индуктивного профилирования. Л., Недра, 1975. 224 с.

Методические рекомендации по применению наземных вариантов метода переходных процессов в сложных геоэлектрических условиях/С. А. Николаева, А. А Семенов, Л. С. Хлопонина и др. Л., НПО «Геофизика», 1979. 115 с.

Нахабцев А. С. Масштабные палетки для ускоренного определения эффективного сопротивления в методе длинного кабеля. — Вопр. геофизики, 1971, вып. 21, с. 42—48.

Нахабцев А. С. Влияние наклона дневной поверхности на результаты работ методом длинного кабеля. — Вопр. геофизики, 1970, вып. 20, с. 73—79.

Нахабцев А. С., Альтман В. Л. Определение глубины залегания и угла падения хорошо проводящих пластов методом длинного кабеля. — Вопр. геофизики, 1977, вып. 26, с. 46—54.

Применение низкочастотных индуктивных методов электроразведки для поисков месторождений магнетитовых руд (обзор)/Е. М. Гаранский, И. А. Дсброхотова, И. В. Ренард, Ю. В. Якубовский. М., ВИЭМС, 1976. 57 с. (Сер. Регион. развед. и промысл. геофизики).

Руководство по применению метода переходных процессов в рудной геофизике/ Ю. И. Булгаков, А. А. Вакульский, А. Б. Великин и др. Л., Недра, 1976. 128 с.

Светов Б. С. Теория, методика и интерпретация материалов низкочастотной индуктивной электроразведки. М., Недра, 1973. 254 с.

Светов Б. С., Мизюк Л. Я., Поджарый В. М. Рудная электроразведка по методике эллиптически поляризованного поля. М., Недра, 1969. 136 с.

Якубовский Ю. В. Индуктивный метод электроразведки. М., Госгеолтехиздат, 1963. 211 с.

К разд. 3.3.9. МЕТОД РАДИОЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ — РАДИОКИП

Вешев А. В., Егоров В. А. О методике наблюдений и интерпретации результатов изучения полей радиовещательных станций. — Учен. зап. Ленингр. ун-та, 1966, № 329. Сер. физ. и геол. наук. Вопр. геофизики, вып. 16, с. 172—189.

Гнидчин В. М., Седельников Э. С., Тархов А. Г. Некоторые приемы интерпретации данных метода радиокип на основании моделирования. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 3, с. 106—112.

Гордеев С. Г., Седельников Э. С. К вопросу интерпретации результатов метода СДВР на основе моделирования проводящих пластов. — Руд. геофизика, 1974, вып. 116, с. 88—99. (Труды ЦНИГРИ).

Гордеев С. Г., Седельников Э. С., Тархов А. Г. Электроразведка методом радиокип. М., Недра, 1981. 132 с.

Рогачев Б. В., Седельников Э. С., Тархов А. Г. Использование полей сверхдлинноволновых радиостанций при геофизических съемках методом радиокип. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1965, № 6, с. 104—114.

Тархов А. Г. Основы геофизической разведки методом радиокип. М., Госгеолтехиздат, 1961. 215 с.

К разд. 3.3.10. МЕТОД ПЕРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Метод переменного естественного электрического поля. Метод. руководство/ Г. А. Тарасов, Г. С. Сомов, А. А. Елисеев, Г. К. Антонов. Л., Недра, 1973. 127 с.

К разд. 3.3.11. МЕТОД ПЕРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Векслер В. И., Спасенных Ю. С. Интерпретация аномалий угла наклона вектора естественного переменного магнитного поля при картировании рудных районов. — Труды ЦНИГРИ, 1975, вып. 119, с. 95—102.

Спасенных Ю. С., Векслер В. И., Ижорский А. В. Некоторые результаты опробования метода естественного переменного электромагнитного поля. — Труды ЦНИГРИ, 1972, вып. 104, с. 110—118.

К разд. 3.3.12. МЕТОД БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

Березин Г. И., Семенов М. В. Об использовании полей блуждающих токов для электроразведки флангов разрабатываемых месторождений. — Методика и техника разведки, 1973, № 86, с. 69—76.

Гамоян В. Б. Применение естественных электрических полей промышленных блуждающих токов в подземных горных выработках при решении поисково-разведочных задач. Автореф. канд. дис. Ереван, 1972. 18 с.

Козырин А. К., Выгузов Н. И. Использование полей блуждающих токов в шахтной электроразведке. — Изв. вузов. Гор. журн., 1974, № 8, с. 9—13.

Семенов М. В., Березин Г. И. Применение электрических полей, порождаемых блуждающими токами, в электроразведке рудных полей и узлов. — В кн.: Методы разведочной геофизики. Вопр. электроразведки руд. месторождений. Л., 1977, с. 100—106.

К разд. 3.4. МЕТОДЫ СКВАЖИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Кондрашов С. Н. Пьезоэлектрический метод разведки. М., Недра, 1980. 181 с.

Нейштадт Н. М. и др. Пьезоэлектрический метод разведки. Метод. рекомендации. Л., ОНТИ ВИТР, 1972. 98 с.

Скважинная рудная геофизика/Под ред. Г. К. Волосюка, Н. И. Сафронова. Л., Недра, 1971. 536 с.

К разд. 3.4.1. МЕТОДЫ СКВАЖИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

Временное методическое руководство по методу электрической корреляции (МЭК)/А. К. Козырин, В. Н. Мунтян, А. В. Тарасов и др. Свердловск, Уральский рабочий, 1964. 128 с.

Гуревич Ю. М. Корреляция пластов высокоомных горных пород в разрезах скважин. — Геофиз. разведка, 1964, вып. 15, с. 144—151.

Козырин А. К. Оценка размеров оси заряженного рудного тела по значению его потенциала на медноколчеданных месторождениях Урала. — Труды СГИ, 1968, вып. 54, с. 179—186.

Козырин А. К. Об изучении подземного пресноводного потока методами скважинной электроразведки. — Вопр. развед. геофизики, 1975, вып. 107, с. 81—84.

Саковцев Г. П., Редозубов А. А. Методы скважинной электроразведки при поисках и разведке рудных месторождений. М., Недра, 1968. 128 с.

К разд. 3.4.2. МЕТОД ДИПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ В СКВАЖИНАХ

Кожевников А. А., Лебедкин Л. В. Скважинное дипольное электромагнитное профилирование при разведке сульфидных рудных тел большой мощности. — Экспресс-информация ВИЭМС. Сер. Регион., развед. и промысл. геофизика, 1975, вып. 10, с. 3—19.

Лебедкин Л. В. Скважинная индукционная электроразведка. — В кн.: Скважинная рудная геофизика/Под ред. Г. К. Волосюка, Н. И. Сафронова. Л., Недра, 1971, с. 81—161.

Лебедкин Л. В., Вострецов Р. Н., Максимова Т. М. Скважинная индукционная электроразведка с аппаратурой АСМИ-40. Метод. рекомендации. Л., ВИТР, 1971. 76 с.

Лебедкин Л. В., Попов Н. И., Максимова Т. М. Межскважинное дипольное электромагнитное профилирование. Метод. рекомендации. Л., ОНТИ ВИТР, 1978. 62 с.

Методика и техника скважинной индукционной электроразведки. Л., ОНТИ ВИТР, 1973. 49 с. (Методика и техника разведки, № 55).

Трехкомпонентная скважинная индукционная электроразведка. Л., ОНТИ ВИТР, 1977. 50 с. (Методика и техника разведки, № 116).

К разд. 3.4.3. РАДИОВОЛНОВЫЕ МЕТОДЫ

Высогорец В. М., Грачев А. А. Радиоволновые измерения с взаимно перпендикулярными рамками в одиночных горных выработках. Изв. вузов. Геология и разведка, 1969, № 11, с. 123—129.

Кутюрина Л. С., Леонтьев Ю. В. Об интерпретации радиоволновых измерений на кварцевожильных золоторудных месторождениях. — Труды ЦНИГРИ, 1975, вып. 120, с. 89—98.

Петровский А. Д. Радиоволновые методы в подземной геофизике. М., Недра, 1971. 223 с.

Подземная геофизика. М., Недра, 1973. 312 с.

Попов А. А., Силин Н. П., Фриш В. Ф. Методическое руководство по скважинному радиоволновому просвечиванию. Л., ВИТР, 1966. 54 с.

Руководство по радиоволновым методам скважинной и шахтной геофизики/Под ред. А. Д. Петровского, А. А. Попова. М., Недра, 1977, 333 с.

Скважинная рудная геофизика/Под ред. Г. К. Волосюка, Н. И. Сафронова. Л., Недра, 1971. 536 с.

Техническая инструкция по проведению геофизических исследований в скважинах. М., Госгеолтехиздат, 1963. 298 с.

Типовые нормы времени на методы скважинной геофизики. М., ВИЭМС, 1971. 25 с.

Электромагнитные методы разведки в рудной геофизике/Б. С. Светов, А. Д. Петровский, Е. М. Ершов и др. М., Недра, 1966. 307 с.

К разд. 3.4.4. СКВАЖИННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

См. список к 3.3.1.

К разд. 3.4.5. СКВАЖИННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Скважинная электроразведка методом вызванной поляризации/В. А. Комаров, А. С. Хлопонина, А. И. Балашов и др. Л., Недра, 1969. 157 с.

К разд. 3.4.7. КОНТАКТНЫЙ СПОСОБ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КРИВЫХ

Поиски и разведка рудных месторождений методом КСПК. Метод. рекомендации/Ю. С. Рысс, Ю. Г. Бахтин, Ю. В. Попов, В. П. Коростин. Л., ВИТР, 1978. 88 с.

Рысс Ю. С. Поиски и разведка рудных тел контактным способом поляризационных кривых. Л., Недра, 1973. 87 с.

Рысс Ю. С. Геоэлектрохимические методы разведки (Введение в геоэлектрохимию). Л., Недра, 1983. 255 с.

К разд. 3.4.8. МЕТОД ЧАСТИЧНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Методические рекомендации по применению метода частичного извлечения металлов и аппаратуры ЧИМ-10—ППА-1 для поисков и разведки рудных месторождений/И. С. Гольдберг, А. В. Иванова, Ю. С. Рысс и др. Л., ВИТР, 1978. 150 с.

Рысс Ю. С., Гольдберг И. С. Способ частичного извлечения металлов (ЧИМ) для поисков рудных месторождений. — Методика и техника разведки, 1973, № 84, с. 5—18.

К разд. 3.5.1. МЕТОД ДИПОЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРАХ

Захаров В. Х., Колесник А. В. Определение магнитной проницаемости горных пород дипольными индукционными установками с амплитудно-фазовыми измерениями. — Зап. Ленингр. гор. ин-та, 1976, т. 69, вып. 2, с. 69—76.

Колесник А. В., Захаров В. Х. Применение дипольного индуктивного профилирования при эксплуатационной разведке месторождений железистых кварцитов. Л., 1976. 14 с. (Рукопись депонирована в ВИНИТИ 25.05.76, № 1825—76).

Колесник А. В., Федорова Л. И. К методике построения корреляционных зависимостей между магнитной проницаемостью и содержанием магнетитового железа для месторождений кварцитов Кривбасса. Л., 1977. 12 с. (Рукопись депонирована в ВИНИТИ 20.05.77, № 1965—77).

К разд. 3.5.2. ШАХТНЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ДИПОЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Вешев А. В., Альтман В. П. Возможности электромагнитного профилирования в оборудованных горных выработках. — В кн.: Методы разведочной геофизики. Шахтно-рудничная геофизика. М., 1978, с. 38—47.

Вешев А. В., Редько Г. В., Сараев А. К. Электромагнитное профилирование в подземных горных выработках. — Вопр. геофизики, 1977, вып. 26.

Редько Г. В., Андреев А. А. Снижение влияния искусственных проводников при работе электромагнитными методами в подземных горных выработках. — В кн.: Методы разведочной геофизики. Геофизические методы в процессе эксплуатации. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1976, вып. 21, с. 115—118.

К разд. 3.5.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В СКВАЖИНАХ ПОДЗЕМНОГО БУРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНЫХ СТАНЦИЙ

Кудрявцев Ю. Н., Мейер В. А., Шульгин В. С. Теоретические и экспериментальные основы каротажа магнитной восприимчивости с двухкатушечным зондом. — Учен. зап. Ленингр. ун-та, 1966, № 329. Сер. физ. и геол. наук. Вопросы геофизики, вып. 16, с. 215—251.

Лавров Г. А., Соколов Ю. Н. К расчету входного сопротивления антенны в многослойной цилиндрической оболочке. — Труды ЦНИГРИ, 1968, вып. 74, с. 136—144.

Методические рекомендации по электрическим методам каротажа скважин подземного бурения с аппаратурой «Галенит»/А. П. Савицкий, В. С. Соловьев, В. Р. Шефер, В. Ф. Лебедев. Л., НПО «Рудгеофизика», 1980. 61 с.

Соловьев В. С., Студенков В. М., Савицкий А. П. Электрические измерения в подземных скважинах на месторождениях цветных металлов. — Методы развед. геофизики, 1973, вып. 17, с. 49—54.

Савицкий А. П., Юзов В. П., Соловьев В. С. Измерение входного импеданса скважинной антенны и его использование в геологических целях. — Методы развед. геофизики, 1973, вып. 17, с. 13—18.

К разд. 3.6. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

Бошнякович И. Д.. Глебовский Ю. С. Фотопривязка аэрогеофизических маршрутов и аномалий. Л., Недра, 1969. 207 с.

Гончарский В. Н., Калашников Н. И., Кузовкин С. К. Технические основы аэроэлектроразведки. Киев, Наукова думка, 1969. 380 с.

Основные условия на выполнение в народном хозяйстве работ самолетами и вертолетами гражданской авиации СССР и типовые договоры на эти работы. М., МГА СССР, 1970. 35 с.

Радиогеодезические работы при геофизических съемках. Практ. пособие/А. М. Лозинская, А. Е. Микулин, Е. В. Пасхин и др. М., ВНИИгеофизика, 1965. 223 с.

Рекомендации по проектированию и применению авиатранспортных и аэросъемочных работ в геологии. М., ВИЭМС, 1973. 141 с.

Руководство по съемочным полетам. М., Воздушный транспорт, 1977. 144 с.

Техническая инструкция по аэрогамма-спектрометрической съемке. М., Мингео СССР, 1977. 188 с.

Шауб Ю. Б. Методы аэроэлектроразведки, основанные на использовании искусственных гармонических электромагнитных полей. Л., Недра, 1971. 222 с.

К разд. 3.6.2. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ДЛИННОГО КАБЕЛЯ

Вешев А. В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. Л., Недра, 1965. 478 с.; 1980. 391 с.

Дмитриев В. М., Барышникова И. А., Захаров Е. В. Аномальные электромагнитные поля пластовых тел. Л., Недра, 1977. 167 с.

Франтов Г. С., Шувал-Сергеев Н. М. Аэроэлектроразведка методом бесконечно длинного кабеля. Метод. руководство. Л., ВИТР, 1961. 165 с. (Обмен опытом, вып. 41).

К разд. 3.6.3. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ РАДИОКИП

Гордеев С. Г., Седельников Э. С., Тархов А. Г. Электроразведка методом радиокип. М., Недра, 1981. 132 с.

Тархов А. Г. Основы геофизической разведки методом радиокип. М., Госгеолтехиздат, 1962. 215 с.

К разд. 3.6.4. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ДИПОЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Аэроэлектроразведка методом дипольного индуктивного профилирования/ Е. М. Ершов, В. Д. Новак, Г. В. Прис, Б. С. Светов. М., ВИЭМС, 1976. 44 с.

К разд. 3.6.5. АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Каменецкий Ф. М., Тимофеев В. М., Мамаев В. А. Аэроэлектроразведка методом переходных процессов. М., Недра, 1978. 65 с.

Руководство по применению метода переходных процессов в рудной геофизике/Под ред. Ф. М. Каменецкого. Л., Недра, 1976. 128 с.

К разд. 3.7. МОРСКАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

Белаш В. А. Интерпретация данных морских электрозондирований по дифференциальным параметрам. — Прикл. геофизика, 1975, вып. 79, с. 135—141.

Белаш В. А. Методика морских электрозондирований при движении судна. — Экспресс-информация. Морская геология и геофизика. М., ВИЭМС, 1976, с. 1—6.

Белаш В. А. Способы обработки данных морских электрозондирований с многоэлектродными установками. — В кн.: Геофизические методы разведки в Арктике. 1976, вып. 11, с. 81—89.

Морские геофизические исследования. М., Недра, 1977. 375 с.

Морские магнитотеллурические зондирования/А. Я. Гольмшток, Ю. М. Полонский, В. В. Сочельников, Н. В. Кондрашова. — Геомагнитные исследования, 1975, № 16, с. 75—76.

Назаренко О. В. Морская электроразведка методами искусственных полей (обзор). — Морская геология и геофизика. М., ВИЭМС, 1977. 56 с.

Смолдырев А. Е. Методика и техника морских геологоразведочных работ (Твердые полезные ископаемые, инженерная геология). М., Недра, 1976. 303 с.

Сочельников В. В. Основы теории естественного электромагнитного поля в море. Л., Гидрометеоиздат, 1979. 216 с.

Сочельников В. В., Гольмшток А. Я., Полонский Ю. М. Методика и техника морских магнитотеллурических исследований. Обзор ОЦНТИ ВИЭМС, сер. XIII.— Морская геология и геофизика, 1974. 51 с.

Холмянский М. А., Яговкин Б. В. Временные методические рекомендации по проведению морской электроразведки методом естественного электрического поля/ Науч. ред. Б. В. Гусев. Л., НИИГА, 1979. 34 с.

К разд. 4. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ И ОТЧЕТНОСТЬ

Основные требования к содержанию и оформлению обязательных геологических карт масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000)/В. Д. Вознесенский, Г. Л. Добрецов, А. М. Мареичев и др. Л., Недра, 1977. 119 с.

К разд. 5. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Инструкция по учету и хранению геологических коллекционных материалов в учреждениях и организациях системы Министерства геологии СССР. М., Недра, 1969. 63 с.

Кобранова В. Н. Физические свойства горных пород. М., Гостоптехиздат, 1962. 490 с.

Комаров В. А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л., Недра, 1972. 341 с.; 1980. 391 с.

Методическое руководство по определению физических свойств горных пород и полезных ископаемых/Под ред. Н. Б. Дортман, М. Д. Озерского. М., Госгеолтехиздат, 1962. 458 с.

Определение петрофизических характеристик по образцам/Под ред. В. Н. Дахнова. М., Недра, 1977. 432 с.

Пархоменко Э. И. Электрические свойства горных пород. М., Наука, 1965. 164 с.

Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика/Под ред. Н. Б. Дортман. М., Недра, 1976. 527 с.

К разд. 5.2.1. ЛАБОРАТОРНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ

Применение аппаратуры ИЭМС при изучении электромагнитных свойств горных пород и руд/А. П. Савицкий, Г. Н. Новожилов, И. Б. Хургин, М. В. Захаров. — Геофиз. аппаратура, 1977, вып. 61, с. 111—118.

Савицкий А. П., Юзов В. И. Аппаратура для измерения электрических и магнитных свойств горных пород. — Методы развед. геофизики, 1971, вып. 13, 142—148 с.

Франтов Г. С., Савицкий А. П. О возможностях электромагнитных методов при поисках магнетитовых месторождений, залегающих в траппах. — Методы развед. геофизики, 1971, вып. 13, с. 101—106.

К разд. 5.5. ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОПОТЕНЦИАЛОВ ОБРАЗЦОВ

Методические рекомендации по отбору образцов для изучения физических свойств рудных минералов/В. И. Красников, В. А. Фаворов, В. С. Сычугов, В. А. Суматохин. Чита, ЗабНИИ, 1973, с. 3—14.

Некоторые вопросы методики изучения термоэлектрических свойств рудных минералов и интерпретации результатов измерений/В. И. Красников, Р. С. Сейфуллин, В. А. Суматохин, В. А. Фаворов. — Сов. геология, 1975, № 8, с. 107—116.

Фаворов В. А., Красников В. И., Сычугов В. С. Некоторые факторы, определяющие полупроводниковые свойства пирита и арсенопирита. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1972, № 11, с. 72—84.

ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Мельковицкий И. М. Региональные геофизические исследования гидрогеологических условий артезианских бассейнов. М., Недра, 1975. 142 с.

Методика изысканий. Т. 1. Методика геофизических исследований при инженерных изысканиях. М., ЦНИИИС, 1969. 224 с.

Методы геофизики и гидрогеологии и инженерной геологии. Метод. руководство. М., Недра, 1972. 295 с.

Огильви А. А. Геофизические методы исследований. М., Изд-во Моск. ун-та, 1962. 411 с.

Огильви А. А. Геоэлектрические методы изучения карста. М., Изд-во Моск. ун-та, 1965. 161 с.

Шарапанов Н. Н., Черняк Г. Я., Барон В. А. Методика геофизических исследований при гидрогеологических съемках с целью мелиорации земель. М., Недра, 1974. 173 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Единые нормы выработки (времени) на полевые геофизические работы по гравиразведке (гравиметрическая съемка) с использованием при передвижении самолетов и вертолетов и по электроразведке методами двухсторонних дипольных зондирований (ДЗ), теллурических токов (ТТ) и отношения разностей потенциалов с комплектом ИЖ. М., НИИтруда, 1963. 80 с.

Единые нормы выработки и времени на полевые электроразведочные работы методами вертикального электрического зондирования и дипольного электрического зондирования. М., ВИЭМС, 1974. 60 с.

Единые отраслевые нормы выработки и времени на полевые электроразведочные работы методом вызванной поляризации. М., ВИЭМС, 1977. 199 с.

Единые отраслевые нормы выработки и времени на полевые электроразведочные работы методом естественного электрического поля. М., ВИЭМС, 1977. 24 с.

Единые отраслевые нормы выработки и времени на полевые электроразведочные работы методом электропрофилирования с аппаратурой типа АЭ-72. М., ВИЭМС, 1977. 39 с.

Инструкция по планированию геологоразведочных работ (прил. 1 к приказу МГ СССР от 06.11.74 № 595). М., 1974. 84 с.

Инструкция по проектированию геологоразведочных работ (прил. 1 к приказу МГ СССР от 29.01.75 № 36). М., 1975. 51 с.

Инструкция по составлению смет на геологоразведочные работы (прил. 2 к приказу МГ СССР от 29.01.75 № 36). М., 1975. 175 с.

Методическое руководство по техническому нормированию полевых геофизических работ. М., Недра, 1974. 200 с.

Полевые электроразведочные работы. Дополнение к единым нормам выработки и времени на полевые геофиз. работы. М., Недра, 1975. 57 с.

Разъяснения и дополнения к справочникам укрупненных проектно-сметных нормативов (СУСН) и инструкции по составлению смет на геологоразведочные работы. М., ВИЭМС, 1970. 127 с.

Справочник укрупненных проектно-сметных нормативов на геологоразведочные работы. Вып. 3. Геофизические работы. Ч. 2. Электроразведка. М., Недра, 1983. 119 с.

Типовые нормы времени (выработки) на полевые работы контактным способом поляризационных кривых и методом частичного извлечения металлов. М., ВИЭМС, 1975. 48 с.

Типовые нормы времени на методы скважинной геофизики. М., ВИЭМС, 1971. 25 с.

Типовые нормы времени на полевые электроразведочные работы методом магнитотеллурического зондирования. М., ВИЭМС, 1974. 42 с.

Типовые нормы выработки и времени на индуктивную электроразведку методом переходных процессов. М., ВИЭМС, 1971. 29 с.

Типовые нормы выработки и времени на полевые электроразведочные работы методом вертикального электрического зондирования с аппаратурой низкой частоты. М., 1971. 28 с.

Типовые нормы выработки и времени на полевые электроразведочные работы методом электропрофилирования с аппаратурой низкой частоты. М., ВИЭМС, 1972. 35 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

1. Общие положения 6
1.1. Введение . . . . . —
1.2. Методы электроразведки . . . . . —
1.3. Комплексирование методов электроразведки с другими геофизическими и геологическими методами 8
1.4. Виды и масштабы электроразведочных съемок. Сети наблюдений 9
2. Проектирование и организация электроразведочных работ 11
3. Методика и техника производства полевых электроразведочных работ 14
3.1. Технические средства для производства электроразведочных работ —
3.2. Топографо-геодезические работы 15
3.3. Методы наземной электроразведки 16
3.3.1. Метод естественного электрического поля . . . . . —
3.3.2. Метод заряда 19
А. Метод заряда с измерением характеристик электрического поля 20
Б. Метод заряда с измерением характеристик магнитного поля 26
3.3.3. Метод электропрофилирования 29
А. Электропрофилирование с заземленными установками . . . 30
Б. Электропрофилирование с незаземленными установками . 33
3.3.4. Метод электрического зондирования 35
А. Вертикальное электрическое зондирование 41
Б. Дипольные электрические зондирования: экваториальные, азимутальные и осевые 42
3.3.5. Метод вызванной поляризации 45
3.3.6. Магнитотеллурические методы 52
3.3.7. Методы электромагнитного зондирования 69
А. Метод частотного и дистанционного зондирования гармоническим электромагнитным полем . . . . . —
Б. Метод зондирования становлением электромагнитного поля 73
3.3.8. Методы электромагнитного профилирования 82
3.3.8.1. Электромагнитные методы профилирования с гармоническим полем . . . . . —
А. Низкочастотный индуктивный метод незаземленной петли 83
Б. Низкочастотный индуктивный метод длинного кабеля . . . 84
В. Дипольное электромагнитное и индуктивное профилирование 89
3.3.8.2. Метод переходных процессов 93
3.3.9. Метод радиоэлектромагнитного профилирования — радиокип 97
3.3.10. Метод переменного естественного электрического поля . . . 103
3.3.11. Метод переменного естественного магнитного поля 107
3.3.12. Метод блуждающих токов 109
3.4. Методы скважинной электроразведки 111
3.4.1. Методы скважинной электроразведки постоянным током . . . 112
А. Метод электрической корреляции . . . . . —

Б. Скважинный вариант метода заряда с измерением магнитного поля . . . 116
3.4.2. Метод дипольного электромагнитного профилирования в скважинах . . . 118
3.4.3. Радиоволновые методы . . . 122
А. Межскважинные радиоволновые измерения . . . 123
Б. Односкважинные радиоволновые измерения . . . 126
3.4.4. Скважинный вариант метода естественного электрического поля . . . 129
3.4.5. Скважинный вариант метода вызванной поляризации . . . 132
3.4.6. Скважинный вариант метода переходных процессов . . . 138
3.4.7. Контактный способ поляризационных кривых . . . 139
3.4.8. Метод частичного извлечения металлов . . . 150
3.5. Шахтно-рудничная электроразведка . . . 155
3.5.1. Метод дипольного индуктивного профилирования в железорудных карьерах . . . 156
3.5.2. Шахтный вариант метода дипольного электромагнитного профилирования . . . 158
3.5.3. Метод вызванной поляризации при картировании руд в карьерах месторождений цветных металлов . . . 159
3.5.4. Электромагнитные измерения в скважинах подземного бурения с помощью комплексных станций . . . 160
3.5.5. Шахтно-рудничные радиоволновые измерения . . . 162
3.6. Аэроэлектроразведка . . . 165
3.6.1. Общие положения . . . —
3.6.2. Аэроэлектроразведка методом длинного кабеля . . . 175
3.6.3. Аэроэлектроразведка методом радиокип . . . 181
3.6.4. Аэроэлектроразведка методом дипольного индуктивного профилирования . . . 185
3.6.5. Аэроэлектроразведка методом переходных процессов . . . 190
3.7. Морская электроразведка . . . 193
3.7.1. Общие положения . . . —
3.7.2. Дипольно-осевое зондирование с непрерывными измерениями 194
3.7.3. Морской вариант зондирования становлением электромагнитного поля . . . 195
3.7.4. Электропрофилирование с непрерывными измерениями . . . 197
3.7.5. Электрозондирование многоэлектродными установками при движении судна . . . 198
3.7.6. Морской вариант магнитотеллурического зондирования . . . 199
3.7.7. Морской вариант метода естественного электрического поля 200
3.8. Документация и полевая обработка материалов . . . —
3.9. Технический контроль и оценка качества работ . . . 204

4. Камеральная обработка материалов и отчетность . . . 208
4.1. Камеральная обработка материалов . . . —
4.2. Отчетность . . . 210

5. Изучение электрических и магнитных свойств горных пород и полезных ископаемых . . . 214
5.1. Общие положения . . . —
5.2. Изучение электрических и магнитных свойств образцов . . . 218
5.2.1. Лабораторное изучение электрических и магнитных свойств образцов . . . —
5.2.2. Определение магнитной проницаемости образцов по измерениям дипольными установками . . . 220
5.3. Изучение поляризуемости горных пород и руд на образцах . . . 221
5.4. Параметрические измерения в естественных условиях . . . —
5.5. Изучение термопотенциалов образцов . . . 223

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Ориентировочные сведения по масштабам 227
2. Форма дневника электроразведочной партии (отряда) 228
3. Общая форма титульного листа журнала 229
4. Общая форма оглавления журнала . . . . . —
5. Мероприятия, необходимые для охраны недр и окружающей среды . . . 230
6. Форма журнала для полевых наблюдений методом естественного поля при работе в модификации потенциала 231
7. Форма журнала для полевых наблюдений методом естественного поля при работе в модификации градиента потенциала 232
8. Форма журнала для полевых наблюдений методом заряда при работе в модификации градиента . . . . . —
9. Форма журнала для полевых наблюдений методом заряда при работе в модификации потенциала 233
10. Форма журнала для полевых наблюдений методом заряда с привязкой изолиний потенциала . . . . . —
11. Форма журнала для наземных наблюдений методом заряда с измерением магнитного поля 234
12. Форма журнала для полевых наблюдений методом заряда для решения гидрогеологических задач . . . . . —
13. Палетка для определения максимальной длины провода при разных удельных сопротивлениях пород 235
14. Форма журнала для обработки наземных наблюдений методом заряда с измерением магнитного поля 236
15. Форма журнала градуировки магнитных входных преобразователей (датчиков) аппаратуры для метода заряда . . . . . —
16. Форма журнала для скважинных наблюдений методом заряда с измерением магнитного поля 237
17. Форма журнала для обработки скважинных наблюдений методом заряда с измерением магнитного поля . . . . . —
18. Форма журнала для полевых наблюдений методом электропрофилирования 238
19. Схемы и рекомендуемые размеры незаземленных приемных линий . . . 239
20. Схемы, рекомендуемые размеры и таблицы коэффициентов $\lg K_T$ незаземленных емкостной и индуктивной питающих линий установки срединного градиента . . . . . —
21. Схемы и рекомендуемые размеры незаземленных установок дипольного и комбинированного профилирования 241
22. Применяемые установки . . . . . —
23. Форма журнала для наблюдений методом зондирования со стрелочным индикатором 242
24. Форма журнала генераторной группы для наблюдений методом зондирования со станцией . . . . . —
25. Форма журнала полевой лаборатории для наблюдений методом зондирования со станцией 243
26. Значения коэффициентов K 244
27. Разносы питающих и приемных линий для симметричных четырехэлектродных установок ВЭЗ с более частым шагом 246
28. Программа измерений азимутального зондирования . . . . . —
29. Формы паспорта осциллограммы . . . . . —
30. Форма журнала регистрации осциллограмм 247
31. Форма журнала эталонировки . . . . . —
32. Форма журнала обработки осциллограмм 248
33. Форма журнала для вычислений $\rho_к$ . . . . . —
34. Номограмма функции L^* 250
35. Номограмма функции $\overline{M}$ 251
36. Номограмма коэффициента $\bar{p}$ . . . . . —
37. Номограмма функции $\overline{Q}$ 252

38. Связь параметров ВП на импульсном и переменном токе 253
39. Коэффициенты времени P 254
40. Формы полевых журналов для наблюдений методом вызванной поляризации при работе с осциллографом . . . . . —
41. Формы полевых журналов для наблюдений методом вызванной поляризации при работе со стрелочным прибором (установка градиента) 256
42. Форма журнала для наблюдений при определении фазовых сдвигов φ_{AB} в питающей линии 257
43. Форма журнала для наблюдений методом вызванной поляризации с измерением фазового сдвига (ИНФАЗ ВП) в одночастотном режиме 258
44. Форма журнала для наблюдений методом вызванной поляризации с измерением фазового сдвига (ИНФАЗ ВП) в двухчастотном режиме 259
45. Форма журнала для наблюдений методом вызванной поляризации с измерением амплитуды 260
46. Форма журнала эталонировки . . . . . —
47. Форма полевого журнала для методов магнитотеллурического профилирования (зондирования) 261
48. Форма журнала полевой станции . . . . . —
49. Форма журнала базисной станции 262
50. Форма паспорта осциллограммы в методах магнитотеллурического профилирования (зондирования) . . . . . —
51. Форма паспорта теллурограммы 263
52. Форма журнала регистрации осциллограмм . . . . . —
53. Форма журнала регистрации теллурограмм . . . . . —
54. Форма журнала обработки осциллограмм по способу векторов поляризации 264
55. Форма паспорта магнитограммы 265
56. Схема расположения установки . . . . . —
57. Форма журнала построения эллипсов в методе теллурических токов 266
58. Форма журнала для вычислений параметра $\mathcal{H}$ в методе теллурических токов 267
59. Форма журнала векторов вариаций . . . . . —
60. Рекомендуемые значения разносов L при дистанционном зондировании 268
61. Выражения для оценки напряженности электрического и магнитного поля 269
62. Форма журнала для полевых наблюдений методом зондирования гармоническим электромагнитным полем с вертикальным магнитным диполем 270
63. Выражения для вычисления значений ρ_ω 271
64. Графики для интерпретации электромагнитных зондирований 272
65. Форма журнала эталонирования в методе зондирования становлением электрического поля 273
66. Форма журнала для вычислений l_{AB} и L в методе зондирования становлением электрического поля 274
67. Форма журнала коэффициентов установок в методе зондирования становлением электрического поля 275
68. *Форма журнала аналоговой полевой лаборатории в методе зондирования* становлением электрического поля . . . . . —
69. Форма журнала генераторной группы в методе зондирования становлением электрического поля 276
70. Форма журнала цифровой полевой лаборатории в методе зондирования становлением поля 277
71. Форма паспорта осциллограммы (магнитограммы) в методе зондирования становлением поля . . . . . —
72. Форма журнала регистрации осциллограмм в методе зондирования становлением поля . . . . . —
73. Форма журнала для обработки осциллограмм в методе зондирования становлением поля 278
74. Форма журнала для обработки магнитограмм в методе зондирования становлением поля . . . . . —

75. Номограммы для определения поправок η_1, η_2 на длину питающей линии при измерении компонент E_x (*а*) и B_z (*б*) 279
76. Таблица функций $F(m)$ и $f(m)$ 280
77. Форма полевого журнала для наблюдений методом зондирования в модификации переходных процессов . . . . . —
78. Форма полевого журнала для записи силы тока в петле или кабеле при работе методами незаземленной петли и длинного кабеля 281
79. Форма полевого журнала для наблюдений методами незаземленной петли и длинного кабеля . . . . . —
80. Форма журнала для расчета средних погрешностей методами незаземленной петли и длинного кабеля 282
81. Форма журнала для наблюдений методом дипольного электромагнитного профилирования 283
82. График зависимости угла наклона ψ большой оси эллипса поляризации магнитного поля к горизонту от $\tilde{\rho}/(L^2 f)$ 284
83. График зависимости $|h_z|/|h_r|$, $|a|/|b|$ от $\tilde{\rho}/(L^2 f)$ . . . . . —
84. Форма полевого журнала для наблюдений полуосей эллипса поляризации методом дипольного электромагнитного профилирования . . . 285
85. Форма полевого журнала для наблюдений методом переходных процессов в однопетлевом варианте . . . . . —
86. Форма полевого журнала для наблюдений на одном времени задержки методом переходных процессов в рамочно-петлевом варианте . . . 286
87. Форма полевого журнала для наблюдений переходных характеристик методом переходных процессов в рамочно-петлевом варианте . . . . —
88. Форма полевого журнала для обработки наблюдений методом переходных процессов 287
89. Толщина скин-слоя немагнитных пород δ . . . . . —
90. Схема расположения приемной рамки в вертикальной плоскости при измерении составляющих H_φ (*а*), H_z (*б*), α (*в*) 288
91. Схема расположения приемной рамки и приемной линии MN в плане при полевых измерениях составляющих H_φ и E_r . . . . . —
92. Форма полевого журнала для наблюдений методом радиокип . . . . . —
93. График корреляции значений средней напряженности $E_{ср}$ переменного естественного электрического поля и среднего удельного сопротивления пород ρ для районов СССР 289
94. Форма полевого журнала для наблюдений методом переменного естественного электрического поля 290
95. Номограмма для определения отношения главных осей эллипса поляризации ПЕЭП $\chi_{E_{ср}}$ 291
96. Номограмма для определения площади эллипса поляризации ПЕЭП $S_{E_{ср}}$ 292
97. Номограмма для определения угла между линией профиля съемки и большой осью эллипса поляризации ПЕЭП $\alpha_{E_{ср}}$ 293
98. Форма полевого журнала для метода переменного естественного магнитного поля 294
99. Форма полевого журнала для метода блуждающих токов 295
100. Форма штампа полевой диаграммы для метода блуждающих токов 296
101. Форма журнала регистрации корреляционных кривых . . . . . —
102. Палетка МЭК-РТ-3 298
103. Палетка МЭК-РТ-4 299
104. Форма полевого журнала для наблюдений методом дипольного электромагнитного профилирования в скважине 300
105. Форма штампа диаграммной ленты 301
106. Форма журнала учета диаграммных лент . . . . . —
107. Форма журнала для наблюдений по межскважинному и односкважинному радиопросвечиванию (запись по точкам) 302
108. Форма журнала для наблюдений по межвыработочному и одновыработочному радиопросвечиванию 303
109. Форма журнала для вычислений при интерпретации лучевым способом 304

110. Форма журнала для вычислений при интерпретации скважинных измерений способом кажущихся коэффициентов поглощения 304
111. Форма полевого журнала для наблюдений методом естественного электрического поля в скважинном варианте 306
112. Форма полевого журнала для наблюдений методом переходных процессов в скважинном варианте . . . . . —
113. Поляризационные кривые для сплошных и прожилковых руд 307
114. Схема полевой установки и аппаратуры КСПК в основной, увязочной и поисковой модификациях 308
115. Форма полевого журнала для регистрации данных при поиске места контакта 309
116. Форма полевого журнала для наблюдений контактным способом поляризационных кривых . . . . . —
117. Потенциалы электрохимических реакций для основных рудных минералов 310
118. Расчет состава и размеров рудных тел по результатам наблюдений КСПК 311
119. Форма первичного бланка поляризационных кривых 315
120. Форма журнала приема и сдачи смен . . . . . —
121. Форма журнала для метода частичного извлечения металлов 316
122. Номограмма для определения поправки при расчете $\mu_{отн}$ по данным измерения над магнитной средой на высоте h для дипольных установок. . . . . —
123. График корреляционной зависимости между $\mu_{отн}$ и Fe_{mgt} для пород и руд Скелеватского месторождения 317
124. Форма полевого журнала для наблюдений методом вызванной поляризации в карьере . . . . . —
125. Таблица отношений токов смещения к току проводимости при различных значениях частоты электромагнитного поля, удельного сопротивления и диэлектрической проницаемости среды 318
126. Форма штампа для диаграммы и журнала регистрации диаграмм каротажа скважин подземного бурения . . . . . —
127. Номограмма для определения σ и $\varkappa$ пласта $\alpha = H/L = 2$ 319
128. Номограмма для определения удельного сопротивления ρ и диэлектрической проницаемости ε 320
129. Форма паспорта диаграммы по методу длинного кабеля 321
130. Форма журнала работы генераторной группы 322
131. Форма журнала приемки диаграмм по методу длинного кабеля . . . . —
132. Трафарет для обработки диаграмм по методу радиокип 323
133. Форма паспорта диаграммы по методу радиокип. Форма журнала регистрации диаграмм по методу радиокип 324
134. Форма паспорта диаграммы по методу ДИП-А 325
135. Номограмма для определения продольной проводимости локальных объектов . . . . . —
136. Форма паспорта диаграммы по аэроэлектроразведке методом переходных процессов 326
137. Форма журнала для измерения электрических свойств с прибором ИЭМС-1 327
138. Формы журналов для измерения электрических свойств с прибором ИЭМС-3м . . . . . —
139. Обработка результатов измерений образцов горных пород и руд . . . 329
140. Схема установки для параметрических измерений 333
141. Форма журнала для регистрации результатов измерения термоэдс типоморфных рудных минералов 334

Список литературы 335

gost.e-ecolog.ru