

Б. К. КУНШТИКОВ
М. К. КУНШТИКОВА

ОБЩИЙ КУРС
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



Б. К. КУНЩИКОВ,
М. К. КУНЩИКОВА

ОБЩИЙ КУРС
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ПРАКТИЧЕСКИЕ
И ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

*Допущено Министерством высшего и
среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для геологоразведочных и нефтяных
техникумов*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
МОСКВА 1972

Общий курс геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Куншиков Б. К., Куншикова М. К. М., изд-во «Недра», 1972. 288 стр.

В учебном пособии дано краткое описание устройства наиболее распространенной аппаратуры для геофизических исследований и приведены правила работы с ней. В семи разделах освещаются следующие вопросы: в разделе «Магниторазведка» — устройство магнитометра М-23, измерителя магнитной восприимчивости ИМВ-2, аэромагнитометра АММ-13, подготовка аппаратуры к полевым измерениям и техника полевых наблюдений с ней, камеральная обработка результатов наземных и аэромагнитных съемок; «Гравиразведка» — устройство гравиметрической аппаратуры (гравиметра ГАК-7Т, градиентометра ГРБМ-2), работа с ней, приемы обработки полевых материалов; «Сейморазведка» — устройство сейморазведочной станции типа «Поиск» и вспомогательного оборудования, камеральная обработка полевых сейморазведочных данных; «Электроразведка» — устройство аппаратуры для различных методов электроразведки (ЭСР-4, ЭРС-16,5-58, АНЧ-1, ВПО-62, МПО-1, ИЖ-3, «Земля-2», ПИП-2, СРП-6), методика и техника полевых работ и первичная обработка материалов; «Радиометрия» — устройство полевой радиометрической аппаратуры (радиометров РПП-1, СРП-2, эманометров), лабораторных установок (ДП-100, ЛАС), аппаратуры для ядерно-геофизических исследований, счетчиков радиоактивности; «Геохимические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» — устройство спектральной лаборатории ИСП-28 и правила работы с ней, методы расшифровки спектрограмм, аппаратура для методов физико-химического анализа; «Геофизические исследования скважин» — устройство автоматических каротажных станций АЭС-900 (1500), АКС-4, аппаратуры радиоактивного, магнитного и газового каротажа (радиометров ПРКС-2, ДРСТ-2, КМК-3, ГКС-3), различные операции в скважинах, методика и техника наблюдений, основные принципы геологической интерпретации материалов. Приведены основные правила техники безопасности при выполнении практических и лабораторных работ.

Таблиц 24, иллюстраций 128, список литературы — 15 названий.

Рецензенты:

1. Доктор технических наук, профессор Московского геологоразведочного института А. Г. Тарзов.
2. Киевский геологоразведочный техникум.



ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение предмета «Общий курс геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» на отделениях геофизической специальности геологоразведочных техникумов имеет большое значение для подготовки будущих техников-геофизиков. Этот предмет рассматривается не только как вводный курс в общую разведочную геофизику, но и как возможность ознакомления учащихся с геофизическими методами, не предусмотренными той или иной специализацией.

Важное звено общего курса геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых составляют лабораторные и практические занятия, в процессе которых учащиеся изучают принципы действия и устройства основной аппаратуры, проводят ее настройку и измерения, выполняют первичную камеральную обработку материалов. Учащиеся и преподаватели испытывают большие затруднения из-за отсутствия специальной литературы с кратким изложением в доступной форме содержания проводимых лабораторных и практических работ. В имеющихся специальных изданиях для техникумов по электроразведочной (И. В. Горячко, 1968 г.), каротажной (И. Я. Ривкин, 1964 г.; Л. И. Померанц и В. Т. Чукин, 1966 г.), гравиразведочной (Н. Б. Сажина и Н. П. Грушинский, 1966 г.) аппаратуре подробно рассматриваются принципиальные схемы, детально описываются конструкции приборов и не всегда полно излагаются методика и техника работы с аппаратурой.

На изучение отдельных геофизических приборов программой отводится в основном 2—4 и реже 6 ч, поэтому ясно, что указанные издания не могут быть использованы в качестве пособий для лабораторных и практических работ.

Заводские инструкции также мало пригодны для проведения практических работ, так как в них либо излишне подробно описана аппаратура, либо они имеют характер проспектов.

Предлагаемое авторами учебное пособие является первой попыткой восполнить отмеченный выше пробел.

Пособие содержит следующие разделы: «Магниторазведка», «Гравиразведка», «Сейсморазведка», «Электроразведка», «Радиометрия», «Геохимические

методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», «Геофизические исследования скважин».

На основе материала, изложенного в настоящем учебном пособии, преподаватель должен составить конкретную программу лабораторных и практических занятий по каждому разделу с учетом специализации, аппаратурной обеспеченности техникума и других факторов. Все выполняемые работы должны быть максимально приближены к условиям производства: для наблюдения по методам магниторазведки, гравиразведки, индуктивным методам электро-разведки и геофизическим методам исследования скважин должен быть создан специальный учебный полигон, измерения по остальным методам могут выполняться на моделирующих приспособлениях и эталонах.

МАГНИТОРАЗВЕДКА

Глава I

АППАРАТУРА ДЛЯ НАЗЕМНЫХ МАГНИТНЫХ СЪЕМОК

§ 1. Магнитометр М-23

Магнитометр М-23 предназначен для измерения вертикальной составляющей магнитного поля при наземных магниторазведочных работах. Его серийный выпуск начат в 1963 г. Магнитометр М-23 является высокопроизводительным надежным прибором.

1. Принцип действия прибора. Чувствительным элементом магнитометра М-23 (рис. 1) является подвижный постоянный магнит 1 с зеркалом 2, вращающийся в вертикальной плоскости. Магнит укреплен на металлической нити 3, натянутой на рамке 4.

Под действием магнитного поля магнит 1 будет отклоняться от горизонтального положения на угол, пропорциональный величине действующего поля. В магнитометре М-23 применен нулевой способ отсчета, т. е. на каждой точке магнит 1 выводится в горизонтальное положение двумя постоянными компенсационными магнитами: магнит 5, называемый измерительным, осуществляет плавную компенсацию магнитного поля в пределах 6000 *гамм*, магнит 6, называемый диапазонным, служит для расширения диапазона измерения компенсируемого поля и применяется в том случае, когда напряженность измеряемого поля превышает по абсолютной величине 6000 *гамм*. Оба компенсационных магнита вращаются в вертикальных плоскостях, вследствие чего меняется расстояние между чувствительным элементом 1 и компенсационными магнитами и, следовательно, величина взаимодействующего момента.

При помощи диапазонного магнита осуществляется грубая ступенчатая компенсация магнитного поля через 2500—3500 *гамм*. Всего ступеней 16 (по 8 ступеней в сторону увеличения и в сторону уменьшения напряженности магнитного поля). Так как магнитная система в магнитометре М-23 приводится в горизонтальное положение на каждой точке, то тем самым действие *H*-составляющей магнитного поля исключается и в принципе ориентировка прибора не требуется. Действие *H*-составляющей полностью исключается из результатов наблюдений только в том случае, когда ось вращения чувствительного магнита и его магнитная ось горизонтальны, т. е. когда магнит занимает строго горизонтальное положение. Однако на практике очень трудно осуществить строгую горизонтальность магнитной оси системы, поэтому при точных измерениях рекомендуется на глаз ориентировать магнитную стрелку перпендикулярно магнитному меридиану, чтобы избежать погрешностей за счет влияния *H*-составляющей. Поскольку при работе с магнитометром М-23 не требуется строгой ориентировки, прибор можно не снимать с треноги при переходе с одной точки на другую.

2. Устройство прибора. Магнитометр М-23 состоит из следующих основных узлов: магниточувствительного блока, отсчетного устройства, корпуса и треноги.

В магниточувствительный блок входят подвижный, измерительный и диапазонный магниты, магнит температурной компенсации, юстировочный магнит, арретир.

Подвижный магнит 1 (см. рис. 1) — чувствительный элемент магнитометра — представляет собой магнитный стержень, заключенный в оправу, несущую на себе зеркало.

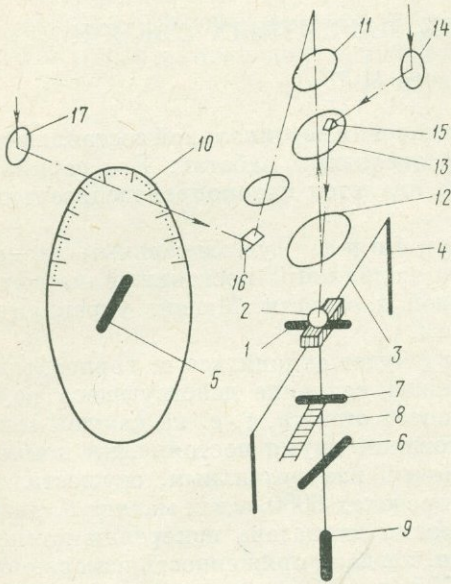


Рис. 1. Принципиальная схема действия магнитометра М-23.

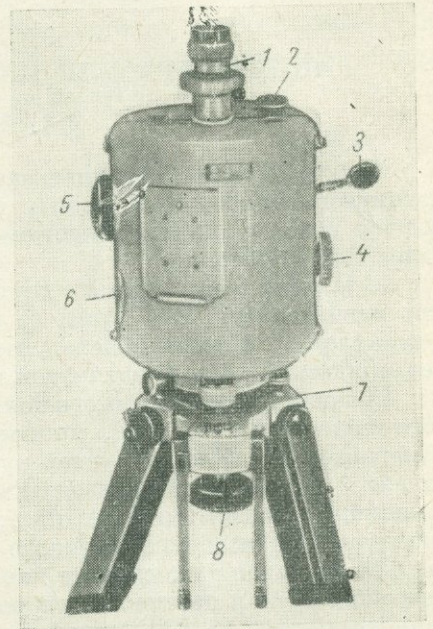


Рис. 2. Внешний вид магнитометра М-23.

Для предохранения чувствительного элемента и металлической нити от повреждений при переездах и переходах с одной точки на другую система снабжена арретирующим устройством. Арретирующее устройство представляет собой П-образный рычаг с ползунками, который захватывает оправу и выводит ее в нерабочее положение. Ручка 4 арретира (рис. 2) выведена наружу корпуса прибора; она имеет два фиксированных положения, обозначенных буквами А («Арретировано») и Р («Разарретировано»).

Измерительный магнит, которым осуществляется плавная компенсация магнитного поля, жестко связан со шкалой, укрепленной на кронштейне; ручка 5 измерительного механизма находится на внешней стороне прибора.

В узел диапазонного магнита входят магнит 6 (рис. 1 и 2) и связанный с ним переключатель ступеней компенсации. Переключатель представляет собой круглый диск с фиксатором. Под ручкой диапазонного механизма, выведенной к внешнему корпусу прибора, прикреплена шкала с указанием ступеней компенсации.

Температурный коэффициент магнитометра М-23 очень мал — всего 1 *гамм/град*. Он достигается путем применения температурного компенсатора, представляющего собой магнит 7 (см. рис. 1), укрепленный на биметаллической пластине 8. Этим магнитом компенсируются показания прибора, обусловленные влиянием температуры.

Положение магнита температурного компенсатора изменяют при помощи стопорной гайки в случае, если получена величина температурного коэффициента, превышающая 1 *гамм/град*. Доступ к магниту температурного компенсатора открывается после снятия теплоизоляционного кожуха и боковой крышки корпуса.

Магнит температурной компенсации, положение которого меняется при регулировке температурного коэффициента, будет создавать дополнительное магнитное поле, влияющее на показания прибора. Компенсация вертикальной составляющей этого поля осуществляется так называемым юстировочным магнитом 9, который крепится к корпусу прибора и может вращаться вокруг своей оси на 360°; его гайка выведена наружу. Юстировочным магнитом пользуются только при регулировке температурного коэффициента.

Отсчет по шкале прибора берут в момент, когда чувствительный элемент — подвижный магнит — занимает горизонтальное положение. Горизонтальность магнита определяют по совпадению индекса на нем с нулевой линией оптического устройства. Нулевая линия — индекс нанесена на пластинке 13, расположенной в окуляре прибора.

Рассмотрим ход лучей в оптической схеме (см. рис. 1). Луч света от зеркала 14 подсветки индекса направляется к призме 15, преломившись в ней, пройдя пластинку 13 с индексом и объектив 12, попадает на зеркало 2 магнита, на котором нанесены две параллельные риски, представляющие собой подвижный индекс. Отразившись от зеркала, луч света попадает в окуляр 11. Шкала измерительного устройства видна также в окуляре. Ход лучей, дающих изображение шкалы: зеркало подсветки 17 — шкала 10 — призма 16 — окуляр 11. Таким образом, в окуляре видны неподвижная нулевая линия, находящаяся в центре поля зрения, подвижный индекс магнита и шкала, на которой нанесены 600 делений.

Отсчет по шкале записывают (относительно нулевой линии) в момент совпадения нулевой линии с подвижным индексом.

Все детали прибора помещены в металлическом корпусе. Для защиты магнитометра от резких колебаний температуры на его корпус надевают теплоизоляционный кожух из пенопласта, состоящий из двух половин, которые скрепляются защелками.

В верхней части корпуса находятся оптическая труба 1 (см. рис. 2), ампула 2 с силикагелем, предназначенная для уменьшения влажности внутри прибора, один круглый и два цилиндрических уровня. На боковой поверхности прибора имеются два окна, закрытые съемными крышками. Эти окна открывают доступ к внутренним деталям прибора при его настройке.

С внутренней стороны корпуса магнитометра расположены термометры, по которым снимают показания температуры в диапазоне от -5° до $+45^{\circ}$ С. Во время снятия показаний термометры отражаются в зеркале откидной дверцы кожуха. В нерабочем положении дверца закрывается.

На внешнюю боковую поверхность корпуса выведены ручки управления диапазоном 6 и измерительным 5 магнитами, ручка 4 арретира, гайка юстировочного магнита и зеркала 3 подсветки шкалы и индекса. Положение северного конца подвижного магнита отмечено буквой «С».

Магнитометр может вращаться вокруг своей оси на 360° и быть закреплен в определенном положении стопорным винтом.

Для установки прибора над точкой наблюдения служит тренога со столиком 7. На столике имеются три нивелировочных винта, при помощи которых прибор устанавливают в горизонтальное положение по уровням. В нижней части столика находится невыпадающий винт 8, позволяющий жестко скреплять прибор с треногой.

3. Подготовка прибора к работе. а) *Проверка механической исправности прибора.* Подготовка магнитометра М-23 к работе начинается с проверки механической исправности прибора. Перед началом работ проверяют плавность вращения ручек арретира и компенсационных магнитов, состояние нивелировочных винтов, надежность крепления магнитометра на треноге, состояние осушителя, видимость шкалы.

Осушитель (силикагель) необходимо проверять ежедневно. Свежий силикагель, пригодный для работы, имеет синий цвет. За цветом силикагеля следят через верхнюю прозрачную крышку ампулы. Если силикагель стал розовато-лиловым, его необходимо заменить. Для замены силикагеля ампулу вывинчивают из корпуса прибора, засыпают свежий силикагель в сетчатый цилиндр. Отработанный силикагель можно снова использовать. Его просушивают при температуре $60-90^\circ\text{C}$, после чего он вновь приобретает синюю окраску.

Видимость шкалы и индекса регулируют, меняя положение зеркал подсветки и меняя положение окуляра по высоте.

Постоянные магнитометра (цена деления шкалы, величина поля ступеней диапазонного магнита, температурный коэффициент) определяют перед началом работы в мастерской и контролируют в дни профилактического ремонта, обычно один раз в месяц.

б) *Определение цены деления шкалы магнитометра.* Цену деления ϵ шкалы прибора необходимо знать для того, чтобы отсчеты в делениях перевести в гаммы.

Принцип определения цены деления заключается в том, что при помощи электрического тока создается известное магнитное поле в центре системы. Известное поле делят на число делений, на которое отклонилась стрелка прибора в результате действия этого поля, и узнают число гамм, приходящееся на одно деление шкалы. Рассмотрим способ определения цены деления шкалы магнитометра при помощи колец Гельмгольца.

Кольца Гельмгольца КГ-1 могут создавать магнитные поля интенсивностью от 15 до 6000 гамм (при напряжении источника питания 3в и 6в). Величина создаваемого поля зависит от силы тока i и определяется формулой

$$\Delta Z = Ki,$$

где K — постоянная колец, зависящая от числа витков обмотки и диаметра витков.

Величину ϵ определяют при помощи колец Гельмгольца в следующем порядке.

1. На треногу с помощью специальной подставки устанавливают кольца и собирают схему измерений, показанную на рис. 3. Схема состоит из колец K , переключателя полярности тока Π , миллиамперметра mA , реостата регулировки тока R и батареи B .

2. На столик треноги помещают прибор, который нивелируют и закрепляют стопорным винтом в одной ориентировке.

3. Пускают ток в кольца определенной силы i и берут отсчет n_1 по шкале магнитометра.

4. Сменив направление тока на обратное (переключателем полярности П), берут отсчет n_2 . Цену деления определяют по формуле

$$\varepsilon = \frac{2Ki}{n_1 - n_2}.$$

Величину тока выбирают так, чтобы разность отсчетов $n_1 - n_2$ была не менее 30—40 делений.

Цену деления ступени ($\varepsilon_{\text{ст}}$ в *гамм/см*) определяют, зная цену деления шкалы (ε) и число делений шкалы (Δn), на которые изменяется отсчет магнитометра при переключении ручки диапазонного механизма на одну ступень. Таким образом,

$$\varepsilon_{\text{ст}} = \varepsilon \Delta n.$$

в) *Определение и регулировка температурного коэффициента.* Для определения температурного коэффициента магнитометр помещают в термостат

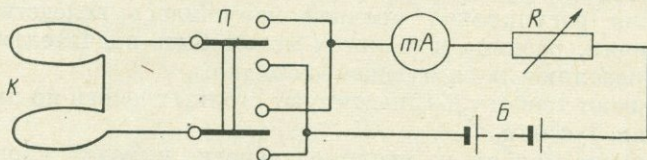


Рис. 3. Схема включения колец Гельмгольца.

и нагревают до температуры $+(40 \div 45)^\circ \text{C}$. После нагревания прибор устанавливают на треногу, нивелируют, дезарретируют и записывают показания прибора и термометра через каждые 5—10 мин. По результатам измерений строят кривую зависимости показаний прибора от отсчетов температуры и по ней определяют температурный коэффициент C_t (в *гамм/град*) как отношение изменения отсчетов Δn в гаммах к разности температур:

$$C_t = \frac{\Delta n \varepsilon}{\Delta t}.$$

Максимально допустимая величина C_t для магнитометра М-23 составляет ± 1 *гамм/град*.

Если температурный коэффициент превышает допустимую величину, его регулируют магнитом температурной компенсации. Для регулировки коэффициента C_t сначала открывают доступ к магниту температурной компенсации, сняв теплоизоляционный кожух и боковую крышку корпуса со стороны зеркала подсветки подвижного индекса. Магнит может вращаться по часовой стрелке или против нее в зависимости от знака температурного коэффициента.

Если в результате испытания получен большой отрицательный коэффициент, то ось магнита вращают по часовой стрелке отверткой (на угол $10-15^\circ$). Если коэффициент положительный, магнит вращают против часовой стрелки. Положение магнита закрепляют стопорной гайкой, предварительно ослабленной.

Поскольку в результате изменения положения магнита температурной компенсации отсчет прибора изменится, чувствительный магнит возвращают

в горизонтальное положение юстировочным магнитом, управление которым выведено на наружную поверхность корпуса прибора. Юстировочный магнит закрепляют стопорным винтом, после чего устанавливают снятую боковую крышку корпуса и надевают на корпус теплоизоляционный кожух.

Определение и регулировку температурного коэффициента продолжают до тех пор, пока он не достигнет 1 гамм/град или меньшей величины.

г) *Регулировка уровней.* Для высокой точности работы с магнитометром М-23 необходимо, чтобы его чувствительный элемент на каждой точке наблюдения занимал строго горизонтальное положение. Горизонтальность чувствительного элемента определяется углом между его осью вращения и горизонталью (угол α) и углом между магнитной осью магнита и горизонталью (угол i). Углы α и i должны быть минимальными. Влияние увеличения углов α и i на показания прибора обнаруживается по расхождению отсчетов по шкале в азимутах С—В и С—З (угол α), С—С и С—Ю (угол i).

Если уровни отрегулированы правильно, то при установке прибора в горизонтальное положение по уровням разница в указанных отсчетах не превышает $10\text{--}15 \text{ гамм}$. Если регулировка уровней нарушилась вследствие действия механических причин, разница в отсчетах может быть значительной. Практически угол α определяют в следующем порядке.

1. Устанавливают треногу и ориентируют столик треноги по линии запад—восток при помощи буссоли.

2. Устанавливают прибор на столике треноги, выводят уровни в строго горизонтальное положение, пользуясь нивелировочными винтами столика.

3. Берут два отсчета при ориентировках прибора С—В и С—З. По величине их расхождения судят о величине угла α . Если получилось большое расхождение в отсчетах (более 15 гамм), то устранить его и отрегулировать поперечный уровень можно лишь в заводских условиях путем изменения угла наклона чувствительного элемента в вертикальной плоскости.

Порядок определения угла i и регулировки продольного уровня следующий.

1. Устанавливают треногу таким образом, чтобы два из трех нивелировочных винтов располагались по линии восток — запад.

2. Берут отсчеты по шкале прибора в положениях С—Ю и С—В. Допустим, отсчет по шкале прибора при ориентировке С—Ю составляет 340 делений, а в положении С—В он равен 320 делениям. Тогда при цене деления 10 гамм/дел расхождение составит $200 \frac{1}{2} \text{ гамм}$.

Для устранения полученного расхождения отсчет при ориентировке прибора С—Ю уменьшают до величины отсчета при ориентировке прибора С—В, наклоняя продольный уровень на угол i . С этой целью, наблюдая за положением подвижного индекса, вращают третий нивелировочный винт до тех пор, пока подвижный индекс не займет положение, при котором отсчет будет равен 320 делениям. Поперечный уровень в это время должен оставаться посередине. Затем регулировочными винтами продольного уровня выводят последний в горизонтальное положение. После этого, повернув прибор на 180° , нивелировочными винтами на треноге выводят поперечный и продольный уровни в горизонтальное положение и берут отсчет. Если разница в отсчетах еще велика (более 15 гамм), ее снова уменьшают наполовину юстировкой продольного уровня и т. д.

д) *Построение азимутальной кривой.* Азимутальную кривую строят по данным измерений в различных азимутах через 30 , 45 или 90° . В каждом положении прибор нивелируют и берут отсчет. Данные измерений заносятся в таблицу (табл. 1), на основании которой строят азимутальную кривую.

Отсчеты	Азимут, градусы				
	0	90	180	270	360
n	320	320,7	321,0	320,8	320,1
Δn	0	0,7	1,0	0,8	0,1
$\Delta Z = \Delta n \varepsilon$	0	7	10	8	1

На рис. 4 видно, что прибор можно устанавливать приблизительно широтно с ошибкой в ориентации $\pm 45^\circ$ (участок AB). В этом случае погрешность в измерениях за счет ориентации составит менее 1 гамм.

4. Полевые наблюдения с магнитометром. Наблюдения с прибором М-23 выполняют в следующем порядке.

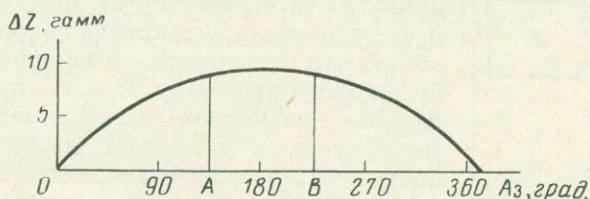


Рис. 4. Азимутальная кривая магнитометра М-23.

1. Прибор, закрепленный на треноге, устанавливают на точке наблюдений, ориентируя его на глаз в широтном направлении.

2. Производят предварительную нивелировку прибора по круглому уровню, затем его положение уточняют по двум цилиндрическим уровням.

3. Разарретируют прибор.

4. Вращая ручку измерительного магнита, подводят риски подвижного индекса симметрично относительно нулевой линии на шкале.

5. Берут отсчет по шкале.

6. Арретируют прибор и, не снимая его с треноги, переносят на следующую точку наблюдений.

В журнале записывают положение переключателя диапазонов магнита, ориентацию прибора, номер точки наблюдения, время, температуру.

Наблюдения с прибором М-23 может выполнять один человек (оператор).

§ 2. Измеритель магнитной восприимчивости ИМВ-2

1. Назначение, краткая техническая характеристика и принцип работы прибора. Прибор ИМВ-2 применяется для измерения магнитной восприимчивости образцов горных пород как в лабораторных условиях, так и в полевых. Он позволяет определять магнитную восприимчивость образцов в интервале измерения $(2 \div 1\,000\,000) \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ с точностью 5%.

В приборе пять диапазонов измерений: 0—100; 0—1000; 0—10 000; 0—100 000; 0—1 000 000 ед. СГСМ $\cdot 10^{-6}$. Цена деления шкалы на первом

диапазоне составляет $1 \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ. Время одного измерения равно 2 мин. Образец должен иметь размеры $40 \times 60 \times 40$ мм.

Питание прибора осуществляется от трех элементов типа «Сатурн» через тумблер, находящийся на лицевой стороне прибора. Один комплект питающих элементов обеспечивает непрерывную работу в течение 250 ч. Вес прибора 2 кг.

В качестве чувствительного элемента 1 в измерителе магнитной восприимчивости ИМВ-2 (рис. 5) применяется магнитный мост, состоящий из четырех пермалловых сердечников. На полюсах сердечников намотаны четыре катушки L_1 — L_4 , которые питаются напряжением синусоидальной формы с частотой 10 000 гц.

Напряжение вырабатывается генератором 2, собранном на триодах. Катушки соединяются таким образом, что магнитные потоки каждой пары катушек направлены навстречу один другому, в результате чего в средней части моста, где находится приемная катушка, магнитный поток равен нулю. Если в промежутке между катушками поместить образец, магнитное сопротивление между обмотками изменится, и в приемной катушке будет индуцироваться э. д. с., прямо пропорциональная магнитной восприимчивости образца. Полученное в приемной катушке напряжение поступает на усилитель 3, а затем на регистрирующий прибор 4, проградуированный в единицах СГСМ.

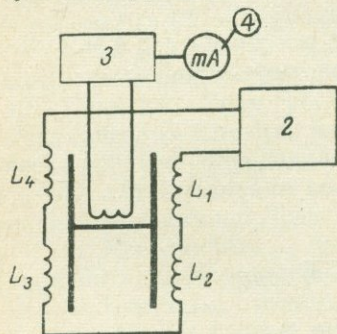


Рис. 5. Блок-схема прибора ИМВ-2.

2. Конструкция прибора. Чувствительный элемент — датчик и радиотехническая схема прибора ИМВ-2 смонтированы в общем

алюминиевом корпусе, снабженном ремнем для переноски. Датчик смонтирован в пластмассовом корпусе и вставлен в карман 6 в правой части алюминиевого корпуса (рис. 6); датчик можно вынимать и укладывать на специальной подставке. На лицевой панели расположены измерительный прибор 5, переключатель диапазонов 1, тумблер включения питания 2, ручка 4 для регулировки нулевого положения стрелки измерительного прибора и винт 3, используемый при калибровке прибора. Кроме того в корпусе датчика имеются два подстроечных винта (один из органического стекла, другой латунный). Эти винты, а также специальный торцовый ключ, который помещается в крышке прибора, используются при балансировке моста.

3. Подготовка прибора к измерениям. При подготовке прибора к измерениям и во время работы с ним оператор не должен иметь при себе металлических предметов. Подготовку выполняют в следующем порядке.

1. Датчик вынимают из гнезда в корпусе прибора и устанавливают на подставке на расстоянии не менее 0,5 м от металлических предметов.

2. Включают питание прибора тумблером 2 (см. рис. 6).

3. Переключатель диапазонов 1 ставят в положение «0».

4. Ручкой 4 («Устан. 0») выводят стрелку прибора на нуль.

5. Переключатель диапазонов переводят в положение «1».

Если при этом стрелка прибора уходит от нулевого положения, дальнейшую регулировку производят регулировочными винтами датчика, пользуясь

специальным ключом. Поворачивая винт из органического стекла, выводят стрелку на нуль.

6. Переключатель диапазонов ставят в положение «10», и в случае ухода стрелки от нуля вновь выводят ее на нуль винтами датчика. Латунным винтом пользуются, когда стрелка уходит от нулевого положения влево.

7. Установку нуля проверяют аналогичным способом в других положениях переключателя диапазонов.

8. Закончив балансировку на крайнем диапазоне «1», датчик помещают в прибор. Если при этом стрелка сместится от нулевого положения, ее выводят на нуль путем перемещения датчика относительно корпуса прибора.

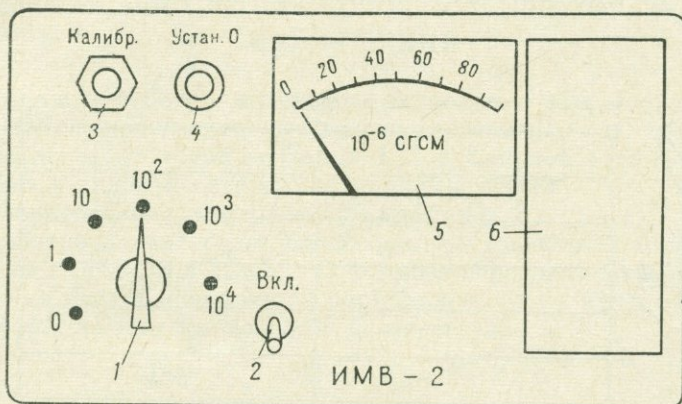


Рис. 6. Пульт управления прибора ИМВ-2.

Далее эталонируют прибор при помощи эталонов, значение магнитной восприимчивости которых известно точно. Ее обычно выполняют на первом диапазоне в следующем порядке.

Переключатель диапазонов ставят в положение «1» и убеждаются в том, что стрелка установлена на нуль. После этого эталон укладывают на датчике и добиваются точного соответствия показания шкалы прибора значению магнитной восприимчивости эталона путем вращения винта 3 («Калибр.»). Затем эталон убирают и проверяют нулевое положение стрелки прибора. Эталонировку производят несколько раз.

4. Измерение магнитной восприимчивости. Измеряемый образец укладывают на датчик так, чтобы он был максимально приближен к полюсам датчика.

Измерение начинают на первом диапазоне. Если стрелка уходит за пределы шкалы, переходят на более грубый диапазон. Если при измерении на каком-либо диапазоне стрелка находится в пределах 0—10 делений шкалы, переходят на более чувствительный диапазон.

Величину магнитной восприимчивости определяют по произведению показания прибора на коэффициент, указанный переключателем диапазонов. Например, при измерении магнитной восприимчивости образца прибор показал 30 делений на диапазоне «10³». Значит, магнитная восприимчивость образца составляет $30 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} = 30\,000 \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ.

Во время измерения постоянно следят за «нулем» прибора. Если имеются помехи, при которых «нуль» неустойчив, измерения производят по разности отсчетов $\Pi_2 - \Pi_1$, где Π_1 — показание прибора без образца на датчике, Π_2 — показание прибора с образцом на датчике.

§ 3. Краткие сведения по методике полевых магниторазведочных работ

При высокоточной магнитной съемке (общей точностью 5—10 гамм) предварительно создают опорную сеть I и II классов. Для съемки средней (15—20 гамм) и низкой точности опорная сеть I класса обычно не нужна. Общая схема уча-

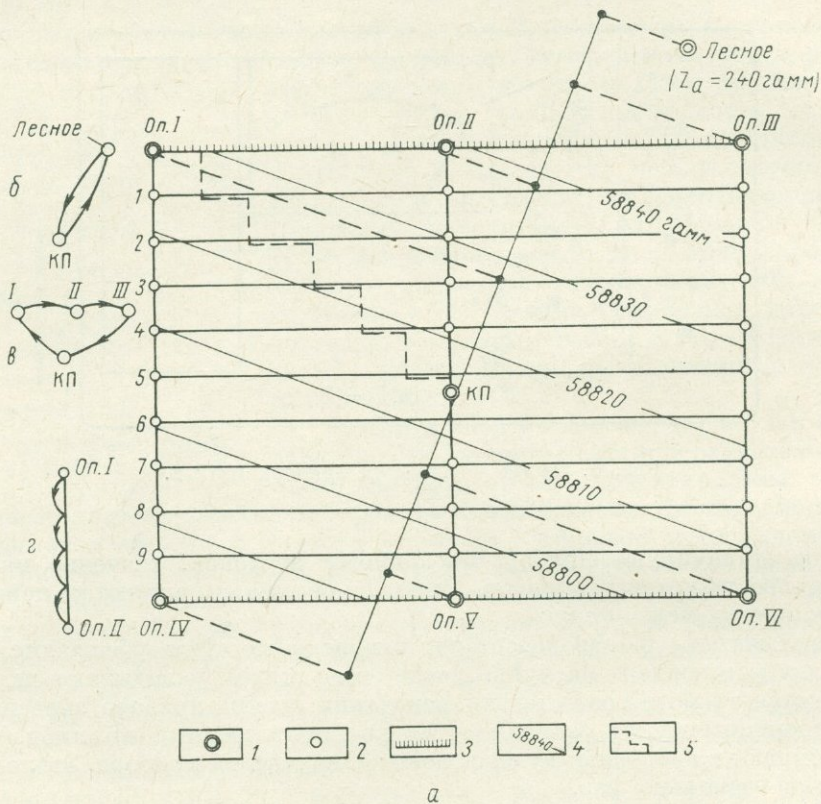


Рис. 7. Схема участка магнитной съемки.

a — участок площадной магнитной съемки; *б* — перенесения значения Z_a на КП, *в* — создания опорной сети I класса, *г* — создания опорной сети II класса; опорные точки: 1 — I класса, 2 — II класса; 3 — профили рядовых наблюдений; 4 — изолинии нормального поля эпохи 1950 г.; 5 — схема контрольных наблюдений.

стка высокоточной магнитной съемки показана на рис. 7. Опорную сеть I класса создают путем многократных наблюдений на опорных точках, образующих замкнутый полигон (рис. 7, *в*). Опорную сеть II класса создают относительно опорных точек I класса (рис. 7, *г*). Наблюдения на опорных точках II класса выполняют двумя-тремя приборами.

Рядовые наблюдения проводят по однократной методике с привязкой к опорным точкам. Контрольные рейсы выполняют обычно по диагональным ходам, что обеспечивает наиболее объективную оценку качества работ. Продолжительность рейсов (опорных, рядовых, контрольных), как правило, равна 2—3 ч. Число контрольных наблюдений на участке должно составлять не менее 3% от числа основных наблюдений.

Глава II

КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЛЕВЫХ МАГНИТОРАЗВЕДОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Камеральную обработку высокоточных полевых магниторазведочных наблюдений можно подразделить на следующие этапы:

- 1) обработка результатов создания КП и опорной сети I и II классов;
- 2) обработка рядовой сети и контрольных рейсов;
- 3) построение планов изодинам Z_a и графиков Z_a .

При обработке магниторазведочных данных вычисляют приращения поля между опорными точками в делениях, которые переводят в гаммы. В полученные приращения вводят поправки за нормальное поле и нуль-пункт.

Общая формула для вычисления Z_a имеет вид

$$Z_a = Z_{a_и} + \Delta Z - \Delta Z_{н. п} \pm \Delta Z_{н. г},$$

где Z_a — аномальное значение магнитного поля в искомой точке; $Z_{a_и}$ — аномальное значение поля в исходной точке (известное); ΔZ — приращение поля между точками; $\Delta Z_{н. п}$ — поправка за нуль-пункт; $\Delta Z_{н. г}$ — поправка за нормальный градиент. Часто $\Delta Z - \Delta Z_{н. п} = \Delta Z'$.

Все вычисления, выполняемые вручную, для удобства заносят в таблицы. При этом во избежание путаницы в знаках в каждом законченном цикле наблюдений, определяя Δn и Δt , вычитают значения n и t на первой исходной точке из всех последующих; циклом называется совокупность наблюдений, связанных общим законом изменения нуль-пункта. Схемы циклов могут быть различные (см. рис. 7), но все они начинаются и заканчиваются на опорных точках. Если придерживаются указанного правила определения ΔZ и $\Delta Z_{н. п}$, то в формуле для вычисления Z_a , приведенной выше, ΔZ алгебраически прибавляют, а нуль-пункт алгебраически вычитают.

Если нуль-пункт находят путем сравнения значения ΔZ , полученного в рейсе, с твердым значением ΔZ между опорными точками, для точного определения знака нуль-пункта пользуются правилом: то, что получено, минус то, что должно быть. Этому правилу следуют при ручной обработке опорной сети II класса и рядовой сети. Например, твердое значение между опорными точками I класса составляет +120 гамм, а при рядовом рейсе получена величина ΔZ между этими же пунктами, равная +136 гамм; тогда величина нуль-пункта составит $136 - 120 = 16$ гамм. Эту величину (от нуля до +16 гамм) пропорционально времени вычитают из всех значений ΔZ рядовых точек.

Поправку за нормальный градиент обычно вводят только в опорные точки I класса и КП, а при обработке опорной сети II класса и рядовой съемки она входит в значение нуль-пункта. Величину $\Delta Z_{н. г}$ вводят в результаты

наблюдений либо с плюсом, либо с минусом. Для определения знака поправки пользуются правилом: $\Delta Z_{н.г}$ вычитается для точек, расположенных севернее исходной точки (КП), и прибавляется для точек, находящихся южнее исходной точки.

§ 4. Обработка результатов создания КП и опорной сети I класса

Рассмотрим обработку цикла, состоящего из двух опорных точек: пункта Лесное с известным значением Z_a и контрольного пункта КП (см. рис. 7, б). Цикл включает три наблюдения, из которых два (первичный отсчет n_1 и повторный отсчет n'_1) взяты на исходном пункте Лесное. Данные полевых наблюдений по четырем приборам вынесены в табл. 2 из полевых журналов.

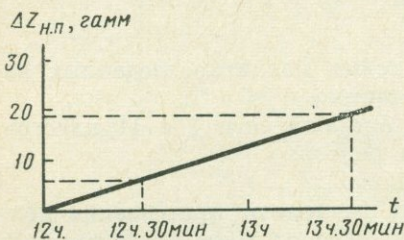


Рис. 8. График изменения нуля-пункта магнитометра.

Пусть первый отсчет в исходной точке Лесное равен 140,2 деления, на КП отсчет равен 155,8 деления. В данном случае по этим отсчетам определяют разницу поля $\Delta n = 155,8 - 140,2 = 15,6$ деления. Умножив разницу отсчетов на цену деления магнитометра (10 *гамм/дел*), получают разницу поля между точками: $\Delta Z = 15,6 \cdot 10,0 = 156$ *гамм*. Такое значение поля между точками было бы в том случае, если бы в показания прибора не входили погрешности. Поэтому находят поправку за нуль-пункт. Величину нуля-пункта определяют, вычислив разницу в отсчетах на

повторной точке Лесное и умножив ее на цену деления магнитометра: $\Delta Z_{н.п.} = (142,0 - 140,2) \cdot 10 = 18$ *гамм*. Таким образом, за 1,5 ч вследствие изменения нуля-пункта отсчет на точке Лесное изменился на 18 *гамм*. Величину изменения отсчета на КП определяют аналитическим или графическим способом. При аналитическом способе вычисляют коэффициент K , характеризующий скорость изменения нуля-пункта в единицу времени. Например, $K = \frac{18}{90} = 0,2$ *гамм/мин* (см. табл. 2). Умножая коэффициент K на приращение $\Delta t_{КП}$, получают величину поправки на нуль-пункт для данной точки (для КП): $\Delta Z_{н.п.} = 0,2 \cdot 30 = 6$ *гамм*.

Графический способ определения поправки за нуль-пункт заключается в следующем. Строят график зависимости величины нуля-пункта от времени, откладывая по оси x время в определенном масштабе, по оси ординат — величину $\Delta Z_{н.п.}$ (рис. 8). Поправку за нуль-пункт в промежуточных точках снимают с графика соответственно времени наблюдения и вводят с обратным знаком.

Полученные значения $\Delta Z'$ должны отличаться одно от другого на величину не более утроенной погрешности наблюдений. Пусть погрешность наблюдений, установленная проектом для опорной сети, составляет 5 *гамм*. Значит, допустимое расхождение в величинах $\Delta Z'$ по разным приборам составляет 15 *гамм*. В рассматриваемом нами случае (см. табл. 2) на основании того, что наблюдение с прибором 13845 отличается от трех других наблюдений более чем на 15 *гамм*, его забраковывают. Из полученных значений $\Delta Z'$ вычисляют среднее значение $\Delta Z'_{ср}$.

Опорную сеть I класса обрабатывают так же, как контрольные пункты (КП). Различие в том, что циклы могут включать несколько точек (см. рис. 7, в). Поправку за нуль-пункт вводят пропорционально времени графическим или аналитическим способом. Пример обработки опорной сети I класса по

№ прибора	ε , гамм/дел	Название точки	n , деления	Δn , деления	$\Delta Z = \Delta n \varepsilon$, гамм	t , ч-мин	Δt , мин	K , гамм/мин	$\Delta Z_{н. п} =$ $= K \Delta t$, гамм	$\Delta Z' = \Delta Z -$ $-\Delta Z_{н. п}'$, гамм	Примечание
13540	10,0	Лесное КП Лесное	140,2 155,8 142,0	0 15,6 1,8	0 156,0 18,0	12-00 12-30 13-30	0 30 90	$K = \frac{18}{90} =$ $= 0,2$	0 6 18	0 150 0	—
438	10,5	Лесное КП Лесное	230,2 245,4 229,6	0 15,2 -0,6	0 160,0 -6,0	12-00 12-30 12-30	0 30 90	$K = -\frac{6}{90} =$ $= -0,07$	0 -2 -6	0 162 0	—
12100	10,4	Лесное КП Лесное	243,6 258,2 242,7	0 14,6 -0,9	0 152,0 -9	12-00 12-30 13-30	0 30 90	$K = -\frac{9}{90} =$ $= -0,1$	0 -3 —	0 155 0	—
13845	10,0	Лесное КП Лесное	425,4 439,2 426,6	0 13,8 1,2	0 138 12	12-00 12-30 13-30	0 30 90	$K = \frac{12}{90} =$ $= 0,13$	0 4 12	0 134 0	Брак

$$\Delta Z'_{\text{ср}} = \frac{150 + 162 + 155}{3} \approx 156 \text{ гамм.}$$



одному прибору приведен в табл. 3. Порядок вычислений такой же, как и в табл. 2.

Величину нуля-пункта вычисляют по повторным отсчетам на КП. В нашем примере (см. табл. 3) она составляет -27 гамм. Опорные пункты I класса создают по показаниям нескольких (обычно трех-четырех) приборов, по которым определяют средние значения $\Delta Z'_{\text{ср}}$.

Таблица 3

Прибор 13540; $\varepsilon = 10$ гамм/дел

№ точки (рис. 7, в)	n , деления	Δn , деления	ΔZ , гамм	t , ч-мин	Δt , мин	K , гамм/мин	$\Delta Z_{\text{н. п.}}$, гамм	$\Delta Z'$, гамм	$\Delta Z_{\text{н. г.}}$, гамм	Z_a , гамм
КП	155,6	0	0	9-00	0	$K = \frac{-27}{120} =$ $= -0,245$	0	0	—	440
I	164,9	9,3	93	9-40	40		-10	103	-11	532
II	152,6	-3,0	-30	10-00	60		-15	-15	-25	400
III	166,4	10,8	108	10-20	80		-20	128	-36	532
КП	152,9	-2,7	-27	11-00	120		-27	0	—	440

Таким образом, в результате первичной камеральной обработки опорных точек I класса получают значения приращений магнитного поля $\Delta Z'$, вычисленные относительно КП и исправленные за влияние нуля-пункта.

Затем находят поправку за нормальный градиент $\Delta Z_{\text{н. г}}$ по карте изолиний нормального поля (в нашем примере на рис. 7, а изолинии нанесены через 10 гамм). Для этого определяют разницу в гаммах между искомыми точками по перпендикуляру к изолиниям нормального поля. Значения нормального магнитного поля увеличиваются с юга на север. Следовательно, в точки, расположенные севернее исходного пункта, поправку вводят с минусом, а в точки, расположенные южнее исходного пункта, — с плюсом.

Находят поправку за нормальный градиент контрольного пункта. По карте нормального поля (см. рис. 7, а) разница между пунктами Лесное и КП составляет 44 гамм. Эту поправку вводят в значение $\Delta Z'_{\text{КП}}$ со знаком плюс. Поправки за нормальный градиент точек I, II, III, созданных относительно КП и расположенных севернее этого КП, вводят со знаком минус (см. табл. 3).

Аномальные значения магнитного поля (Z_a) находят, зная аномальное значение исходной точки и приращение $\Delta Z'$ между исходной точкой и искомой с учетом поправки за нормальный градиент. Так, для нашего примера $Z_{\text{аКП}} = Z_{\text{аЛесное}} + \Delta Z' + \Delta Z_{\text{н. г}} = 240 + 156 + 44 = 440$ гамм.

При съемках средней и низкой точности ограничиваются созданием опорной сети II класса.

§ 5. Обработка опорной сети II класса и рядовой сети

Точки опорной сети II класса создают двумя приборами, опираясь на контрольные пункты или точки опорной сети I класса, которые считаются исходными (см. рис. 7, в). Схема обработки опорной сети II класса в сущности такая же, как и схема обработки опорной сети I класса. Однако в этом случае поправка

за нормальный градиент входит в величину изменения нуля-пункта. Поэтому формула для вычисления Z_a опорных точек II класса имеет вид

$$Z_a = Z_{a_{II}} + \Delta Z'$$

Величину нуля-пункта при обработке опорной сети II класса определяют путем сравнения приращения поля между опорными точками I класса ($\Delta Z_{опI}$) с приращением поля между теми же точками, полученным при создании опорной сети II класса ($\Delta Z_{опII}$):

$$\Delta Z_{н.п.} = \Delta Z_{опII} - \Delta Z_{опI}$$

Рассмотрим обработку данных прибора 16386 (табл. 4).

Таблица 4

№ прибора	ϵ , <i>гамм/дел</i>	№ точки	n , деления	Δn , деления	ΔZ , <i>гамм</i>	t , <i>ч-мин</i>	Δt , <i>мин</i>	K , <i>гамм/мин</i>	$\Delta Z_{н.п.}$, <i>гамм</i>	$\Delta Z'$, <i>гамм</i>	Z_a , <i>гамм</i>
16386	10,0	<i>I</i>	155,6	0	0	10-00	0	$K = -\frac{6}{35} = -0,17$	0	0	532
		<i>I</i>	154,4	-1,2	-12	10-05	5		-1	-11	521
		<i>2</i>	152,9	-2,7	-27	10-10	10		-2	-25	507
		<i>3</i>	148,4	-7,2	-72	10-16	16		-3	-69	463
		<i>4</i>	155,3	-0,3	-3	10-20	20		-3	0	532
		<i>5</i>	164,6	9,0	90	10-28	28		-5	95	627
		<i>IV</i>	170,7	15,1	151	10-35	35		-6	157	689
13540	10,5	<i>I</i>	240,0	0	0	10-00	0	$K = -\frac{3}{35} = -0,1$	0	0	532
		<i>I</i>	238,6	-1,4	-15	10-05	5		0	-15	517
		<i>2</i>	237,1	-2,9	-30	10-10	10		-1	-29	503
		<i>3</i>	233,8	-6,2	-65	10-16	16		-2	-63	469
		<i>4</i>	237,7	-0,3	-3	10-20	20		-2	-1	531
		<i>5</i>	246,2	6,2	65	10-28	28		-3	68	600
		<i>IV</i>	254,7	14,7	154	10-35	35		-3	157	689

Значение поля между опорными точками *I* и *IV* при создании опорной сети I класса, вычисленное как $\Delta Z_{оп} = Z_{a_{IV}} - Z_a = 689 - 532 = 157$ *гамм* (при возрастании величины поля от точки *I* к точке *IV*), принимают неизменным. При создании опорной сети II класса получают значение поля между этими же точками, равное 151 *гамм*. Следовательно, в результате влияния нуля-пункта значение поля между точками *I—IV* уменьшилось на 6 *гамм*. Уменьшение отсчетов на опорных точках II класса происходило пропорционально времени. Чтобы исправить все отсчеты за влияние нуля-пункта, в каждый отсчет вводят поправку с плюсом, т. е. вычитают. Величину поправки находят графическим или аналитическим способом.

Качество созданной опорной сети II класса и рядовой сети определяют по среднеквадратичной погрешности единичного наблюдения и оценивают при двух наблюдениях по формуле двойных измерений

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}, \quad (1)$$

где m — среднеквадратичная погрешность; d — разница значений Z_a ; n — число точек.

Для определения точности создания опорной сети II класса данные обработки выносят в таблицу (табл. 5) и проводят предварительную отбраковку полученных данных, учитывая допустимое расхождение между наблюдениями не более утроенной проектной точности работ. Если проектная точность работ 7 *гамм*, то допустимое расхождение в отсчетах не должно быть более 21 *гамм*. На этом основании наблюдение на рядовой точке 5 (см. табл. 5) бракуют и не включают в число точек, участвующих при подсчете m . Наблюдения на точке 5 повторяют.

Таблица 5

№ точки	Z_a по прибору 16386	Z_a по прибору 13540	d , <i>гамм</i>	d^2 , <i>гамм</i>
1	521	517	4	16
2	507	503	4	16
3	463	469	6	36
4	532	531	1	1
5	627	600	27	Брак

$$m = \pm \sqrt{\frac{73}{8}} = \pm 3 \text{ гамм.}$$

§ 6. Построение графиков и планов изодинам Z_a

Результаты профильных магниторазведочных работ изображают в виде графиков Z_a (рис. 9, б). По горизонтальной оси откладывают точки наблюдений

в масштабе построения геологического разреза. Вертикальный масштаб графиков выбирают таким образом, чтобы в 1 мм укладывалось значение точности съемки.

По результатам площадной съемки строят планы графиков и планы изодинам Z_a (см. рис. 9, а). При построении планов графиков вертикальный масштаб выбирают так, чтобы сохранить наглядность и избежать лишних пересечений.

Для построения плана изодинам Z_a топограф наносит местоположение точек наблюдений на координированную топографическую основу. Затем против каж-

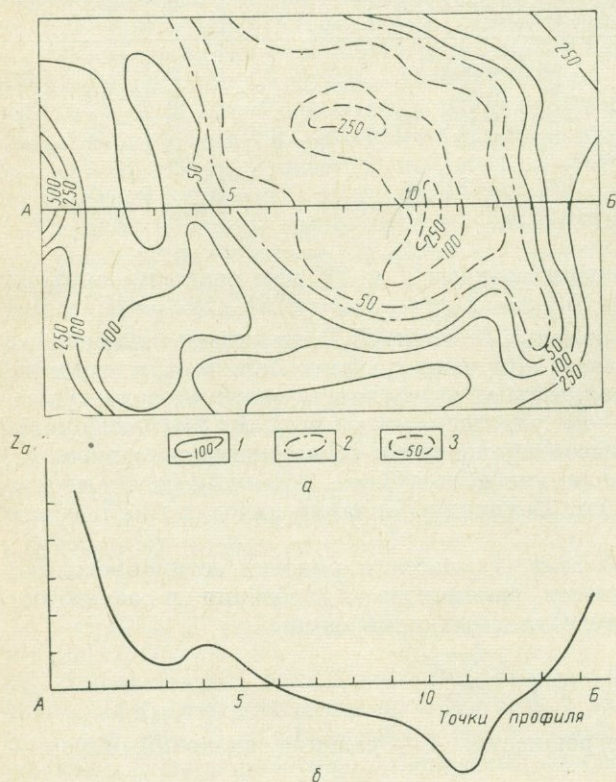


Рис. 9. Изображение результатов магнитной съемки.

а — план изодинам Z_a ; б — график Z_a по линии АБ; изодинамы: 1 — положительные, 2 — нулевая, 3 — отрицательные.

дой точки надписывают величины Z_a обычно в десятках гамм. Для удобства проведения изолиний отрицательные и положительные значения Z_a носят либо разного цвета тушью, либо по разным сторонам профиля. По нанесенным значениям путем интерполяции проводят изодинамы через интервалы, которые обычно изменяются по геометрической прогрессии, например, 0, ± 25 , ± 50 , ± 100 , ± 200 (или 250), ± 500 , ± 1000 гамм и т. д. Указанный порядок выбора сечения изодинам обеспечивает рельефное отображение как слабых, так и интенсивных аномалий. Конфигурацию изодинам сглаживают в пределах точности.

План изодинам для наглядности раскрашивают: положительные поля синим цветом, отрицательные — красным.

Глава III

АППАРАТУРА И МЕТОДИКА АЭРОМАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

§ 7. Аэромагнитометр АММ-13

1. Назначение, принцип работы и краткая техническая характеристика прибора. Аэромагнитометр АММ-13 предназначен для непрерывной регистрации с самолета приращения модуля полного вектора T напряженности земного магнитного поля.

Принцип работы показан на рис. 10, а. Магниточувствительный блок магнитометра состоит из одного измерительного и двух ориентирующих каналов, датчиками которых являются феррозонды. Обмотки возбуждения феррозондов питаются от блока питания $БП$ переменным током частотой 500 $гц$. Под действием магнитного поля в измерительной обмотке феррозонда возникает переменный ток удвоенной частоты 1000 $гц$, амплитуда которого пропорциональна изменению модуля вектора T , а фаза зависит от направления изменения модуля. Сигнал с измерительной обмотки поступает в усилительно-преобразовательную схему $УПС_1$, состоящую из избирательного усилителя с фазовым детектором и балансного модулятора. Избирательный усилитель усиливает сигнал с частотой 1000 $гц$ и подавляет сигналы помех с более низкими и высокими частотами. На выходе фазового детектора возникает постоянная составляющая тока, величина и направление которого пропорциональны соответственно амплитуде и фазе напряжения сигнала, поступающего с усилителя. Балансный модулятор преобразует постоянный ток фазового детектора в переменный ток, который управляет вращением реверсивного двухфазного двигателя $Д_1$. Ротор двигателя соединен с регистрирующим устройством $РУ$ и контактом компенсационного реохорда P . Реохорд включен в компенсационную цепь отрицательной обратной связи. Ток по движку реохорда поступает в компенсационную обмотку феррозонда Φ_1 и создает магнитное поле, противоположное по направлению измеряемому. При равенстве измеряемого и компенсирующего полей сигнал, поступающий на двигатель $Д_1$, становится равным нулю, вращение двигателя и перемещение связанного с ним подвижного контакта реохорда прекращаются.

Феррозонды Φ_2 и Φ_3 служат для ориентировки зонда Φ_1 по направлению вектора T , расположены в плоскости, перпендикулярной оси зонда Φ_1 по взаимно перпендикулярным направлениям. Если ось зонда Φ_1 отклонится от направления вектора T , то в зондах Φ_2 и Φ_3 возникнут сигналы, которые, пройдя соответственно через усилительно-преобразовательные схемы $УПС_2$ и $УПС_3$,

приведут во вращение реверсивные двигатели D_2 и D_3 . Последние будут вращаться до тех пор, пока оси зондов Φ_2 и Φ_3 не окажутся в плоскости, перпендикулярной вектору T . В приборе имеется ручная система начальной компенсации магнитного поля $KНП$, позволяющая путем подачи постоянного тока в компенсационную обмотку зонда Φ_1 компенсировать магнитное поле (устанавливать нулевое положение

пера записи поля) в пределах 30 000—70 000 гамм. Для своевременного расширения диапазонов записи в полете служит система автоматической компенсации поля $АПК$. В пределах шкалы записи измеряемое поле компенсируется током, поступающим с реохорда P . Цепь реохорда питается от батарей $ББ$, состоящих из трех элементов 2СЛ-9, помещенных в термостат. Питание цепей $KНП$ и $АПК$ осуществляется от прецизионного стабилизатора напряжения с буферными подпитывающими батареями $ББ$, помещенными в термостат.

Так как гондла с магниточувствительным блоком крепится на стабилизаторе самолета, то на феррозондовые датчики, кроме измеряемого магнитного поля, действует магнитное поле, образуемое самолетом и являющееся помехой. Магнитное поле самолета складывается из постоянной составляющей (остаточной намагниченности самолета) и индуктивной составляющей (намагниченности самолета), возникающей под влиянием измеряемого поля

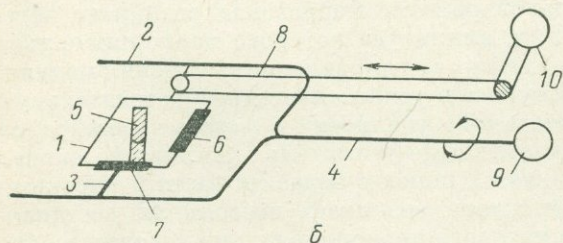
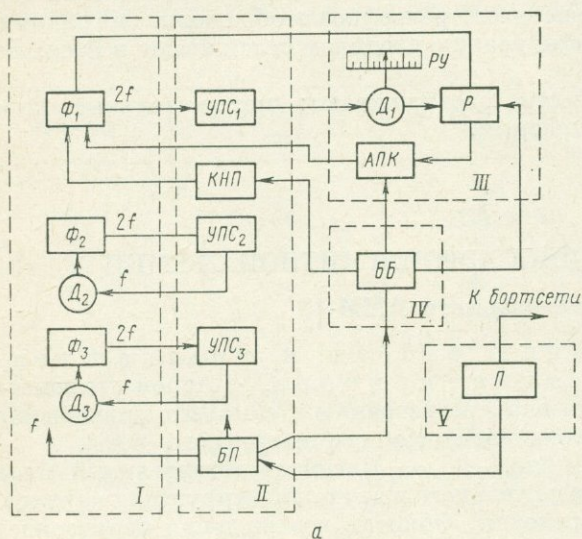


Рис. 10. Блок-схема (а) и схема устройства гондолы (б) аэромагнитометра АММ-13.

I — магниточувствительный блок; II — электронный блок; III — регистратор; IV — термостат; V — блок преобразователя.

и зависящей от курса самолета. Для подавления этих помех используется компенсатор, который входит в комплект прибора.

Постоянная составляющая компенсируется полем трех взаимно перпендикулярных катушек X_p , Y_p и Z_p , расположенных в магниточувствительном блоке, через которое пропускается постоянный ток от стабилизированного источника питания. Индуктивная составляющая помехи компенсируется полем, создаваемым током обратной связи вспомогательного магнитометра, пропускаемым через вторую систему взаимно перпендикулярных катушек X_i и Y_i , расположенных также в магниточувствительном блоке. Вспомогательный магнитометр компенсатора состоит из феррозонда, установленного вдоль продольной оси самолета и усилительно-преобразовательной схемы.

Разделение помех на составляющие производится по записи аэромагнитометра при полетах через одну точку на восьми основных курсах (0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 и 315°). Питание компенсатора осуществляется от бортсети самолета.

Прибор АММ-13 позволяет вести запись магнитного поля при масштабах 2 и 10 *гамм/мм* в диапазонах соответственно ∓ 220 и 1100 *гамм*. С учетом работы системы АПК диапазон измерений расширяется до $\mp 11\,000$ *гамм*. Кроме записи магнитного поля, в процессе съемки регистрируется высота полета в диапазоне 25—120 м, отмечаются ориентиры и наносятся марки времени через 15 или 30 *сек*. Смещение нуля-пункта прибора при постоянной температуре не превышает 5 *гамм/ч*, температурный коэффициент не более 3 *гамм/град*. Лентопротяжный механизм может перемещать ленту со скоростью 1,6; 3,2 и 8,0 *м/ч*. Порог чувствительности прибора не более 4 *гамм*. Нормальная работа магнитометра обеспечивается в широком диапазоне температур (от -35 до +55° С для gondолы и от -15 до +55° С для блоков, установленных в самолете).

Полетный вес аэромагнитометра не превышает 150 кг.

2. Устройство прибора. Магнитометр АММ-13 состоит из магниточувствительного измерительного блока с пультом управления, магниточувствительного блока компенсации курсовых помех с пультом управления, регистратора и вспомогательных узлов.

Магниточувствительный измерительный блок расположен в корпусе из немагнитного материала сигарообразной формы — gondоле. Gondola укрепляется на стабилизаторе самолета АН-2.

В передней части корпуса gondолы под плексигласовым колпаком расположена площадка 1 (см. рис. 10, б) с тремя магниточувствительными элементами. Элемент 5 — измерительный, укреплен перпендикулярно площадке. Сигналы, возникающие в измерительном элементе под действием магнитного поля, через схему УПС₁ (см. рис. 10, а) поступают на самопишущий регистратор. Элементы 6 и 7, расположенные в плоскости площадки, являются ориентирующими. Если чувствительный элемент 5 отклонится от направления полного вектора земного магнитного поля, то в обмотках катушек элементов 6 и 7 возникнет э. д. с., которая после усиления будет передана на реверсивные двигатели 9 и 10; при помощи этих двигателей элемент 5 будет вновь установлен по направлению вектора *T*. Как видно, двигатель 9 реагирует на э. д. с., вызванную в элементе 6, и поворачивает вилку 2 вдоль оси 4. Двигатель 10, связанный с элементом 7 через систему передачи 8, поворачивает площадку 1 вдоль оси 3. Двигатели 9 и 10 расположены в задней части gondолы под металлическим колпаком. Во время полета следящая система работает непрерывно. Специальным кабелем gondola магнитометра соединяется с пультом управления.

Пульт управления измерительного канала аэромагнитометра с регистрирующим устройством и пультом управления компенсатора курсовых помех установлены на металлических ножках в передней правой части салона самолета АН-2, крепятся к полу и боковой правой стенке салона. Перед аппаратурным стендом прибора крепится кресло бортоператора.

Настройка аэромагнитометра перед полетом и контроль за работой прибора в процессе съемки выполняются при помощи элементов управления, расположенных на пульте управления измерительным каналом прибора.

Стрелочный прибор 1 (рис. 11, а) является визуальным индикатором нуля компенсационно-измерительной схемы прибора. Необходимый масштаб записи устанавливается при помощи переключателя 2. Кнопки 3 и 4 служат для установки нулевых положений автоматических переключателей компенсации АПК-I

и АПК-II. Индикатором нулевого положения последних является лампа 5. При нажатии кнопки 6 в измерительную схему подается электрический сигнал, равноценный действию магнитного поля величиной 100 гамм. Подача такого сигнала необходима для контроля за чувствительностью прибора.

Переключатели 7 и 8 и реостат 9 являются элементами начальной компенсации магнитного поля. При помощи переключателя 7 компенсируется поле от 18 000 до 58 000 гамм ступенями через 2000 гамм. Перевод переключателя

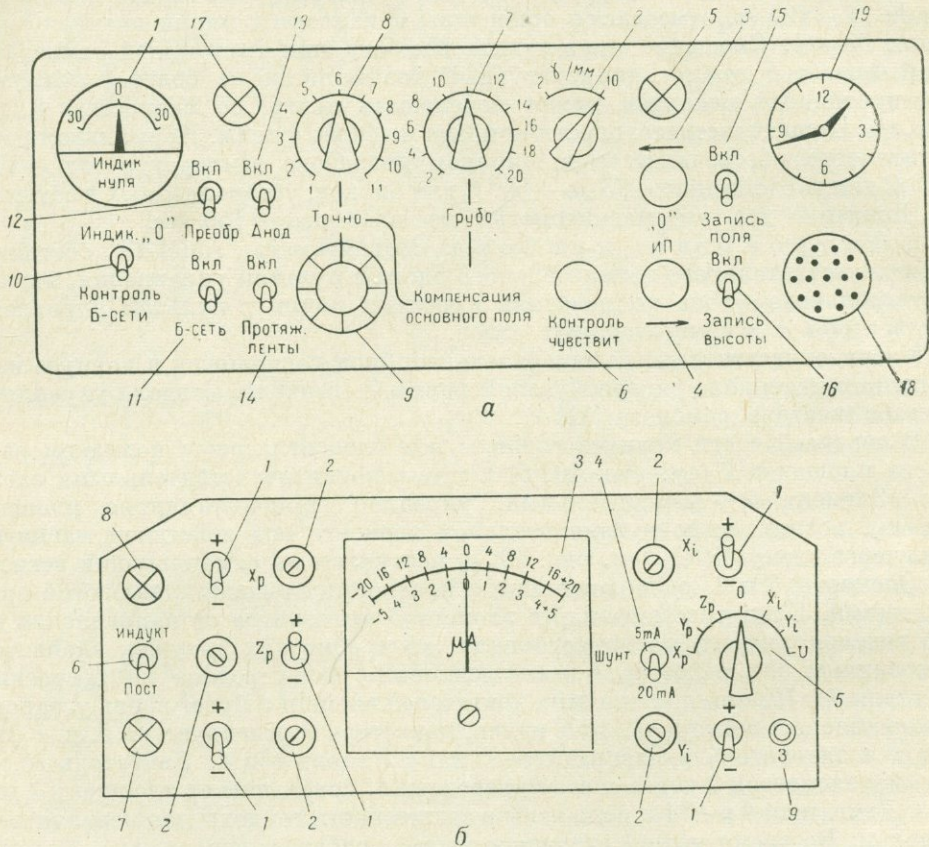


Рис. 11. Пульты управления аэромагнитометра АММ-13.
а — измерительный канал; б — компенсатор курсовых помех.

8 из каждой предыдущей позиции в последующую увеличивает поле компенсации на 2000 гамм. Реостат 9 позволяет осуществить начальную компенсацию с точностью от нуля до 200—250 гамм. Тумблером 10 производится подключение индикатора 1 для контроля за напряжением бортсети или включение в измерительную схему. Тумблеры 11—16 позволяют включить бортсеть, преобразователь, анодное напряжение, ленточный механизм и пишущие системы магнитного поля и высоты полета. Лампа 17 является индикатором включения анодного напряжения.

Штепсельный разъем 18 служит для проверки режимов работы электронной схемы при ремонте и настройке магнитометра. На пульте управления установ-

лены часы 19 с секундомером. Внутри корпуса пульта расположены тумблеры и потенциометры, используемые при настройке прибора.

В блок компенсации курсовых помех входят пять компенсационных катушек, установленных на некотором расстоянии от измерительного магниточувствительного блока, пульт управления и специальный феррозонд, расположенный в горизонтальной плоскости по продольной оси самолета в передней верхней части хвостового отсека. На пульте управления компенсатором помех (см. рис. 11, б) установлены тумблеры 1 и потенциометры 2, служащие для компенсации помех составляющих X_p , Y_p , Z_p , X_i и Y_i , стрелочный индикатор 3 с переключателем 4 шкал прибора, служащий для измерения токов компенсации, и переключатель 5 адреса индикатора 3. В положении «Пост.» тумблера 6 и положении «У» тумблера 5 измеряется напряжение питания компенсатора, а в положениях « X_p , Y_p и Z_p » переключателя 5 измеряется и регулируется ток компенсации в катушках X_p , Y_p и Z_p . При этом загорается лампа 7. В положении «Индукт». (загорается лампа 8) и положениях « X_i ; Y_i » переключателя 5 измеряется ток компенсации в катушках X_i и Y_i . Клемма 9 служит для заземления пульта.

Цели компенсации магнитного поля в приборе АММ-13 питаются от прецизионного стабилизатора напряжения. Последний состоит из двух параллельно подсоединенных источников. Первым источником является выпрямитель напряжения бортсети, вторым — буферные батареи элементов типа 2СЛ-9, от которых поступает 1—3% энергии, расходуемой на компенсацию. Буферные батареи, компенсирующие нестабильность основного источника, помещены в термостат. Компенсатор магнитных помех питается от бортсети.

Регистратор состоит из лентопротяжного механизма, механизмов записи магнитного поля, высоты полета, отметки ориентиров и моментов времени, блока ступенчатой компенсации магнитного поля.

Во время полета лентопротяжный механизм протягивает ленту шириной 305 мм. В левой части ленты со шкалой с делениями ∓ 220 гамм (220 мм) записывается специальным пером магнитное поле. В правой части ленты пером радиовысотомера записывается высота полета в пределах 25—120 м в масштабе 10 м/мм. Третьим пером отмечаются моменты аэрофотосъемки и марки времени. Моменты аэрофотосъемки отмечаются в виде отброса пера при подаче импульса с командного прибора фотоаппарата. Специальный печатный механизм печатает номер ориентиров цифрами от нуля до 99. Положение цифр отметчика ориентиров отстает от записи приблизительно на 5 см. Марки времени через 15 или 30 сек подаются от специальных часов и отмечаются этим же пером в виде отброса в другую сторону.

Блок ступенчатой компенсации магнитного поля состоит из автоматических переключателей АПК-I и АПК-II. Переключатель АПК-I имеет 11 положений переключения через 2000 гамм и работает при масштабе записи 10 гамм/мм. Переключатель АПК-II имеет пять положений переключения через 400 гамм и работает при масштабе записи 2 гамм/мм. В нулевом положении АПК-I в компенсационной обмотке создается поле величиной 12 000 гамм. В нулевом положении АПК-II не создается компенсационного поля. Переключение происходит в момент достижения стрелкой реохорда одного из крайних положений. Так, при масштабе записи 2 гамм/мм в момент, когда перо достигло линии +220 гамм, включается система АПК-II и подает в измерительную схему компенсирующее поле +400 гамм, вследствие чего пишущее перо смещается на линию -180 гамм. Тем самым автоматически создаются условия для записи более интенсивного положительного магнитного поля. Номер положения

переключателя АПК-II отмечается на ленте (см. рис. 12) специальным штемпельным механизмом.

Для питания аппаратуры магнитометра переменным током частотой 500 *гц* используется преобразователь II типа УФ-13В (см. рис. 10, а), который вместе со стабилизатором частоты и напряжения смонтирован на укрепленной в самолете площадке на амортизаторах.

3. Включение и проверка работоспособности прибора. Включение и проверку работы измерительного канала аэромагнитометра выполняют в следующем порядке (см. рис. 11, а).

1. Устанавливают тумблер 10 в положение «Контроль Б-сети».

2. Включают тумблер АЗС (автомат защиты сети) на щитке АММ-13 в кабине экипажа.

3. Включают тумблер 11 и проверяют по прибору 1 напряжение бортсети, которое должно быть равно 27 *в*.

4. Устанавливают нулевые положения переключателей АПК-I и АПК-II нажатием кнопок 3 и 4 в положениях соответственно «2 $\gamma/мм$ » и «10 $\gamma/мм$ » переключателя 2. При установке нулевых положений загорается лампа 5.

5. Включают тумблер 12, переводят тумблер 10 в положение «Индик. 0» и через 2 *мин* после начала работы преобразователя включают тумблер 13. При этом загорается лампа 17.

6. При помощи переключателей 7 и 8 и реостата 9 добиваются нулевого показания стрелки прибора 1, т. е. производят предварительную компенсацию основного поля.

7. Устанавливают необходимую скорость протяжки ленты при помощи специального переключателя внутри пульта управления, включают тумблером 14 лентопротяжный механизм, устанавливают переключателем 2 необходимый масштаб записи и включают тумблер 15. Если самолет находится в воздухе, то включают тумблером 16 механизм записи высоты.

8. При помощи переключателя 8 и реостата 9 производят точную начальную компенсацию поля, т. е. выводят перо записи магнитного поля на нулевую линию, которая отмечена на ленте цифрой «0».

9. Проверяют чувствительность магнитометра нажатием кнопки 6 при масштабах 2 и 10 *гамм/мм*. При нормальной чувствительности пишущее перо должно отклоняться на 100 *гамм* влево.

Включение и подготовку к работе компенсатора курсовых помех производят следующим образом (см. рис. 11, б).

1. Переключатель 5 устанавливают в положение «U», а тумблер 6 в положение «Пост.» (загорается лампа 7) и проверяют по индикаторному прибору напряжение бортсети (26 *в*).

2. Переключатель 5 устанавливают в положения «X_p; Y_p и Z_p». Индикатор 3 при этом покажет величину тока для компенсации постоянной составляющей магнитной помехи.

3. Тумблер 6 устанавливают в положение «Индукт». (загорается лампа 8), а переключатель 5 в положение «0» («Общий ток»). При этом стрелка прибора 3 на шкале «20 *ма*» должна показывать ток от нуля до 12 *ма*.

После выполнения указанных операций компенсатор считается исправным.

4. Подготовка прибора к работе. Подготовка магнитометра к работе заключается в балансировке измерительного и ориентирующих каналов, в коррекции ориентировки измерительного феррозонда, проверке режима работы прецизионного стабилизатора, градуировке прибора, настройке компенсатора курсовых помех и установке нуля записи высотомера.

Балансировку осуществляют при включении тумблеров «Баланс» потенциометрами «Баланс» соответствующих каналов. При помощи этих потенциометров добиваются устранения имеющегося отклонения пера, которое может возникнуть в момент включения тумблеров «Баланс» соответствующих каналов.

Ориентировку измерительного феррозонда корректируют потенциометрами «Коррекция вилки» и «Коррекция площадки», стремясь к максимальному отклонению пера регистратора при масштабе 2 *гамм/мм*.

Правильный режим работы прецизионного стабилизатора определяют по отклонению пера регистратора на 800—2000 *гамм* вправо в момент включения тумблеров «Режим 0,6» и «НКП». Если перо отклоняется влево, то батареи заменяют.

Градуировку прибора осуществляют при помощи градуировочной обмотки (ОГ) измерительного феррозонда (1 раз в десять дней) или с применением специальных колец Гельмгольца (в начале сезона, после ремонта прибора, смены батарей в термостате и в случае, когда результаты градуировки при помощи обмотки ОГ резко отличаются от результатов предыдущей градуировки).

Если градуировку выполняют с применением колец Гельмгольца, то гондолу прибора снимают со стабилизатора, относят на 10—15 м от самолета и других магнитных помех, устанавливают на специальном приспособлении и соединяют с прибором специальным кабелем. После установки гондолы с нее снимают колпак, закрывающий карданов подвес феррозонда, надевают кольца Гельмгольца, а затем поворачивают гондолу и кольца так, чтобы зонд находился в центре колец. Далее включают прибор, устанавливают нулевое положение пера на ленте при масштабах 2 и 10 *гамм/мм* и совмещают ось измерительного зонда с осью колец. После этого при масштабе 2 *гамм/мм* подают в кольца ток, создающий магнитное поле сначала +200 *гамм*, затем -200 *гамм*, и, пользуясь потенциометром чувствительности, добиваются, чтобы отклонение пера соответствовало линиям на ленте, обозначенным цифрами «+200» и «-200». Далее устанавливают масштаб записи 10 *гамм/мм*, задают поле +1000 и -1000 *гамм*, и, пользуясь соответствующим потенциометром чувствительности, добиваются отклонения пера также до линий «+200» и «-200». С целью проверки линейности шкалы при масштабе 10 *гамм/мм* записывают поля $\mp 20, 40; 60; 100; 200; 300; 400, \dots, 1100$ *гамм*.

Для проверки правильности показаний переключателя АПК-I при масштабе записи 10 *гамм/мм* перо записи выводят на нуль, затем в кольцах создают поочередно поля величиной $\mp 2000; 4000; 6000; 8000$ и 10 000 *гамм*; в это время перо записи должно быть установлено на нулевой линии. Аналогичным образом проверяют правильность переключений системы АПК-II в масштабе 2 *гамм/мм*, создавая поля величиной $\mp 400; 800; 1200; 1600; 2000$ *гамм*.

Градуировку прибора при помощи градуировочной обмотки выполняют так же, как и с кольцами Гельмгольца. В этом случае гондолу не снимают со стабилизатора, а электрический ток от градуировочного комплекта подводят к гнездам штепсельного разъема 18 (см. рис. 11, а).

Настройку компенсатора курсовых помех производят через 100—150 ч работы прибора в процессе полетов на большой высоте (в нормальном магнитном поле) через одну точку в прямом и обратном направлениях по курсам через 45°. Настройка заключается в следующем. Потенциометрами 2 (см. рис. 11, б) при положениях «+» или «-» тумблеров 1 и установке переключателя 5 в положения «X_p; Y_p; X_i; Y_i» добиться, чтобы перо записи в момент нахождения самолета над точкой пересечения маршрутов не изменяло своего положения на ленте более чем на ∓ 4 *гамм*. В процессе полетов по курсам 0° и 180° регулировку выполняют

потенциометрами « X_i » и « X_p », по курсам $45-135^\circ$ и $225-315^\circ$ — потенциометром « Y_i », по курсам $90-180^\circ$ — потенциометром « Y_p ». Потенциометром « Z_p » уменьшают помеху, возникающую при различных кренах самолета на любом курсе.

После устранения курсовых помех записывают в журнал величины токов компенсации, которые отсчитывают по индикатору Z в положениях « X_p ; Y_p ; Z_p ; X_i ; Y_i » переключателя δ . Полученные величины токов компенсации используют в дальнейшем для контроля за исправностью работы компенсатора.

Установку нуля записи высоты производят при включенном бортовом радиовысотомере. После подключения бортового радиовысотомера к прибору потенциометром «Уст. 0 высоты» перо записи высоты выводят на середину участка ленты между записью магнитного поля и записью высоты.

§ 8. Краткие сведения по методике аэромагнитной съемки

Аэромагнитную съемку выполняют в основном методом «обтекания рельефа» по параллельным маршрутам, ориентированным вкрест господствующего простирания структур. Расстояние между маршрутами определяется масштабом съемки. Так, при масштабах $1 : 10\ 000$ и $1 : 25\ 000$ расстояние между маршрутами составляет соответственно 100 и 250 м. Минимальная высота полета 25 м, что диктуется требованием безопасности. Максимальная высота полета обычно не превышает $100-150$ м, что определяется особенностями работы аэрогаммарадиометров, которые в большинстве случаев устанавливают на самолете совместно с магнитометром.

Для учета сползания нуля-пункта прибора и привязки съемки к пунктам опорной государственной сети перед началом рядовых рабочих маршрутов на участке создают опорную сеть в виде прямоугольных каркасов, которая представляет собой сеть замкнутых полигонов, привязанных к опорным пунктам с известными значениями модуля полного вектора магнитного поля Земли. Каждое звено полигона создают путем облета его в двух противоположных направлениях, в результате чего между двумя конечными точками вычисляют среднее приращение модуля вектора T .

Обработку и увязку полигонов производят так же, как при создании опорных сетей в гравirazведке или наземной магнитной съемке. В результате обработки опорной сети вычисляют абсолютные значения модуля вектора T в узловых точках каркасов, вводят поправку за нормальное поле (как при обработке наземной опорной сети) и получают аномальные значения T_a на всех звеньях полигона. Опорную сеть создают таким образом, чтобы рядовые маршруты пересекали ее звенья не менее чем в трех точках в перпендикулярном направлении.

Для оценки точности работ выполняют повторные и секущие маршруты. С целью систематической проверки работы аппаратуры вблизи аэродрома в спокойном магнитном поле выбирают контрольный маршрут (КМ).

Ежедневный вылет на съемку выполняется по письменному заданию начальника аэрогеофизической партии или начальника летного отряда.

Перед вылетом штурман намечает маршруты на топографической карте, масштаб которой должен соответствовать масштабу съемки или, в крайнем случае, быть мельче на один-два порядка (если нет карт соответствующего масштаба).

Штурман отмечает на карте местонахождение возможных ориентиров — наносит точки пересечения маршрутом рек, контуров озер, железных дорог,

границ лесных массивов и других значительных особенностей рельефа, которые должны быть расположены по отношению к маршруту под углом, близким к прямому.

Перед вылетом бортоператор в течение 15—20 мин прогревает аппаратуру и проверяет ее работоспособность. При полете по КМ в начале рабочего дня он производит точную компенсацию магнитного поля, выводя перо записи на нулевую линию. В конце рабочего дня на КМ бортоператор вновь записывает положение пера на нулевой линии (не производя компенсации). Полученное отклонение пера записи от нулевой линии будет характеризовать стабильность работы прибора.

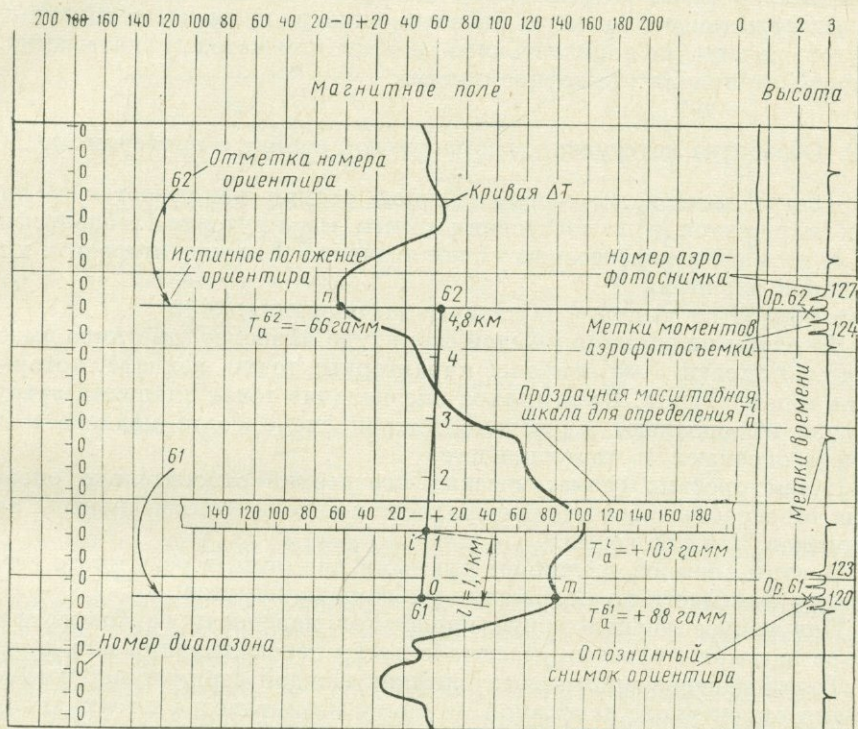


Рис. 12. Обработка магнитограммы прибора АММ-13.

Во время съемки рабочих маршрутов штурман ведет самолет по намеченным линиям маршрутов, бортоператор следит за работой прибора и в случае наличия интересных аномалий дает указание об их детализации. Детализация аномалий производится по стандартной схеме.

Для привязки самолета в маршруте проводят аэрофотосъемку. При подходе самолета к ориентире штурман подает звуковой сигнал, по которому бортоператор — аэрофотограф делает серию (3—5) снимков с выходом за ориентир. Моменты получения каждого снимка отмечаются на ленте регистратора отбросом пера (рис. 12). В момент прохождения самолета над ориентиром штурман нажимает кнопку на пульте отметчика ориентиров, вследствие чего специальный штемпельный механизм печатает номер ориентира (см. рис. 12), который является также номером полученной серии снимков. На каждом аэрофото-

снимке отмечается его центр путем фотографирования двух пересекающихся прямых нитей. Бортоператор отмечает на ленте порядковые номера меток моментов фотосъемки в соответствии с показанием счетчика аэрофотоаппарата (см. рис. 12).

При крупномасштабных съемках и в случае отсутствия хороших ориентиров, когда центры рабочих аэрофотоснимков трудно опознать на топографических планшетах, участок съемки предварительно фотографируют в мелком масштабе.

В процессе съемки фотографируют также каждое пересечение рабочего и опорного маршрутов.

При сильно пересеченной местности, когда методом «обтекания рельефа» трудно выдержать необходимую рабочую высоту, применяют другие системы маршрутов: полеты «по горизонталям» рельефа или методом скатывания. Чаще всего проводят полеты «по горизонталям».

§ 9. Обработка материалов аэромагнитной съемки с прибором АММ-13

Обработка материалов аэромагнитной съемки заключается в привязке рабочих маршрутов и в построении схемы маршрутов на топографической основе на ватмане и перенесении на нее значения T_a с магнитограмм, в построении планов изолиний T_a .

При обработке выполняют следующие операции.

1. На одном из снимков каждой серии, где наиболее отчетливо выделяется ориентир, выбирают 3—4 наиболее характерные точки рельефа, которые опознают на топопланшете. Если прямое опознавание точек планшета затруднено, то вначале их опознают на фотомонтажной схеме более мелкого масштаба, после чего опознают на топопланшете.

2. Путем простых геометрических построений относительно опознанных точек на топографический планшет наносят в виде крестиков центры опознанных снимков каждой серии.

3. Центры снимков соединяют прямыми линиями, в результате чего получают карту фактического положения рабочих маршрутов.

4. Полученное расположение маршрутов переносят на топографическую основу на ватмане в отчетном масштабе путем перекальвания или другим способом. Точки центров опознанных снимков каждой серии нумеруют согласно нумерации ориентиров, наносимой на ленту магнитометра штемпельным механизмом.

5. Метки опознанных снимков отмечают на магнитограмме крестиками и присваивают им номера соответствующих ориентиров. Так, на рис. 12 ориентиру 61 соответствует центр снимка 121, а ориентиру 62 — центр снимка 126.

6. Из зафиксированных на ленте меток опознанных снимков (в нашем примере снимков 121 и 126) проводят прямые линии, параллельные горизонтальной прографке ленты.

7. Определяют значения T_a^{61} и T_a^{62} (аномальные значения модуля вектора T_a) в точках ориентиров 61 и 62, т. е. аномальные значения, соответствующие точкам m и n кривой. При этом используют формулу

$$T_a^{61} = T_a^1 + \Delta T^{61-1} - \frac{\Delta T^{2-1} - T_a^{2-1}}{\Delta t_{2-1}} \Delta t_{61-1},$$

где T_a^{61} — значение T_a над ориентиром 61; T_a^1 — значение аномального поля в точке пересечения рядового маршрута с предыдущим опорным маршрутом;

ΔT^{61-1} — разница в значениях магнитного поля ΔT по ленте между записью над ориентиром 61 и в точке пересечения рядового маршрута с предыдущим опорным маршрутом; ΔT^{2-1} — разница в показаниях прибора между точками пересечения последующего и предыдущего опорных маршрутов; T_a^{2-1} — разница в значениях T_a между этими же точками; Δt_{2-1} — время полета самолета по рядовому маршруту между этими же точками; Δt_{61-1} — разница во времени между записью над ориентиром 61 и в точке пересечения рядового маршрута с предыдущим опорным.

8. Откладывают от кривой записи поля в точке m отрезок, равный T_a^{61} (в масштабе записи), в точке n — отрезок, равный T_a^{62} . Если величина T_a^{61} (или T_a^{62}) положительная, то отрезок откладывается влево от кривой ΔT , и наоборот. Полученные при этом точки 61 и 62 соединяют прямой линией.

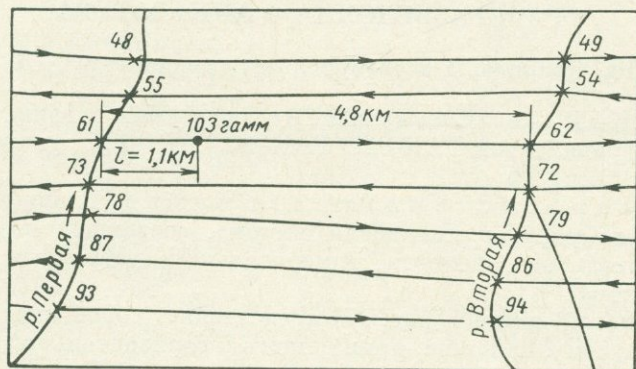


Рис. 13. Построение плана изолиний T_a .

которая считается нулевой линией при обработке магнитного поля между ориентирами 61 и 62.

9. По топографическому планшету определяют длину между ориентирами 61 и 62 и при помощи пропорциональной палетки наносят между точками 61 и 62 шкалу в километрах.

10. Пользуясь шкалой, построенной для данного масштаба записи, снимают значения поля T_a^i в промежуточных характерных точках кривой, которые переносят в соответствующие точки i между ориентирами 61 и 62 топографической основы. При этом нулевая линия шкалы совмещается с линией 61—62. Расстояние l от расчетной точки i до точки 61, определенное в километрах, откладывают на топографической основе по масштабной линейке, нулевое деление которой совмещают с точкой 61 топографической основы.

11. По полученным значениям T_a^i на топографической основе проводят изолинии T_a (рис. 13), аналогично тому как это выполняют при построении планов Z_a наземной съемки.

Раздел второй
ГРАВИРАЗВЕДКА

Глава IV

ГРАВИРАЗВЕДОЧНАЯ АППАРАТУРА

§ 10. Кварцевый астазированный гравиметр ГАК-7Т

Прибор ГАК-7Т — один из лучших отечественных гравиметров. Он разработан на базе гравиметров ГАК-3М, ГАК-4М, КВГ-4М. Точность измерения 0,03—0,06 мгл, вес 7,5 кг.

1. Упругая система гравиметра. Главной деталью гравиметра является упругая кварцевая система, состоящая из трех основных частей: чувствительного элемента, измерительного устройства и температурного компенсатора.

Чувствительный элемент (рис. 14) представляет собой маятник, состоящий из рычага 1 с грузом 2 на конце, припаянного к горизонтальной кварцевой нити (нить направлена перпендикулярно к плоскости чертежа и проектируется на плоскости в точке 3). Вокруг нити маятник совершает вертикальные перемещения, то закручивая ее, то ослабляя. Его вертикальные перемещения под действием силы тяжести ограничены специальным ограничителем до нескольких десятых долей миллиметра. На конце маятника надета платиновая навеска 2 для увеличения массы. Маятник имеет индекс 6 — тонкий кварцевый волосок, который виден в микроскоп прибора.

Для повышения чувствительности прибора система снабжена астазирующим устройством, состоящим из главной пружины 5, которая соединяется с маятником посредством стержня 4.

Измерительное устройство состоит из измерительной пружины 8 и диапазонной пружины 10, соединенных с главной нитью кварцевыми отростками 7 и 11.

Принцип действия прибора заключается в следующем. При горизонтальном положении маятника изображение индекса совмещено с нулевым делением шкалы.

При увеличении силы тяжести момент гравитационной силы увеличивается, маятник 1 отклоняется вниз, закручивая нить (ось вращения маятника) и растягивая пружины 5, 8, 10. Индекс маятника при этом уходит в поле зрения микроскопа от своего нулевого положения. Чтобы вернуть маятник в прежнее горизонтальное положение, необходимо подтянуть пружину 8 микрометрическим винтом 9, связанным со счетчиком оборотов. Чем большая сила тяжести действует на маятник, тем на больший угол он отклонится, тем больше растянется пружина 8 и тем большее число раз необходимо повернуть рукоятку микрометрического винта, чтобы вернуть маятник в горизонтальное положение.

Установив индекс маятника в нулевое положение, оператор берет отсчет по отсчетному устройству, расположенному на верхней части корпуса прибора.

При уменьшении силы тяжести момент гравитационной силы уменьшается, и пружины подтягивают рычаг маятника вверх. Для приведения рычага в горизонтальное положение в этом случае приходится вращать микрометрический винт в другую сторону, ослабляя измерительную пружину.

Диапазонная пружина 10 служит для расширения диапазона измерения с гравиметром. При помощи специального диапазонного ключа, вставляемого в отверстие в микрометрическом винте 12, можно изменить натяжение пружины 10.

Прибор имеет две системы температурной компенсации: основную и дополнительную. Основная система температурной компенсации представляет собой линейный температурный компенсатор. Он состоит из медной нити 13, прикрепленной верхним концом к каркасу прибора, а нижним — к рычагу 15. Рычаг 15 вращается вокруг оси в точке 14.

Второй конец рычага тонкой кварцевой нитью 16 соединяется с подвижной рамкой 17 температурного компенсатора. При увеличении температуры изделия из металла имеют тенденцию к расширению, упругость же кварца при повышении температуры увеличивается. Следовательно, при нагревании прибора маятник стремится подняться вверх, поворачивая кварцевую нить против часовой стрелки. В то же время металлическая нить 13 при повышении температуры удлиняется, в связи с чем правый конец рычага 15 опускается, а левый поднимается. Это движение рычага передается на рамку 17, которая, поднимаясь, поворачивает нить по часовой стрелке. Параметры металлической нити и упругих частей гравиметра подобраны таким образом, чтобы моменты сил, возникающие в системе под влиянием температуры, были равны по величине и противоположны по знаку. Полной температурной компенсации в приборе при помощи описанного устройства достичь не удается, так как изменение длины металлической нити под действием температуры происходит по линейному закону, упругие же свойства кварца меняются по сложному закону.

Устройство дополнительной системы температурной компенсации — «компенсатор криволинейности» — состоит из пружины 18, которая подтягивает или ослабляет нить 16 и дает дополнительное смещение рычагу маятника. Температурный коэффициент прибора для диапазона температур $\pm 15^\circ \text{C}$ от точки полной температурной компенсации не превышает $\pm 0,6 \text{ мгл/град}$.

2. Оптическая система гравиметра. Оптическая система в гравиметре предназначена для визуального наблюдения за положением индекса маятника. Она состоит из осветителя и микроскопа (рис. 15). В осветитель входят лампа для карманного фонаря (3,5 в), собирательная система (конденсор) и зеркало.

Микроскоп состоит из призмы, объектива, окуляра и шкалы окуляра, на которой нанесены деления. Цена одного деления шкалы равна 0,1 мм.

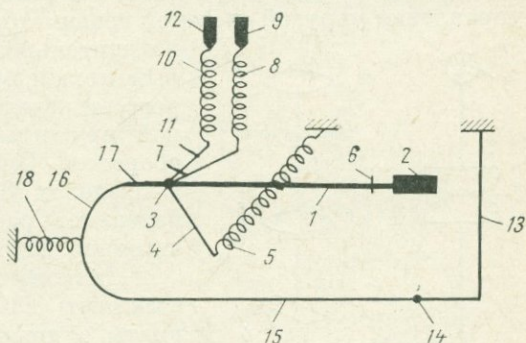


Рис. 14. Схема упругой системы гравиметра ГАК-7Т.

Луч света в оптической системе проходит следующий путь. От лампочки 1 свет собирается конденсором 2 и в виде параллельного пучка направляется к наклонному зеркалу 3. Отразившись от зеркала, луч попадает в призму 4, где преломляется, а затем, пройдя объектив 5, направляется в окуляр 7. На пути между зеркалом 3 и призмой 4 луч света встречает индекс 6 маятника и проектирует его изображение на шкалу окуляра 8. В микроскопе видна широкая подвижная полоса, имеющая в середине (вследствие интерференции) одну (или несколько) светлую полосу. Эта полоса и есть изображение индекса маятника. Обычно изображение маятника по одной из светлых полос совмещают со средним делением шкалы, которое считается нулевым.

3. Измерительный механизм гравиметра состоит из диапазонного и собственно измерительного устройств. Собственно измерительный механизм служит для точного (количественного) определения степени натяжения измерительной пружины путем взятия отсчетов по счетчику оборотов.

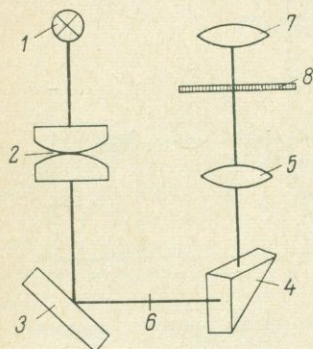


Рис. 15. Оптическая схема гравиметра ГАК-7Т.

Он позволяет измерять силу тяжести в пределах 80—120 мгл. Диапазонное устройство позволяет расширить диапазон измерений приблизительно до 5000 мгл.

Диапазонное и измерительное устройства представляют собой неподвижные микрометрические винты с движущимися по ним гайками. Нижние концы винтов соединены непосредственно с измерительной и диапазонной пружинами. Микрометрический измерительный винт соединен со счетчиком оборотов, укрепленным на верхней панели прибора. Диапазонный микрометрический винт не имеет счетчика оборотов. Он заканчивается шлицем с вырезами, куда вставляется специальный диапазонный ключ. Поворачивая диапазонный ключ, можно ослабить или подтянуть диапазонную пружину. Положение пружины фиксируется контргайкой.

Диапазонный и измерительный микрометрические винты устроены одинаково, имеют резьбу с шагом 0,5 мм; полный ход гаек 10—12 мм. Следовательно, при повороте микрометрических винтов на один оборот диапазонная и измерительная пружины растягиваются на 0,5 мм. Жесткость измерительной пружины подбирается такой, что растяжение ее на 0,5 мм соответствует изменению силы тяжести на 3—7 мгл. Диапазонная пружина имеет в 50—80 раз большую жесткость, чем измерительная.

Отсчетное устройство гравиметра представляет собой лимб с нониусом. Лимб разделен на 100 частей, поэтому на нем можно брать отсчет с точностью до сотой доли оборота. Тысячные доли оборота отсчитываются по нониусу, целые обороты — на маховичке.

4. Конструкция гравиметра. Прибор ГАК-7Т состоит из средней части (собственно гравиметра) и внешнего кожуха с теплоизоляцией. Внешний кожух представляет собой стальной цилиндр с установочными винтами внизу. По дну и стенкам кожуха проложен слой теплоизоляции. В кожух вставляется сосуд Дьюара, представляющий собой полый цилиндрический стакан с посеребренными двойными стенками. Сосуд предохраняет систему от воздействия резких изменений внешней температуры.

Средняя часть гравиметра состоит из корпуса кварцевой системы, тепло-

защитного столба и верхней панели. Корпус, в котором смонтирована упругая система, представляет собой герметически закрытый металлический стакан, из которого выкачан воздух, что необходимо для исключения влияния атмосферного давления на показания прибора. На верхней панели гравиметра (рис. 16) расположены уровни 1, отсчетное устройство 2, термометр 3, отверстие для диапазона ключа, которое закрыто текстолитовым стержнем 4, окуляр микроскопа 5 и патрон для лампы 6.

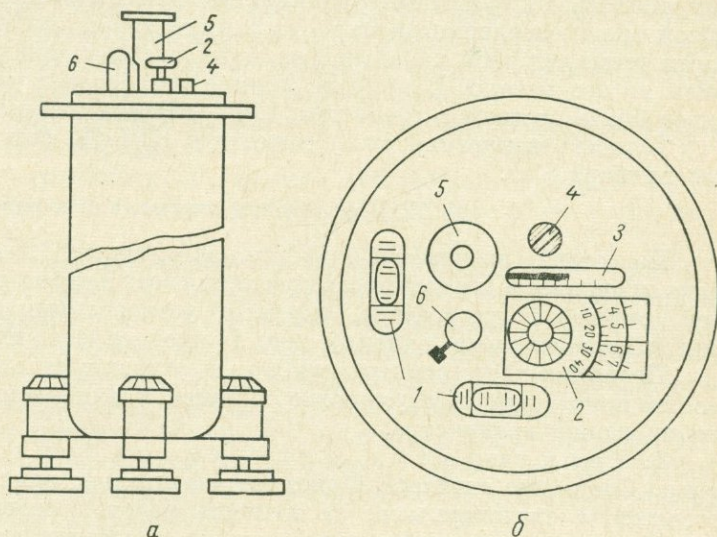


Рис. 16. Гравиметр ГАК-7Т.

а — схема внешнего вида гравиметра; б — схема верхней панели.

Средняя часть гравиметра вставлена в сосуд Дьюара. Для более плотного соединения сосуда Дьюара со средней частью гравиметра на последнюю надет шерстяной чехол.

§ 11. Краткая характеристика гравиметров других конструкций

Отечественные кварцевые астазированные гравиметры других типов имеют в общем такое же устройство, как и гравиметр ГАК-7Т, отличаясь от него лишь некоторыми деталями.

Кварцевая система гравиметра ГАК-3М отличается от кварцевой системы гравиметра ГАК-7Т отсутствием компенсатора «криволинейности», в связи с чем температурный коэффициент прибора составляет $1,5 \text{ мгл/град}$. Счетчик оборотов позволяет брать отсчеты с точностью 0,01 деления. Точность наблюдений с прибором $0,3 \text{ мгл}$ и более в зависимости от применяемой методики.

В гравиметре ГАК-4М по сравнению с прибором ГАК-3М несколько изменено конструктивное оформление, в связи с чем его вес снижен до $7,5 \text{ кг}$. В приборе улучшена система теплоизоляции, которая позволила уменьшить температурный коэффициент до $1,2 \text{ мгл/град}$. Температурная компенсация упругой системы позволяет компенсировать только линейную часть температурной характеристики. Точность измерения $0,2 \text{ мгл}$ и выше.

Гравиметр ГАК-4В отличается от гравиметра ГАК-4М устройством кварцевой системы: в ней применен компенсатор нелинейности температурной кривой, что позволило снизить температурный коэффициент прибора до $0,2 \text{ мгл/град}$ и увеличить точность измерений.

Кварцевая система гравиметра ГАК-ПТ отличается от системы прибора ГАК-3М наличием компенсатора криволинейности температурной характеристики. Отсчетное устройство позволяет брать отсчеты с точностью до одной тысячной доли оборота микрометрического винта. Вес прибора 8,5 кг; точность наблюдений 0,05—0,2 мгл.

В оптической схеме гравиметра КВГ-1М применен микроскоп, дающий 800-кратное увеличение, что значительно повысило чувствительность прибора (в гравиметрах других конструкций применено 200-кратное увеличение). В кварцевой системе гравиметра имеются компенсаторы линейной и криволинейной части температурной характеристики, индекс маятника перенесен с конца маятника на его начало. В приборе применяется отсчетное устройство, позволяющее брать отсчеты с точностью 0,001 оборота микрометрического винта.

Точность измерения силы тяжести с КВГ-1М составляет 0,02—0,08 мгл, вес прибора 5 кг.

§ 12. Подготовка гравиметра к работе

Подготовку гравиметра к работе начинают с его внешнего осмотра: проверяют исправность и надежность крепления всех наружных частей прибора (уровней, отсчетного устройства, окуляра, установочных винтов). Установочные винты должны иметь плавный ход; в ином случае их необходимо смазать.

После внешнего осмотра прибора и устранения обнаруженных неисправностей приступают к регулировке оптической системы и уровней, а затем к эталонированию гравиметра.

1. Регулировка оптической системы гравиметра. Состояние оптической системы значительно влияет на точность взятия отсчетов, а следовательно, на точность работ в целом.

Перед началом регулировки прибор присоединяют к источнику питания и выводят блик маятника в нулевое положение. При хорошо настроенной оптической системе поле зрения микроскопа яркое, чистое; штрихи окулярной шкалы и отсчетный индекс хорошо видны. Если в поле зрения имеются пятна, необходимо протереть линзы окуляра. Хорошей освещенности поля зрения и четкости изображения добиваются, меняя положение лампы в патроне. Четкость изображения в большей степени зависит от качества осветительной лампы. Нужно выбирать лампы с хорошо центрированной нитью.

Четкость изображения повышают также поднятием или опусканием окуляра по высоте. В гравиметрах ГАК-3М это достигается при помощи специальной гайки. В гравиметрах других конструкций для измерения высоты окуляра нужно сначала ослабить винт закрепляющего его хомутика.

2. Установка уровней на минимум чувствительности к наклону. Установка уровней на минимум чувствительности к наклону заключается в совмещении горизонтального положения плоскости, в которой лежат ось вращения и центр тяжести маятника, с нулевым положением уровней. Это положение соответствует максимальному отсчету по прибору в данной точке. Неправильная установка уровней на минимум чувствительности к наклону вызывает ошибки в наблюдениях.

Прежде чем приступить к регулировке уровней, нужно запомнить, какой из них считается продольным, какой — поперечным.

В гравиметре КВГ-1М продольным считается уровень, расположенный вдоль направления движения блика, поперечным — уровень, расположенный вдоль самого блика. Во всех других гравиметрах, наоборот, продольный уровень расположен вдоль блика маятника, а поперечный — вдоль направления

его движения. Стороны, соответствующие в гравиметре увеличению силы тяжести и ее уменьшению, определяются следующим образом.

Если любой гравиметр, кроме КВГ-1М, расположен относительно оператора так, что счетчик находится за окуляром, а блик колеблется в направлении слева направо, то справа от оператора будет сторона, соответствующая увеличению силы тяжести, слева — ее уменьшению.

Если гравиметр КВГ-1М расположить относительно оператора так, чтобы справа от него находился окуляр микроскопа, а слева — осветитель, то при увеличении силы тяжести индекс будет перемещаться по окулярной шкале вправо.

Перед началом регулировки уровней гравиметра следует сначала проверить надежность крепления уровней и других деталей прибора.

Проверку установки уровней на минимум чувствительности к наклону производят в следующем порядке.

1. Устанавливают гравиметр на прочном основании, пузырьки уровней выводят в среднее положение и совмещают индекс маятника с отсчетным штрихом окулярной шкалы.

2. Установочными винтами отклоняют пузырек продольного уровня на одно деление в любую сторону. В окуляре микроскопа следят за положением индекса маятника. Затем отклоняют пузырек продольного уровня на одно деление в другую сторону и снова следят за положением маятника. Поперечный уровень при изменениях положения продольного уровня должен оставаться на месте, в ином случае его поправляют установочными винтами.

Если при наклонах системы в обе стороны маятник уходит в сторону уменьшения силы тяжести приблизительно на одинаковое расстояние или остается на месте, это означает, что на минимум чувствительности к наклону продольный уровень отрегулирован правильно.

Если при наклоне продольного уровня в одну сторону индекс маятника уходит в сторону увеличения силы тяжести, а при наклоне в другую — в сторону, соответствующую уменьшению силы тяжести, это значит, что регулировка уровня на минимум чувствительности к наклону нарушена.

В гравиметре КВГ-1М регулировку винтов уровней производят, не снимая верхней крышки, у гравиметров других конструкций перед началом регулировки верхнюю крышку снимают.

Продольный уровень регулируют в следующем порядке.

1. Пузырек уровня уводят вращением подъемных винтов прибора на несколько делений в ту сторону, при наклоне в которую индекс уходит в сторону, соответствующую увеличению отсчета.

2. Совмещают индекс маятника с исходным штрихом шкалы, вращая ручку отсчетного устройства.

3. Вращая регулировочные винты продольного уровня отверткой, выводят его пузырек на середину; при этом один винт уровня отпускают, другой — заворачивают.

4. Снова подъемными винтами смещают пузырек продольного уровня в ту же сторону, совмещают индекс с нулевым делением шкалы и выводят пузырек уровня в среднее положение при помощи отвертки. Таким образом поступают до тех пор, пока при очередном наклоне продольного уровня индекс не пойдет в сторону, соответствующую уменьшению силы тяжести.

5. Проверяют правильность установки продольного уровня, как было описано в пункте 2.

Поперечный уровень устанавливают в положение минимальной чувствительности так же, как продольный.

3. Э т а л о н и р о в а н и е г р а в и м е т р а. Эталонирование гравиметров заключается в определении цены одного оборота микрометрического винта в миллигалах.

Наиболее простым и распространенным для определения цены одного оборота винта является способ, основанный на использовании пунктов с известными значениями силы тяжести.

Для определения цены оборота указанным способом выбирают полигон, состоящий из двух или нескольких пунктов, на которых выполнены многократные высокоточные измерения. Эти наблюдения могут быть выполнены либо высокоточными маятниковыми приборами, либо гравиметрами, у которых цена оборота известна. Цена оборота определяется по формуле

$$C = \frac{g_2 - g_1}{n_2 - n_1} = \frac{\Delta g}{\Delta n},$$

где g_1, g_2 — значения силы тяжести на пунктах 1 и 2; n_1, n_2 — отсчеты гравиметра на пунктах 1 и 2. Точность определения величины C должна составлять по инструкции 0,2%.

При точности гравиметровых наблюдений 0,05 мгл перепад значений силы тяжести между пунктами 1 и 2 должен быть не менее 30 мгл. Для получения этого перепада пункты 1 и 2 должны быть удалены один от другого на 30—50 км. Поэтому наблюдения на пунктах эталонировочного полигона обычно проводят с использованием автомобильного или воздушного транспорта. Наблюдения выполняют короткими рейсами, продолжительностью 2—3 ч, для более точного учета сползания нуль-пункта.

Рассмотрим пример вычисления цены оборота по результатам измерений на пунктах 1 и 2. В табл. 6 приведены значения отсчетов, исправленные за влияние нуль-пункта. Заданная точность наблюдений на пунктах составляет 0,05 мгл, поэтому допустимые расхождения в отсчетах не должны превышать 0,15 мгл (величина утроенной точности).

Т а б л и ц а 6

№ пункта	Абсолютное значение силы тяжести g , мгл	Δg мгл	Отсчеты, деления				Δn , деления	C , мгл/об
			n_1	n_2	n_3	$n_{\text{ср}}$		
1	981372,98	58,96	17,108	17,206	17,256	17,190	11,771	$C = \frac{58 \cdot 96}{11 \cdot 771} = 5,01$
2	981314,02		5,411	5,424	5,422	5,419		

4. Н а с т р о й к а д и а п а з о н а г р а в и м е т р а. В тех случаях, когда блик гравиметра уходит из поля зрения, перестраивают диапазон измерения заранее, не дожидаясь, пока блик исчезнет. Оператор перед началом работ должен изучить поведение гравитационного поля на участке, определив приблизительно величину ожидаемых аномалий силы тяжести, направление увеличения последней. Этот вопрос можно решить, изучая мелкомасштабные гравиметровые карты данного района.

Перед тем как начать перестраивать диапазон, определяют, в какое положение нужно поставить счетчик оборотов, чтобы при последующих наблюдениях надолго хватило настроенного диапазона измерений.

Если при работе с гравиметром отсчеты все время монотонно уменьшались и ожидается их дальнейшее уменьшение, счетчик оборотов устанавливают на максимальный отсчет.

Если во время наблюдений отсчеты возрастали от точки к точке и ожидается их дальнейшее увеличение, счетчик оборотов ставят на минимальный отсчет.

Если гравитационное поле то уменьшается, то возрастает, счетчик оборотов устанавливают на средний отсчет.

Перестройку диапазона гравиметра проводят в следующем порядке.

1. Счетчик оборотов ставят в нужное положение.

2. Вынимают текстолитовый стержень и на его место вставляют диапазонный ключ.

3. Поворотом фиксатора ключа против часовой стрелки освобождают контргайку микрометрического винта диапазонного механизма.

4. Диапазонным ключом вращают диапазонный винт. Если прибор настраивают на изменение диапазона в сторону больших значений силы тяжести, то ключ поворачивают по часовой стрелке, тем самым диапазонная пружина, а вместе с ней маятник прибора поднимаются вверх. При настройке диапазона на уменьшение силы тяжести диапазонный ключ вращают против часовой стрелки. Вращая диапазонный винт, одновременно следят в окуляре за положением индекса, выводя его приблизительно в нулевое положение.

5. Закрепляют контргайку поворотом фиксатора ключа по часовой стрелке. Один оборот диапазонного винта изменяет значение силы тяжести на 200—400 мгл (вся шкала гравиметра соответствует изменению силы тяжести 100—150 мгл). Следовательно, диапазонный винт следует поворачивать на доли оборота, предварительно определив приблизительный угол поворота.

Все операции по перестройке диапазона гравиметра нужно выполнять плавно.

§ 13. Работа с гравиметром

Работа с гравиметром на точке наблюдения складывается из следующих операций.

1. Гравиметр устанавливают на специальную подставку или на твердый грунт, которые обеспечивают устойчивость прибора.

2. Подключают источник питания, прибор нивелируют по двум уровням при помощи подъемных винтов, включают освещение шкалы.

3. Совмещают индекс маятника с нулевым делением шкалы плавным поворотом микрометрического винта, одновременно наблюдая за положением индекса в окуляре. Необходимо помнить, что отклонение индекса вправо от нулевого деления (расположение прибора относительно оператора указано на стр. 37) соответствует увеличению силы тяжести, влево — уменьшению. Если индекс маятника ушел вправо, то ручку микрометрического винта поворачивают вправо по часовой стрелке (в гравиметре КВГ-1М — против часовой стрелки), а если индекс маятника отклонился влево, ручку микрометрического винта вращают против часовой стрелки (в приборе КВГ-1М — по часовой стрелке). Для повышения точности взятия отсчета (во избежание ошибки вследствие люфта микрометра) последнее движение винта всегда должно быть по часовой стрелке.

4. Отсчет, время, температуру внутри прибора и номер пункта записывают в специальном журнале.

5. Для повышения точности берут 3—5 отсчетов на точке; при этом каждый раз микрометрический винт поворачивают на $\frac{1}{3}$ оборота против часовой стрелки. Из всех отсчетов вычисляют и записывают среднее значение.

При взятии отсчетов необходимо следить, чтобы пузырьки уровней не сходили со своего среднего положения.

Методика полевых гравиметровых съемок в основном аналогична описанной выше методике высокоточных магниторазведочных работ. Так же, как и для магнитной съемки, создаются опорные сети I и II классов. При создании сети I класса преобладают циклы, состоящие из двух точек. Продолжительность циклов составляет 2—3 ч.

Во время работы с гравиметром возможны различные неисправности в приборе. Назовем некоторые из них, наиболее часто встречающиеся.

1. Прилипание маятника к ограничителю. Маятник уходит из поля зрения, несмотря на то что диапазон измерения силы тяжести достаточен. Его прилипание к ограничителю происходит вследствие попадания влаги внутрь системы. Влага может проникнуть при повышенной влажности воздуха и при нарушении герметизации кварцевой системы.

Если прилипание маятника вызвано повышенной влажностью воздуха, гравиметр следует продержать несколько суток при температуре 35—40° С. Если же оно связано с нарушением герметизации, то эту неисправность можно устранить только в мастерской или на заводе.

2. Разбросы в отсчетах прибора. Появление разбросов в отсчетах может быть следствием того, что нарушено закрепление каких-либо внешних частей прибора (уровней, отсчетного устройства, окуляра, диапазонного механизма) или ослаблено крепление деталей кварцевой системы.

Если разбросы в отсчетах связаны с ненадежностью крепления внешних деталей прибора или с недостаточным зажимом контргайки диапазонного механизма, то эта неисправность устранима в полевых условиях. Разбросы, вызванные ненадежным креплением или нарушением внутренних узлов прибора, могут быть устранены только в мастерских.

Допустимые разбросы в отсчетах гравиметра не должны выходить за пределы 0—0,02 мгл.

3. Поломка сосуда Дьюара. При поломке сосуда Дьюара нарушается теплоизоляция прибора, в результате чего резко изменяются отсчеты под влиянием температуры. В этом случае сильно изменяется нуль-пункт прибора, достигая 10 мгл/сутки и более (обычно нуль-пункт приборов составляет 1—3 мгл/сутки). Поломанный сосуд Дьюара следует заменить новым.

§ 14. Камеральная обработка гравиметровых данных

При камеральной обработке гравиметровых данных вычисляют:

- 1) приращения Δg между точками, исправленные за нуль-пункт;
- 2) аномальные значения силы тяжести (аномалии Δg в редукции Буге).

Аномальные значения силы тяжести, исправленные за влияние нуль-пункта, вычисляют так же, как и в магниторазведке. Поэтому форма таблиц, применяемых на первом этапе, в основном та же, что и в магниторазведке. Второй этап обработки гравиметровых данных (вычисление аномальных значений силы тяжести) осуществляется иначе.

Рассмотрим пример обработки материалов площадной гравиметровой съемки; ее основные принципы сохраняются и при других видах работ.

Участок гравиметровой съемки аналогичен участку магнитной съемки, изображенному на рис. 7. Опорная сеть I класса создана четырьмя приборами по цикловой методике с точностью 0,05 мгл; опорные точки II класса, располагающиеся по магистралям и привязанные к опорным точкам I класса, созданы

двумя приборами путем обхода магистралей. Участок привязан к пункту общегосударственной гравиметровой сети, на котором известно абсолютное значение гравитационного поля.

1. Обработка опорной гравиметровой сети I класса. Цикл наблюдений следующий: опорный пункт I — опорный пункт II — опорный пункт I. Данные наблюдений и вычислений по одному прибору заносят в таблицу, где обрабатывают четыре цикла. В каждом цикле первое наблюдение принимают за исходное; все другие вычисления (Δn , Δt) производят относительно этого исходного пункта (т. е. отсчеты n и t на исходном пункте вычитают из всех последующих отсчетов) и полученные значения с учетом знаков заносят в соответствующие графы таблицы. Поправку за нуль-пункт определяют аналитическим способом (ее можно вычислить графическим способом, как это было описано в разделе «Магниторазведка»). Обозначив первый отсчет на пункте I через n_1 , а повторный — через n'_1 , вычисляют величину нуль-пункта $\Delta g = (n'_1 - n_1) C = (14,300 - 14,200) \cdot 5,0 = 0,5$ мгл.

Полученную величину делят на время, прошедшее от первого наблюдения на пункте I до повторного, и получают коэффициент K , показывающий скорость изменения нуль-пункта в единицу времени,

$$K = \frac{\Delta g_{н. п}}{\Delta t} = \frac{0,5}{120} = 0,00416 \text{ мгл/мин.}$$

Поправку за нуль-пункт в точке II определяют как произведение коэффициента K на время Δt_2 , прошедшее от момента наблюдения на пункте I до наблюдения на пункте II: $\Delta g_{н. п. II} = 0,00416 \cdot 60 = 0,25$ мгл. Поправку за нуль-пункт вычитают из приращения Δg в пункте II. Все расчеты проводят непосредственно в таблице (табл. 7).

$C = 5$ мгл/об

Таблица 7

№ пункта	ч-мин	n, деления	Δn , деления	$\Delta g = \Delta n C$, мгл	Δt , мин	K , мгл/мин	$\Delta g_{н. п} = K \Delta t$, мгл	$\Delta g' = \Delta g - \Delta g_{н. п}'$, мгл
I	9-00	14,200	0,000	0,00	0,00			
II	10-00	15,400	1,200	6,00	60	$K = \frac{0,50}{120} =$	0,00	0,00
I	11-00	14,300	0,100	0,50	120	$= 0,00416$	0,25	5,75
							0,50	0,00
I	11-30	14,400	0,000	0,00	0,00			
III	12-00	14,320	-0,080	-0,40	30	$K = \frac{-0,25}{90} =$	0,00	0,00
I	13-00	14,350	-0,050	-0,25	90	$= -0,00277$	-0,08	-0,32
							-0,25	0,00
III	13-20	14,400	0,000	0,00	0,00			
IV	14-00	14,960	0,560	2,80	40	$K = \frac{-0,1}{70} =$	0,00	0,00
III	14-30	14,380	-0,020	-0,10	70	$= -0,00143$	-0,06	2,86
							-0,10	0,00
II	14-40	15,400	0,000	0,00	0,00			
IV	15-20	14,800	-0,600	-3,00	40	$K = \frac{0,30}{80} =$	0,00	0,00
II	16-00	15,460	0,060	0,30	80	$= 0,00374$	0,15	-3,15
							0,30	0,00
III	8-30	14,450	0,000	0,00	0,00			
Лесное	10-00	12,100	-2,350	-11,75	90	$K = \frac{0,75}{150} =$	0,00	0,00
Оп. III	11-00	14,600	0,150	0,75	150	$= 0,005$	0,45	-12,20
							0,75	0,00

Вычисленные приращения силы тяжести по всем четырем приборам выписывают в отдельную таблицу, где производят оценку точности создания опорной сети I класса по формуле

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{m-n}},$$

где d — отклонение от среднего арифметического; m — число всех наблюдений на опорных точках; n — число опорных точек.

Средние значения Δg пишут по соответствующим сторонам внутри полигона (рис. 17). На рисунке знак плюс присваивают тем значениям приращения силы тяжести, которые совпадают с направлением движения по часовой стрелке. Теоретически сумма приращений силы тяжести в полигоне должна быть равна

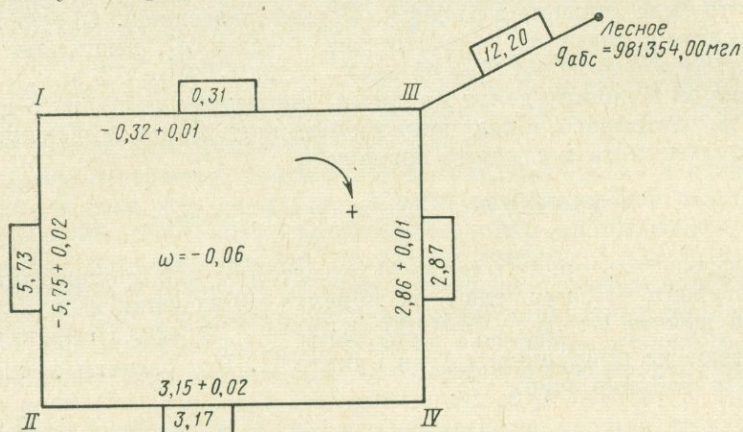


Рис. 17. Схема увязки гравиметрового полигона.

нулю. Но поскольку наблюдения содержат различного рода ошибки, получается невязка ($\omega = -0,06$ мгл). Полученную невязку сравнивают с допустимой, которую вычисляют по формуле

$$\varepsilon' = \varepsilon_1 \sqrt{n},$$

где ε_1 — проектная точность работ по опорным точкам I класса (0,05 мгл); n — число сторон полигона.

№ точки	Первый прибор, $C = 5,0$ мгл/об						
	t , ч-мин	n , деления	Δn , деления	Δg , мгл	Δt , мин	$\Delta g_{н. п.}$, мгл	$\Delta g'$, мгл
Оп. I	9-00	14,300	0,000	0,00	0	0,00	0,00
1	9-10	14,340	0,040	0,20	10	-0,08	0,28
2	9-25	14,360	0,060	0,30	25	-0,21	0,51
3	9-40	14,500	0,200	1,0	40	-0,33	1,33
4	10-00	15,000	0,700	3,50	60	-0,50	4,00
Оп. II	10-28	15,300	1,000	5,00	88	-0,73	5,73

$$K_1 = \frac{5,00 - 5,73}{88} = \frac{-0,73}{88} = -0,0083 \text{ мгл/мин},$$

Если $\omega > \epsilon'$, то некоторые циклы в полигоне нужно повторить. Существует несколько точных, математически обоснованных методов увязки гравиметровых наблюдений, которые в настоящем учебном пособии не рассматриваются.

Приблизительно невязку можно разбросать равномерно по всем сторонам полигона. С внешних сторон полигона выписывают увязанные значения силы тяжести, которые в дальнейшем считают неизменяющимися величинами.

2. Обработка опорной гравиметровой сети II класса. Результаты полевых наблюдений на точках II класса обрабатывают в сущности по той же схеме, что и опорную сеть I класса (табл. 8).

Величину нуля-пункта находят следующим образом. Определяют алгебраическую разность полученного в рейсе значения Δg между пунктами I и II (5,00 мгл) и сравнивают ее с твердым значением силы тяжести между этими пунктами (5,73 мгл). Величину полученного нуля-пункта с учетом знака делят на продолжительность рейса и находят коэффициент K .

Допустимое расхождение между вычисленными значениями Δg по первому и второму приборам не должно превышать величину утроенной проектной точности создания опорной сети II класса ($0,07 \cdot 3 = 0,21$ мгл). В ином случае наблюдения повторяют. Точность создания опорной сети II класса, созданной двумя приборами, характеризуется среднеквадратичной ошибкой, вычисляемой по формуле двойных измерений, рассмотренной в § 5.

3. Обработка рядовых наблюдений и контрольных рейсов. Рядовые и контрольные наблюдения обрабатывают по той же методике, что и опорную сеть II класса. Точность рядовой сети на основании контрольных наблюдений оценивают по формуле (1).

4. Вычисление аномалии Буге. Аномалии силы тяжести определяют следующим образом.

1. Находят абсолютные значения силы тяжести, для чего к абсолютному значению исходного пункта прибавляют приращения силы тяжести на всех других пунктах. Например, абсолютное значение пункта III: $g_{абс, III} = 981\ 354,00 + 12,20 = 981\ 366,20$ мгл; $g_{абс, I} = 981\ 366,51$ мгл.

2. В полные значения силы тяжести вводят поправку за нормальное поле γ_0 , получаемую по специальным таблицам для данной широты местности.

3. Находят поправку Буге по формуле

$$\delta g_B = (0,3086 - 0,04188) H,$$

Таблица 8

Второй прибор, $C = 5,10$ мгл/об							$\Delta g'_{ср}$, мгл
t , ч-мин	n , деления	Δn , деления	Δg , мгл	Δt , мин	$\Delta g_{н. п.}$, мгл	$\Delta g'$, мгл	
9-00	10,200	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00
9-15	10,250	0,050	0,25	15	-0,11	0,36	0,32
9-30	10,270	0,070	0,36	30	-0,22	0,58	0,54
9-45	10,460	0,260	1,33	45	-0,33	1,66	1,50
10-05	10,900	0,700	3,57	65	-0,48	4,05	4,02
10-32	11,190	0,990	5,05	92	-0,68	5,73	5,73

$$K_2 = \frac{5,05 - 5,73}{92} = \frac{-0,68}{92} = -0,0074 \text{ мгл/мин.}$$

где H — абсолютная отметка точки наблюдения в m , определяемая по данным нивелирования; δ — средняя плотность пород промежуточного слоя района работ; для нашего примера плотность промежуточного слоя составляет $2,3 \text{ г/см}^3$.

4. Вычисляют аномалию Буге по формуле

$$\Delta g_B = g_{\text{абс}} - \gamma_0 + \delta g_B.$$

Все результаты вычислений заносят в таблицу (табл. 9).

Таблица 9

№ точки	H, m	$g_{\text{абс}}, \text{ мгл}$	$\gamma_0, \text{ мгл}$	$\delta g_B, \text{ мгл}$	$\Delta g_B, \text{ мгл}$
I	400	981 366,51	981 450,08	85,00	1,43
II	372,5	981 372,24	981 450,00	79,15	1,39
III	400	981 366,20	981 450,08	85,00	1,12
IV	390	981 369,07	981 450,00	82,88	1,95

5. Изображение результатов гравиметровой съемки. Результаты гравиметровой съемки изображают в виде планов изомал Δg в редукции Буге и в виде графиков Δg по профилям.

На заранее подготовленную топографическую основу с нанесенными на нее профилями и точками наблюдения выносят значения Δg и проводят изолинии. Сечение изомал обычно выбирают через интервал, равный утроенной точности съемки. Если достигнутая точность составляет $0,1 \text{ мгл}$, то изолинии проводят через $0,25 \text{ мгл}$.

План изомал Δg раскрашивают: положительные значения в красный цвет, отрицательные — в синий.

§ 15. Градиентометр ГРБМ-2

1. Назначение и краткая техническая характеристика прибора. Градиентометр ГРБМ-2 предназначен для измерения горизонтальных составляющих W_{xz} и W_{yz} градиента силы тяжести с точностью $5-6 E$. Время наблюдения на одной точке 12 мин . Вес прибора без упаковки 33 кг .

Градиентометр ГРБМ-2 применяют совместно с нивелирным комплектом ВИТР, обеспечивающим высокую скорость учета влияния рельефа на результаты измерений.

2. Устройство прибора. Крутильная система градиентометра представляет собой Z-образное коромысло с плечами длиной по $0,5 \text{ см}$ каждое (рис. 18). Грузики 4 прикреплены к коромыслу 1 — один с его левой стороны, другой — с правой. Коромысло подвешено на тонкой вольфрамовой нити 2, один конец которой прикреплен к крутильной головке 3, а другой крепится в середине трубки рычага, несколько выше центра тяжести системы (ЦТ). Положение коромысла в неоднородном гравитационном поле фиксируется при помощи зеркала 5. Для быстрейшего успокоения системы со стороны грузиков есть фигурные демпферные пластины.

В градиентометре имеются четыре описанные выше крутильные системы, повернутые одна относительно другой на 90° . Каждая из них находится в своей герметической камере, а все камеры собраны в одном дюралевом корпусе.

Нижние части крутильных головок имеют конические выступы для арретирования систем. Пружины, расположенные у нижних концов коромысел, при арретировании поднимают коромысла и прижимают их к коническим выступам крутильных головок. Этим самым обеспечивается надежное закрепление систем при транспортировке. Арретирующее устройство для всех четырех систем одно. При работе с прибором оператор переводит прибор из азимута в азимут, включает осветители на короткое время и берет отсчет по четырем шкалам, видимым в зрительной трубе.

Оптическая система градиентметра показана на рис. 19. Лучи света от лампы 1 проходят через конденсор 2, светофильтр 3 и узким ярким пучком попадают на призму 4. На призме нанесены три тонкие параллельные риски, увеличенное изображение которых видно в окуляре после того, как оно пройдет

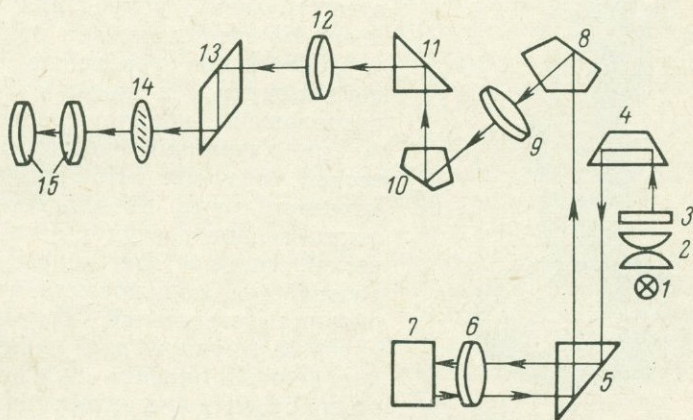
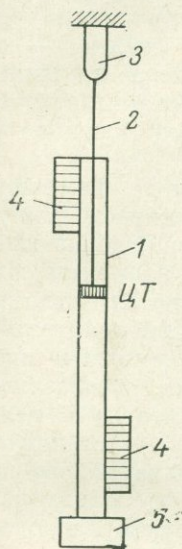


Рис. 18. Принципиальная схема чувствительной системы градиентметра ГРБМ-2.

Рис. 19. Оптическая система градиентметра ГРБМ-2.

сложный путь через систему линз и призм. После двукратного преломления в призме 4 световой пучок, пройдя через нижнюю призму 5, направляется в главный объектив 6. Из объектива он в виде параллельных лучей падает на подвижное зеркало 7 коромысла, отразившись от которого возвращается в объектив 6 и призму 5. После вторичного преломления в призме 5 световой пучок направляется расходящимися лучами в призму 8, преломляется в ней, после чего попадает в объектив 9 зрительной трубы. Из объектива 9 он выходит в виде параллельных лучей, преломляется в призмах 10 и 11, а затем попадает в объектив 12 зрительной трубы. После объектива 12 световой пучок падает на призму 13, смещающую его к оси зрительной трубы, затем направляется к окуляру 15.

В фокусе окуляра находится сетка 14, называемая коллиматором, с четырьмя шкалами. Шкалы сетки разбиты на 200 делений каждая. На каждой шкале видно изображение трех рисок, нанесенных на соответствующей призме 4. Это и есть подвижный индекс, при помощи которого оператор берет отсчет по шкале. Положение индекса в приборе меняется в соответствии с изменением положения зеркала 7, жестко скрепленного с коромыслом крутильной системы.

В приборе имеются четыре описанные выше оптические системы, зрительная труба одна.

Градиентометр состоит из трех основных частей: собственно градиентометра, колонки и сферического диска (рис. 20).

Сферический диск 5 служит подставкой под колонку и придает прибору устойчивость. Колонка предназначена для установки градиентометра в вертикальном положении, вращения его по азимуту и ориентирования в заданном направлении. Она состоит из основания 4, столика 8, азимутального диска (под столиком), нивелировочных винтов 7. Столик вместе с прибором вращается вокруг оси. Поворот прибора фиксируется азимутальным диском через каждые 90° .

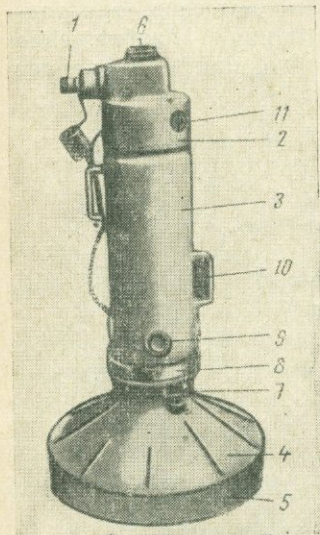


Рис. 20. Общий вид градиентометра ГРБМ-2.

С этой целью на поверхности диска имеются четыре гнезда, расположенные по окружности через 90° , а в специальном углублении столика — шарик, прижимаемый к плоскости диска пружиной. Когда прибор вращается, шарик заскакивает в соответствующие углубления и через каждые 90° поворота затормаживает прибор.

Собственно градиентометр состоит из защитного кожуха 3 и крышки 2. В защитном кожухе расположены корпус градиентометра, вмещающий четыре крутильные системы, и все элементы оптической системы. На кожухе имеются рукоятка арретира, ручка 10 для переноса прибора, окна 9, открывающие доступ к некоторым элементам оптической системы при ее регулировке, штепсельный разъем для подключения аккумуляторов с целью питания осветителей. На крышке 2 установлена труба 1 окуляра для наблюдения за положением подвижного индекса на шкале, гнездо 6 для установки буссоли при ориентировании прибора и окна 11 для наблюдения за положением уровней при нивелировании градиентометра. В качестве осветителей

в приборе применяются четыре параллельно соединенные лампы, питаемые от аккумулятора напряжением 6,3 в.

3. Порядок работы с прибором на точке наблюдения. Работу с градиентометром на точке наблюдения проводят в следующем порядке.

1. На землю при твердом грунте ставят сферический диск симметрично колышку, обозначающему точку. Если грунт неустойчивый (болотистый), диск устанавливают на три кола, которые предварительно забивают по специальному шаблону так, чтобы их выступающие концы были в одной горизонтальной плоскости.

2. На сферический диск ставят колонку, которую грубо нивелируют по круглому уровню столика.

3. На столик в соответствии с имеющимися на нем направляющими штифтами устанавливают градиентометр.

4. Столик колонки сцепляют с азимутальным диском в любом из фиксируемых положений (0 ; 90 ; 180 ; 270°).

5. Прибор вместе со столиком и азимутальным диском ориентируют по заданному направлению при помощи буссоли или визируют на вежу. По окончании ориентировки азимутальный диск застопоривают. Таким образом прибор оказывается ориентированным в азимуте 0° .

6. Включают осветители и нивелируют прибор по уровням с точностью 0,5 деления. При нивелировке сначала выводят в среднее положение пузырьки уровней, расположенных слева от зрительной трубы. Затем прибор поворачивают на 180° и проверяют местоположение пузырьков второй пары уровней. Пузырьки должны находиться в центрах ампул с точностью 0,5 деления. По окончании нивелировки прибор устанавливают в азимуте 0° и выключают свет.

7. Крутильные системы дезарретируют осторожным поворотом ручки арретира. В журнале записывают время начала успокоения систем.

8. Через 2,5—3 мин после дезарретирования крутильных систем включают свет и при установке индексов на всех шкалах в неподвижное положение записывают показания всех четырех систем последовательно сверху вниз с точностью 0,5 деления.

9. Прибор поворачивают в противоположный азимут при двухазимутальном цикле и наблюдения повторяют. Если наблюдения проводят по четырехазимутальной системе, отсчеты берут попарно в двух противоположных азимутах ($0-180^\circ$, $90-270^\circ$).

10. Записав отсчеты в журнал, сразу же вычисляют вторые производные потенциала силы тяжести и оценивают качество наблюдения по сходимости значений одного и того же градиента. Разница в значениях вторых производных не должна превышать 20 *E*.

11. При удовлетворительных результатах крутильные системы арретируют, аккумулятор отключают, и прибор переносят на следующую точку наблюдения.

Если получена недопустимая разница в отсчетах, оператор проверяет нивелировку прибора и повторяет наблюдение.

Оператор должен твердо помнить, что снимать прибор с колонки в дезарретированном состоянии категорически запрещается, так как это ведет к обрыву нитей и выходу прибора из строя.

4. Вычисление вторых производных потенциала силы тяжести. Вторые производные вычисляют по формулам

$$\left. \begin{aligned} W_{zx} &= C_1 (n_{270^\circ} - n_{90^\circ}) \\ W_{zy} &= C_1 (n_{0^\circ} - n_{180^\circ}) \end{aligned} \right\} \text{I} \quad \left. \begin{aligned} W_{zx} &= C_3 (n_{180^\circ} - n_{0^\circ}) \\ W_{zy} &= C_3 (n_{270^\circ} - n_{90^\circ}) \end{aligned} \right\} \text{III}$$

$$\left. \begin{aligned} W_{zx} &= C_2 (n_{270^\circ} - n_{90^\circ}) \\ W_{zy} &= C_2 (n_{0^\circ} - n_{180^\circ}) \end{aligned} \right\} \text{II} \quad \left. \begin{aligned} W_{zx} &= C_4 (n_{180^\circ} - n_{0^\circ}) \\ W_{zy} &= C_4 (n_{270^\circ} - n_{90^\circ}) \end{aligned} \right\} \text{IV};$$

где I, II, III, IV — номера крутильных систем; n_{0° , n_{90° , n_{180° , n_{270° — отсчет по шкале данной крутильной системы в соответствующем азимуте; C_1 , C_2 , C_3 , C_4 — цена деления соответственно для каждой крутильной системы; цена деления указывается в паспорте прибора и составляет около 8 *E/дел*.

При вычислениях вторых производных потенциала силы тяжести целесообразно пользоваться табл. 10.

Таблица 10

Азимут прибора, градусы	Крутильные системы, по которым определяются величины	
	W_{zx}	W_{zy}
0; 180	III, IV	I, II
90; 270	I, II	III, IV

При наблюдениях в двух азимутах получают по два значения W_{zx} и W_{yz} ; наблюдения в четырех азимутах дают по четыре значения W_{xz} и W_{yz} . Из полученных величин обычно вычисляют средние.

В средние значения вторых производных $W_{zx_{cp}}$ и $W_{zy_{cp}}$ вводят топографическую поправку $(W_{zx})_T$, $(W_{zy})_T$ и поправку за нормальное поле $(W_{zx})_n$, $(W_{zy})_n$. Топографическую поправку определяют при помощи нивелирного комплекта ВИТР.

Поправка за нормальное поле зависит от географической широты φ района работ и от направления ориентировки оси x прибора относительно направления магнитного меридиана A . Направление оси x прибора лежит в плоскости первого коромысла. При ориентировках оси x прибора по направлению магнитного меридиана, т. е. когда ось x направлена на юг, а ось y на запад, величину поправки $(W_{zx})_n$ можно взять из табл. 11.

Если ориентировка оси x не совпадает с направлением магнитного меридиана, то поправки вычисляют по формулам

$$(W_{zx})' = (W_{zx})_n \cos \alpha, \quad (W_{zy})' = -(W_{zy})_n \sin \alpha,$$

где α — угол между магнитным меридианом A и осью x прибора, отсчитываемый по часовой стрелке от южного направления меридиана; $(W_{zx})'$, $(W_{zy})'$ — нормальные значения для данных φ и α ; $(W_{zx})_n$ и $(W_{zy})_n$ — нормальные значения при ориентировке оси x на юг.

Таблица 11

φ , градусы . . .	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
$(W_{zx})_n, E$	-8,0	-8,0	-8,1	-8,1	-8,1	-8,1	-8,1	-8,1	-8,1	-8,0	-8,0

Предположим, точка наблюдения I , рассмотренная выше, находится на широте 48° , следовательно, поправка за нормальное действие земного сфероида в производную $(W_{zx})_n$ этой точки будет $-8,1 E$, а $(W_{zy})_n = 0$.

Топографическую поправку и поправку за нормальное действие земного сфероида алгебраически вычитают. В результате получают аномальные значения вторых производных потенциала силы тяжести.

5. Графическое изображение результатов наблюдения. Результаты наблюдений представляют в виде векторов $\frac{\partial g}{\partial S}$ (S — направление профиля) по профилям (рис. 21, б).

Вектор $\frac{\partial g}{\partial S}$ строят следующим образом. Величины W_{zx}^a откладывают с учетом знака по оси x , положительный конец которой направлен на юг; значения W_{zy}^a откладывают по оси y , положительный конец которой направлен на запад (см. рис. 21, а) Вектор $\frac{\partial g}{\partial S}$ является геометрической суммой этих векторов. Например, для точки I (см. рис. 21, а) со значениями $W_{zx}^a = 30 E$ и $W_{zy}^a = -40 E$ суммарный вектор $\frac{\partial g}{\partial S}$ будет иметь величину $50 E$ и направление, указанные на рисунке.

Обычно масштаб построения векторов принимают 10; 20 и 40 $E/см$. Векторы $\frac{\partial g}{\partial S}$ выносят по профилю тушью, а построения этих векторов, выполняемые карандашом, опускают.

6. Нивелирный комплект ВИТР. Нивелирный комплект ВИТР (Всесоюзного института техники разведки) предназначен для ускоренного учета влияния дневного рельефа при проведении работ с градиентометром ГРБМ-2. Точность учета влияния топографической поправки на показания градиентометра составляет 3—4 E . Время наблюдений при работе по четырем лучам 3,5 мин, при работе по восьми лучам 6,5 мин.

В нивелирный комплект входят диоптрический нивелир, специальная нивелирная рейка и шнур.

Диоптрический нивелир состоит из диоптрической трубы 1 (рис. 22), лимба 2, стержня 3 с грузом 8, карданова подвеса 5, треноги 6.

Диоптрическая труба имеет со стороны наблюдателя горизонтальную щель (глазной диоптр), а с противоположной стороны горизонтальную щель (предметный диоптр). Глазной и предметный диоптры автоматически устанавливаются на точке наблюдения в горизонтальное положение благодаря кардановому подвесу 5.

Визирная ось поворачивается на неподвижном лимбе 2 через 45° (при наблюдениях по восьми лучам) или через 90° (при наблюдениях по четырем лучам). Лимб может вращаться, если отпустить стопорный винт 4. Лимб вместе с трубой вращают при установке трубы в заданное первоначальное положение. Для облегчения установки прибора по заданному направлению на верхней образующей трубы имеются прицельная колодка и мушка. Лимб стопорится после того, как визирная ось установлена по заданному направлению. Последовательное изменение направления визирования на 45 или 90° достигается поворотом диоптрической трубы на лимбе.

Стержень 3 может передвигаться в вертикальном направлении, благодаря чему визирная ось трубы на точке наблюдения совмещается с нулевым отсчетом по рейке. Стержень закрепляется стопорным винтом 7.

Нивелирная рейка имеет пять шкал, рассчитанных по определенным формулам (при $\sigma = 1,6 \text{ г/см}^3$), позволяющих без каких-либо вычислений получить отсчеты в этвешах. Топографическая поправка определяется в радиусе 5,7 м по четырем или восьми лучам.

По каждому лучу рейка выставляется на расстояниях $l = 0,9; 1,5; 2,1; 3,9$ и $5,7$ м от точки наблюдения. В каждом положении рейки отсчет берется по соответствующей шкале. Цена деления на первой шкале 2 E , на остальных 1 E . Три первые шкалы, соответствующие расстояниям 0,9; 1,5 и 2,1 м, нанесены на одной стороне рейки, две другие — на другой. Нулевые линии всех

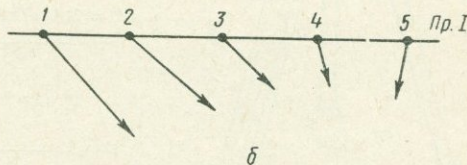
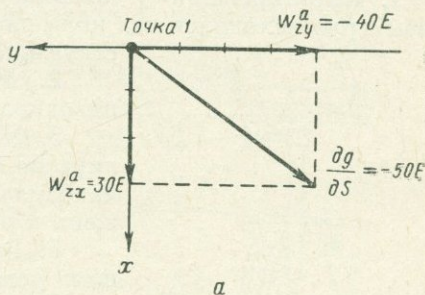


Рис. 21. Векторы $\frac{\partial g}{\partial S}$ по профилю.

a — построение вектора $\frac{\partial g}{\partial S}$ в точке 1; б — изображение векторов по профилю I.

шкалы находятся на одной высоте от основания рейки. Деления шкал, идущие вниз от нулевой линии, окрашены в красный цвет, а деления, идущие вверх, — в черный (сами цифры красные). Отсчеты по красным делениям берутся со знаком «плюс», по черным — со знаком «минус».

Шнур имеет пять маркированных узлов в местах постановки рейки и две петли на концах. Петля на одном конце служит для надевания на кольцо пикета, на другом — для натяжения и перемещения шнура.

Бригада по нивелировке звездочек состоит из нивелировщика и одного рабочего. Она выполняет следующие операции.

1. Нивелировщик устанавливает нивелир над точкой наблюдения так, чтобы груз находился над кольцом. Рабочий надевает на кольцо соответствующий конец шнура.

2. Рабочий ставит рейку вертикально возле нивелира, чтобы она касалась края лимба.

3. Нивелировщик устанавливает стержень нивелира по высоте так, чтобы визирная линия трубы находилась против нуля рейки, и закрепляет стержень в этом положении.

4. Вращая лимб вместе с трубой, нивелировщик устанавливает трубу при помощи визирного

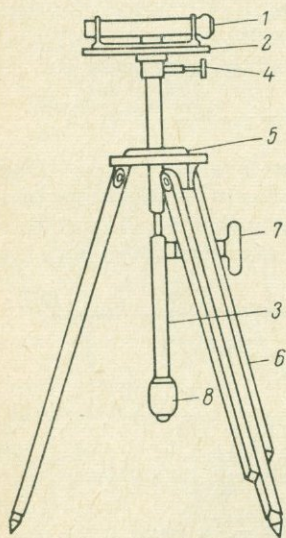


Рис. 22. Общий вид диоптрического нивелира.

Таблица 12

$$\sigma = 2,1 \text{ г/см}^3$$

l, м	Отсчеты по рейке			
	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 180^\circ$	$\alpha = 270^\circ$
0,9	+3	+2	-3	-7
1,5	+4	+1	-4	-5
2,1	+1	+3	-5	-10
3,9	+2	0	-1	-7
5,7	-5	-6	+1	-2
S	+5	0	-12	-31

приспособления по заданному первоначальному положению (например, по направлению магнитного меридиана), после чего лимб закрепляет стопорным винтом. Рабочий натягивает шнур вдоль первоначального направления.

5. Рабочий ставит рейку вертикально у последней марки на шнуре (5,7 м) той стороной к нивелиру, на которой две шкалы.

6. Нивелировщик берет отсчет на соответствующей шкале и записывает его в журнал.

Рабочий переходит на следующую марку шнура. Действия нивелировщика и рабочего повторяются на всех последующих точках стояния рейки по лучу, причем на третьей, второй и первой марках рабочий выставляет рейку той стороной, где нанесены три шкалы.

7. После отработки луча нивелировщик поворачивает на лимбе диоптрическую трубу в следующий азимут и направляет рабочего по следующему лучу.

8. После отработки всей звездочки нивелировщик переносит на следующую точку нивелир, а рабочий — рейку и шнур.

Величину топографических поправок при нивелировке по четырем лучам вычисляют по формулам

$$(W_{zx})_{\Gamma} = \frac{\sigma}{1,6} (S_{180^{\circ}} - S_{0^{\circ}}),$$

$$(W_{zy})_{\Gamma} = \frac{\sigma}{1,6} (S_{270^{\circ}} - S_{90^{\circ}}),$$

где σ — плотность поверхностных отложений; $S_{0^{\circ}}$, $S_{90^{\circ}}$, $S_{180^{\circ}}$, $S_{270^{\circ}}$ — суммы отсчетов по рейке на точках лучей 0 ; 90 ; 180 и 270° .

Пример вычисления топографической поправки приведен в табл. 12.

$$(W_{zx})_{\Gamma} = \frac{2,1}{1,6} [-12 - (+5)] = \frac{2,1}{1,6} (-17) = -22E,$$

$$(W_{zy})_{\Gamma} = \frac{2,1}{1,6} [-31 - 0] = -41E.$$

Раздел третий
СЕЙСМОРАЗВЕДКА

Глава V

**СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНАЯ АППАРАТУРА
И МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ РАБОТ**

§ 16. Сейсмоприемники

1. Устройство электродинамических сейсмоприемников. В настоящее время наиболее широко распространены электродинамические сейсмоприемники СПМ-15, СПМ-16, СПЭД-5, СПЭД-6, СПЭД-56, СПЭН-1, НС-3, вертикальные (СМВ) и горизонтальные (СМГ) приемники типа «Светлячок», а при морских работах — пьезоприемники.

Сейсмоприемники типов СПМ и СПЭД применяют для работы методом отраженных волн, СПЭН-1 и НС-3 — методом преломленных волн. Приемники НС-3, кроме того, используют в методе ГСЗ, а СПМ-15 в методе преломленных волн. Сейсмоприемники типа «Светлячок» применяют в методах преломленных и отраженных волн.

Сейсмоприемник СПМ-15 (рис. 23, а) имеет корпус 1 с крышкой 2, внутри которого при помощи металлической цилиндрической втулки 7 жестко закреплен цилиндрический магнит 5 с полюсными наконечниками 6. Вдоль внутренней части цилиндрического магнита проходит ось 4, стягивающая катушки 3. Катушки, играющие роль инертной массы, соединены с магнитом и, следовательно, с корпусом плоскими фасонными пружинами. Крышка 2 пластмассовая, содержит в себе шунтирующее сопротивление $R_{ш}$ (см. рис. 23, б). Катушки 3 помещены в узком зазоре между полюсными наконечниками и корпусом 1 в наиболее насыщенном магнитном поле. В катушках наводится э. д. с. за счет изменения магнитного потока при движении корпуса прибора.

Успокоение собственных колебаний сейсмоприемника происходит благодаря вихревым токам, возникающим в металлическом каркасе катушек, и дополнительному шунтирующему сопротивлению $R_{ш}$; частота свободных колебаний прибора составляет 10—11 гц и регулируется сменой фасонных пружин.

Аналогичное устройство имеет сейсмоприемник СПМ-16. Частота его свободных колебаний 28—32 гц.

Сейсмоприемники типов СПЭД и СПЭН-1 отличаются от приборов СПМ лишь габаритами и некоторыми параметрами. Так, сейсмоприемник СПЭД-56 (см. рис. 23, в) состоит из магнитного блока и подвижной системы, заключенных в корпус 1, крышки 2 с ручкой 3 и штыка 4. Штык — полый металлический конус, дает возможность осуществить надежный контакт земли с прибором. При необходимости штык может быть легко отделен от прибора и заменен специальным основанием. Сейсмоприемники СПЭД-6 и СПЭД-56 имеют малый

вес (0,27 кг), благодаря чему удобны при массовом группировании. Сейсмоприемник СПЭД-5 отличается от них ббльшим (0,6 кг) весом и размерами, способом герметизации и устройством выводных проводов. Собственная частота сейсмоприемников типов СПЭД составляет 20—30 гц. Прибор СПЭН-1

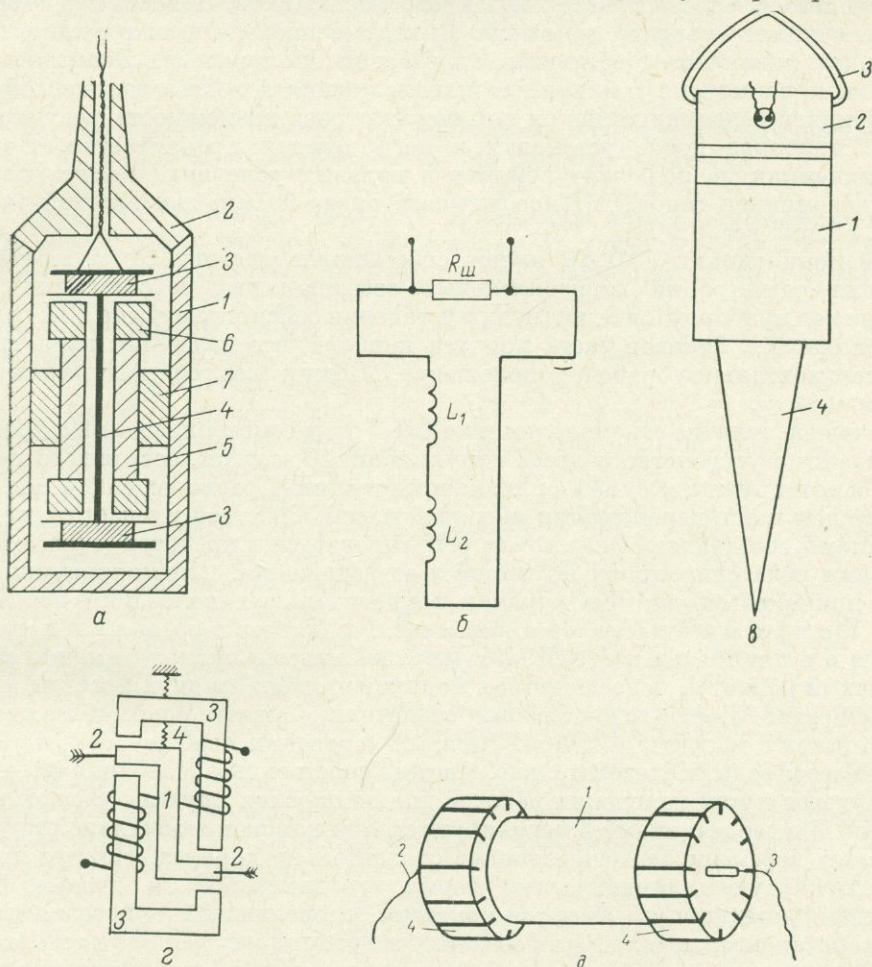


Рис. 23. Сейсмоприемники.

а — разрез сейсмоприемника СПМ-15; б — электрическая схема сейсмоприемника СПМ-15; в — внешний вид сейсмоприемника СПЭД-56; г — схема устройства скважинного сейсмоприемника СИС-49; д — схема внешнего вида керамического пьезосейсмоприемника.

в конструктивном отношении сходен с приемниками СПЭД и отличается от них ббльшим (1,6 кг) весом и низкой (10 гц) частотой собственных колебаний.

Сейсмоприемники типа «Светлячок» сходны по конструкции с приборами СПЭД-56, но имеют меньшие размеры и вес, отличаются большей стабильностью в работе, устойчивостью к тряске, хорошей идентичностью между собой, выпускаются в вертикальном и горизонтальном исполнении.

Сейсмоприемники СМВ предназначены для приема вертикальных колебаний почвы. В зависимости от собственной частоты (15, 20 или 30 *гц*) они делятся на группы: СМВ-15, СМВ-20 и СМВ-30. Корпус сейсмоприемников герметизирован, снизу к нему привинчивается штык для установки в почву, сверху надевается колпак, который закрепляется гайкой. Полость под колпаком заполнена уплотнительной замазкой. Выводные провода имеют разные длину и цвет для того, чтобы облегчить определение полярности. Концы выводов снабжены пружинными замками для подсоединения к сейсмографической кросе. Конструкцией сейсмоприемников не предусмотрена возможность регулировки. Корпус приборов после установки в него деталей пропаивается. Поэтому сейсмоприемник не подлежит ремонту в полевых условиях. Высота корпуса сейсмоприемников типов СМВ (со штыком) равна 90 *мм*, наибольший диаметр 29 *мм*, общий вес 0,1 *кг*.

Сейсмоприемники СМГ-10 имеют собственную частоту 10 *гц*, предназначены для регистрации горизонтальных составляющих сейсмических волн. В отличие от приборов СМВ, штык для установки сейсмоприемника СМГ в почву прикрепляется к боковой части корпуса прибора, что позволяет придать корпусу горизонтальное рабочее положение. Общий вес сейсмоприемника со штыком 0,12 *кг*.

Основное отличие сейсмоприемника СН-3 от рассмотренных выше приборов заключается в устройстве подвеса индукционной катушки, состоящего из двух пар плоских пружин и одной спиральной пружины, расположенной под некоторым углом к оси перемещения инертной массы. Собственная частота подвижной системы составляет 4 *гц* и может регулироваться в пределах $\pm 0,5$ *гц* путем изменения угла спиральной пружины и ее натяжения. Сейсмоприемник СН-3 может применяться для регистрации горизонтальных колебаний почвы.

2. Устройство скважинного электромагнитного сейсмоприемника СИС-49. Инертной массой сейсмоприемника служит Z-образный магнит 1, подвешенный к корпусу прибора на двух плоских пружинах 2 (см. рис. 23, *а*). Два Г-образных сердечника 3, жестко связанные с корпусом, замыкают магнитный поток. Каждый сердечник снабжен обмоткой. Обе обмотки соединены последовательно. Частота собственных колебаний (20—40 *гц*) регулируется путем изменения рабочей длины плоских пружин. Зазоры между магнитом 1 и сердечниками 3 регулируются при помощи специальной пружины 4, а также перемещением сердечников относительно корпуса. Корпус прибора имеет вытянутую цилиндрическую форму, его длина 660 *мм*, диаметр 62 *мм*. В верхней части корпуса имеются контакты, позволяющие присоединить прибор к каротажному кабелю. Для создания затухания внутренняя часть корпуса заполняется керосином. Корпус сейсмоприемника СИС-49 рассчитан на давление до 350 *кг/см²*.

3. Устройство пьезосейсмоприемников ЦТС-19. Наиболее широкое применение при морских сейсморазведочных работах получил керамический пьезосейсмоприемник ЦТС-19 (см. рис. 23, *б*). Он представляет собой керамическую трубку 1 из титаната бария толщиной 1 *мм*, длиной 40 *мм*, диаметром около 20 *мм*. Внутренняя и наружная поверхности трубки металлизированы и к ним припаяны отводы 2 и 3. Торцевые поверхности трубки закрыты карболитовыми ребристыми наконечниками 4. Если к поверхностям керамической трубки приложить внешнее давление, то между ними возникнет э. д. с., прямо пропорциональная давлению. Электрическая емкость керамического пьезосейсмоприемника около 14 000 *пкф*, чувствительность 9 *мкв/бар*.

Сейсморазведочные работы на море проводятся с применением пьезосейсмографных плавающих кос. Пьезокоса представляет собой маслonaполненный пластмассовый гибкий шланг сечением 40—50 мм, в котором на расстоянии нескольких метров один от другого размещаются пьезосейсмоприемники. Вес и объем устройства подобраны таким образом, что коса приобретает нейтральную пловучесть в воде и легко буксируется за кораблем. В нерабочем состоянии коса наматывается на специальную катушку, установленную на корабле.

§ 17. Простейшие приемы определения параметров сейсмоприемников и их пригодности для полевой работы

1. **О п р е д е л е н и е КЭМС.** В простейшем методе определения коэффициента электромеханической связи используют установку, изображенную на рис. 24. При помощи нити 1 инертную массу сейсмоприемника 2 прикрепляют к коромыслу 3 весов. Далее

нагружают тарелку весов и при помощи микроскопа 5 замечают по специальной метке положение равновесия инертной массы сейсмоприемника при данной нагрузке. Затем нагружают тарелку 4 весов дополнительным грузом F , в результате чего масса сместится относительно положения равновесия. К выводам сейсмоприемника подключают электрическую цепь, состоящую из батареи B , переменного сопротивления R , миллиамперметра mA и ключа K . Замкнув ключом K цепь и изменяя при помощи сопротивления R силу тока I в цепи, добиваются, чтобы инертная масса прибора возвратилась в исходное положение равновесия. После этого вычисляют коэффициент электромеханической связи (КЭМС) по формуле

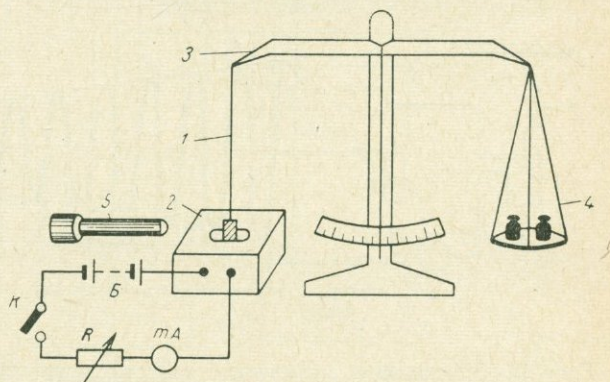


Рис. 24. Схема определения коэффициента электромеханической связи сейсмоприемников.

$$\text{КЭМС} = \frac{F}{I} \cdot 10^7,$$

где величина F в г, сила тока I в ма.

Необходимо отметить, что описанный выше способ определения КЭМС пригоден для «негермитизированных» сейсмоприемников. Для приборов типа «Светлячок» применяют более сложный метод, основанный на изучении электрического импеданса.

2. **О п р е д е л е н и е собственной частоты сейсмоприемника.** В полевых условиях собственную частоту сейсмоприемника определяют путем осциллографирования свободных колебаний по схеме, показанной на рис. 25, а. Испытуемый прибор освобождают от затухания, для чего в электромагнитном приемнике удаляют масло, а в электродинамическом отключают шунт. Сейсмоприемник 1 (рис. 25, а) подвешивают на упругом шланге 2 к жесткой основе 3 (или устанавливают на твердом массивном основании) и присоединяют через сопротивление R к одному из гальваноцентров G

осциллографа. Дополнительное сопротивление R необходимо для того, чтобы низкоомная рамка гальванометра, шунтируя сейсмоприемник, не создавала в нем электромагнитного затухания.

Нанося деревянной ручкой отвертки отрывистые удары по инертной массе или корпусу сейсмоприемника, регистрируют свободные колебания, которые имеют вид, изображенный на рис. 25, б. Частоту собственных колебаний находят по формуле

$$f_0 = \frac{N}{t},$$

где N — число колебаний инертной массы сейсмоприемника за время t .

Для обеспечения необходимой точности определения f_0 величина t должна быть не менее 0,2 сек.

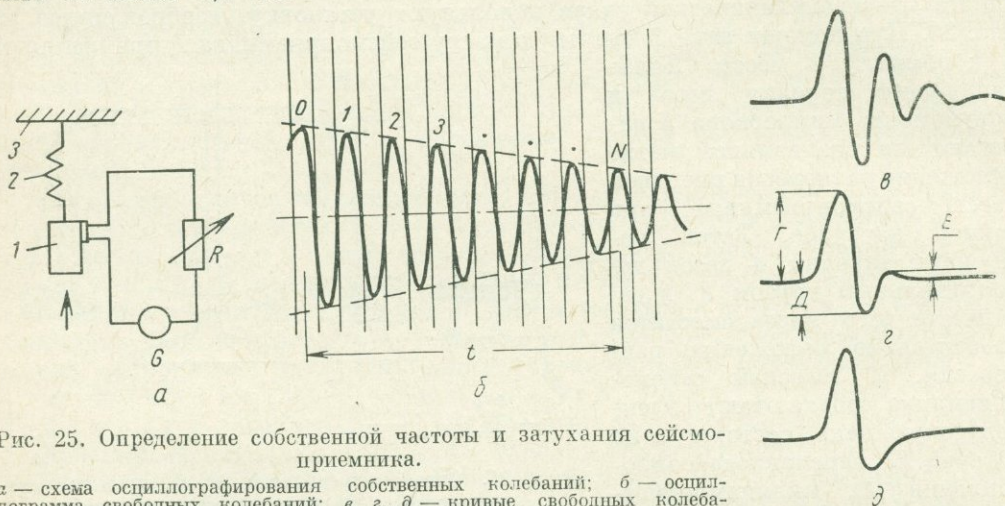


Рис. 25. Определение собственной частоты и затухания сейсмоприемника.

а — схема осциллографирования собственных колебаний; б — осциллограмма свободных колебаний; в, г, д — кривые свободных колебаний при различной степени затухания.

3. Определение затухания сейсмоприемника.

Для определения степени затухания сейсмоприемника собирают схему, показанную на рис. 25, а и выполняют операции, указанные в пункте 2.

В зависимости от степени затухания сейсмоприемника на сейсмограмме могут быть получены кривые трех типов (см. рис. 25, в—д): кривая в свидетельствует о недостаточном затухании, кривая г — о нормальном затухании и кривая д — об излишнем затухании. Нормальным считается такое затухание, при котором получается запись с двумя видимыми переходами кривой через положение равновесия. После второго перехода максимальное отклонение не должно превышать толщину линии записи, если первое отклонение имеет размах 15—20 мм.

Степень затухания h определяется по отношению двух соседних D и E (рис. 25, г) амплитуд отклонений разных знаков на записи свободных колебаний. Это отношение должно быть равно 4—5. Первое отклонение $Г$ не следует принимать в расчет, так как на его амплитуде сказывается характер удара по сейсмоприемнику.

После выполнения операций, описанных выше в пунктах 1—3, полученные величины КЭМС и собственной частоты сличают с паспортными данными.

Совпадение паспортных и практически полученных параметров будет указывать на пригодность сейсмоприемника к работе. Если же экспериментально полученные параметры какого-либо прибора существенно отличаются от паспортных, то данный сейсмоприемник не пригоден к работе. Его необходимо заменить или (если это возможно) отремонтировать.

§ 18. Сейсморазведочная станция «Поиск-МОВ-24-ОВ»

1. Назначение, принцип работы и краткая техническая характеристика сеймостанции. Сейсморазведочная станция «Поиск-МОВ-24-ОВ» предназначена для работ методом отраженных волн. Ее блок-схема показана на рис. 26.

Принцип работы станции заключается в следующем. Возникающие на границах раздела в толще земной коры отраженные волны при возвращении

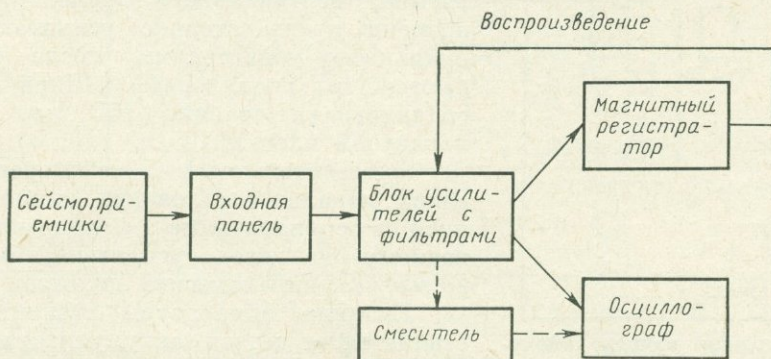


Рис. 26. Блок-схема сеймостанции типа «Поиск».

к поверхности почвы преобразуются сейсмоприемниками в колебания электрического напряжения.

С выхода сейсмоприемников колебания электрического напряжения амплитудой от нескольких десятков микровольт до нескольких милливольт передаются через входную панель станции на блоки усилителей, усиливаются в несколько десятков — сотен тысяч раз и регистрируются раздельно или одновременно магнитным регистратором и осциллографом.

Частотные фильтры, установленные в блоках усилителей, позволяют выделять полезные сигналы по частоте на фоне помех, а регуляторы амплитуд — регулировать коэффициент усиления при помощи систем автоматического (АРУ) и экспоненциального (ЭРУ) регуляторов усиления таким образом, чтобы получить хорошо читаемые сейсмограммы без заметных линейных искажений на всем протяжении записи.

Между усилителем и осциллографом может быть подключен смеситель, предназначенный для подавления помех, частота которых близка к частоте отраженных волн, т. е. в том случае, когда частотная фильтрация не может устранить помехи.

Регистрация сейсмических сигналов на магнитном регистраторе выполняется при помощи специальных магнитных головок на магнитной пленке.

Магнитная запись может быть воспроизведена на осциллографе станции. В этом случае магнитные головки магнитного регистратора подключают через

блок усилителей к осциллографу. Применение магнитной записи позволяет значительно снизить требования к тщательности выбора оптимальной фильтрации в полевых условиях. Запись на магнитном регистраторе выполняется без применения смесителя. Основная часть работы по выбору оптимальной фильтрации и выбор параметров смесителя проводится в лабораторных условиях при перезаписи магнитограмм.

Станция «Поиск-МОВ-24-ОВ» имеет 24 регистрирующих канала. Наряду с обычными сигналами от сейсмоприемников на фотобумагу осциллографа и магнитную ленту регистратора наносятся марки времени (через 0,01 сек),

отметки момента взрыва и отметки вертикального времени (сигнал от сейсмоприемника, установленного около взрывной скважины). При воспроизведении записи магнитного регистратора сигналы отметок момента взрыва, вертикального времени и марок времени предварительно усиливаются специальными усилителями, после чего подаются на осциллограф. Ширина ленты осциллографа станции 150 мм, ширина магнитной пленки 125 м.

Чувствительность сейсморегируемых каналов (отклонение амплитуды записи на осциллограмме к напряжению, подаваемому на вход усилителя) не менее 20 мм/мкв, динамический диапазон ≤ 90 дб.

Питание аппаратуры станции осуществляется от десяти аккумуляторных батарей типа 6-НКН-100. Станция устанавливается на автомашине ГАЗ-69.

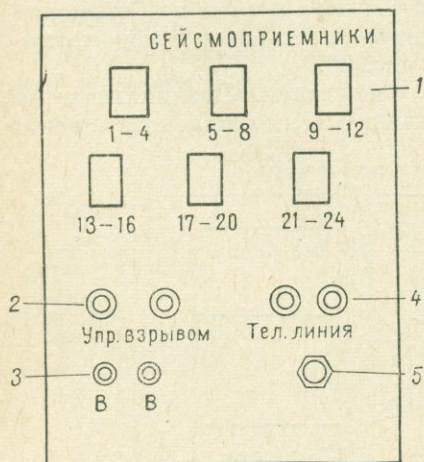


Рис. 27. Входная панель сеймостанции «Поиск-МОВ-24-ОВ».

Комплект сеймостанции содержит радиоприемник и два громкоговорителя для подачи команд по профилю.

Взрыв заряда может производиться специальным взрывником по команде оператора, а также автоматически при подаче в боевую магистраль сигнала от устройства автоматики магнитного регистратора.

2. В х о д н а я п а н е л ь с т а н ц и и. Входная панель станции служит для соединения аппаратуры с сейсмоприемниками и взрывным пунктом.

Сейсмоприемники подключаются к входной панели при помощи восьми-контактных разъемов 1 (рис. 27). Клеммы 2 панели служат для подключения к станции боевой магистрали в том случае, если взрыв производится автоматически сигналом, подаваемым с магнитного регистратора. К клеммам 4 подключается линия связи и к клеммам 3 — сейсмоприемник вертикального времени.

На внутренней плате панели установлены разъемы, посредством которых входная панель подключается к аппаратурному стенду. Болт 5 с гайкой служит для заземления станции.

3. Б л о к и у с и л и т е л е й. Усилители сеймостанции «Поиск-МОВ-24-ОВ» предназначены для усиления электрических напряжений, возникающих в сейсмоприемниках, и регулирования коэффициента усиления при помощи систем автоматического и экспоненциального регуляторов усилителя (АРУ и ЭРУ), а также при помощи специальных программ, задаваемых на панели программных регуляторов блока управления станции.

В станции «Поиск-МОВ-24-ОВ» имеются два блока усилителей. Каждый блок содержит 12 усилителей (рис. 28, а) и одну панель коммутации входов (рис. 28, б).

Усилители рассчитаны на усиление амплитуды регистрируемых колебаний в диапазоне частот 15—125 *кГц*. Их динамический диапазон при работе методом отраженных волн с применением системы АРУ составляет 66 *дБ*, без системы АРУ — 30 *дБ*, при работе с применением системы АРУ и программного регулятора 90 *дБ*. Коэффициент усиления достигает $0,5 \cdot 10^6$, потребляемая мощность 70 *вт*.

При помощи переключателей 1 и 5 панели коммутации входов (см. рис. 28, б) можно изменять род работы усилителей. Переключатель 1 относится к левой стойке, переключатель 5 — к правой стойке усилителей.

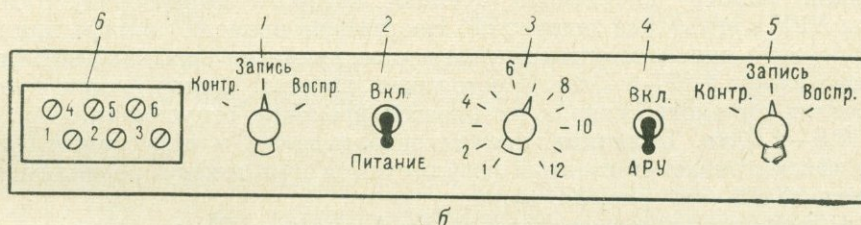
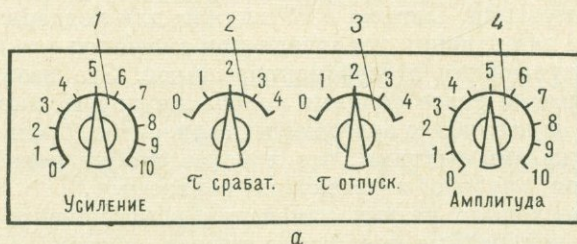


Рис. 28. Усилитель (а) и панель коммутации входов блока усилителей (б) сейсмостанции «Поиск-МОВ-24-ОВ».

В положении «Контр.» переключателей 1 и 5 проверяют работоспособность усилителей. При этом входы всех усилителей соединяются параллельно между собой и подключаются к панели контроля усилителей пульта управления станцией. В этом случае на входы усилителей можно подать:

1) импульс постоянного тока для проверки фазовой идентичности усилителей по собственным процессам;

2) напряжение низкой частоты от генератора станции или от внешнего генератора с целью выравнивания чувствительности каналов, выбора оптимального тока записи при работе с магнитным регистратором и для проверки работоспособности системы АРУ;

3) сигнал от одиночного сейсмоприемника или от группы сейсмоприемников для проверки фазовой идентичности на взрыв.

Кроме того, в положении «Контр.» переключателей 1 и 5 проверяют линии, соединяющие сейсмоприемники с входной панелью, на проводимость и утечку, а также проверяют сейсмоприемники на залипание путем подачи в линию импульса постоянного тока разной полярности. Проверяемый канал выбирают переключателем 3 панели коммутаций.

В положении «Запись» переключателей 1 и 5 сейсмоприемники подключаются непосредственно ко входам усилителей, производится одновременная или раздельная запись показаний на магнитную пленку и фотобумагу. При установке указанных переключателей в положение «Воспр.» входы усилителей подключаются к головкам магнитного регистратора и производится перезапись сигналов с магнитной пленки на фотобумагу.

Тумблер 2 (см. рис. 28, б) панели коммутации служит для включения питания усилителя.

Реостатом 1 (см. рис. 28, а) регулируется величина коэффициента усиления всего усилителя.

В процессе поступления сигналов от сейсмоприемников регулирование амплитуд регистрируемых колебаний выполняется при помощи системы АРУ, которая подсоединяется к выходному каскаду усилителя и включается тумблером 4 панели коммутации. Система АРУ служит для поддержания постоянного уровня выходного напряжения усилителя при значительном изменении уровня напряжения, поступающего от сейсмоприемников. Это необходимо для того, чтобы на сейсмограмме более сильные колебания почвы, вызванные приходом отраженных волн от неглубоко залегающих горизонтов, были записаны приблизительно с теми же амплитудами, что и более слабые колебания, вызванные приходом волн от глубоко залегающих горизонтов.

Чтобы не происходило резких изменений коэффициента усиления, вызывающих сильные нелинейные искажения записи, в схеме АРУ имеется сглаживающий фильтр, постоянная времени которого характеризует действие системы АРУ с некоторой задержкой. Постоянная времени фильтра при внезапном включении сильного сигнала называется временем срабатывания фильтра. Она составляет 0,07—0,2 сек. Постоянная времени фильтра при внезапном выключении сильного сигнала называется временем отпускания. Она обычно равна 0,3—1,0 сек. Величины времен срабатывания и отпускания системы АРУ в рассматриваемой станции регулируются при помощи переключателей 2 и 3 усилителей (см. рис. 28, а).

В положении «0» переключателей 2 и 3 система АРУ отключается, в положениях «1; 2; 3» устанавливаются необходимые времена срабатывания и отпускания АРУ.

В положении «4» переключателей 2 и 3 регулировка коэффициента усиления выходного каскада усилителя осуществляется по программе, которая задается на панели программных регуляторов блока управления станцией.

На панели коммутации входов установлены шесть потенциометров 6 (см. рис. 28, б), посредством которых регулируется уровень записи и порог срабатывания автоматического регулятора усиления.

Для получения хорошо читаемых сейсмограмм уровень амплитуд всех записей на сейсмограмме должен быть одинаковым. Другими словами, при поступлении на входы усилителей сигналов одинаковых амплитуд на выходе усилителей должны получаться напряжения также одинаковых амплитуд. Однако величины напряжений, поддерживаемых системой АРУ в различных усилителях станции, несколько отличаются одна от другой, и практически очень трудно заставить систему АРУ работать одинаково во всех усилителях. По этой причине в схему каждого усилителя введен регулятор амплитуд выходного напряжения, управление которым осуществляется при помощи переключателя 4 (см. рис. 28, а). Регуляторы амплитуд позволяют подобрать одинаковый уровень амплитуд всех записей на сейсмограмме.

4. Б л о к и ф и л ь т р о в. Фильтрующее устройство станции предназначено для частотной селекции сейсмических сигналов и работает совместно с усилителями.

В станции «Поиск-МОВ-24-ОВ» фильтрующее устройство смонтировано в восьми выносных блоках. В каждом блоке имеются фильтры для трех каналов.

Фильтрующее устройство содержит фильтры нижних частот с граничными частотами 20; 30; 50; 70 и 100 *гц* и фильтры верхних частот с граничными частотами 25; 35; 50; 70 и 100 *гц* (рис. 29). Первые пропускают без ослабления сигналы с частотами ниже граничных и подавляют сигналы выше выбранной граничной частоты, вторые подавляют сигналы ниже граничной частоты и пропускают без ослабления сигналы выше выбранной граничной частоты.

Граничные частоты фильтров нижней (ФНЧ) и верхней (ФВЧ) частот устанавливаются соответственно при помощи переключателей 1 и 3 блоков фильтров.

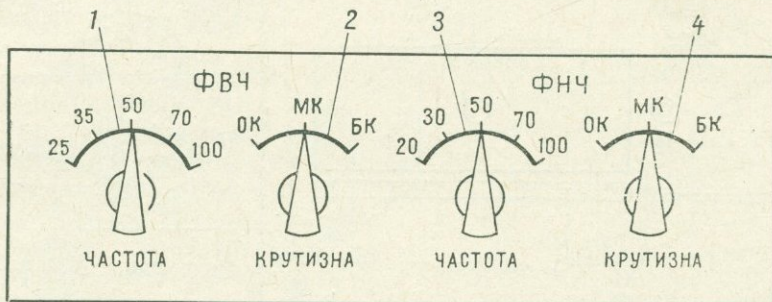


Рис. 29. Блок фильтров сейсмостанции «Поиск-МОВ-24-ОВ».

Совместная работа переключателей 1 и 3 позволяет установить определенную полосу пропускания сейсмических сигналов, т. е. диапазон частот, в пределах которых усиление сигналов уменьшается по сравнению с максимальным не более чем на 30%. Если, например, переключатель 1 установить в положение «35», а переключатель 3 — в положение «70», то полоса пропускания будет иметь абсолютную ширину 35 *гц* и будет расположена в диапазоне частот 35—70 *гц*.

Переключатели 2 и 4 позволяют установить крутизну частотных характеристик на выходе усилителей, которая измеряется в децибеллах на октаву. Октавой называется полоса частот, в пределах которой частоты изменяются в 2 раза.

В положениях «МК» и «БК» переключателей 2 и 4 фильтров устанавливается соответственно малая и большая крутизна частотных характеристик.

Малая крутизна, устанавливаемая фильтрами ФВЧ и ФНЧ, составляет соответственно 18—20 и 16—18 *дб/октава*, а большая — соответственно 36—40, и 32—36 *дб/октава*. Крутизна характеризует боковые срезы, т. е. участки, расположенные вне полосы пропускания. Чем больше крутизна частотной характеристики, тем выше избирательность фильтра в пределах данной полосы пропускания.

5. О с ц и л л о г р а ф О С - 7 П. Осциллограф ОС-7П (рис. 30, а) служит для регистрации сейсмических колебаний на фотобумаге. Он может включаться параллельно магнитному регистратору для непосредственной записи

сейсмических сигналов, либо воспроизводить колебания, записанные магнитным регистратором станции.

В осциллографе установлены 28 гальванометров карандашного типа, из которых 24 регистрируют колебания сеймоприемников, а из остальных четырех один записывает отметку момента взрыва, один — отметку вертикального времени, один — марки времени и один — запасной.

Работа гальванометра осциллографа ОС-7П основана на принципе поведения рамки с током в магнитном поле (рис. 31). Между полюсами 1 и 2 магнитного блока на упругих нитях — растяжках 5 и 6 помещена рамка 3 таким образом,

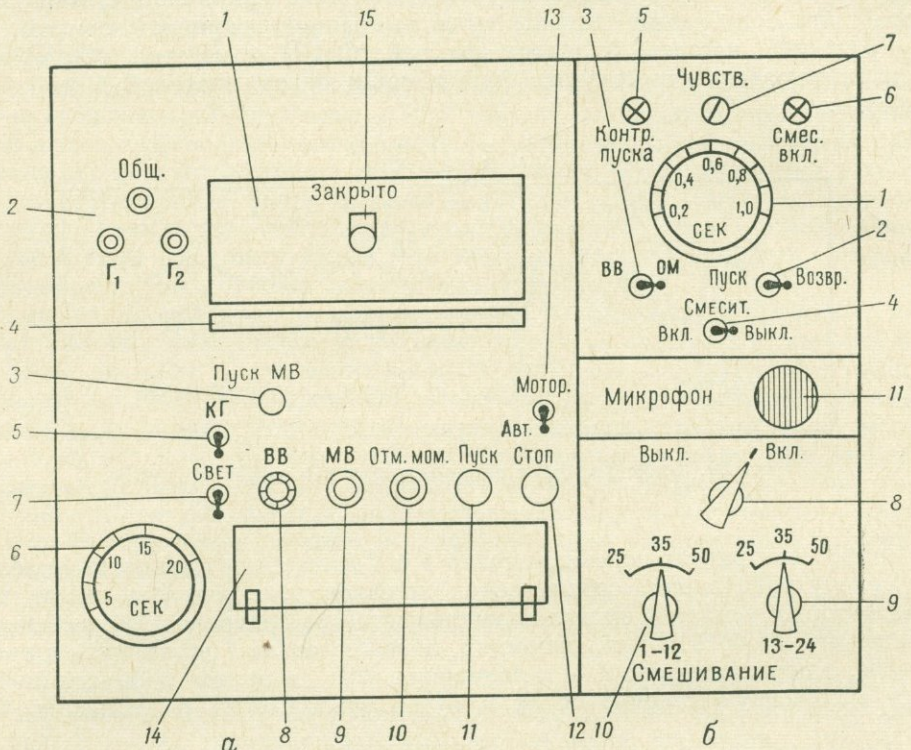


Рис. 30. Осциллограф (а) и блок смесителя (б) сеймостанции «Поиск-МОВ-24-ОВ».

что плоскость ее витков параллельна направлению 7 магнитного поля магнита. При пропускании через рамку тока направлением 8 в ней возникает магнитное поле направлением 9, которое, взаимодействуя с полем магнитной системы, создает вращающий момент, стремящийся повернуть ось рамки по направлению 10, т. е. так, чтобы направления магнитных полей рамки и магнита совпали. Поворот рамки уравнивается упругим моментом растяжек. Луч света 12 от осветителя 11 падает на зеркало 4, укрепленное на одной из растяжек, попадает на фотобумагу 15, которая перематывается из магазинной кассеты 13 в приемную кассету 14. Усиленный электрический сигнал, пришедший от сеймоприемника, поворачивает рамку с током на определенный угол. После прохождения сигнала рамка возвращается в прежнее положение. Таким образом на движущейся фотобумаге фиксируется сейсмическая запись 16, называе-

мая сейсмической трассой. Угол поворота рамки и, следовательно, амплитуда отклонения светового блика на фотобумаге пропорциональны амплитуде сигнала, пришедшего на гальванометр.

Лентопротяжный механизм приводится во вращение от электродвигателя с центробежным регулятором. Движение фотобумаги осуществляется при помощи обрезающего валика (к нему бумагу прижимают два валика), соединенного с осью редуктора лентопротяжного механизма.

Лентопротяжный механизм осциллографа позволяет протягивать фотобумагу с одной из следующих скоростей: 70; 100; 150; 200; 300 и 400 мм/сек. Ширина фотобумаги 150 мм.

Осветительная система осциллографа состоит из двух осветителей и системы линз и зеркал. Один осветитель используется для подачи света на зеркала гальванометров, другой — для нанесения поперечных линий — марок времени. Осветительная лампа марок времени находится внутри полого цилиндра, имеющего 10 щелей и установленного на оси электродвигателя отметчика времени. Полый цилиндр расположен внутри цилиндрического корпуса, на котором прорезана одна щель. Электродвигатель отметчика вращается со скоростью 10 об/сек. В момент совпадения неподвижной щели корпуса с подвижной щелью полого цилиндра луч света от осветителя попадает на зеркало и, отразившись от него, фокусируется цилиндрической линзой в виде поперечной линии на фотобумаге. Таким образом, поперечные линии на фотобумаге (марки времени) наносятся через 0,01 сек.

Вращение электродвигателя отметчика марок времени производится от камертонного генератора частотой 1000 гц, расположенного внутри корпуса осциллографа, или от кварцевого генератора частотой 500 гц на панели управления станции, которые обеспечивают высокостабилизированную частоту оборотов.

Блок гальванометров, лентопротяжный механизм с осветительной системой и камертонный генератор расположены внутри кожуха осциллографа. Кожух представляет собой прямоугольный металлический ящик. На его задней стенке закреплены штепсельные разъемы, соединяющие осциллограф с другими блоками стенда. На передней стенке расположены кожух приемной кассеты (см. рис. 30, а), дверца 14, открывающая доступ к гальванометрам, элементы управления осциллографом и контроля за его работой.

Включение электродвигателя лентопротяжного механизма производится тумблером 13 или кнопкой 11. При включении тумблером 13 напряжение 27 в подается непосредственно на клеммы электродвигателя. Остановка последнего осуществляется также тумблером 13. При включении кнопкой 11 время работы электродвигателя определяется специальным реле, которое отключает цепь питания по истечении определенного времени. Время отключения

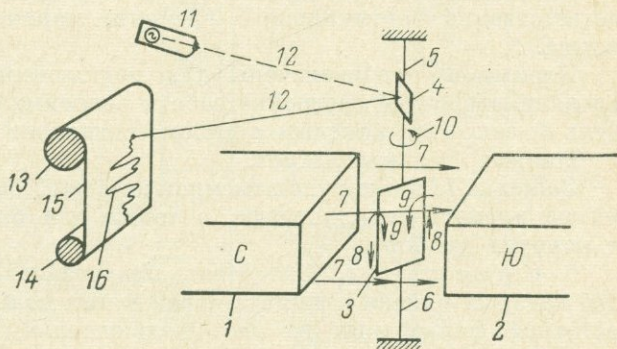


Рис. 31. Принципиальная схема осциллографа.

устанавливается при помощи лимба 6 в реле времени и может регулироваться в интервале 5—20 сек. Для экстренной остановки электродвигателя в этом случае служит кнопка 12.

Осветительная система включается тумблером 7.

Электродвигатель отметчика марок времени включается при помощи тумблера 5 и ручки запуска 3, если его питание осуществляется от камертонного генератора, причем питание от камертонного генератора поступает через делитель (частота 1000 *гц* делится на 2) и усилитель мощности. Если электродвигатель отметчика времени переводится на питание от кварцевого генератора, то камертонный генератор отключается при помощи специального тумблера внутри кожуха прибора, а вход усилителя мощности электродвигателя подключается через разъемы на задней стенке осциллографа к внешнему источнику частоты. Реостаты 8, 9 и 10 служат для регулировки амплитуд импульсов соответственно вертикального времени, марок времени и отметки момента взрыва.

Клеммы 2 предназначены для подключения внешних вспомогательных гальванометров при настройке работы основных гальванометров осциллографа. Щель 4, закрытая красным стеклом, позволяет вести визуальное наблюдение за бликами гальванометров.

Защелка 15 на кожухе приемной кассеты 1 служит для закрепления последней на корпусе осциллографа, а также для отсоединения приемной кассеты от корпуса прибора.

6. С м е с и т е л ь. Смеситель предназначен для подавления помех, частота которых близка к частоте отраженных волн, т. е. в случае, когда подбор частотной фильтрации не дает положительных результатов.

Принцип действия смесителя заключается в том, что между смежными каналами сейсмостанции устанавливается определенная связь, отчего колебания в соседних каналах частично накладываются одно на другое и суммируются по правилу интерференции. Вследствие этого колебания помех, приходящие в соседние каналы, как правило, с разными фазами (с большим сдвигом фаз), ослабляются, а отражения, приходящие к соседним каналам с малым сдвигом фаз, регистрируются почти неослабленными.

Смешение колебаний осуществляется путем подключения между гальванометрами сопротивления той или иной величины. Связь между каналами сейсмостанции зависит от величины сопротивления: при уменьшении сопротивления связь между соседними каналами увеличивается.

В станции «Поиск-МОВ-24-ОВ» установлен двусторонний смеситель: через каждый гальванометр проходят сигналы, созданные не только в соответствующем ему сейсмоприемнике, но и в расположенных по обе стороны от него.

Смеситель позволяет связывать между собой как все 24 канала, так и две независимые группы каналов 1—12 и 13—24, что бывает необходимо в том случае, когда пункт взрыва расположен в центре расстановки сейсмоприемников. В станции «Поиск-МОВ-24-ОВ» могут быть установлены следующие величины коэффициента смешения: 25; 35 и 50%. Коэффициент смешения показывает, какую часть энергии в процентах отдает каждый канал двум соседним каналам.

Включение смесителя производится после регистрации первых вступлений с тем, чтобы не произошло их искажения на сейсмограмме.

При работающем магнитном регистраторе включение смесителя в осциллограф осуществляется при помощи реле времени, которое включается импульсом, поступающим из магнитного регистратора в момент взрыва. При этом

установка лимба 1 реле (см. рис. 30, б) должна соответствовать интервалу времени между моментом взрыва и моментом начала записи от наиболее удаленного сейсмоприемника. Момент включения смесителя отмечается вспышкой белой лампочки 6.

При осциллографической записи включение смесителя происходит от импульса отметки момента взрыва или от импульса вертикального времени. С этой целью тумблер 3 должен быть установлен в положение «ОМ» или «ВВ».

Питание электрической схемы смесителя включается тумблером 4.

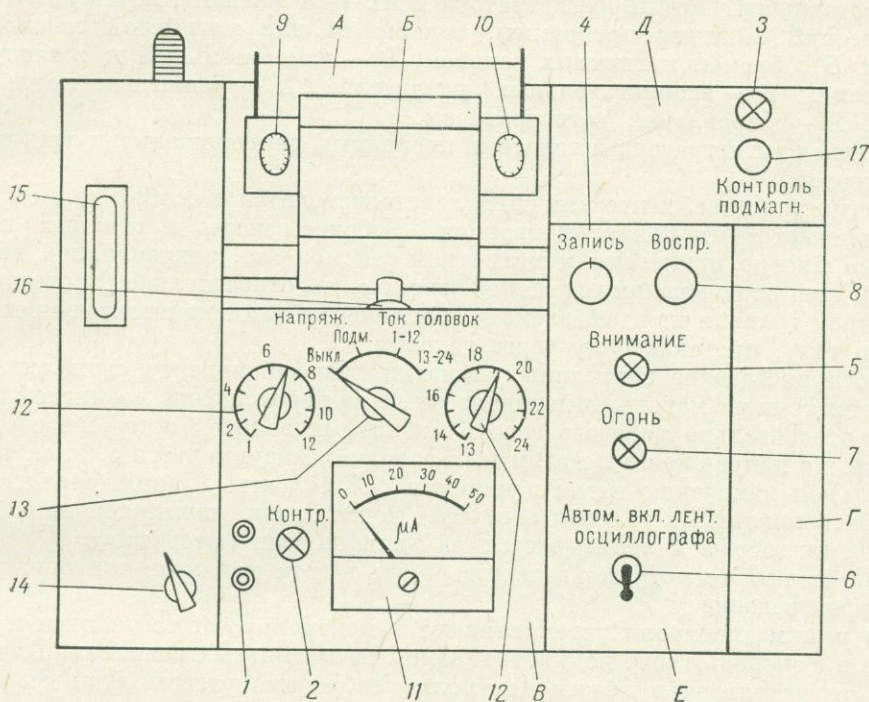


Рис. 32. Барабанный магнитный регистратор типа BMP-1-24.

Проверка работы пусковой схемы смесителя производится путем включения тумблера 2. Показателем исправной работы схемы будет вспышка красной лампочки 5. Чувствительность пусковой схемы смесителя регулируется потенциометром 7.

Переключатель 8 служит для включения связи между каналами 12 и 13, т. е. соединяет две группы каналов 1—12 и 13—24.

Переключателями 9 и 10 изменяется коэффициент смещения в каналах 11—12 и 13—24 в пределах 25, 35 и 50%.

На лицевой панели установлен также микрофон 11. Внутри панели расположены необходимые элементы электрической схемы.

7. Барабанный магнитный регистратор BMP-1-24. Барабанный магнитный регистратор (рис. 32) предназначен для записи на магнитную сейсмоленту предварительно усиленных сейсмических сигналов и для их воспроизведения.

В регистраторе 28 магнитных головок: 24 головки (3—26) записывают сигналы от сейсмоприемников, установленных на профиле, три (1, 2, 27) имеют вспомогательное назначение (запись и воспроизведение вертикального времени и отметок момента взрыва), одна запасная. Скорость транспортировки магнитной ленты может быть равна 50 и 100 мм/сек, длительность записи соответственно 12 и 6 сек. Динамический диапазон регистратора 46 дб, частотный диапазон 10—150 гц. Ширина магнитной ленты 125 мм. Напряжение для питания регистратора 27 в при потребляемой мощности не более 50 вт.

Составными частями регистратора БМР-1-24 являются привод, потенциометрический задатчик программы, барабан А для магнитной сейсмоленты, тонарм В с блоком магнитных головок, В — измерительный и согласующий усилители, Г — вспомогательных усилителей, Д — усилителя подмагничивания, Е — управления регистратором.

Привод регистратора и задатчик программы расположены внутри корпуса регистратора.

Регистрация сейсмических сигналов производится способом прямой записи с высокочастотным подмагничиванием. Рабочие зазоры магнитных головок тонармы плотно прилегают к магнитной сейсмоленте, закрепленной на барабане А. При перемещении магнитной сейсмоленты относительно рабочего зазора магнитной головки каждый элемент сейсмоленты намагничивается пропорционально току, протекающему через головки.

Воспроизведение записанных на магнитную сейсмоленту сигналов осуществляется теми же магнитными головками. При перемещении магнитной сейсмоленты относительно рабочего зазора магнитных головок с той же скоростью и в том же направлении в магнитных головках индуцируется э. д. с., пропорциональная изменению намагниченности сейсмоленты. Напряжение сигналов с обмоток магнитных головок поступает через блоки усилителей на сейсмический осциллограф и записывается на движущуюся фотобумагу.

Магнитный регистратор может работать в трех режимах: контроль, запись и воспроизведение.

В режиме контроля устанавливают и контролируют ток записи и напряжение высокочастотного подмагничивания на магнитных головках. Для включения регистратора в режим контроля необходимо отвести блок магнитных головок от барабана до положения, при котором он фиксируется. При отведении блока в регистраторе автоматически происходят переключения схемы, исключающие возможность записи сигналов на магнитную ленту и нанесения магнитного следа на сейсмоленте в процессе контроля за током записи и напряжения высокочастотного подмагничивания. При этом загорается лампа 2 на панели В. При нажатии на кнопку 17 подается напряжение питания на усилитель подмагничивания и загорается лампа 3.

Для включения магнитного регистратора в режим записи нужно подвести блок головок к магнитной ленте и нажать на кнопку 4 панели Е управления регистратором. При нажатии на кнопку 4 в электрической схеме прибора автоматически выполняются все необходимые переключения на режим записи и начинает вращаться барабан, выполняя следующую серию необходимых подключений. После окончания первого оборота барабана загорается лампа 5 на панели управления регистратором. Во время второго оборота барабана подается напряжение на усилитель подмагничивания, на контакты усилителей марок времени, вертикального времени, отметки момента взрыва. При включенном тумблере 6 включается лентопротяжный механизм осциллографа. В начале третьего оборота загорается лампа 7 панели Е, которая обеспечивает

возможность своевременной подачи команды оператора на взрывпункт, если взрыв осуществляется со взрывпункта, или сигнализирует о готовности цепей управления взрывом при осуществлении автоматического управления моментом взрыва.

Если взрыв осуществляется со взрывпункта, то специальный тумблер внутри панели *Е* должен быть установлен в положение «Взрыв от ВП». При автоматическом управлении моментом взрыва указанный тумблер необходимо установить в положение «Взрыв от ст.».

Запись осуществляется при третьем обороте барабана. В конце третьего оборота снимается напряжение со всех элементов схемы и электропривода и барабан останавливается.

Для включения магнитного регистратора в режим воспроизведения, как и при записи, блок головок необходимо прижать к магнитной ленте и нажать на кнопку *8* панели *Е*. При этом происходят необходимые подключения, подается напряжение на электропривод, который начинает вращать барабан. В начале второго оборота барабана загорается лампа *5* панели *Е*. В начале третьего оборота включаются смеситель, реле программного управления и лентопротяжный механизм осциллографа. Воспроизведение магнитной записи на фотобумагу происходит на третьем обороте барабана. В конце третьего оборота питание всех элементов управления и электропривода отключается и барабан останавливается.

Блок магнитных головок, когда он отведен от барабана и когда прижат к нему, фиксируется фиксатором *16*. Рукоятки *9* и *10*, соединенные с пружинами, служат для регулирования давления магнитных головок на барабан.

Измерительный прибор *11* на панели *В* служит для контроля за напряжением подмагничивания и током в магнитных головках. В первом положении переключателя *13* измерительный прибор *11* выключен, во втором положении при нажатой кнопке *17* измеряется напряжение подмагничивания. В третьем и четвертом положениях переключателя *13* измеряется ток в головках *1—12* и *13—24*. Необходимый номер магнитной головки устанавливается при помощи переключателей *12*. Клеммы *1* служат для подключения внешнего измерительного прибора.

Переключатель *14* служит для установки необходимой скорости вращения барабана магнитного регистратора. Многоконтактный штепсельный разъем *15* используется при регулировке и настройке работы регистратора.

8. Блок управления станцией. Блок управления сейсмостанцией «Поиск-МОВ-24-ОВ» состоит из следующих панелей (рис. 33): *А* — контроля за усилителями, *Б* — управления, *В* — измерительной, *Г* — управления генератором низкой частоты, *Д* — программных регуляторов, *Е* — отметки момента взрыва и вертикального времени, *Ж* — связи, *З* — залипания, *И* — стабилизатора. В некоторых выпусках станции панель залипания может отсутствовать.

При помощи панели *А* проверяются работоспособность и фазовая идентичность усилителей, а также идентичность сейсмоприемников. В четвертом положении («СП») переключателя *2* проверяются собственные процессы усилителей каналов. При этом к клеммам *1* подключается батарея питания, импульсы тока от которой на вход усилителей подаются путем нажатия на кнопку *3*, амплитуда импульсов регулируется реостатом *4*. Для проверки собственных процессов к клеммам *1* можно подсоединить сейсмоприемник. В третьем положении («ГНЧ») переключателя *2* панели *А* на вход параллельно подсоединенных усилителей подключается внутренний генератор низкой частоты. Частоту

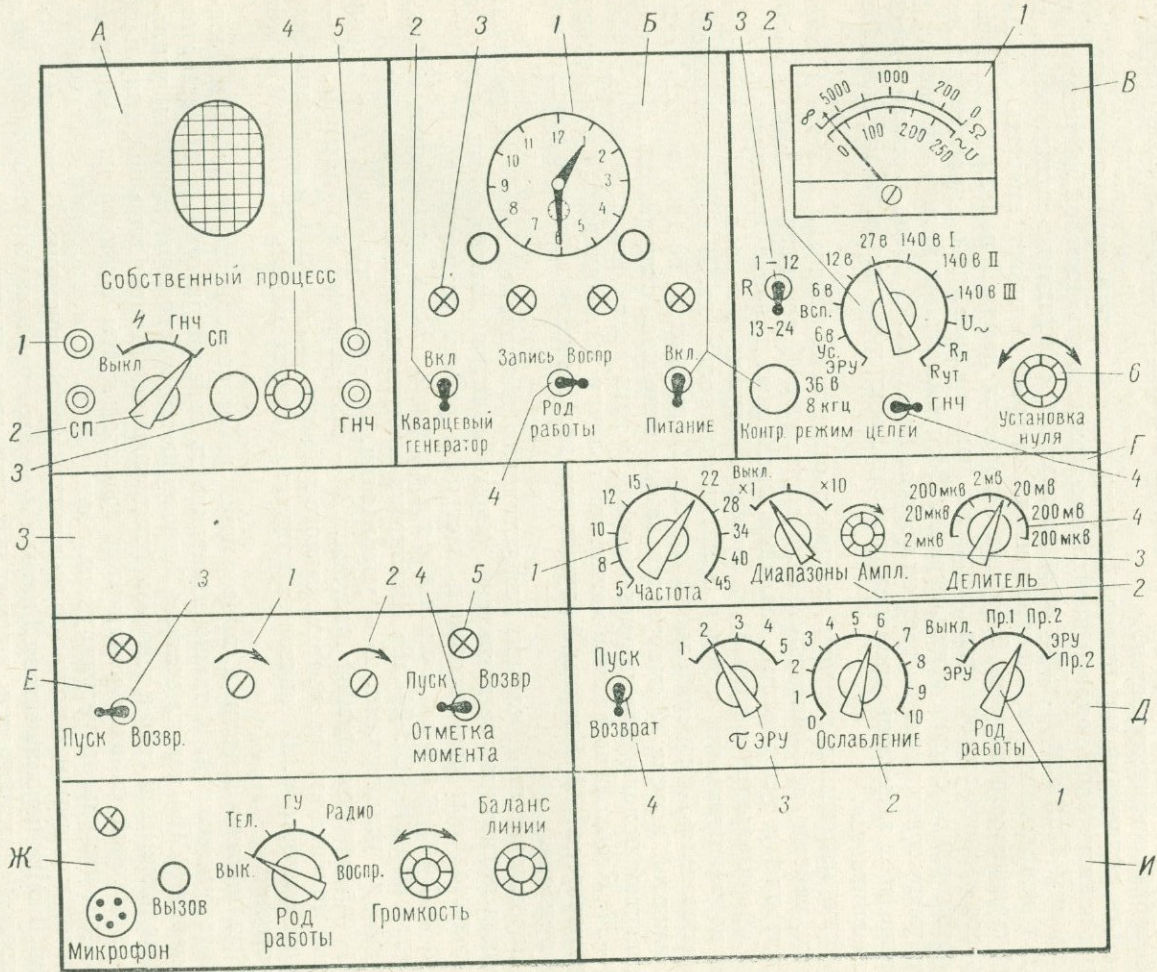


Рис. 33. Блок управления сейсмостанции «Поиск-МОВ-24-ОВ».

генератора при помощи переключателей 1 и 2 панели Г можно изменять от 5 до 450 гц. Ступенчатая регулировка амплитуды импульсов генератора осуществляется делителем 4, плавная — реостатом 3.

Во втором положении («И») переключателя 2 панели А на вход усилителей могут быть поданы импульсы от внешнего генератора низкой частоты, который подсоединяется к клеммам 5.

На панели управления В расположены часы-секундомер 1, тумблер 2 для включения кварцевого генератора, переключатель 4 рода работ станции и тумблер 5 включения питания усилителей и кварцевого генератора. Тумблер 4 дублирует работу кнопок «Запись» и «Воспр.», расположенных на панели магнитного регистратора. Лампы 3 имеют назначение индикаторов работы переключателей 2, 4 и 5.

Измерительная панель В служит для контроля за режимами питания цепей сейсмостанции и для проверки линий с сейсмоприемниками на сопротивление и на утечку. Стрелочный прибор 1 может работать как вольтметр (нижняя шкала) и как омметр (верхняя шкала). Нулевое положение стрелки омметра устанавливается посредством реостата 6 при нажатии на кнопку 5. В положениях «R_{ут}» и «R_д» переключателя 2 измеряются соответственно сопротивление утечки и сопротивление линий, соединяющих станцию с сейсмоприемниками. Отмеченные величины измеряются отдельно в каналах 1—12 и 13—24, что обеспечивается тумблером 3. При установке переключателя 2 измерительной панели в положение «U_л» измеряется переменное напряжение генератора низкой частоты или кварцевого генератора, в зависимости от положения тумблера 4. В положении «ЭРУ» переключателя 2 контролируется напряжение питания экспоненциального регулятора усиления (о его назначении будет сказано ниже). Во всех остальных позициях переключателя 2 прибор 1 контролирует напряжение накалов ламп усилителей («6 в, Ус.») и вспомогательных схем («6 в, Всп.»), напряжение питания вспомогательных цепей («12 в I; 140 в II; 140 в III»).

Блок программных регуляторов Д служит для задания определенных программ, по которым в процессе записи происходит изменение коэффициента усиления сейсмических сигналов. Программы задаются переключателем 1. В первом положении («ЭРУ») переключателя изменение коэффициента усиления происходит по экспоненте. Параметры экспоненты устанавливаются переключателями 2 и 3. Во втором положении («Выкл.») переключателя 1 панель программных регуляторов выключается. В третьем положении («Пр. 1») переключателя 1 задается первая программа. Согласно программе, на управляющую сетку выходного каскада усилителя подается синусоидальное напряжение, по закону изменения которого происходит регулировка коэффициента усиления сигналов. При этом работает также система АРУ. В четвертом положении («Пр. 2») переключателя рода работ включается вторая программа, согласно которой синусоидальное напряжение подается на управляющую сетку первого каскада усиления при выключенной системе АРУ. В пятом положении («ЭРУ, пр. 2») переключателя 1 начинают работать совместно вторая программа и экспоненциальный регулятор усиления. Выбор необходимой программы зависит от конкретных геологических условий района сейсмических работ и от характера задач. Тумблер 4 панели программных регуляторов используется при настройке работы панели.

Панель Е отметки момента взрыва и вертикального времени служит для регулирования уровней срабатывания соответствующих реле. Уровень регулируется потенциометрами 1 и 2, проверка работы реле осуществляется при

помощи тумблеров 3 и 4. Момент срабатывания реле сопровождается вспышкой лампы 5.

Панель Ж связи станции позволяет осуществлять радиотелефонную связь между оператором сейсмостанции и рабочими на профиле. На панели расположены штепсельный разъем для подключения микрофона, кнопка вызова и индикаторная лампа, переключатель рода работ, регулятор громкости и реостат установки баланса линии (при возникновении паразитной акустической связи между микрофоном и динамиками.)

При помощи панели З проверяется залипание сейсмоприемников. В случае отсутствия специальной панели залипание можно определить, пользуясь измерительной панелью В.

9. Основные операции по подготовке сейсмостанции к работе. Подготовка станции к работе в основном заключается в проверке работоспособности и идентичности действия усилителей и сейсмоприемников, работоспособности смесителя и других устройств.

а) Проверка работоспособности и идентичности усилителей. Перед проверкой идентичности усилителей проверяют их работоспособность.

С этой целью переключатели 1 и 4 усилителей (см. рис. 28, а) устанавливаются в среднее положение, переключатели 1 и 5 панели коммутации входов (см. рис. 28, б) — в положение «Контр.» и выбирают необходимую величину фильтрации при помощи переключателей 1 и 3 на блоках фильтров (см. рис. 29). Тумблером 7 осциллографа (см. рис. 30, а) включают осветительную систему и по стрелочному прибору измерительной панели В (см. рис. 33) при соответствующих положениях переключателя 2 проверяют режимы накальных, анодных и вспомогательных цепей.

Далее переключателем 2 панели А проверки усилителей на их запараллеленный вход подключают внутренний (или внешний) генератор низкой частоты. Амплитуду колебаний генератора выбирают такую, чтобы амплитуда размыва бликов гальванометров составляла 15—20 мм. Полученную неравномерность размыва устраняют переключателями 4 усилителей (см. рис. 28, а). В случае резких отклонений амплитуд блоков отдельных усилителей отыскивают и устраняют неисправности в схеме последних.

Фазовую идентичность усилителей проверяют при выключенной системе АРУ путем подачи на вход усилителей прямоугольных импульсов тока (в положении «СП» переключателя 2 панели А) от батареи, подключенной к клеммам 1 панели А. Импульсы подаются при нажатии кнопки 3 и записываются на осциллограф. Двигатель лентопротяжного механизма включают тумблером 13 осциллографа (см. рис. 30, а). Идентичность считается удовлетворительной, если относительный сдвиг фаз записанных импульсов не превышает $\pm 0,001$ сек при амплитуде 15—20 мм.

Подачу импульсов тока с целью проверки фазовой идентичности усилителей можно осуществлять также от генератора низкой частоты или от сейсмоприемника, подключенного к клеммам СП или ГНЧ панели проверки усилителей; для получения импульсов можно слегка постукивать по корпусу сейсмоприемника.

Для проверки работы системы АРУ на запараллеленные входы усилителей подают переменное напряжение от генератора низкой частоты при включенном тумблере 4 панели коммутации входов блока усилителей (см. рис. 28, б). Частоту генератора устанавливают переключателем 1 панели ГНЧ блока управления (см. рис. 33) таким образом, чтобы при выключенной системе АРУ наблюдался наибольший размыв бликов.

При нажатой кнопке 3 панели А проверки усилителей производится осциллографирование синусоидального напряжения генератора низкой частоты.

На полученной осциллограмме должен быть виден первоначальный большой выброс гальванометров с последующим (через 0,1—0,12 сек) установлением амплитуды записи. При нормальной работе системы АРУ все записи на осциллограмме одинаковы как по форме, так и по фазам. Допустимые сдвиги фаз между отдельными усилителями не должны превышать $\pm 0,001$ сек. Средний уровень записи на осциллограмме выбирают равным порядка 20 мм и устанавливают его переключателями 4 блоков усилителей (см. рис. 28, а) во всех каналах.

Работу системы АРУ проверяют на всех рабочих фильтрациях.

б) *Проверка идентичности работы сейсмоприемников.* Идентичность работы сейсмоприемников проверяют при установке переключателей 1 и 5 панели коммутации входов (см. рис. 28, б) в положение «Запись». Сейсмоприемники устанавливают в специальную неглубокую канавку в два ряда на расстоянии 1—2 см один от другого. Дно канавки делают ровным и смачивают водой. Перед проверкой идентичности проверяют исправность и работоспособность сейсмоприемников. С этой целью в положении «R_н» или «R_л» переключателя 2 измерительной панели В пульта управления (см. рис. 33) нажимают кнопку 5 и с помощью реостата 6 стрелку прибора 1 устанавливают на нуль. В положении «R_л» переключателя 2 измеряется омическое сопротивление сейсмоприемников, в положении «R_н» — величина сопротивления утечки сейсмоприемников на землю. При этом сейсмостанция должна быть заземлена. Проверку выполняют в положениях «1—12» и «13—24» тумблера 3 измерительной панели.

После проверки исправности сейсмоприемников снимают осциллограмму идентичности каналов на стук или взрыв. Для этого на расстоянии 20—30 м от сейсмоприемников перпендикулярно их фронту ударяют по почве тяжелым предметом или производят взрыв и делают осциллографическую запись. Если относительный сдвиг фаз между каналами не превышает $\pm 0,0015$ сек, сейсмоприемники считают пригодными к работе.

в) *Проверка работы смесителя и других устройств сейсмостанций.* С целью контроля за работой смесителя проверяют полезный коэффициент связи (коэффициент смещения) между проверяемым и двумя соседними каналами. Контроль осуществляют осциллографическим путем или наблюдением за отклонением бликов гальванометров на визуальной шкале осциллографа. Для проверки смещения на запараллеленные входы усилителей подают переменное напряжение от генератора низкой частоты (см. рис. 33).

Переключатели 1 и 4 усилителей (см. рис. 28, а) ставят в крайнее левое положение, при котором блики гальванометров не дают отклонения. Переключатели 4 и 8 блока смесителя (см. рис. 30, б) устанавливают в положение «Вкл.», а переключатели 9 и 10 — в одно из положений «25; 35; 50». Далее тумблером 2 включают смеситель и в одном из каналов, например в пятом, при помощи переключателя 1 усилителя (см. рис. 28, а) устанавливают такой коэффициент усиления, при котором гальванометр пятого канала давал бы отклонение блика 50 или 100 мм. Передаваемая от пятого гальванометра через сопротивления связи энергия вызовет отклонения соседних (четвертого и шестого) гальванометров. Отношение амплитуд отклонения бликов четвертого и шестого гальванометров к амплитуде отклонения блика пятого гальванометра будет характеризовать коэффициент смещения. Например, если отклонение блика пятого гальванометра установлено 100 мм, то амплитуда отклонения соседних

гальванометров в положениях «25; 35; 50» переключателя 10 должна составлять соответственно 25; 35 и 50 мм.

Таким образом поочередно производится проверка коэффициента смещения для всех каналов станции.

В процессе подготовки станции к работе проверяют также правильность работы всех узлов осциллографа и барабанного магнитного регистратора, программных регуляторов усиления, исправность телефонной связи и других устройств станции.

10. Порядок включения сейсмостанции для одновременной записи сейсмических сигналов на осциллограф и магнитный регистратор и для воспроизведения записи с магнитного регистратора на осциллограф. Перед включением станции выполняют подготовительные работы на профиле: устанавливают сейсмоприемники, разматывают провода и подключают к входной панели станции. Станцию заземляют. При работе с автоматическим управлением взрывом боевую магистраль подключают к клеммам 2 входной панели (см. рис. 27).

Осциллограф заряжают фотобумагой, устанавливают необходимые режимы записи (коэффициент усиления, фильтрацию, смещение, скорости лентопротяжных механизмов и т. п.).

При одновременной записи сейсмических сигналов на магнитный регистратор и осциллограф выполняют следующие операции.

1. Переключатели 1 и 5 панели коммутации блока усилителей (см. рис. 28, б) устанавливают в положение «Запись».

2. Тумблер 6 магнитного регистратора (см. рис. 32) переводят в верхнее положение.

3. Включают тумблер 5 на панели В блока управления (см. рис. 33).

4. Включают осветительную систему тумблером 7 на панели осциллографа (см. рис. 30, а).

5. Нажимают кнопку «Запись» на панели управления магнитным регистратором.

Как только загорится лампа 5 (см. рис. 32), оператор подает команду «Внимание!», а после вспыхивания лампы 7 регистратора подает на профиль команду «Огонь!». Далее производится запись сейсмических колебаний на магнитном регистраторе и осциллографе. По окончании записи лентопротяжные механизмы, регистратор и осциллограф автоматически останавливаются.

С целью воспроизведения записи сейсмических сигналов с магнитного регистратора на осциллограф выполняют следующие операции.

1. Переключатели 1 и 5 панели коммутации блока усилителей (см. рис. 28, б) устанавливают в положение «Воспр.».

2. Выполняют операции, описанные выше в пунктах 2—4.

3. Нажимают кнопку «Воспр.» на панели управления магнитным регистратором.

После выполнения этих операций барабан магнитного регистратора начинает вращаться, и в начале второго оборота загорается лампа 5 панели Е (см. рис. 32). На третьем обороте автоматически включаются смеситель, реле программного управления, лентопротяжный механизм осциллографа, и происходит воспроизведение магнитной записи на фотобумагу. После выполнения перезаписи (в конце третьего оборота) отключается питание всех элементов управления и электропривода и барабан останавливается.

Одна магнитная запись может быть воспроизведена на фотобумаге несколько раз при различных режимах смещения и фильтрации. Таким образом, при одном взрыве можно получить несколько сейсмограмм с различными режимами регистрации и тем самым выбрать для интерпретации такую сейсмограмму, которая в наименьшей степени искажена помехами.

§ 19. Краткие сведения по методике полевых сейсморазведочных работ

Сейсморазведочные наблюдения выполняют вдоль профилей, расположение которых зависит от геологического строения, сейсмогеологических и топографических условий района работ и определяется техническим проектом сейсморазведочной партии. В большинстве случаев профили представляют собой прямые или ломаные линии. Сейсмические профили называются продольными, если пункты взрыва и сейсмоприемники расположены на одной прямой, и непродольными, если пункты взрыва расположены в стороне от линии сейсмоприемников.

Расположение пунктов взрыва и приема на профиле называется системой наблюдения. В сейсморазведке применяют системы непрерывного и дискретного профилирования. Непрерывное профилирование обеспечивает непрерывное прослеживание по профилю сейсмических границ. Дискретное профилирование позволяет прослеживать границы лишь в отдельных точках профиля и применяется при надежных маркирующих горизонтах.

В методе отраженных волн при непрерывном профилировании применяют следующие системы наблюдения: простую; через один, два или три интервала; полуторного, двойного или тройного профилирования; удлиненных годографов; наблюдения на сопряженных непродольных профилях.

В простой системе наблюдения при взрыве в пункте O_i ($i = 1; 2; 3$ и т. д.) сейсмоприемники располагают по всей длине интервалов $O_i - O_{i+1}$ и $O_i - O_{i-1}$ (рис. 34). Наблюдения через один интервал проводят с расположением сейсмоприемников аналогичным образом в интервалах $O_{i+1} - O_{i+2}$ и $O_{i-1} - O_{i-2}$, наблюдения через два интервала с размещением приборов в интервалах $O_{i+2} - O_{i+3}$ и $O_{i-2} - O_{i-3}$ и т. д. Двойное профилирование характеризуется тем, что при взрыве в пункте O_i сейсмоприемники устанавливают в интервалах $O_i - O_{i+2}$ и $O_i - O_{i-2}$, а тройное — тем, что приборы располагают в интервалах $O_i - O_{i+3}$ и $O_i - O_{i-3}$. Система полуторного профилирования состоит из чередующихся между собой пунктов простого и двойного профилирования.

Если помехи не препятствуют прослеживанию отраженных волн около пунктов взрыва, то обычно применяют простую систему наблюдений. При невозможности регистрации отраженных волн на близких от пункта взрыва расстояниях ведут наблюдения через один, два или три интервала. В сложных сейсмогеологических условиях, когда отражения прослеживаются с трудом, применяют системы полуторного, двойного и тройного профилирования.

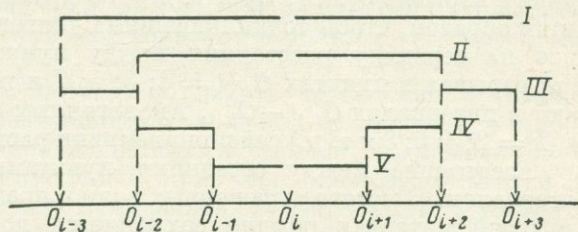


Рис. 34. Системы наблюдений в методе МОВ.

Профилирование: I — тройное, II — двойное, III — через два интервала, IV — через один интервал, V — простое непрерывное.

Если на участке профиля встречается препятствие для прослеживания границы (река, болото, водоем и т. д.), то применяют систему удлиненных географов. Например, когда на участке профиля расположены пункты взрыва O_1, O_2, O_3, O_4 и препятствие находится между пунктами O_2 и O_3 , при взрыве в пункте O_2 сейсмоприемники размещают в интервале $B - O_3 - O_4$, а при взрыве в точке O_3 — в интервале $O_1 - O_2 - A$. В данном случае точки A и B являются границами препятствия, причем точка A — ближней к пункту взрыва O_2 , а точка B — ближней к пункту взрыва O_3 .

Если необходимо получить сведения о пространственном положении отражающей границы (в стороне от линии профиля), применяют систему сопряженных непродольных профилей. В этом случае на местности разбивают два параллельных профиля на расстоянии, равном приблизительно расстоянию от пункта взрыва до ближайшей границы участка. На одном профиле располагают четные пункты взрыва (O_2, O_4, O_6 и т. д.), на другом — нечетные (O_1, O_3, O_5 и т. д.) таким образом, чтобы точки проекций пунктов взрыва одного профиля приходились на середину расстояния между пунктами взрыва другого профиля. При взрывах в пунктах O_i ($i = 1; 3; 5; 7$ и т. д.) сейсмоприемники устанавливают в интервалах $O_{i-1} - O_{i+1}$. Аналогичным образом при взрывах в пунктах O_k ($k = 2; 4; 6; 8$ и т. д.) сейсмоприемники располагают в интервалах $O_{k-1} - O_{k+1}$.

Расстояние между соседними пунктами взрыва называется взрывным интервалом. В методе отраженных волн в пределах одного района исследований взрывной интервал обычно сохраняется постоянным. Его длину выбирают в пределах 0,4—0,8 от глубины изучаемого отражающего горизонта; как правило, она составляет 500—1500 м.

Сейсмоприемники на профиле располагают на одинаковых расстояниях один от другого. Расстояние Δx между ними выбирают такое, при котором можно уверенно проследить одни и те же фазы полезных волн на соседних трассах ленты. Это расстояние зависит от глубины h до отражающего горизонта, скорости v распространения волн и периода T регистрируемых колебаний; оно определяется по формуле

$$\Delta x = \frac{vT}{2} \sqrt{1 + \frac{2h}{x}},$$

где x — расстояние от пункта взрыва до наиболее удаленного от него сейсмоприемника. В большинстве районов СССР величины Δx выбирают равными 20; 25 и 30 м.

Сейсмические колебания вызывают при помощи взрывов в скважинах, воздухе, естественных водоемах и шурфах. Наиболее эффективны взрывы в скважинах. Они позволяют понизить помехи (поверхностные и звуковые волны) и значительно понизить величину зарядов взрывчатого вещества. Заряды ВВ в скважинах помещают ниже уровня грунтовых вод и зоны выветрелых отложений в коренных пластичных и увлажненных породах (глинах, влажных песках, пльвунах). Перед взрывом скважину заливают до устья водой или глинистым раствором.

В безводных малонаселенных и удаленных районах, где стоимость бурения скважин резко возрастает, экономически более выгодными могут быть взрывы в воздухе. Эти взрывы вызывают появление помех — звуковых и поверхностных волн. Кроме того для получения равного эффекта в отношении интенсивности отражений нужно взрывать в воздухе заряды в 10—20 раз бóльшие, чем в скважине.

Для взрывов могут быть использованы также естественные водоемы и шурфы, что в большей мере сокращает расходы на бурение. Однако в методе отраженных волн при непрерывном профилировании возможность использования естественных водоемов весьма ограничена. В пустынных местностях, где неглубоко залегают влажные пески, хорошие результаты дают взрывы в неглубоких 0,5—1,5 м шурфах. Заряды в шурфах засыпают песком.

Для подавления помех очень большое значение имеет правильный выбор рабочей фильтрации и коэффициента смещения. Их выбирают путем получения на нескольких участках района работ сейсмограмм с различными фильтрациями и различными значениями коэффициента смещения. Основные правила выбора рабочей фильтрации были указаны в § 18. Применять смеситель в методе отраженных волн рекомендуется в том случае, когда фронты регистрируемых отраженных волн почти параллельны линии наблюдения, т. е. когда в задачу разведки входит получение отражений от глубоко залегающих горизонтов. При получении отражений от неглубоких горизонтов пользоваться смесителем нужно крайне осмотрительно.

Станция «Поиск-МОВ-24-ОВ» позволяет снизить требование к точности выбора рабочей фильтрации и коэффициентов смещения. Запись отражений на магнитном регистраторе, как видно из описания станции, производится без смесителя. Последний применяется лишь при воспроизведении записи на осциллографе. Рабочую фильтрацию при записи на магнитный регистратор выбирают таким образом, чтобы подавить колебания в той области частот, где имеются только помехи. Более точную фильтрацию выбирают при воспроизведении записи. Однако не следует думать, что работа со станцией с магнитной записью сопровождается получением на каждом пункте взрыва многочисленных перезаписей, — это привело бы к чрезмерному увеличению обрабатываемого материала. Поэтому перед началом массовой обработки материалов анализируют пробные перезаписи с различными фильтрациями и коэффициентами смесителя, в результате чего выбирают 2—3 комплекса условий воспроизведения, которые и используют при перезаписи магнитограмм в остальных точках наблюдений участка.

Иногда для подавления помех, частота которых близка к частоте полезных сигналов, применяют группирование сейсмоприемников. При этом достигается эффект, во многом аналогичный действию смесителя.

Глава VI

КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ

Обработка сейсморазведочных материалов в методах отраженных и преломленных волн заключается в определении средних, эффективных, граничных скоростей, глубины залегания, углов наклона отражающих и преломляющих границ.

Для вычисления глубин залегания сейсмических границ необходимо знать среднюю скорость распространения упругих колебаний в толще, перекрывающей эти границы. Наиболее точно средняя скорость определяется по данным сейсмического каротажа скважин.

При отсутствии скважин в исследуемом районе в качестве средних скоростей используют эффективные скорости, которые при благоприятных сейсмогеологических условиях практически мало отличаются от значений средних

скоростей, вычисленных по результатам сейсмокаротажа. Эффективную скорость определяют по годографам отраженных и преломленных волн.

Рассмотрим простейшие способы вычисления средних, эффективных, граничных скоростей и глубин залегания сейсмических границ при условии, что углы наклона последних не превышают 20° .

§ 20. Определение средних скоростей по сейсмическому каротажу скважин

Сущность метода заключается в том, что с помощью сейсмоприемников, помещаемых на различных глубинах в скважине, регистрируют первые вступления проходящей волны, возбуждаемой на некотором расстоянии от скважины.

По результатам сейсмокаротажа строят вертикальный годограф, представляющий кривую зависимости времени вступления проходящей волны от глубины скважины. Если перекрывающая толща состоит из нескольких слоев, различных по своим физическим свойствам, вертикальный годограф представляет собой ломаную линию. В этом случае можно определить скорость распространения волн в каждом отдельном пласте: пластовую скорость ($v_{пл}$), которая характеризуется наклоном годографа в каждом его прямолинейном отрезке:

$$v_{пл} = \frac{h_n}{t_n},$$

где h_n — мощность n -го пласта; t_n — время пробега волны по пласту.

Средняя скорость определяется отношением общей мощности перекрывающей толщи от поверхности до отражающего горизонта ко времени пробега волны вдоль этой толщи:

$$v_{ср} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} = \frac{\sum h}{\sum t}.$$

Для любой точки вертикального годографа может быть определена средняя скорость распространения волн по формуле

$$v_{ср} = \frac{H}{t};$$

здесь H — глубина погружения сейсмоприемника в скважину; t — время регистрации волны на данной глубине.

Рассмотрим пример обработки данных сейсмокаротажа скважины, вскрывшей опорный сейсмический горизонт, представленный гранитами, залегающими на глубине 450 м. Перекрывающая толща сложена четвертичными отложениями ($h_1 = 50$ м), песчано-глинистыми образованиями ($h_2 = 150$ м) и корой выветривания гранитов ($h_3 = 250$ м).

В табл. 13 приведены исправленные за точку взрыва времена регистрации волн, полученные при сейсмокаротаже скважин из пункта взрыва, расположенного на расстоянии 500 м от устья скважины. Расстояние между точками регистрации по скважине составляет 50 м.

На рис. 35 построены вертикальный годограф, график пластовых скоростей и кривая средней скорости. Графики лучше всего строить на миллиметровой бумаге. Ориентировочные масштабы для их построения такие: H — в 1 см 100 м; t — в 1 см 0,02 сек; $v_{пл}$, $v_{ср}$ — в 1 см 100–500 м/сек.

$H, \text{ м}$	$t, \text{ сек}$	$v_{\text{ср}} = \frac{H}{t}, \text{ м/сек}$	$H, \text{ м}$	$t, \text{ сек}$	$v_{\text{ср}} = \frac{H}{t}, \text{ м/сек}$
50	0,252	198	450	0,692	650
100	0,352	285	500	0,701	712
150	0,464	323	550	0,712	773
200	0,561	357	600	0,721	830
250	0,582	430	650	0,730	890
300	0,608	493	700	0,742	942
350	0,645	543	750	0,751	1000
400	0,662	604	800	0,763	1045

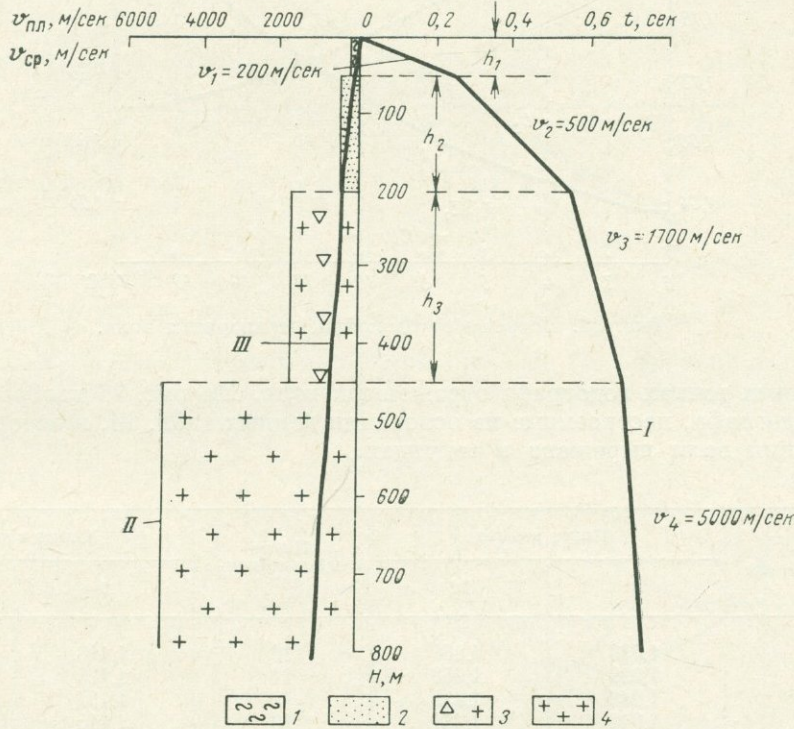


Рис. 35. Изображение результатов сейсмокаротажа.

I — вертикальный годограф; II — график пластовых скоростей; III — график средней скорости; 1 — четвертичные отложения; 2 — песчано-глинистые отложения; 3 — кора выветривания гранитов; 4 — граниты.

Пластовые скорости по данным вертикального годографа:

$$v_1 = \frac{h_1}{t_1} = 200 \text{ м/сек}, \quad v_2 = \frac{h_2}{t_2} = 500 \text{ м/сек},$$

$$v_3 = \frac{h_3}{t_3} = 1700 \text{ м/сек}, \quad v_4 = 5000 \text{ м/сек}.$$

Средняя скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{450}{0,692} = 650 \text{ м/сек}.$$

§ 21. Определение эффективной скорости по годографам отраженных волн

Существуют несколько способов определения эффективной скорости по годографам отраженных волн. Наиболее распространенный из них — способ встречных годографов. В этом способе используют два встречных, увязанных

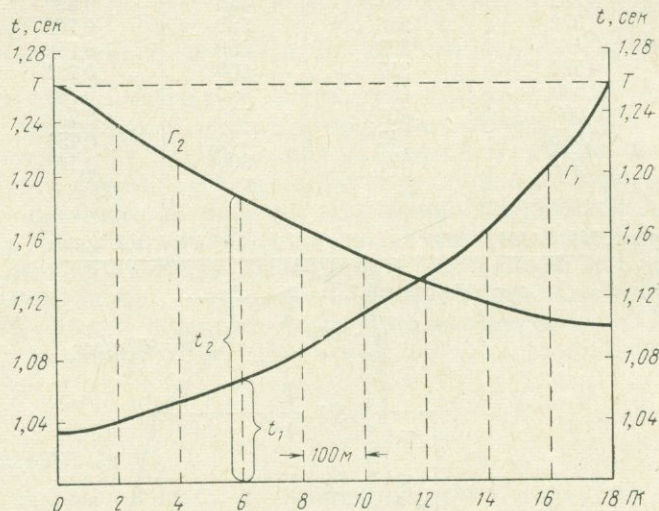


Рис. 36. Встречные годографы отраженных волн.

во взаимных точках годографа отраженных волн. На рис. 36 изображены два таких годографа, построенные на основании данных табл. 14, в которой время регистрации волн выражено в секундах.

Таблица 14

Пикет сейсмоприемника	Пикет взрыва		Пикет сейсмоприемника	Пикет взрыва	
	0	18		0	18
0	1,038	1,260	10	1,118	1,146
1	1,039	1,248	11	1,120	1,137
2	1,043	1,232	12	1,135	1,129
3	1,048	1,221	13	1,145	1,121
4	1,054	1,210	14	1,168	1,116
5	1,061	1,198	15	1,186	1,110
6	1,068	1,186	16	1,205	1,108
7	1,077	1,177	17	1,232	1,103
8	1,087	1,167	18	1,260	1,110
9	1,097	1,157			

Годографы получены при взрывах из двух пунктов, расположенных на пикетах 0 и 18. Расстояние между сейсмоприемниками 50 м. Длина взрывного интервала 900 м.

Сущность метода определения $v_{эф}$ сводится к следующему. Если взять на профиле ряд произвольных точек, например, точки 2, 4, 6 и т. д., вычислить

и построить для них функцию $U = t_2^2 - t_1^2$ (рис. 37), то эффективную скорость при углах наклона сейсмических границ до 10° можно найти по формуле

$$v_{\text{эф}} = \sqrt{2L \frac{\Delta x}{\Delta U}},$$

где L — длина взрывного интервала в м; ΔU — приращение функции U ; Δx — приращение расстояния по профилю в м (рис. 37).

Для вычисления функции U лучше всего строить вспомогательные таблицы.

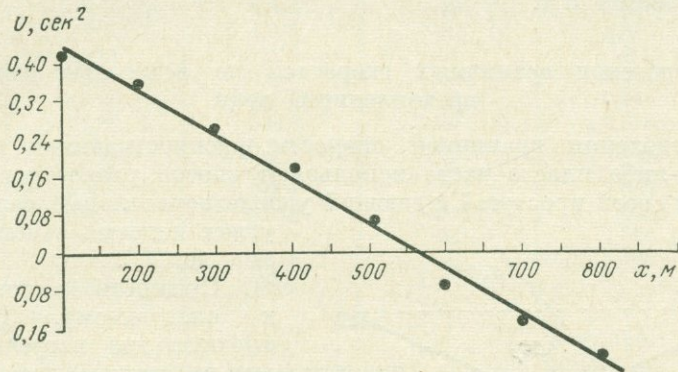


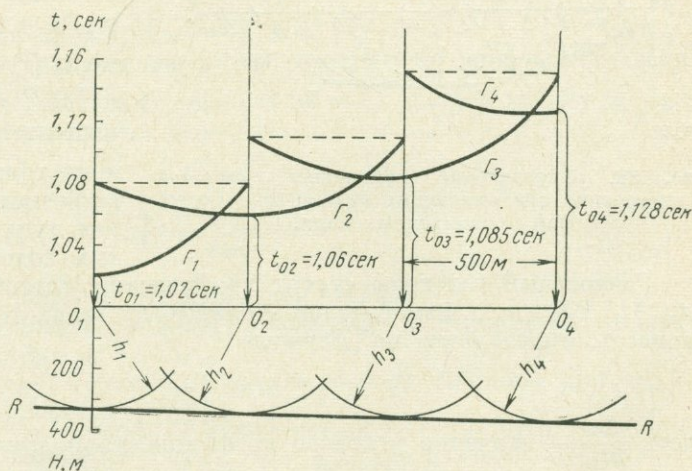
Рис. 37. График $\Delta U/\Delta x$.

§ 22. Построение отражающих границ способом t_0

Способ t_0 основан на использовании времени t_0 — времени регистрации отраженной волны над пунктом взрыва. Глубину залегания отражающей границы h вычисляют по формуле

$$h = \frac{t_0 v_{\text{ср}}}{2}.$$

Рис. 38. Построение отражающих границ способом t_0 .



Средняя скорость в покрывающей среде должна быть известна. Для более точного определения местоположения отражающей границы необходимо иметь данные наблюдений из нескольких пунктов взрыва. Вычислив глубины

залегания отражающего горизонта в нескольких точках, проводят окружности радиусами h , общая касательная к которым определит местоположение искомой границы.

На рис. 38 изображена система годографов отраженных волн, полученных из пунктов взрыва O_1, O_2, O_3 и O_4 . Расстояние между пунктами взрыва 500 м, $v_{ср}$ по данным сейсмического каротажа скважин равна 650 м/сек. Глубины залегания отражающего горизонта в точках O_1, O_2, O_3 и O_4 составляют соответственно 331,5; 344,5; 352,6; 366,6 м. Местоположению сейсмической границы соответствует линия RR .

§ 23. Определение граничных скоростей по встречным годографам преломленных волн

Для определения граничной скорости распространения сейсмических волн в каком-либо пласте часто используют способ разностного годографа, отличающийся своей простотой и дающий удовлетворительные результаты при

углах падения сейсмических границ до 20° .

Сущность метода сводится к следующему. Предположим имеются два встречных, увязанных во взаимных точках годографа \vec{t} и \overleftarrow{t} (рис. 39). Годографы построены по данным табл. 15, в которой время регистрации волн выражено в секундах.

В методе используется следующее соотношение:

$$t_p(x) = \vec{t}(x) + [T - \overleftarrow{t}(x)] = \vec{t}(x) + \Delta t(x),$$

где $t_p(x)$ — значение времени разностного годографа в текущей координате x ; $\vec{t}(x)$ — время по прямому годографу; $\overleftarrow{t}(x)$ — время по встречному годографу; T — время над пунктами взрыва для взаимных годографов.

Рис. 39. Определение граничных скоростей и построение преломляющих границ по годографам преломленных волн.

Разностный годограф строят графическим способом, для чего величины $\Delta t_4, \Delta t_5, \Delta t_6$ и т. д. измерителем откладывают вверх от годографа t . Граничную скорость определяют по формуле

$$v_r = 2 \frac{\Delta x}{\Delta t_p};$$

здесь $\frac{\Delta x}{\Delta t_p}$ — значение углового коэффициента полученного разностного годографа $t_p(x)$.

В нашем случае

$$v_r = 2 \cdot \frac{350}{0,2} = 3500 \text{ м/сек.}$$

Пикет сейсмоприемника	Пикет взрыва		Пикет сейсмоприемника	Пикет взрыва	
	0	30		0	30
0	—	1,101	16	0,764	0,764
1	—	1,082	17	0,795	0,740
2	—	1,069	18	0,822	0,712
3	—	1,044	19	0,846	0,674
4	0,265	1,031	20	0,874	0,646
5	0,324	1,025	21	0,902	0,618
6	0,382	0,998	22	0,927	0,573
7	0,431	0,978	23	0,944	0,528
8	0,478	0,958	24	0,973	0,484
9	0,521	0,938	25	0,950	0,448
10	0,562	0,919	26	1,018	0,401
11	0,602	0,901	27	1,039	—
12	0,637	0,873	28	1,064	—
13	0,674	0,852	29	1,084	—
14	0,706	0,828	30	1,100	—
15	0,738	0,802			

§ 24. Построение преломляющих границ способом t_0

Для построения преломляющих границ способом t_0 необходимо иметь два встречных, увязанных во взаимных точках годографа преломленных волн (см. рис. 39).

Используя времена регистрации сейсмических волн по прямому \vec{t} и встречному \overleftarrow{t} годографам, строят вспомогательную кривую t_0 , имеющую уравнение вида

$$t_0(x) = \vec{t}(x) - [T - \overleftarrow{t}(x)] = \vec{t}(x) - \Delta t(x),$$

где условные обозначения те же, что и в § 23.

Кривую $t_0(x)$ строят графическим путем, откладывая измерителем величины $\Delta t(x)$ вниз от соответствующих точек годографа $\vec{t}(x)$. Глубину до преломляющей границы вычисляют по формуле

$$h = \frac{v_{cp} t_0}{2 \sqrt{1 - \left(\frac{v_{cp}}{v_r}\right)^2}};$$

здесь v_{cp} — средняя скорость в покрывающей толще.

Глубину до преломляющей границы определяют в нескольких точках, снимая значения t_0 с кривой $t_0(x)$.

На рис. 39 рассчитаны глубины до преломляющей границы при $v_{cp} = 1600$ м/сек и $v_r = 3500$ м/сек:

$$h_4 = \frac{1600 \cdot 0,2}{2 \sqrt{1 - \frac{1600}{3500}}} = 219 \text{ м}, \quad h_7 = 350 \text{ м},$$

$$h_{10} = 423 \text{ м}, \quad h_{14} = 476 \text{ м}, \quad h_{18} = 476 \text{ м}.$$

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

Глава VII

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

§ 25. Источники питания

В качестве источников питания в электроразведке используют батареи сухих элементов, аккумуляторы и машинные генераторы.

Батареи сухих элементов применяют как для питания анодных цепей электронных схем электроразведочной аппаратуры, так и для питания токовых цепей *АВ* электроразведочных установок. В первом случае батареи имеют бумажную упаковку, небольшой вес (от 0,25 до 3,3 кг) и небольшую емкость (от 0,25 до 1—2 а-ч), во втором — деревянную упаковку, вес до 20—26 кг и емкость до 6—13 а-ч.

Специально выпускаемые сухие элементы используют для питания накальных цепей электронной аппаратуры, а также для компенсационных и градуировочных схем.

Аккумуляторы применяют для питания анодных и накальных цепей электронных схем, а также для питания схем, выполненных на полупроводниках. Вибропреобразователи, подключенные к аккумуляторам, позволяют получить необходимые величины накального и анодного напряжений.

Машинные генераторы постоянного тока используют в основном для питания токовых цепей *АВ* электроразведочных установок с разносами от 2—3 до 20—30 км и в других случаях, когда требуются высокие напряжения (200—900 в) при большой величине тока (25—50 а). Машинные генераторы переменного тока в комплекте с выпрямителями применяются также для питания электронных схем электроразведочных станций.

Батареи сухих элементов состоят из отдельных элементов типа Лекланше (рис. 40, а). Элемент Лекланше представляет собой цинковый сосуд 2 в коробке 1 из парафинированного картона. Цинковый сосуд является отрицательным полюсом элемента. В нем находится электролит 3 — раствор хлористого аммония. В электролит помещен мешочек 4 из ткани с порошком угля и перекиси марганца. Последняя служит деполаризатором. В мешочек 4 вставлен угольный стержень 5, являющийся положительным полюсом элемента. На угольный стержень надет металлический наконечник 8 для подсоединения к нему проводника. Сверху цинковый сосуд залит слоем вара 6. Отверстие 7 предназначено для выхода газов, образующихся внутри элемента.

В настоящее время для питания токовых цепей *АВ* электроразведочных установок применяют в основном геологоразведочные батареи типов 69-ГРМЦ-6 и 29-ГРМЦ-13, упакованные в деревянных ящиках.

Батарея 69-ГРМЦ-6 (см. рис. 40, б) состоит из 48 элементов, объединенных в две секции (в каждой секции 24 элемента). На боковой стенке батареи имеется шесть гнезд, которые позволяют включать ее в питающую цепь при помощи обычных штепсельных электрических вилок. Два крайних гнезда пустые, четыре средних гнезда являются выводами от двух секций батареи. Одна секция дает напряжение $34,5 \text{ в}$ при токе $0,5 \text{ а}$. Параллельное подключение секций позволяет получить напряжение $34,5 \text{ в}$ при токе 1 а , последовательное подключение дает напряжение 69 в при токе $0,5 \text{ а}$. При последовательном включении секций средние гнезда батареи закорачиваются специальной вилкой. Емкость батареи 69-ГРМЦ-6 составляет 6 а-ч , вес 26 кг .

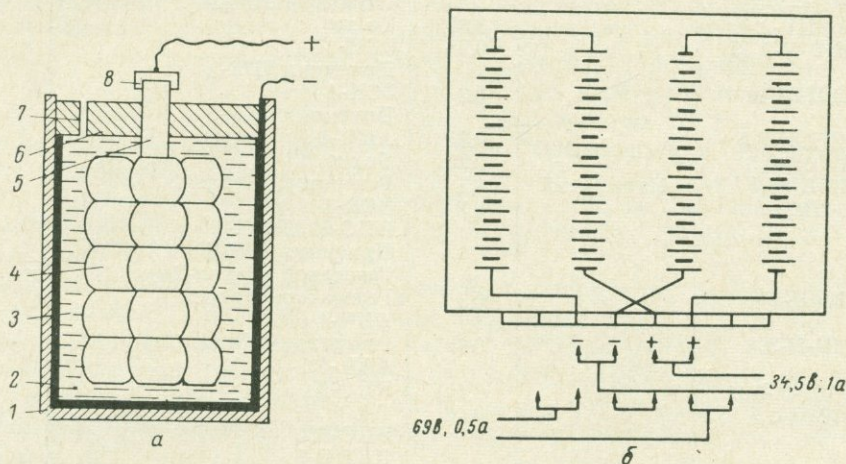


Рис. 40. Схема устройства элемента Лекланше (а) и батарей 69-ГРМЦ-6 (б).

Батарея 29-ГРМЦ-13 состоит из 20 элементов, объединенных в две секции по 10 элементов в каждой. Она заключена в деревянный корпус, на боковой стенке которого имеется шесть гнезд. Схема подключения секций батареи аналогична рассмотренной выше. Параллельное подключение секций обеспечивает напряжение $14,5 \text{ в}$ при токе до 2 а , последовательное подключение позволяет получить 29 в при токе до 1 а . Емкость батареи 29-ГРМЦ-13 составляет 13 а-ч , вес 20 кг .

Типы батарей и элементов, которые используют для питания анодных и накальных цепей основных узлов электроразведочной аппаратуры, указаны в табл. 16.

Для питания электроразведочных установок с небольшими (до 1000 м) разносами при высокоомном электрическом разрезе можно применять также батареи типов 102-АМЦ-У-1,0 и 102-АМЦ-Х-1,0. Они имеют небольшой (3 кг), вес, что удобно для работы с небольшими установками, когда приходится делать много переходов между точками наблюдений.

В завершение краткой характеристики батарей укажем значение цифр и букв в обозначении их типов. Первая цифра означает величину начального напряжения в вольтах, последняя — начальную емкость в ампер-часах. Буквы имеют следующее значение: А — анодная, Г — галетная, М — марганцевая, П — приборная, Р — ртутная, Т — телефонная, Ф — фонарная, Ц — цинковая, У — универсальная.

Тип батарей, элемента	Назначение	Вес, кг	Аппаратура, в которой применяется батарея, элемент	Число батарей, элементов в одном комплекте
102-АМЦГ-1,2	Анодная	2,5	Генератор «Земля-2»	3
			Приемник «Земля-2»	1
100-АМЦГ-0,7	»	1,7	Генератор «Земля-2»	3
			Приемник «Земля-2»	1
100-АМЦГ-У-2,0	»	3,35	Генератор ИЖ-3	4
100-АМЦГ-2,0	»	3,35	То же	4
87-ПМЦГ-У-0,15	»	0,25	ЭСК-1	1
			Приемник ИЖ-3	1
48-ПМЦГ-64ч	»	0,3	ЭСК-1	2
			Приемник ИЖ-3	2
13-АМЦГ-У-0,5	»	0,25	АНЧ-1	2
13-АМЦГ-0,5	»	0,25	То же	2
1,5-ТМЦ-29,5	Накальный	0,7	Генератор «Земля-2»	4
1,48-ПМЦ-9	»	0,3	ЭСК-1	4
			ВПО-62, АНЧ-1	2
			Приемник ИЖ-3	3
			Генератор «Земля-2»	4
1,6-ПМЦ-У-8	»	0,3	Генератор «Земля-2»	4
			АНЧ-1	2
1,6-ПМЦ-У-3,2	»	0,3	Генератор «Земля-2»	4
			АНЧ-1	2
1-6-ФМЦ-У-3,2	»	0,105	ИПО-6	3
3,7-ФМЦ-0,5	»	0,16	Т-1	2
			ВПО-62	1
			ПИНП-2	2

В электроразведке используют щелочные и кислотные аккумуляторы, причем щелочные рассчитаны на питание геофизической аппаратуры, кислотные — на питание вспомогательных электроразведочных станций, смонтированных на автомашинах. Из первых для питания электроразведочной аппаратуры применяют главным образом аккумуляторы типа КН (кадмиево-никелевые). Активная масса отрицательных пластин этих аккумуляторов состоит из смеси гидрата закиси кадмия и гидрата закиси железа. Положительные пластины изготовлены из водной окиси никеля с примесью графита. Корпус элемента аккумулятора соединен с положительными пластинами и представляет собой сосуд плоской формы, сваренный из тонкой листовой стали, никелированный с наружной стороны. В верхней части корпуса расположены выводы электродов, посередине между ними имеется отверстие для заливки электролита. Отверстие закрывается стальной пробкой с резиновым кольцом, которое служит выходным клапаном, обеспечивающим выход газа. Из отдельных элементов собираются батареи аккумуляторов, рассчитанные на различную емкость и разное напряжение.

Кислотные аккумуляторы состоят из двух свинцовых электродов, погруженных в раствор серной кислоты. Активным веществом анода в заряженном аккумуляторе является перекись свинца (бурового цвета), катода — губчатый свинец (серого цвета). Пластины разделены изоляционными прокладками (сепараторами).

Машинные генераторы, применяемые в электроразведке, приводятся во вращение от двигателя автомашины. Наиболее употребительны генераторы типов ПН-145, ПН-100 и ПН-68 мощностью соответственно 16,5; 11,5 и 4,8 *квт*; их номинальное напряжение 460 *в*.

§ 26. Провода

В электроразведочных установках наиболее широко применяются геофизические провода типов ГПМП, ГПСМП и ГПСМПО.

Провод ГПМП (геофизический провод медный с полиэтиленовой изоляцией) используется для установок ВЭЗ с большими (8—10 *км*) разносками, а также в методах дипольного зондирования, заряда и др. Провод состоит из медных жил, покрытых изоляцией в виде сплошного слоя полиэтилена толщиной 0,8—1,0 *мм*. Его наружный диаметр 5,6 *мм*, электрическое сопротивление токоподводящей жилы 3,1 *ом/км*. Вес 1 *км* провода 73 *кг*.

Провод ГПСМП (геофизический провод сталемедный в полиэтиленовой изоляции) отличается наличием сталемедных жил, имеет наружный диаметр 4,6 *мм* и сопротивление токоподводящей жилы 10 *ом/км*. Он применяется в электроразведочных установках с длиной питающих линий до 8—10 *км*. Вес 1 *км* провода 38 *кг*.

Провод ГПСМПО является облегченным вариантом провода ГПСМП (буква «О» означает «облегченный»). Его наружный диаметр 3,25 *мм*, сопротивление токоподводящей жилы 50 *ом/км*, вес 1 *км* провода 14,5 *кг*.

Рассматриваемый провод применяется в методах ВЭЗ и электропрофилеирования с линиями АВ до 2 *км*, а также в низкочастотной индукционной электроразведке, в методах отношения градиентов потенциалов, естественного поля и др.

Электрическое сопротивление изоляции проводов указанных выше типов составляет более 100 *Мом/км*. Наибольшее разрывное усилие имеет провод ГПСМП (свыше 200 *кг*). Разрывное усилие проводов ГПМП и ГПСМПО превышает соответственно 135 и 100 *кг*.

В электроразведочных установках небольших (до 500—1000 *м*) размеров применяются также легкие провода полевой связи в хлорвиниловой изоляции.

§ 27. Заземления

Для питающих линий в качестве заземлений применяются железные электроды — стержни диаметром 1,5—2 *см* и длиной 0,5—1 *м*.

Для заземления приемных линий используются медные (или латунные) и специальные неполяризующиеся электроды. Медный (или латунный) электрод представляет собой стержень или трубку диаметром около 20 *мм*, длиной 0,4—0,5 *м*. Трубчатые электроды имеют прочный деревянный (обычно дубовый) сердечник и массивный наконечник из меди.

При работе по методу естественного поля в качестве приемных электродов применяются специальные неполяризующиеся электроды.

Неполяризующийся электрод (рис. 41) состоит из керамического корпуса 1 и пробки 4 с медным стержнем 3. Во внутреннюю часть корпуса заливается раствор медного купороса 2. Верхняя часть корпуса покрыта глазирующим слоем 6 и является изолятором, нижняя часть не глазируется и представляет собой пористый сосуд, через который осуществляется контакт медного стержня 3 (через раствор медного купороса) с землей. Пробка изготавливается из

керамики, пластмассы или эбонита. Керамическая пробка глазируется. Внутри пробки сделано отверстие для медного стержня, верхняя часть которого заканчивается гнездом 5 для подсоединения провода. Гнездо и медный стержень имеют электрический контакт. Пробка обычно имеет нарезку и ввинчивается в корпус.

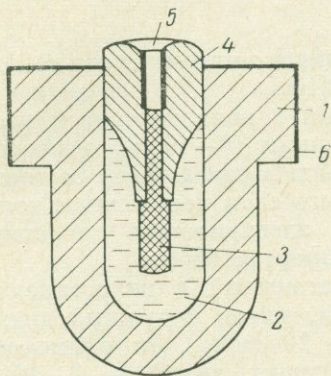


Рис. 41. Устройство неполяризуемого электрода конструкции ВИРГ.

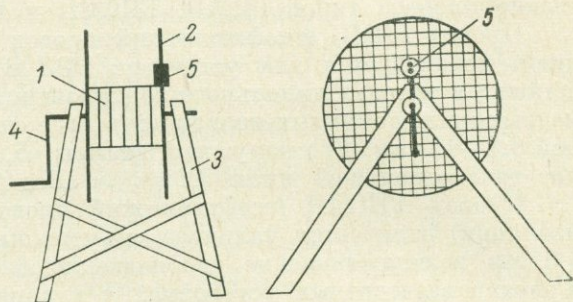


Рис. 42. Устройство электроразведочной катушки.

§ 28. Вспомогательное оборудование и снаряжение

К вспомогательному оборудованию и снаряжению при выполнении электроразведочных работ относятся катушки с подставками, молотки и полевые вилки.

Катушки необходимы для хранения, транспортировки и сматывания провода при выполнении электроразведочных работ. Наиболее распространены катушки, вмещающие 500 м провода ГПСМ.

Катушка (рис. 42) состоит из сердечника 1 с отверстием внутри для рукоятки 4 и щек 2. Сердечник изготовлен из дерева или листового железа, щеки — из листового железа или многослойной фанеры, окантованной жестью. На одной из щек укрепляется эбонитовая или текстолитовая панель 5 с гнездами, рассчитанными на стандартную электрическую вилку. С внутренней стороны катушки к гнездам подключается конец намонтанного на нее провода. Катушка во время работы укрепляется на подставке 3.

Для электроразведочных установок с длиной линии АВ до 1000 м можно применять переносные катушки, вмещающие до 1 км облегченного провода в хлорвиниловой изоляции.

Для забивки железных электродов используются железные кувалды весом 3—5 кг. Для забивки медных электродов применяются молотки, изготовленные из твердых пород дерева и окантованные для прочности железными обручами.

Разъемные электрические соединения выполняются при помощи обычных штепсельных вилок и специальных клемм.

АППАРАТУРА ДЛЯ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

§ 29. Электронный стрелочный компенсатор ЭСК-1

1. Назначение и техническая характеристика прибора. Электронный стрелочный компенсатор ЭСК-1 предназначен для измерения разности потенциалов в приемной цепи в пределах от 0,1 до 1000 мв и силы тока в питающей цепи в пределах от 1 ма до 3 а с погрешностью не более 1,5% от измеряемой величины.

Входное сопротивление ЭСК-1 на всех пределах измерений составляет не ниже 4 мгом. Накальные цепи прибора питаются от трех сухих элементов

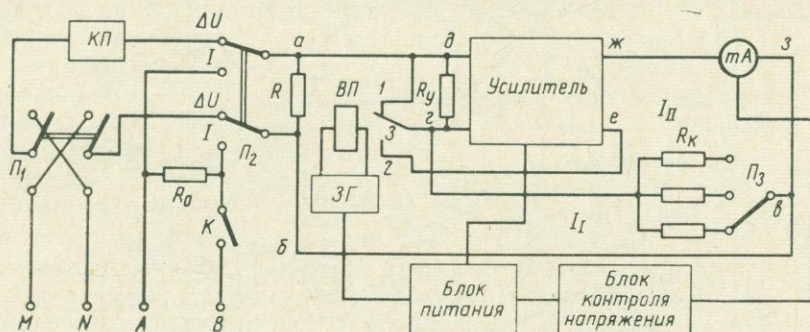


Рис. 43. Упрощенная принципиальная схема ЭСК-1.

1,48-ПМЦ-9, анодные — от двух батарей типа 48-ПМЦГ-64ч, компенсатор поляризации — от одного элемента 1,48-ПМЦ-9. Один комплект батарей и элементов обеспечивает нормальную работу прибора в течение 60 ч.

Вес прибора с источником питания без треноги 8,5 кг.

2. Принцип действия и устройство прибора. При положении « ΔU » контактов переключателя Π_2 (рис. 43) на входное сопротивление R автокомпенсатора поступает измеряемая разность потенциалов ΔU_{MN} , под действием которой в первом контуре ($a - б - в - г - д$) потечет ток I_1 , создающий на сопротивлении R_k разность потенциалов ΔU_1 . Эта разность потенциалов будет пропорциональна величине ΔU_{MN} . При включении звукового генератора $ЗГ$ якорь 3 вибропреобразователя $ВП$ начинает колебаться с частотой 120—200 гц. В свободном положении якоря через сопротивление R_y протекает электрический ток I_1 , при замыкании контактов 1 и 3 сопротивление R_y закорачивается. Таким образом, на сопротивлении R_y образуется пульсирующая разность потенциалов ΔU_y ; она усиливается усилителем, выпрямляется при помощи контактов 2 и 4 вибропреобразователя и создает во втором контуре ($ж - з - в - г - е - ж$) постоянный компенсационный ток I_{II} , направление которого на участке сопротивления R_k противоположно направлению тока I_1 в первом контуре.

Под действием тока I_{II} на сопротивлении R_k возникнет компенсирующая разность потенциалов ΔU_k , противоположная по знаку величине ΔU_1 . Если разности потенциалов ΔU_1 и ΔU_k будут не равны, то в первом контуре потечет

ток I_1 , и под его действием на сопротивлении R_y возникнет разность потенциалов ΔU_y , которая усилится и снова изменит величину тока I_{II} (а тем самым величину ΔU_k). Это будет повторяться до тех пор, пока величина ΔU_1 не будет полностью скомпенсирована величиной ΔU_k (т. е. $\Delta U_1 = \Delta U_k$). Практически данный процесс происходит мгновенно. В момент компенсации сила тока I_1 в первом контуре равна нулю, а величина тока во втором контуре, протекающего через миллиамперметр mA , пропорциональна измеряемой разности потенциалов ΔU_1 и, следовательно, поступающей на вход ΔU_{MN} .

Меняя величину сопротивления R_k при помощи переключателя Π_3 , можно изменять пределы изменения величины ΔU_{MN} .

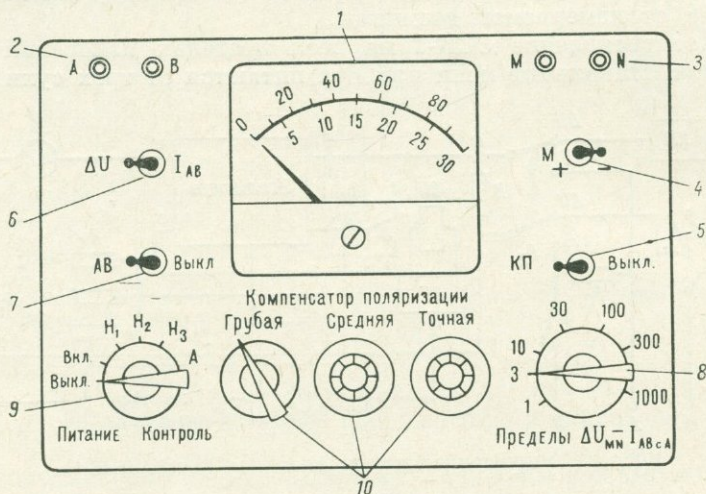


Рис. 44. Панель управления прибора ЭСК-1.

При установке переключателя Π_2 в положение «I» на входное сопротивление автокомпенсатора подается напряжение, которое образуется на эталонном сопротивлении R_0 , включенном в токовую цепь AB . Это позволяет измерить силу тока в питающей цепи.

Переключатель Π_1 служит для изменения полярности подключения измеряемой величины, ключ K — для замыкания токовой цепи, компенсатор поляризации КП — для компенсации э. д. с. поляризации и естественного поля в измерительной цепи. Измерительный прибор mA в схеме ЭСК-1 используется также для контроля за напряжением в накальных и анодной цепях.

В комплект прибора входят панель управления, тренога и упаковочный ящик.

Панель управления (рис. 44) размещена в металлическом корпусе и закреплена в нем специальными винтами. В нижней части корпуса имеется фланец с резьбой для крепления прибора на треноге во время измерений. На задней стенке корпуса сделано окно с крышкой, которое обеспечивает доступ к батарее питания электрической схемы прибора. Батареи подключаются к схеме при помощи пружинных клемм, имеющих соответствующую маркировку (КП, H_1 , H_2 , H_3 , А) и контакты с указанием полярности подключений. Для уменьшения утечек ручки тумблеров покрыты резиновыми колпачками, а на осях переключателей надеты пропитанные парафином фетровые прокладки

(сальники). На лицевой части панели расположены клеммы A , B , M , N для подключения питающей и приемной линий и элементы управления прибором. Разность потенциалов в приемной линии и сила тока в питающей цепи измеряются стрелочным прибором I при установке переключателя 9 в положение «Вкл.». Тумблер 6 позволяет подключить стрелочный прибор для измерения величин ΔU или I . Пределы измерения прибора устанавливаются переключателем 8 . При установке переключателя 8 в положения «1—3—10—30—100—300—1000» создается возможность измерять разность потенциалов в пределах соответственно 1—3—10—30—100—300—1000 *мв*. Сила тока измеряется при первых шести позициях переключателя 8 в пределах соответственно от нуля до 1—3—10—300—100—300 *са*.

Шкала стрелочного прибора имеет двойную оцифровку: от нуля до 100 и от нуля до 30 делений. Это сделано для удобства взятия отсчетов на различных пределах измерений. При установке переключателя 8 в позиции 1, 10, 100 и 1000 отсчеты берут по верхней оцифровке, при позициях 3, 30, 300 пользуются нижней оцифровкой.

В положениях « H_1 ; H_2 ; H_3 » переключателя 9 стрелочный прибор измеряет напряжение накала различных ламп схемы усилителя, в положении « A » измеряется напряжение в анодной цепи.

На панели управления прибором ЭСК-1 имеются рукоятки 10 реостатов грубой, средней и точной компенсации э. д. с. поляризации в измерительной цепи. Реостатом грубой компенсации можно компенсировать э. д. с. поляризации в пределах ± 500 *мв*, средней — в пределах ∓ 30 *мв* и точной — в пределах ∓ 3 *мв*. Компенсатор поляризации включается тумблером 5 .

Питающая линия включается тумблером 7 . Полярность измеряемой разности потенциалов меняется при помощи тумблера 4 . Клеммы 2 и 3 служат для подключения линий AB и MN .

3. Подготовка прибора к полевым измерениям. Подготовка прибора заключается в проверке сопротивления изоляции, правильности градуировки шкал и исправности усилителя. Перед началом проверки переключатель 9 (см. рис. 44) прибора устанавливаются поочередно в положения « H_1 ; H_2 ; H_3 ; A » и контролируют напряжение источников питания. Если стрелка измерительного прибора I в первых трех положениях переключателя 9 находится между делениями 10 и 15 нижней оцифровки шкалы, а при положении « A » — между делениями 60 и 90 верхней оцифровки, то источники питания исправны. Если для какого-либо источника стрелка установится левее нужного деления, то соответствующая батарея должна быть заменена.

Далее переключатель 9 переводят в положение «Вкл.» и производят указанные выше проверки прибора.

Для проверки сопротивления изоляции замыкают клеммы M и N накоротко, устанавливают предел измерения ΔU «1 *мв*», при помощи компенсатора поляризации выводят стрелку прибора I на середину шкалы, затем берут батарею напряжением 20—40 *в* и один ее полюс подключают к корпусу прибора, а второй — поочередно к клеммам M , A и B . Если при подключении батареи показания прибора не изменяются, то сопротивление изоляции нормальное.

Для проверки правильности градуировки шкал прибора I по напряжению при замкнутых накоротко клеммах M и N на пределе измерений «1 *мв*» стрелку прибора отклоняют компенсатором поляризации на полную шкалу. Затем переключатель пределов измерений устанавливают в положение «3 *мв*» и наблюдают за показанием стрелки, которая должна установиться на $1/3$ шкалы, т. е. по-прежнему показывать 1 *мв*. Далее стрелку вновь отклоняют на полную

шкалу и устанавливают предел «10». При этом стрелка прибора должна показывать отсчет 3 мв, т. е. установиться на деление «30» верхней оцифровки шкалы. Аналогичным образом выполняют проверку градуировки на всех остальных пределах измерения.

Для проверки исправности усилителя включают предел «1 мв» и компенсатор поляризации стрелку прибора устанавливают во второй половине части шкалы. Далее между клеммами *M* и *N* включают сопротивление порядка 100 ком. Если при этом показания прибора уменьшаются не более чем на 5—10%, то усилитель считается исправным.

После выполнения указанных проверок прибор готов к полевым измерениям.

4. Полевые измерения с прибором ЭСК-1. Перед началом измерений прибор устанавливают на треноге в горизонтальном положении, к клеммам *A* и *B* (см. рис. 44) подключают токовую цепь, к клеммам *M* и *N* — измерительную цепь. Тумблеры 5 и 7 и переключатель 9 должны находиться в выключенном положении, переключатель 8 — в положении «300» или «1000», реостаты компенсатора поляризации — в крайнем левом положении. Далее проверяют напряжение источников питания.

После проверки источников питания измеряют разность потенциалов в приемной линии *MN*, для чего переключатель 6 устанавливают в положении « ΔU ».

Измерение проводят в следующем порядке.

1. Переключатель 8 устанавливают в положение «1000» или в другое необходимое положение, если оператор приблизительно знает порядок величины ожидаемой разности потенциалов.

2. Включают тумблером 5 компенсатор поляризации, а переключатель 9 устанавливают в положение «Вкл.».

3. Вращением реостатов сначала грубой, потом средней компенсации поляризации стрелку прибора устанавливают приблизительно на нуль.

4. Проверяют полярность разности потенциалов путем кратковременного замыкания цепи *AB* тумблером 7; если стрелка прибора отклонится влево, то положение тумблера 4 меняют.

5. Путем замыкания цепи *AB* тумблером 7 и наблюдения за отклонением стрелки прибора устанавливают переключателем 8 такой предел измерения, при котором стрелка располагалась бы во второй половине шкалы.

6. На выбранном пределе при включенном токе в цепи *AB* производят строгую установку стрелки прибора на нуль при помощи реостатов грубой, средней и точной компенсации поляризации.

7. Тумблером 7 замыкают токовую цепь и производят точный отсчет показаний стрелки прибора по соответствующей шкале в зависимости от предела, установленного переключателем 8.

8. При установке тумблера 5 в положение «Выкл.» и тумблера 6 в положение « ΔU » аналогично описанному выше измеряют ток.

§ 30. Полевые работы с прибором ЭСК-1 по методам ВЭЗ и СЭП

1. Монтаж установки ВЭЗ. Монтаж установки ВЭЗ заключается в подготовке и разметке проводов измерительных и питающей линий и в изготовлении разъемных соединений.

Длина и число измерительных линий *MN* определяются величиной максимального разноса *AB*. Соотношения разносов $\frac{AB}{2}$ и $\frac{MN}{2}$, близкие к рекомен-

дугеюм инструкцией по электроразведке для метода ВЭЗ с максимальным разномсом $AB = 1000$ м, приведены в табл. 17.

Для метода ВЭЗ с максимальным разномсом питающей линии 1000 м необходимо изготовить четыре измерительные линии длиной 1; 6; 24 и 80 м.

Измерительная линия состоит из двух полуразномсов $\frac{MN}{2}$ (рис. 45), внешние концы которых соединяют с приемными электродами, а внутренние концы — с измерительным прибором.

Для изготовления полуразномса $\frac{MN}{2}$ измерительной линии берут кусок провода несколько ббльшей длины. Внешний конец полуразномса на 15—20 см

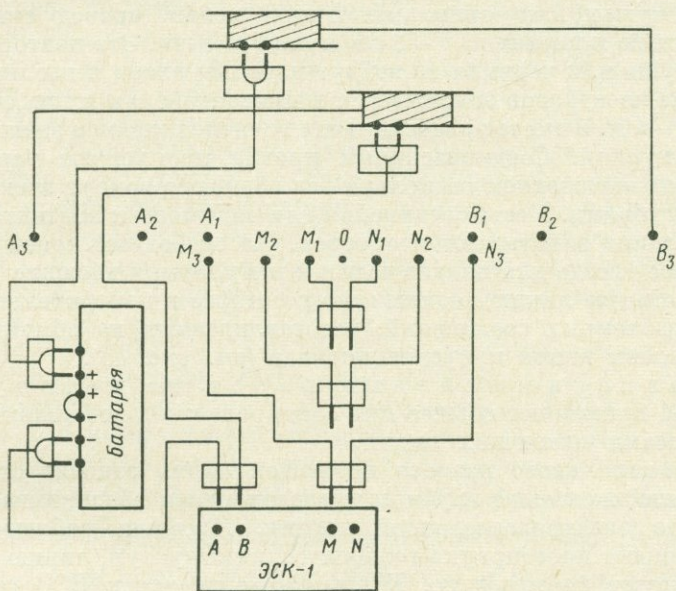


Рис. 45. Схема установки ВЭЗ.

освобождают от изоляции, что необходимо для присоединения его к приемному электроду. На расстоянии 0,5—1 м от внешнего конца наносят метку. Затем от установленной метки при помощи мерной ленты отмеряют расстояние $\frac{MN}{2}$ и наносят вторую метку. Расстояние от второй метки до внутреннего конца полуразномса должно быть около 2—3 м. Аналогичным образом готовят второй полуразномс. Внутренние концы полуразномсов вблизи меток завязывают узлом и заделывают в электрическую вилку.

Для изготовления полуразномса питающей линии берут катушку с проводом, длина которого на 5—10 м превышает величину $\frac{AB}{2}$. Катушку устанавливают на подставку, провод разматывают и растягивают по прямой линии, к внешнему концу полуразномса подсоединяют вилку со штырем для подключения линии к питающему электроду. На расстоянии около 1 м от внешнего конца провода устанавливают нулевую (одинарную) метку. От нулевой метки на расстоянии 1,5 м наносят двойную метку, на расстоянии 3 м — тройную

метку. Далее от нулевой метки измеряют расстояния 5; 9; 15; 25; 40; 65; 100; 150; 220; 340 и 500 м и устанавливают последовательно одинарную (5 м), двойную (9 м), тройную (15 м) метки, выдерживая в дальнейшем принятый порядок очередности установки меток. Расстояние от последней метки (500 м) до внутреннего конца полуразноса должно быть 5—8 м. Внутренний конец полуразноса припаивают к клеммам на щече катушки, наматывают его на катушку в виде узла, после чего на катушку сматывают провод подготовленного полуразноса. Аналогичным образом готовят второй полуразнос. Обычно оба полуразноса готовят одновременно путем разматывания проводов двух катушек в одну линию.

Метки на проводах с хлорвиниловой или полиэтиленовой изоляцией наносят цветной тушью или чернилами. С этой целью провод смачивают чернилами или тушью и вносят на 1—2 сек в пламя свечи. Это повторяют несколько раз, пока тушь или чернила не войдут плотным слоем в изоляцию провода.

Подготовка электродов заключается в присоединении к ним кусков проводов длиной 0,5—1 м. В месте присоединения электрод хорошо зачищают напильником или шкуркой. Соединительный провод пропускают через отверстие в электроде, под натяжением несколько раз обвивают вокруг электрода и затягивают плоскогубцами. Место соединения для надежности контакта и предохранения от окисления заматывают изоляцией. На свободный конец провода крепят штепсельное гнездо для подключения к нему штыря внешних концов полуразносов. Питающую линию подключают к батарее и измерительному прибору при помощи разъёмных соединений, изготавливаемых из обычных штепсельных электрических вилок и кусков провода (см. рис. 45).

2. Выполнение полевых работ по методу ВЭЗ. Прибор типа ЭСК-1 применяют обычно при зондировании с небольшими (до 1000—2000 м) разносами питающих линий.

Длина максимального разноса питающей линии зависит от электропроводности разреза, желаемой глубины исследования и обосновывается в техническом проекте электроразведочной партии. Профили наблюдений обычно ориентируют вкрест простирания геологических структур, линию AB , как правило, ориентируют по профилю. Местоположение точек ВЭЗ (центров установки) заранее закрепляют пикетами.

Вертикальное зондирование с разносами AB до 1000 м выполняет бригада, состоящая (в зависимости от категории трудности работ) из 4—7 человек: оператора, вычислителя и рабочих.

По приезде на точку ВЭЗ сначала готовят измерительные линии. Старший рабочий ставит внутренние метки измерительных линий против центра установки, рабочие растягивают полуразносы MN по линии ВЭЗ, против внешних меток полуразносов MN забивают электроды и присоединяют к ним концы проводов.

Далее по обе стороны от центра установки ставят катушки с проводами питающей линии, как показано на рис. 45. Катушки разматывают до появления первых меток ($\frac{AB}{2} = 1,5$ м согласно табл. 17). После этого старший рабочий ставит первые метки линий A и B против центра установки, рабочие растягивают внешние концы проводов полуразносов по линии ВЭЗ, против нулевых меток забивают по одному электроду и присоединяют к ним концы проводов.

Оператор устанавливает прибор на треноге около центра зондирования. Рядом с прибором на резиновом коврике укладывают батареи и выполняют подключения, показанные на рис. 45.

Вычислитель записывает в полевом журнале номер точки ВЭЗ, ее привязку, указывает азимут и максимальную длину линии ВЭЗ, отмечает погодные условия измерений (облачность, осадки) и особенности рельефа местности.

Оператор включает прибор, контролирует напряжение источников питания и дает сигнал о начале измерений; рабочие удаляются от электродов *A* и *B* на расстояние не менее 3—4 м.

Оператор подсоединяет внутренние концы полуразносов первой измерительной линии ($\frac{MN}{2} = 0,5 м$) к клеммам *M* и *N* и измеряет разности потенциалов. Затем измеряет силу тока в цепи *AB*.

Вычислитель записывает в журнал величины разности потенциалов и силы тока, при помощи логарифмической линейки вычисляет ρ_k и наносит на билогарифмический бланк в журнале первую точку кривой ВЭЗ.

После нанесения значения ρ_k на билогарифмический бланк соединительные вилки по команде оператора отключают от панелей катушек. Рабочие отсоединяют провода от заземлений, извлекают электроды из земли и растягивают линию *AB* до появления вторых меток на проводах у катушек. Момент появления меток контролируют рабочие, находящиеся у катушек. Очередные метки ставят против центра установки, провода полуразносов натягивают, против нулевых меток забивают электроды и присоединяют к внешним концам полуразносов. Оператор выполняет подключения, показанные на рис. 45, и измеряет разность потенциалов и силу тока аналогично тому, как это было описано ранее.

Подключение к клеммам *M* и *N* той или иной измерительной линии производится в зависимости от длины *AB* согласно табл. 17.

Если зондирование выполняется с разносами *AB* до 1000 м, то связь между оператором и рабочими, занятыми устройством питающей линии, осуществляется подергиванием провода, голосом или специальными флажками.

При зондировании с разносами свыше 1000 м после замеров на разносе $\frac{AB}{2} = 500 м$ на концы линии подвозят по второй катушке. По команде оператора вторые катушки разматывают до появления очередных меток. Метки проводов дополнительных катушек совмещают с нулевыми метками проводов первых катушек, провода дополнительных полуразносов натягивают и против нулевых меток последних забивают и присоединяют к проводам электроды. Концы проводов первых полуразносов подключают к панелям дополнительных катушек.

При зондировании с разносами *AB* свыше 1000 м связь между рабочими на каждом дополнительном полуразносе осуществляется голосом или флажками, между рабочими на электродах дополнительных линий и оператором — по телефону.

В случае необходимости длина питающей линии может быть увеличена при помощи третьей пары катушек.

После выполнения зондирования провода сматывают, разбирают установку и все оборудование перевозят на следующую точку.

При выполнении работ по методу ВЭЗ должны соблюдаться следующие основные правила, гарантирующие получение качественных полевых материалов.

1. Переход на следующий разнос *AB* производится лишь после того, как вычислитель нанесет полученное значение ρ_k на билогарифмический бланк и убедится, что полученная точка не нарушает плавного хода кривой ВЭЗ и

соблюдается параллельность соответствующих отрезков ветвей кривой при перекрытиях на участках изменения разносов.

2. Сила тока измеряется на всех разносах после измерения разности потенциалов с целью уменьшения влияния непостоянства напряжения батарей.

3. Перед началом и в конце рабочего дня проверяется напряжение источников питания прибора.

4. На всех разносах при $AB = 1000$ м и более, а также в точках, где нарушается плавное изменение кривой ВЭЗ, выполняются повторные замеры при изменении силы тока не менее чем на 25%. Изменение силы тока при этом производится путем изменения переходных сопротивлений питающих заземлений A и B (электроды забиваются глубже или частично извлекаются). Расхождение между значениями ρ_k , полученными при основном и повторном замерах, не должно превышать 5% от среднего арифметического обоих замеров. Если это требование не выполняется, значит, в питающей линии имеются утечки тока, которые необходимо выявить и устранить.

5. При наблюдении в сырую погоду систематически проверяется наличие утечек в питающих и приемных линиях, а также сопротивление изоляции приборов. Наличие утечек в том или ином полуразносе AB определяется путем измерения силы тока при отключенном электроде A или B . Если при отключенном электроде A в питающей линии обнаруживается ток, следовательно, в полуразносе A имеется утечка. При этом конец провода полуразноса, отключенного от электрода A , должен быть надежно изолирован от земли. Аналогичным образом при включенном токе в линии AB определяется утечка в полуразносах измерительных линий.

Наличие утечек в приборе ЭСК-1 устанавливается по возникновению в нем генерации. При обнаружении генерации работу с приборами необходимо прекратить, а прибор просушить.

6. При работе с большими разносами для уменьшения влияния индукции приемная линия относится в сторону от питающей линии на расстояние до $0,1$ длины $\frac{AB}{2}$. При этом должна соблюдаться параллельность разносов AB и MN , а центры питающей и приемной линий должны быть расположены по перпендикуляру между ними.

7. Измерение расстояний между заземлениями проводится с точностью до 1%.

8. Не допускается отклонение линии ВЭЗ от заданного направления более чем на 10° .

9. Для выяснения наличия искажений, связанных с горизонтальной неоднородностью разреза, выполняются «крестовые» зондирования (при направлении разносов перпендикулярно их обычной ориентировке) в количестве 3% от общего числа точек ВЭЗ.

10. 5% точек ВЭЗ от их общего числа на данном участке подлежат независимому контролю (другими операторами или руководящими работниками партии). Для каждого разноса расхождение между основным и контрольным замера не должно превышать 5% от их средней величины. В трудных условиях измерений на больших разносах допускается расхождение до 7%.

3. Вычисление ρ_k и построение кривой ВЭЗ. Вычисление ρ_k и построение кривой ВЭЗ выполняет вычислитель в процессе полевых работ в специальном журнале ВЭЗ. На правой стороне журнала (табл. 17) в соответствующих графах он записывает величины разносов, коэффициенты установок K , измеренные значения разности потенциалов ΔU , силы тока I

$\frac{AB}{2}, м$	$\frac{MN}{2}, м$	K	$\Delta U, мв$	$I, са$	$\rho_k, ом \cdot м$
1,5	0,5	0,628	158	3,7	26,9
3	0,5	2,74	18,4	3,5	14,4
5	0,5	7,77	10,5	6,5	12,6
9	0,5	25,3	3,7	7,8	12
9	3	3,77	27,7	7,8	13,4
15	0,5	70,6	3,9	23,1	11,9
15	3	11,3	27,5	23,1	13,4
25	3	32,2	13,4	27,6	15,6
40	3	83,3	5,8	23,8	20,3
40	12	19,05	24,5	23,8	19,7
65	3	220,6	4,6	33,5	30,3
65	12	534	1,84	33,5	29,4
100	12	129	12,4	37,1	43,2
150	12	292,5	7,6	34,3	65,2
220	12	631	6,7	40,2	105
220	40	183,6	22,5	40,2	102
340	12	1511	17,2	14,6	178
340	40	447	24,3	61,1	178
500	40	974,9	10,8	39,5	267
500	40	974,9	17,3	60,1	280

и вычисленные значения кажущегося сопротивления ρ_k . На левой стороне журнала отпечатан билогарифмический бланк, на котором вычислитель вычерчивает кривую ВЭЗ (рис. 46).

Кажущееся сопротивление ρ_k вычисляется по формуле

$$\rho_k = K \frac{\Delta U}{I}, \quad (2)$$

а коэффициент K — по формуле

$$K = \pi \frac{ANAM}{10MN},$$

где AN — расстояние между электродами A и N ; AM — расстояние между электродами A и M ; MN — длина измерительной линии; $\pi = 3,14$.

Коэффициенты установки при различных сочетаниях разносов AB и MN указаны в табл. 17.

Для нанесения значения ρ_k на билогарифмический бланк по горизонтальной (длинной) оси бланка откладывается значение $\frac{AB}{2}$ в метрах, по вертикальной

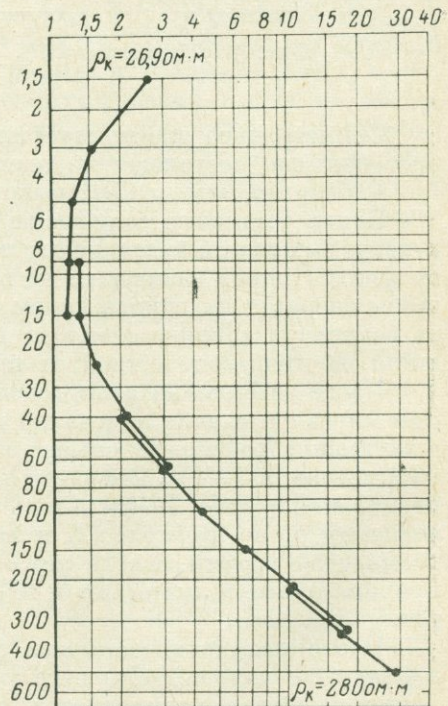


Рис. 46. Кривая ВЭЗ.

оси — значения ρ_k для данного разноса в ом-метрах. Точка пересечения ординат $\frac{AB}{2}$ и ρ_k является точкой кривой ВЭЗ.

4. Монтаж установки СЭП типа АМNB. Установка СЭП типа АМNB состоит из одного разноса питающей линии АВ и одного разноса приемной линии MN (рис. 47).

Полуразносы измерительной и питающей линий установки СЭП монтируют точно так же, как измерительные линии установки ВЭЗ.

Питающую линию подключают к прибору и к батарее при помощи разъемных соединений, которые монтируют из кусков провода и электрических штепсельных вилок (см. рис. 47).

Батарею питания для переноски помещают в ящик из фанеры, снабженный ручкой.

5. Техника полевых измерений по методу СЭП. Длина линии АВ в методе СЭП зависит от электропроводности геологического

разреза и ожидаемой глубины изучаемых объектов. Длину измерительной линии выбирают равной шагу наблюдений. Разносы электроразвечной установки ориентируют вкост простирания геологических структур. Наблюдения ведут по заранее разбитым пикетам прямолинейных профилей. Ориентировка профилей совпадает с направлением разносов СЭП. Размеры и ориентировка линий АВ и MN обосновываются в техническом проекте электроразвечной партии.

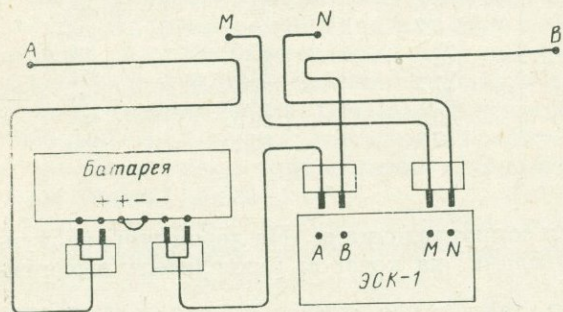


Рис. 47. Установка СЭП.

Симметричное электропрофилирование с установкой типа АМNB выполняет бригада, состоящая из оператора, вычислителя и нескольких рабочих.

Работу по методу СЭП выполняют следующим образом.

Центр установки совмещают с пикетом профиля, полуразносы питающих и приемных линий растягивают по обе стороны от центра установки по линии профиля. Прибор размещают на расстоянии 1—1,5 м от центра таким образом, чтобы оператор находился лицом к проводам. Батарею в ящике устанавливают на резиновом коврике сбоку от прибора. Рабочий на центре установки находится на противоположной от прибора стороне проводов.

После заземления электродов и присоединения к ним проводов оператор дает сигнал о начале измерений и подключает к прибору приемную и питающую линии. По сигналу оператора рабочие становятся в стороне от заземлений на расстоянии 3—4 м. Оператор подключает батарею и замеряет разность потенциалов и силу тока. Вычислитель заносит отсчеты в полевой журнал, вычисляет величину ρ_k по формуле (2) и наносит значение кажущегося сопротивления на полевой график. После этого оператор отключает батарею, отключает от прибора провода линий АВ и MN и дает команду к переходу на следующую точку профиля.

После получения команды оператора рабочие извлекают электроды из земли и по сигналу старшего рабочего, который придерживает внутренние концы проводов полуразносов, переносят установку на следующую точку.

Оператор переносит прибор, а рабочий — батарею с резиновым ковриком.

На новой точке старший рабочий совмещает внутренние метки полуразносов с пикетом, рабочие натягивают провода, забивают против внешних меток полуразносов электроды, соединяют их с проводами, после чего оператор подключает к линиям прибор, батарею и производит измерения.

Для проверки наличия утечек при работе с установками до 1000 м в сухую погоду на каждой двадцатой точке, а в сырую погоду на каждой десятой точке оператор выполняет повторные наблюдения с изменением силы тока в цепи AB не менее чем на 25%. Силу тока изменяют путем дополнительной забивки питающих электродов или частичного их извлечения из земли. При разносах AB свыше 1000 м повторные наблюдения выполняют на каждой точке. Расхождение значений ρ_k , полученных при основном и повторном измерениях, не должны превышать 5% от их средней величины.

На следующую точку бригада переходит лишь после того, как вычислитель нанесет полученное значение ρ_k на полевой график СЭП и убедится, что полученная точка не является незакономерным выскоком. Полевой график строится на миллиметровке. Вычисление ρ_k производится по той же формуле, что и в методе ВЭЗ.

Для получения качественных полевых материалов при выполнении работ методом СЭП должны соблюдаться требования 2, 3 и 5, отмеченные в пункте 2 настоящего параграфа при описании техники работ по методу ВЭЗ.

6. Камеральная обработка результатов наблюдений по методу СЭП. При камеральной обработке проверяют результаты полевых вычислений. Результаты работ по одиночным разобренным профилям изображают в виде графиков ρ_k , а результаты площадных работ — в виде карт графиков и карт изолиний ρ_k (изоом). Горизонтальный масштаб графиков определяется масштабом отчетной карты, вертикальный масштаб уточняют путем анализа масштаба полевого графика и выбирают таким, чтобы надежно выделялись особенности геологического строения пород по линии профиля. Вертикальный масштаб графиков на картах площадной съемки выбирают такой, при котором графики ρ_k соседних профилей будут меньше пересекаться. Сечение изоом устанавливают в зависимости от характера изменения значений ρ_k в пределах площади съемки и в соответствии с точностью определений ρ_k таким образом, чтобы поведение изолиний подчеркивало основные особенности геологического строения площади.

§ 31. Полевые работы по методу заряда на постоянном токе

1. Полевые работы. Полевые работы по методу заряда заключаются в подготовке питающей и приемной линий, подготовке участка (планшета) и в производстве измерений на участке.

Питающая линия состоит из заземлений A и B , соединенных проводом ГПМП, ГПСМП или другим проводом с низким сопротивлением и хорошей изоляцией. Заземление A обеспечивает контакт провода с объектом исследования (например, с рудным телом). Если объект изучения встречен открытой горной выработкой (шурфом, канавой и т. п.), то заземление A устраивают при помощи железных электродов, которые забивают в трещины или специальные шпурсы в объекте. Для контакта провода с объектом исследования может быть применен также глинистый соленый пластырь, в который помещаются лист очищенной жести или железные электроды; глинистый пластырь накладывают на объект исследования.

Если объект исследования подсечен скважиной, то заземление *A* устраивают при помощи щеточных (в вертикальной скважине), специальных свинцовых (в наклонной скважине) электродов или железной штанги, длина которой меньше мощности объекта исследования. Заземление *B* относят от точки заряда по возможности перпендикулярно простиранию пород за грядку развития пород высокого сопротивления. Удаление заземления *B* от рамки планшета зависит от размера последнего, мощности и проводимости рыхлых образований и практически в 2 раза и более превышает длину диагонали планшета. Заземление *B* устраивают при помощи железных электродов во влажном месте. Провода, несущие заземления *A* и *B*, наматывают каждый на отдельную катушку и при помощи панелей катушек подключают к измерительному прибору. Батарею питания включают в цепь вблизи удаленного электрода *B*.

В качестве источников питания в линии *AB* применяют батареи 29-ГРМЦ-13 (или 69-ГРМЦ-6), аккумуляторы или генераторные установки. Силу тока выбирают равной 0,5 *a* и более, что необходимо для обеспечения нужной точности измерений. Отрицательный полюс источников тока всегда подключают к удаленному электроду (заземлению *B*). Это создает устойчивое сопротивление цепи *AB* и однообразные полученные материалы. При длительном пропускании тока у отрицательного электрода породы увлажняются.

Если точка заряда находится в скважине, то провод, несущий заземление *B*, размечают через 50 м. Метки используют для контроля за глубиной заряда. Более точное местоположение заряда уточняют путем измерения силы тока в цепи питания при перемещении электрода в пределах намеченного интервала. В качестве точки заряда выбирают такое положение электрода в скважине, при котором получена наибольшая сила тока.

Приемную линию изготавливают из двух кусков облегченного провода (например, ГПСМПО), один из которых подключают к медному электроду *M*, другой — к электроду *N*. Каждый из оставшихся свободных концов подключают к отдельной катушке и далее через панель катушки — к измерительному прибору. На проводах приемной линии устанавливают метки с интервалом 20 м. Через каждые 100 м ставят двойную метку. Участок провода, прилегающий к электроду *M* или *N* на расстоянии 20 м, размечают через 5 м. Разметка проводов приемной линии выполняется для того, чтобы оператор имел возможность контролировать во время наблюдений местоположение электродов. Разметка через 5 м вблизи электродов необходима на случай сгущения сети наблюдения.

Подготовка участка работ заключается в разбивке магистрали и параллельных профилей. Магистраль разбивают параллельно предполагаемому простиранию объекта вблизи заземления *A*, профили — перпендикулярно магистрали на расстоянии один от другого, в 3—4 раза меньшем длины объекта по простиранию. Обычно это расстояние составляет 20—100 м.

Длину профиля в каждую сторону от магистрали определяют по формуле

$$L = 5h + H,$$

где *h* — глубина до верхней кромки объекта в м; *H* — мощность объекта в м.

Расстояние между точками на профиле принимают равным 10—20 м. Профили нумеруют римскими цифрами, точки на профилях — арабскими цифрами; номера точек и профилей возрастают с запада на восток и с юга на север. Во избежание отрицательных знаков в нумерации центральному профилю присваивают номер XX или больший, а точкам профиля на магистрали — номер не менее 50.

Полевые работы выполняют по схемам потенциала или градиента.

При съемке потенциала электрод N обычно выносят за планшет и оставляют неподвижным на все время съемки. Съемку ведут путем измерения потенциала M во всех точках участка относительно постоянного потенциала точки N .

Работу на планшете начинают с наблюдения по магистрали, на основании чего строят график потенциала. Далее измеряют потенциал точек профиля сначала в одном, потом в другом направлении от магистрали.

При необходимости (в случае резкого изменения потенциала) выполняют детализацию аномалии через 5 или 10 м.

При наличии на участке помех производят съемку по схеме градиента. В этом случае между каждой парой соседних точек профиля и между магистральными точками измеряют разность потенциалов ΔU_{MN} . Во избежание путаницы в знаках электрод M всегда располагают восточнее и севернее электрода N . Съемку градиентов начинают с измерения ΔU_{MN} между точками магистрали. На основании этих измерений вычисляют относительный потенциал всех магистральных точек и строят график потенциала. При этом магистральной точке одного из крайних профилей приписывают произвольное значение потенциала, например 100 мв. Далее выполняют наблюдения на точках профилей.

Для обеспечения необходимой точности измерений по методу заряда проводят повторные наблюдения потенциала по магистрали или контрольные измерения разности потенциалов между магистральными точками соседних профилей. Через 10—20 точек наблюдений измеряют силу тока в цепи AB .

Для оценки точности измерений проводят контрольные наблюдения на профилях в объеме 5% от общего объема работ. Относительная разность измеренных величин на отдельных точках не должна превышать 15%.

Работу по схеме градиентов завершают измерением градиентов на продольном профиле, который прокладывают по точкам перехода через нуль на основных профилях.

Если на участке работ имеются скважины, то выполняют съемку градиентов или потенциала по оси скважины при помощи электрокаротажных станций (см. седьмой раздел).

Результаты полевых измерений методом заряда (I_{AB} , U_M или ΔU_{MN}) записывают в специальный журнал.

2. Обработка результатов измерений методом заряда. При обработке наблюдений в схеме потенциала значение последнего в каждой точке делят на силу тока. Если наблюдения выполнялись с электродом N , расположенным в районе объекта исследования, то к измеренным значениям потенциала прибавляют некоторое произвольное число с тем, чтобы на удаленных от точки заряда профилях потенциал имел небольшое положительное значение и знак потенциала не изменялся на всем планшете.

По результатам наблюдений по схеме градиентов вычисляют относительные значения потенциала в точках планшета. Сначала, как было отмечено выше, для пикета одного из крайних профилей принимают некоторое произвольное значение U , относительно которого рассчитывают потенциалы для магистральных пикетов каждого профиля. Затем на основании значений потенциала на магистральных пикетах вычисляют потенциалы во всех рядовых точках профилей.

Потенциал второй точки (U_2), если известны потенциал первой точки (U_1) и разность потенциалов между этими точками (ΔU_{1-2}), вычисляют по формуле

$$U_2 = U_1 + \frac{\Delta U_{1-2}}{IMN},$$

где I — сила тока в цепи AB ; MN — расстояние между электродами M и N .

По результатам вычисленных значений строят карты графиков потенциала, графики градиента потенциала (при съемке градиентов) и карты изолиний потенциала. Горизонтальный масштаб карт графиков и изолиний определяется масштабом съемки, вертикальный масштаб графиков выбирают с таким расчетом, чтобы соседние графики меньше пересекались, но при этом все характерные детали графика проявлялись бы четко.

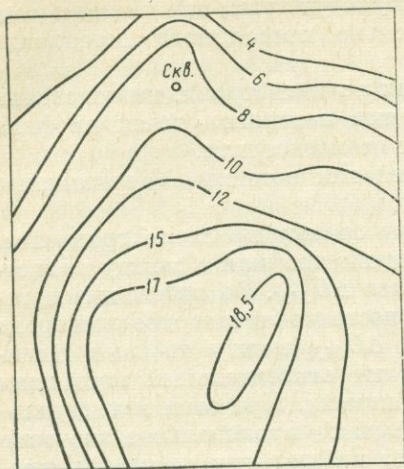


Рис. 48. Изолинии потенциала по данным метода заряда над медноколчеданной залежью.

В сечении изолиний выбирают по тому же принципу, что и в методе СЭП. На рис. 48 приведен план изолиний потенциала (в мв) на одном из медноколчеданных месторождений. При размещении точки заряда в рудном теле скважины изолинии потенциала оказались ориентированными в юго-восточном направлении, где последующим бурением обнаружена более мощная часть залежи, встреченной первоначально скважиной.

§ 32. Полевые работы с прибором ЭСК-1 по методу естественного электрического поля

1. Монтаж установки для метода естественного электрического поля. Наблюдения методом естественного электрического поля могут быть выполнены установками двух типов: установкой для съемки потенциала, когда потенциал измеряется по профилю относительно некоторой постоянной точки, и установкой для съемки градиентов, когда между двумя соседними точками профиля измеряется разность потенциалов. Установка первого типа получила наиболее широкое применение ввиду высокой производительности и точности измерений, технической простоты наблюдений и простоты камеральной обработки полученных данных. Установка для съемки градиентов применяется лишь в тех случаях, когда из-за сильных промышленных помех наблюдения с длинными линиями становятся невозможными.

Установка для съемки потенциалов (рис. 49) состоит из приемных электродов M и N , катушки K с проводом и измерительного прибора.

Монтаж установки для съемки градиентов заключается в подготовке электродов, намотке провода на катушку и в подготовке разъемных соединений.

При работе по методу естественного электрического поля применяют неполяризующиеся электроды, устройство которых показано на рис. 41 и описано в § 27. В работе с одной установкой используют комплект, состоящий из 4—5 электродов, который готовят за сутки до начала работ. Электроды тща-

тельно промывают дистиллированной водой, а их металлические части очищают тонкой наждачной бумагой и промывают в 10—15%-ном растворе азотной кислоты. Для заливки электродов готовят 3—4 л насыщенного раствора химически чистого медного купороса. В сосуды электродов кладут несколько кристаллов медного купороса и заливают их приготовленным раствором. Электроды помещают в пластмассовую или фаянсовую кювету, залитую раствором медного купороса до полного погружения в него сосудов. Электроды нумеруют, а их клеммы соединяют одну с другой короткими проводниками. В таком состоянии электроды находятся в течение всего периода съемки. Это позволяет поддерживать электродный потенциал постоянным и близким по значению для всех электродов.

В методе естественного электрического поля для соединения электродов используют легкие провода в хлорвиниловой изоляции. Длину провода для установки, измеряющей потенциал, определяют в зависимости от длины профиля или размеров участка, на которых ведутся наблюдения. Один конец провода припаивают к клеммам панели катушки, провод наматывают на катушку и другой его конец заделывают в одноштырьковую вилку. Последняя служит для соединения провода с клеммой электрода *М*.

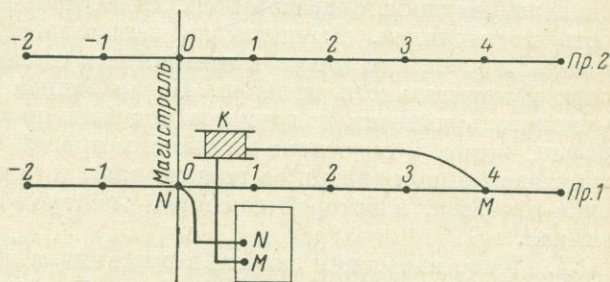


Рис. 49. Установка для съемки потенциалов в методе естественного электрического поля.

Для подключения измерительного прибора к электроду *N* и к панели катушки используют два куска провода длиной 3—4 м. Конец одного куска провода заделывают в обычную электрическую вилку, которая подключается к панели катушки, а конец другого — в одноштырьковую вилку, служащую для подключения к клемме электрода *N*. Оставшиеся концы обоих кусков провода заделывают в электрическую вилку (при работе с прибором ЭСК-1).

2. Техника полевых измерений по способу потенциала. Наблюдения по методу естественного электрического поля на участке выполняют по заранее разбитым профилям. Направление профилей ориентируют вкрест простирания исследуемых объектов. Сеть съемки (расстояние между профилями и точками) определяют в соответствии с размерами поисковых объектов и детальностью изучения последних.

Для решения поисковых задач на участке разбивают сеть профилей, показанную на рис. 49. Посередине участка по простиранию предполагаемых геологических объектов прокладывают магистраль. По обе стороны от магистрали перпендикулярно к ней располагают профили. Точки наблюдений закрепляют кольшками с надписью номеров профилей и пикетов.

При выполнении съемки потенциалов электрод *N* заземляют на магистральном (нулевом) пикете данного профиля, а электрод *M* последовательно перемещают по пикетам профиля сначала в одном направлении от магистрали, затем — в другом. Катушку с проводом устанавливают на магистрали у нулевого пикета. Наблюдения выполняет бригада в составе оператора, вычислителя, рабочего на катушке и рабочего на электроде *M*. Порядок измерений следующий.

1. Перед началом и после наблюдений на профиле измеряют поляризацию электродов. С этой целью электроды *M* и *N* устанавливают во влажную землю на расстоянии 10—20 см один от другого, подключают (электрод *M* через катушку с проводом, а электрод *N* — непосредственно) к измерительному прибору, после чего замеряют разность потенциалов, которая рассматривается как поляризация электродов. Путем указанных измерений из комплекта электродов подбирают такую пару, у которой поляризация не превышает 2 мв.

2. Электрод *N* заземляют на нулевой точке пикета, а электрод *M* — в первой точке. Электроды устанавливают в предварительно выкопанные лунки с влажной землей. Если почва сухая, лунки перед началом измерений поливают водой. Чтобы исключить влияние фильтрационных э. д. с. на измеряемое естественное поле, лунки поливают не менее чем за 1 ч до измерений.

3. Рабочий на катушке подключает провод от измерительного прибора к панели катушки, оператор подключает цепь *MN* к прибору и измеряет разность потенциалов. Вычислитель записывает полученный замер в журнал со знаком плюс или минус в зависимости от показания переключателя полярности измерительного прибора. После записи показаний прибора в журнал вычислитель наносит полученное значение разности потенциалов на полевой график, который он строит на миллиметровой бумаге; показания откладывает от нулевой линии (вверх со знаком плюс и вниз со знаком минус), а нулевой точке профиля, в которой заземлен электрод *N*, приписывает нулевой потенциал.

4. После нанесения значения потенциала в первой точке на график оператор дает команду переставить электрод *M* во вторую точку. Рабочий на центре установки отключает провод измерительного прибора от панели катушки, рабочий на электроде растягивает провод до второй точки, заземляет электрод и включает его в измерительную цепь. После этого выполняют следующее измерение.

Описанный процесс повторяют до тех пор, пока не будет сделано измерение в конечной точке профиля. Далее провод сматывают на катушку и выполняют измерения на противоположном от магистрали отрезке профиля. При сматывании провода на каждой (в нормальном поле) десятой или пятой (в аномальном поле) точке выполняют повторные измерения.

После окончания наблюдений на первом профиле электрод *M* устанавливают рядом с неподвижным электродом и измеряют их поляризацию. Затем подвижной электрод переносят на магистральную точку следующего соседнего профиля и производят увязочный замер. Измерение повторяют несколько раз. Полученный результат за вычетом поляризации электродов рассматривается как разница потенциалов в магистральных точках первого и второго профилей. Эта разница используется при окончательной камеральной обработке результатов съемки участка и позволяет привести все замеры к одному уровню. Аналогичные увязочные замеры производят между магистральными точками всех соседних профилей. При наличии беспокойного естественного поля на участке выполняют дополнительные увязочные замеры между рядовыми точками соседних профилей.

Результаты полевых наблюдений по методу естественного электрического поля записывают в специальный журнал. Форма журнала для съемки потенциала приведена в табл. 18.

В графе 2 журнала (см. табл. 18) записывают наблюденную разность потенциалов, в графе 3 — поляризацию электродов, в графе 4 — разность потенциалов, проведенную к нулевой точке планшета, в графе 5 — дополнительные

Точка стояния электрода	$U, мв$	$E, мв$	$\Delta U_0, мв$	Дополнительные сведения	Примечание
1	2	3	4	5	6

сведения, в графе 6 — условия работ, условия заземления, характер рельефа местности и другие сведения; графу 4 заполняют при камеральной обработке.

3. Вычисление потенциалов точек и построение графиков потенциала. По данным увязочных наблюдений между соседними профилями вычисляют потенциалы магистральных точек профилей по отношению к начальной точке и записывают в графу 4 журнала (см. табл. 18). Потенциал нулевой точки второго профиля равен отсчету при установке электрода M в эту точку. Потенциал каждой последующей точки магистрали U_{n+1}^0 вычисляют по формуле

$$U_{n+1}^0 = U_n^0 + U_{n+1}^n,$$

где U_n^0 — потенциал предыдущей точки по отношению к нулевой; U_{n+1}^n — потенциал последующей точки ($n + 1$) по отношению к предыдущей точке n .

После определения потенциалов магистральных точек вычисляют значения потенциалов на рядовых точках профиля. На первом профиле, где наблюдения выполнялись при установке электрода N в начальную точку участка, потенциалы рядовых точек будут равны измеренным значениям. Поэтому последние переписывают в графу 4 журнала. Для вычисления потенциала точек на других профилях измеренное значение на данной точке складывают с потенциалом нулевой магистральной точки.

Результаты наблюдений с установкой, измеряющей потенциал, изображают в виде карт графиков или карты изолиний потенциала по данному участку.

На горизонтальной оси графика размечают пикеты, на вертикальной откладывают значения потенциала в точках, причем положительные значения выше, а отрицательные — ниже нулевой линии графика. Горизонтальный масштаб карт графиков должен соответствовать масштабу отчетной карты, а вертикальный обеспечивать возможность четкого анализа графиков.

§ 33. Электроразведочная генераторная станция типа ЭРГС-16, 5-58

1. Назначение и краткая техническая характеристика станции. Электроразведочная генераторная станция типа ЭРГС-16, 5-58 предназначена для питания линий AB при проведении электроразведочных работ на постоянном токе (методы ВЭЗ, ДЭЗ и зондирование становлением магнитного поля) с большими (2000 м и более) разносомами AB .

Станция монтируется на автомобиле ГАЗ-69, в кузове которого размещаются мощный генератор ПН-145, силовая панель, панель управления, аппаратура для измерения разности потенциалов в линии MN и радиостанция РПМС или «Недра-1». Общий вес станции около 1900 кг. На вертолете МИ-4 за два рейса станция может быть доставлена в труднопроходимый район.

Генератор ПН-145 приводится во вращение от двигателя автомобиля через специальную коробку отбора мощности. Он развивает мощность 16,5 *квт* при напряжении 460 *в*. Его скорость вращения регулируется оборотами двигателя автомобиля при помощи рычага управления газом.

Сила тока в питающей линии измеряется амперметром, установленным на панели управления.

Для измерения разности потенциалов между электродами *M* и *N* могут применяться прибор ЭСК-1, осциллограф ЭПО-7Б (или ЭПО-7М) с панелью ИПО-6 и другая аппаратура.

2. П а н е л ь у п р а в л е н и я с т а н ц и и. Панель управления станции ЭРГС-16,5-58 (рис. 50) служит для подачи в линию *AB* тока, измерения его величины и измерения напряжения на выходе генератора.

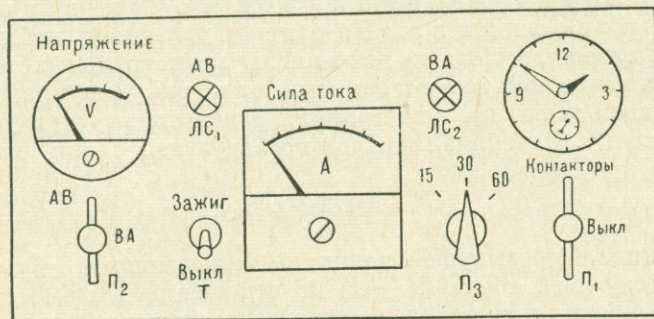


Рис. 50. Панель управления станции ЭРГС-16,5-58.

Напряжение на зажимах генератора измеряется вольтметром *V*, сила тока в цепи *AB* — амперметром *A*. Переключатель *П3* позволяет установить пределы измерения тока амперметром (15, 30 или 60 *а*). При помощи переключателей *П1* и *П2* в линию *AB* можно подавать импульсы тока одинаковой величины, но разной полярности, что называется режимом удвоения. В связи с изменением полярности тока, соответственно меняется разность потенциалов между электродами *M* и *N*. При регистрации последней осциллографом амплитуда отклонения блика гальванометра удваивается и это позволяет увеличить относительную точность определения разности потенциалов.

Непосредственное подключение тока от зажимов генератора в линию *AB* производится контакторами — устройствами, позволяющими включать и выключать электрические цепи под нагрузкой. От обычного рубильника контактор отличается быстротой действия и наличием искрогасящих приспособлений. Подключение питания контакторов производится при установке переключателя *П1* в положение «Контакты». Управление работой контакторов осуществляется посредством переключателя *П2*. При его установке в положение «*AB*» срабатывает первый контактор, включая в линию *AB* ток определенного направления. В положении «*BA*» переключателя *П2* первый контактор отключается, но срабатывает второй контактор, включая в линию *AB* ток обратного направления.

При срабатывании первого или второго контакторов загораются соответственно сигнальные лампы *ЛС1* и *ЛС2*.

Перед началом работы со станцией ЭРГС-16,5-58 зажигание автомобиля выключается. Дальнейшее его включение производится путем установки

тумблера T в положение «Зажиг.» и переключателя Π_1 — в положение «Выкл.». В этот момент цепь зажигания замыкается через контакты переключателя Π_1 .

После запуска двигателя и включения питания контакторов переключателем Π_1 цепь зажигания на контактах последнего размыкается, но одновременно с этим замыкаются контакты так называемого минимального реле в схеме панели, замыкая цепь зажигания через контакты специального блокировочного устройства.

Контакты блокировочного устройства замыкают цепь зажигания и цепь управления контакторами в том случае, если закрыты наружные дверки панели силового блока. Блокировочное устройство, таким образом, предохраняет обслуживающий персонал от возможности соприкосновения с токонесущими деталями цепи генератора. Минимальное реле замыкает цепь зажигания в том случае, когда через питающую цепь протекает ток. Если по каким-либо причинам питающая линия будет разорвана, то контакты минимального реле размыкаются, цепь зажигания разрывается и двигатель автомобиля останавливается.

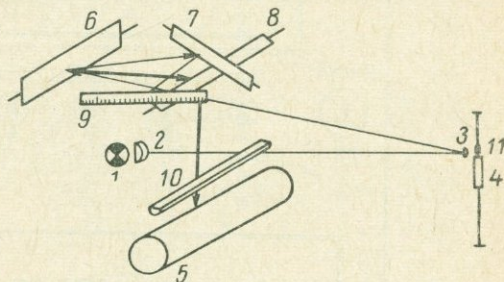


Рис. 51. Оптическая схема осциллографа ЭПО-7Б.

3. Осциллографы ЭПО-7Б и ЭПО-7М. Осциллограф ЭПО-7Б предназначен для регистрации на фотобумаге разности потенциалов. Он имеет три канала, из которых два позволяют регистрировать разности потенциалов, снимаемые одновременно с двух линий MN , третий служит для нанесения на фотобумагу марок времени.

Оптическая схема осциллографа приведена на рис. 51. Луч света от осветителя 1 через конденсорную линзу 2 попадает на линзу 3 гальванометра, затем на зеркало 11 гальванометра и, отразившись от него, направляется на зеркала 6 и 8, попадает на цилиндрическую линзу 10, а затем на движущуюся фотобумагу на валике 5. Часть света отражается зеркалом 7 на шкалу визуальных наблюдений 9, расположенную на панели управления осциллографом.

Гальванометр по принципу действия аналогичен гальванометру осциллографа сейсмостанции. Угол отклонения луча и соответственно отклонение блика гальванометра на фотобумаге пропорциональны величине тока, протекающего через рамку 4, т. е. величине разности потенциалов на электродах M и N .

В осциллографе ЭПО-7Б имеются три гальванометра, которые смонтированы в кассете. Кассета вставляется в магнитный блок и включается в электрическую схему осциллографа. Два гальванометра используются для регистрации разности потенциалов, один — для нанесения марок времени. Марки времени наносятся в виде поперечных линий на ленте через 5 и 60 сек специальным осветителем, цепь которого периодически замыкается вследствие работы кулачкового устройства, соединенного со специальным моторчиком времени. Марки времени через 60 сек (опорные) наносятся в виде более жирных линий.

Передвижение фотобумаги в осциллографе обеспечивается лентопотяжным механизмом, работающим от электродвигателя МУ-30 через редуктор марки Б. Электродвигатель питается напряжением 12 в. Скорость движения фотобумаги при наличии редуктора марки Б может регулироваться в пределах

2—15 мм/сек. Фотобумага, имеющая ширину 100 мм, протягивается из магазинной кассеты в приемную. Емкость магазинной кассеты 20 м, приемной 10 м. Вес осциллографа 11 кг.

Органы управления лентопротяжным механизмом и осветительной системой осциллографа установлены на лицевой панели прибора (рис. 52). В верхней левой части панели имеется шкала визуального наблюдения за бликами гальванометров, в нижней левой части — крышка открывающая доступ к кассетам с фотобумагой. Двигатель лентопротяжного механизма включается тумблером B_1 , осветительная система — тумблером B_2 . Помимо тумблера B_1 , двигатель лентопротяжного механизма может быть включен и выключен кноп-

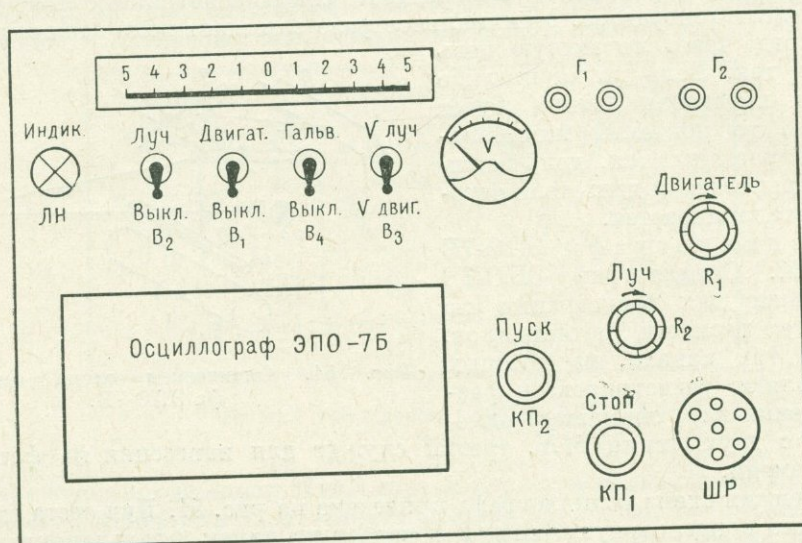


Рис. 52. Панель осциллографа ЭПО-7Б.

ками $КП_2$ и $КП_1$. При помощи реостата R_1 изменяется напряжение на зажимах двигателя и тем самым регулируется скорость протяжки бумаги от 3 до 15 мм/сек. Реостат R_2 позволяет изменять напряжение накала лампы осветителя гальванометров первого и второго канала. Напряжение на зажимах двигателя и напряжение накала лампы осветителя контролируются по вольтметру V при установке переключателя B_3 соответственно в положения «V двиг.» и «V луч».

Лампа $ЛН$ является индикатором работы лентопротяжного механизма. При протяжке фотобумаги периодически замыкается цепь питания накала лампы $ЛН$, обуславливая мигание последней. Штепсельный разъем $ШР$ служит для подключения питания осциллографа и внешнего датчика марок времени, а клеммы $Г_1$ и $Г_2$ — для подачи на гальванометры осциллографа измеряемых разностей потенциалов.

Осциллограф ЭПО-7М отличается от ЭПО-7Б отсутствием кнопок $КП_2$ («Пуск») и $КП_1$ («Стоп») и наличием в лентопротяжном механизме редуктора марки М, обеспечивающего передвижение фотобумаги со скоростью 0,5—2,5 мм/сек.

4. Измерительная панель ИПО-6. Осциллографы ЭПО-7Б и ЭПО-7М применяются обычно совместно с измерительной панелью ИПО-6, на которой сосредоточены органы управления двух каналов для измерения разности потенциалов (рис. 53). Панель подключается к осциллографу путем соединения одноименных гнезд Γ_1 и Γ_2 , имеющих как на панели, так и на осциллографе.

В левой части панели ИПО-6 расположены органы управления первым каналом осциллографа, в правой — аналогичные органы управления вторым каналом. Провода от двух измерительных линий подключаются к гнездам M_1 и N_1 , M_2 и N_2 .

Переключатели «Чувствит.» в положениях «1; 2; 3; 4; 5» позволяют установить пределы измерения разности потенциалов каналами осциллографа соответственно 1; 3; 10; 30 и 100 мв. Компенсаторы поляризации КП обеспечивают грубую компенсацию э. д. с. поляризации в пределах ± 100 мв. При помощи компенсаторов плавной поляризации («КП; плавно») осуществляется компенсация в пределах ± 2 мв. В схеме компенсатора поляризации каждого канала имеется по одному элементу типа 1,6-ФМЦ-У-3,2. Включение элементов в цепи компенсации производится тумблером «КП; выкл».

Измерительная панель содержит градуировочное устройство, при помощи которого в измерительные каналы поочередно могут быть поданы калибровочные значения разностей потенциалов. Величины этих значений (0,3; 1; 3; 10; 30 мв) задаются переключателем «Градуир. напряжение». Адрес подачи градуировочных напряжений (в первый или второй канал) определяется положением переключателя «Градуир. канал».

Полярность градуировочных разностей потенциалов устанавливается переключателем «Градуировка; +; 0; -».

В схеме градуировочного устройства имеется один элемент типа 1,6-ФМЦ-У-3,2. Ток питания в цепи устройства контролируется по миллиамперметру mA и при помощи реостата «Градуир. ток больше» устанавливается равным 10 ма; только при этой силе тока градуировочные разности потенциалов соответствуют тем величинам, которые зафиксированы на панели переключателя «Градуир. напряжение».

Градуировочное напряжение подается в измерительный канал для того, чтобы определить цену отклонения светового блика на фотобумаге в мв/мм. Известно, что при осциллографическом измерении разности потенциалов величина отклонения блика гальванометра зависит не только от измеряемой

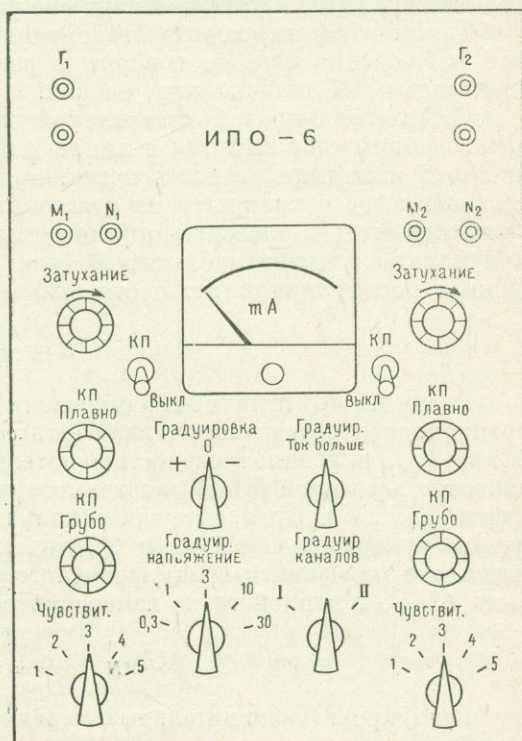


Рис. 53. Измерительная панель ИПО-6.

разности потенциалов, но и от сопротивления всей измерительной цепи гальванометра, включая сопротивления R_M и R_N заземлений. Если бы сопротивление цепи гальванометра было постоянным, то по величине отклонения светового блика можно было бы непосредственно определить разность потенциалов. Однако условия заземления в точках M и N резко зависят от сопротивления почвы, типа заземления и т. д., поэтому на каждой новой точке заземления сопротивление измерительной цепи гальванометра имеет другое значение. Кроме того чувствительность гальванометра изменяется под влиянием изменения температуры, натяжения подвесов рамки и под влиянием других факторов.

Таким образом, равные отклонения блика гальванометра на разных точках наблюдения еще не говорят о равенстве разностей потенциалов между электродами M и N на этих точках.

Смысл градуировки измерительного канала заключается в том, что при выключенном токе питания в линии AB в измерительную цепь гальванометра подается известная разность потенциалов $\Delta U_{гр}$, под действием которой блик гальванометра отклоняется на расстояние $l_{гр}$. Полученные данные позволяют вычислить цену n отклонения блика (в $мв/мм$) для конкретных условий измерений в данной точке наблюдений (при данном сопротивлении измерительной цепи и данной чувствительности гальванометра) по формуле

$$n = \frac{\Delta U_{гр}}{l_{гр}}.$$

Если после подачи градуировочной разности потенциалов отключить градуировочное устройство, включить ток в линии AB и записать отклонение блика $l_{изм}$, вызванное разностью потенциалов ΔU_{MN} то, очевидно, истинное значение последней (в $мв$) определится путем умножения величины отклонения блика $l_{изм}$ на цену n , так как условия измерения величины ΔU_{MN} (сопротивление измерительной цепи и чувствительность гальванометра) остались теми же, что и при записи градуировочного значения $\Delta U_{гр}$. Таким образом, величина ΔU_{MN} в данной точке измерений определится по формуле

$$\Delta U_{MN} = n l_{изм} = \frac{\Delta U_{гр}}{l_{гр}} l_{изм}.$$

Градуировка измерительных каналов выполняется на каждой точке измерений.

На измерительной панели имеются реостаты «Затухание», при помощи которых внешнее сопротивление цепи гальванометров устанавливается близким к критическому (до $0,7R_{кр}$). Тем самым устанавливается оптимальный режим успокоения рамки гальванометра, близкий к критическому режиму. Критический режим успокоения означает, что рамка гальванометра наиболее быстро достигает положения равновесия, т. е. блик гальванометра наиболее быстро достигает необходимого отклонения $l_{изм}$, пропорционального измеряемой величине.

Для установления оптимального режима успокоения рамки гальванометра в измерительный канал подаются П-образные градуировочные импульсы и наблюдается форма их записи на фотобумаге при разных положениях реостата «Затухание». После анализа полученных данных реостат устанавливается в такое положение, при котором форма П-образного импульса, записанного на фотобумаге, имеет минимальное искажение.

5. Порядок работы с электроразведочной станцией ЭРГС-16,5-58. Рассмотрим порядок работы со станцией ЭРГС-16,5-58

с применением осциллографа ЭПО-7Б и измерительной панели ИПО-6 при выполнении наблюдений по методу ВЭЗ.

Перед началом работ при помощи мегометра и тестера проверяют сопротивление изоляции генератора и токоведущих частей в генераторной установке, сопротивление изоляции регистрирующих каналов и панели управления относительно корпуса осциллографа. Если сопротивление изоляции будет меньше 5 *Мом* (это обычно наблюдается у отсыревшей аппаратуры), то аппаратуру просушивают. Силовую проводку и генератор просушивают путем отбора большой мощности при напряжении 100—200 *в* до восстановления необходимого сопротивления. Панель управления и осциллограф просушивают в сухом отапливаемом помещении.

Пока составляется схема измерений (растягиваются и заземляются питающая и приемные линии), готовят осциллограф к работе в следующем порядке (см. рис. 52, 53).

1. Осциллограф заряжают фотобумагой и подключают питание лентопротяжного механизма и осветительной системы.

2. Включают тумблер B_1 осциллографа (при этом лампа «Индик.» должна периодически вспыхивать), переключатель B_3 ставят в положение «V; двиг.» и реостатом R_1 устанавливают необходимую скорость протяжки фотобумаги, отмечая величину напряжения по вольтметру V .

3. Включают осветительную систему осциллографа тумблером B_2 , переключатель B_3 переводят в положение «V; луч» и реостатом R_2 регулируют яркость накала осветителя первого и второго гальванометров, контролируя величину напряжения накала по вольтметру V . Напряжение накала не должно превышать 7 *в*.

4. Включают гальванометры тумблером B_4 , проверяют на шкале визуального наблюдения положение бликов и контролируют по секундомеру работу отметчика марок времени. Через каждые 5 *сек* на шкале визуального наблюдения должен появляться блик гальванометра марок времени и через каждые 60 *сек* яркость блика должна увеличиваться.

5. Подключают к осциллографу измерительную панель ИПО-6 путем соединения одноименных гнезд Γ_1 и Γ_2 осциллографа и панели и замыкают накоротко гнезда M_1 и N_1 , M_2 и N_2 измерительной панели.

6. Проверяют работу компенсаторов поляризации, градуировочного устройства и переключателей чувствительности. Для проверки работы переключателя чувствительности и градуировочного устройства переключатель «Чувствит.» панели ИПО-6 устанавливают в положение «5», переключатель «Градуир. напряжение» — в положение «30», подключают при помощи переключателя «Градуир. каналов» измерительный канал I, переключатель «Градуировка» ставят в положение «+», реостатом «Градуир. ток больше» устанавливают по миллиамперметру mA силу ток 10 *ма* и наблюдают за отклонением блика гальванометра канала I от нулевого положения.

Блик должен отклониться от нулевого положения в правую сторону на 0,3 длины шкалы. При установке переключателя «Градуировка» в положение «—» блик должен отклониться на такую же длину от нулевого положения в левую сторону. Допустимая разница между величинами отклонения блика в правую и левую сторону от нулевого положения не должна превышать 2%.

Далее переключатель «Градуир. напряжение» переводят последовательно в положения «10; 3; 1; 0,3», а переключатель «Чувствит.» — соответственно в положения «4; 3; 2; 1» и наблюдают за отклонением блика при положениях «+» и «—» переключателя «Градуировка». Отклонение блика гальванометра

от нулевого положения в ту и другую сторону должно составлять 0,3 длины шкалы.

После выполнения операций, указанных в п. 6, переключатель «Градуир. каналов» переводят в положение «II» и проводят аналогичную проверку канала II.

Градуировочное устройство выключают путем установки переключателей «Градуировка» и «Градуир. каналов» в нейтральные положения.

Для проверки компенсаторов поляризации включают тумблеры *KII* и наблюдают за перемещением бликов гальванометров при вращении реостатов грубой и плавной компенсации. При этом, если проверяют работу реостатов грубой компенсации, переключателем «Чувствит.» устанавливают грубые пределы измерения (положения «4» и «5»). Работу реостатов плавной компенсации проверяют на высокой чувствительности (положения «1» и «2» переключателя «Чувствит.»).

7. В измерительные каналы осциллографа подают II-образные импульсы от калибровочного устройства и устанавливают реостатами «Затухание» необходимый режим успокоения гальванометров.

После выполнения перечисленных проверок осциллограф выключают, к гнездам M_1 и N_1 , M_2 и N_2 измерительной панели подключают провода от электродов двух измерительных линий, питающую линию подключают к гнездам *A* и *B* силового блока и через переговорное устройство предупреждают рабочих на электродах *A* и *B* о начале измерений и о соблюдении техники безопасности.

Измерения выполняют в следующем порядке.

1. Переключатель II_1 пульта управления генераторной станции (см. рис. 50) устанавливают в положение «Выкл.», а тумблер *T* — в положение «Зажиг.».

2. Водитель запускает двигатель автомашины, подключает через коробку отбора мощности генератор ПН-145 и регулирует путем изменения газа число оборотов двигателя таким образом, чтобы прибор *V* пульта управления станцией показывал необходимую величину напряжения генератора. Последняя зависит от длины линии *AB*, условий заземления, сопротивления пород и выбирается оператором.

3. Оператор устанавливает необходимую чувствительность измерительных каналов осциллографа, включает осветительную систему и гальванометры осциллографа, включает в измерительные каналы компенсаторы поляризации, при помощи которых блики первого и второго гальванометров устанавливает на нулевое положение шкалы визуального наблюдения (компенсирует э. д. с. поляризации).

4. Далее оператор включает лентопротяжный механизм осциллографа, переключатель II_1 устанавливает в положение «Контакты» (см. рис. 50) и, меняя поочередно положения «AB» и «BA» переключателя II_2 , посылает в питающую линию несколько импульсов тока разной полярности.

В процессе подачи импульсов тока гальванометры осциллографа на движущейся фотобумаге записывают соответствующие импульсы разности потенциалов. Во время подачи импульсов тока оператор измеряет величину тока по амперметру *A* и записывает ее в журнал.

Число импульсов тока при работе с разностями $AB > 1000$ м должно быть не менее пяти, а при наличии помех оно увеличивается. Минимальная длительность импульса 5 сек.

Скорость вращения двигателя лентопротяжного механизма подбирают таким образом, чтобы длина импульсов на фотобумаге была равна 2—6 см.

Чувствительность измерительного канала выбирают так, чтобы величину разности потенциалов, записанной на фотобумаге, можно было определить с точностью до 3%. При низком уровне помех минимально допустимая величина отклонения блика составляет 10 мм. При этом число импульсов тока должно быть не менее величины $\frac{10\,000}{9n^2}$, где n — величина отклонения блика гальванометра в мм.

5. После окончания записи величин ΔU_{MN} оператор посылает несколько коротких импульсов тока в линию AB , предупреждая рабочих о конце измерений, выключает из линии AB ток (переключатель Π_1 устанавливает в позицию «Выкл.») и производит градуировку измерительных каналов: с градуировочного устройства посылает в измерительные каналы несколько градуировочных импульсов разной полярности при тех же положениях переключателей «Чувствит.» (см. рис. 53), при которых выполнялись измерения.

Величины градуировочных импульсов должны быть близки к значениям записанных разностей потенциалов, но не должны быть менее 25 мм. При высоком уровне помех подается 8—10 градуировочных импульсов и более.

6. После окончания градуировки двигатель автомобиля останавливают, все переключатели переводят в положение «Выкл.», наблюдение документируют в полевом журнале, осциллограмму проявляют, и после того как оператор убедится в хорошем качестве замеров, производят измерения разности потенциалов в измерительных линиях на следующем (большем) разnose AB . Большую линию AB обычно готовят во время измерений на малой линии AB .

Разности потенциалов ΔU_{MN} на малых линиях AB (до 1000—2000 м) можно измерять приборами ЭП-1 или ЭСК-1. При переходе от измерений с приборами ЭП-1 и ЭСК-1 к осциллографической записи необходимо иметь 1—2 общие точки измерений.

В процессе измерений питающую линию AB систематически проверяют на утечку. В сухую погоду проверку на утечку выполняют при переходе с минимальной приемной линии на следующую и при максимальных разносах AB . В сырую погоду, а также в случае нарушения плавного хода кривой ВЭЗ контроль на утечку производят по каждой приемной линии при максимальных разносах AB для данной линии MN .

Наличие утечек проверяют путем попеременного отключения заземлений A и B и подачи в линию серии импульсов тока, как при записи ΔU , при самой высокой чувствительности измерительных каналов. Изоляция линии AB считается удовлетворительной, если на осциллограмме не заметно отклонений блика гальванометра при включении тока.

6. О б р а б о т к а о с ц и л л о г р а м м. После проявления и просушивания осциллограммы на ее оборотной стороне составляют паспорт по специальной форме, в котором указывают номер осциллограммы и точки ВЭЗ, дату и время измерений, величину полуразноса $\frac{AB}{2}$ и полуразносов $\frac{MN}{2}$, на которых выполнены измерения. В паспорте записывают чувствительность измерительных каналов, величины градуировочных импульсов и величины $\frac{MN}{2}$, при которых выполнялись измерения с каждым из каналов, силу тока в линии AB . Указывают адрес и название организации, номер партии и фамилию оператора.

На осциллограмме определяют среднее расстояние (в мм) между линиями записи градуировочной разности потенциалов $\Delta U_{гр}$ разной полярности (величину $l_{гр}$) и среднее расстояние между линиями записи измеряемой разности потенциалов при всех импульсах тока в цепи AB (величину $l_{изм}$).

Величину измеренной разности потенциалов $\Delta U_{\text{изм}}$ (в *мв*) вычисляют по формуле

$$\Delta U_{\text{изм}} = \Delta U_{\text{гр}} \frac{l_{\text{изм}}}{l_{\text{гр}}}.$$

Кажущееся сопротивление ρ_k вычисляют по формуле

$$\rho_k = K \frac{\Delta U_{\text{изм}}}{I},$$

где K — коэффициент установки; I — сила тока в питающей линии в *ма*.

Глава IX

АППАРАТУРА НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ РАБОТЫ МЕТОДАМИ СОПРОТИВЛЕНИЙ

§ 34. Аппаратура низкой частоты типа АНЧ-1

Аппаратура низкой частоты типа АНЧ-1 предназначена для электроразвечных работ методами сопротивлений с питанием цепи *AB* переменным током прямоугольной формы частотой 20 *гц*, напряжением 30—350 *в* и силой тока 1—300 *ма*.

Комплект аппаратуры состоит из генератора и измерителя напряжения с треногами, двух катушек с проводами, электродов приемной и питающей линий и батарей питания.

Генератор питается от сухих батарей типа 69-ГРМЦ-6 напряжением 36 *в*. На выходе генератора вырабатывается ток частотой 20 ± 1 *гц*, который поступает для питания цепи *AB*.

Полупроводниковая схема индикатора помещена в дюралюминиевый корпус. На лицевой панели генератора размещены стрелочный прибор, переключатель пределов измерений (3; 10; 30; 100 и 300 *ма*), рукоятки реостатов грубой и точной регулировки силы тока, переключатель «Питание; контроль», клеммы для подключения к прибору батарей, цепи *AB*, а также клеммы *MN* («Контроль тока»), используемые при проверке правильности показаний стрелочного прибора при помощи схемы измерителя аппаратуры.

Измеритель аппаратуры АНЧ-1 представляет собой электронный многопредельный милливольтметр переменного тока, на входе которого установлен избирательный усилитель, настроенный на частоту 20 ± 1 *гц* с полосой пропускания не более ± 11 *гц*. Входное сопротивление измерителя на всех пределах не менее 2 *Мом*.

Питание измерителя осуществляется от двух сухих элементов 1,48-ПМЦ-9 для накала ламп и от двух батарей 48-ПМЦГ-64ч для анода ламп. Продолжительность работы источников питания 100 ч. Электронная схема измерителя помещена в корпус из дюралюминия.

На лицевой панели измерителя аппаратуры АНЧ-1 расположены стрелочный прибор, переключатель пределов измерения (0,3; 1; 3; 10; 30; 100; 300; 1000 *мв*), переключатель «Питание; контроль», переключатель рода работ (« ΔU ; I»), реостат установки шкалы («Уст. шкалы») и клеммы для подключения измерительной цепи *MN*. Положение «I» переключателя рода работ используется при контроле за правильностью показаний стрелочного прибора гене-

ратора. В этом случае клеммы *M* и *N* измерителя соединяют с соответствующими клеммами генератора. Реостат установки шкалы используют при настройке правильности показаний стрелочного прибора измерителя.

Общий вес измерителя и генератора аппаратуры АНЧ-1 около 13 кг.

Применение переменного тока частотой 20 гц в аппаратуре АНЧ-1 надежно защищает ее от промышленных помех, частота которых равна 50 гц, а также от влияния э. д. с. поляризации. Отсутствие компенсатора поляризации позволяет работать при непрерывно включенном генераторе с несколькими измерителями одновременно в различных точках изучаемого планшета.

Погрешность измерения напряжения и тока с аппаратурой АНЧ-1 на всех пределах не превышает $\pm 2\%$ от верхнего значения шкалы.

Установка и измерение силы тока с аппаратурой выполняется в следующей последовательности.

1. К панели генератора подключают линию *AB* и батарею питания, переключатель пределов устанавливают в положение «300».

2. Включают питание и проверяют напряжение батареи (стрелка измерительного прибора должна быть в области 24—36 делений шкалы 0—100).

3. Переключатель «Питание; контроль» переводят в положение «Вкл.», после чего при помощи реостатов грубой и точной регулировки устанавливают и отсчитывают по стрелочному прибору необходимую величину тока; предел измерения при этом выбирают таким образом, чтобы стрелка прибора находилась в правой части шкалы.

Измерение напряжения выполняют в следующем порядке.

1. Измерительную линию подключают к клеммам *MN* измерителя.

2. Переключатель рода работ устанавливают в положение « ΔU », а переключатель пределов измерений в положение «1000».

3. При установке переключателя «Питание; контроль» в положения «Н₁; Н₂; А» контролируют напряжение накалов и анодов ламп: стрелка прибора должна показывать 10—15 делений шкалы 0—30 для накалов ламп и 70—100 делений шкалы 0—100 для анода ламп.

4. Переключатель «Питание; контроль» ставят в положение «Вкл.» и измеряют напряжение.

Глава X

АППАРАТУРА МЕТОДОВ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ И ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

§ 35. Электроразведочная станция ВПО-62

1. Краткая техническая характеристика и принцип работы станции. Электроразведочная станция ВПО-62 предназначена для электроразведки методов вызванной поляризации.

Станция монтируется на автомобиле УАЗ-69 (или УАЗ-450А), в кузове которого размещены генераторная установка, пульт управления генератором, измерительная панель, две катушки с проводом ПВР по 800 м, два телефона, четыре неполяризующихся электрода и соединительные кабели. Вес комплекта аппаратуры составляет около 180 кг. Аппаратура состоит из легких, переносимых блоков и может быть быстро демонтирована, благодаря чему станцию можно использовать для работы в труднодоступных районах.

Принцип работы станции ВПО-62 заключается в следующем. В процессе длительного (от 1 до 3 мин) пропускания тока через электроды A и B в измерительной линии MN возникает разность потенциалов $\Delta U_{\text{пр}}$, состоящая из двух величин: разности потенциалов ΔU_{ρ} , вызванной прохождением тока через породы определенного удельного сопротивления, и разности потенциалов вызванной поляризации $\Delta U_{\text{вп}}$, обусловленной наличием вблизи электродов M и N электроннопроводящих рудных объектов. Величина $\Delta U_{\text{пр}}$ регистрируется автокомпенсатором, к выходу которого подключаются стрелочный прибор или осциллограф ЭПО-7Б.

После выключения тока в цепи AB между электродами M и N остается разность потенциалов $\Delta U_{\text{вп}}$, которая усиливается и подается на автокомпенсатор. К выходу автокомпенсатора через 0,5 сек после выключения тока в цепи AB подключается конденсатор и параллельно ему — импульсный вольтметр со стрелочным прибором или осциллограф, которые регистрируют разность потенциалов $\Delta U_{\text{вп}}$. Пауза между моментом выключения тока и включением измерительной схемы, равная 0,5 сек, необходима для того, чтобы избавиться от помех, связанных с переходными процессами.

Наряду с мгновенными измерениями величины ВП (через 0,5 сек после выключения тока) может регистрироваться также кривая спада напряжения вызванной поляризации путем измерения $\Delta U_{\text{вп}}$ стрелочным прибором через 1; 2; 5; 10; 30 и 60 сек после выключения тока или путем регистрации импульса $\Delta U_{\text{вп}}$ на осциллографе в течение 60 сек.

Регистрация кривых спада $\Delta U_{\text{вп}}$ позволяет оценить качество наблюдений и уровень помех. Регистрация параметра $\Delta U_{\text{вп}}$ на осциллографе применяется при наличии интенсивных промышленных помех.

2. Генераторная установка. Созданная на базе бензоэлектрического агрегата генераторная установка состоит из бензинового двигателя, генератора переменного тока и панели управления с бензобаком. При транспортировке агрегат можно расчленять на три части: двигатель, генератор и панель управления с бензобаком. Для переноски каждого блока предусмотрены специальные заплетные ремни.

На панели управления смонтированы приборы для измерения напряжения и тока генератора, частотомер и реостат регулировки напряжения, тумблер для выключения напряжения генератора, переключатель для включения напряжения на нагрузку, кнопка возбуждения для запуска и детали схемы возбуждения генератора. На панели установлены также две последовательно включенные лампы на 127 в по 100 вт, которые служат балластным сопротивлением генератора.

Вес генераторной установки 56 кг.

3. Пульт управления генератором. В пульте управления установлены трансформатор и полупроводниковый выпрямитель, служащие для преобразования переменного напряжения генератора 230 в в более высокое (до 560 в) напряжение и выпрямления последнего. Сила выпрямленного тока равна 7 а. С пульта управления осуществляются подача поляризующих импульсов тока в питающую линию и установка чувствительности измерительного прибора. Общий вид пульта показан на рис. 54.

Величина высокого напряжения на выходе генератора устанавливается при помощи переключателя 4 и контролируется вольтметром 1 типа ПМ-70, имеющим шкалу на 600 в.

Сила тока измеряется амперметром 2. Переключатель 3 служит для изменения пределов измерений амперметром 2. В соответствии с позициями пере-

кнопки 3 могут быть установлены пределы измерения 0,1—0,3—1—3—10 а.

При подаче тока в линию АВ вручную (однополярными импульсами) тумблер 5 выключается, управление током ведется при помощи тумблеров 6—8.

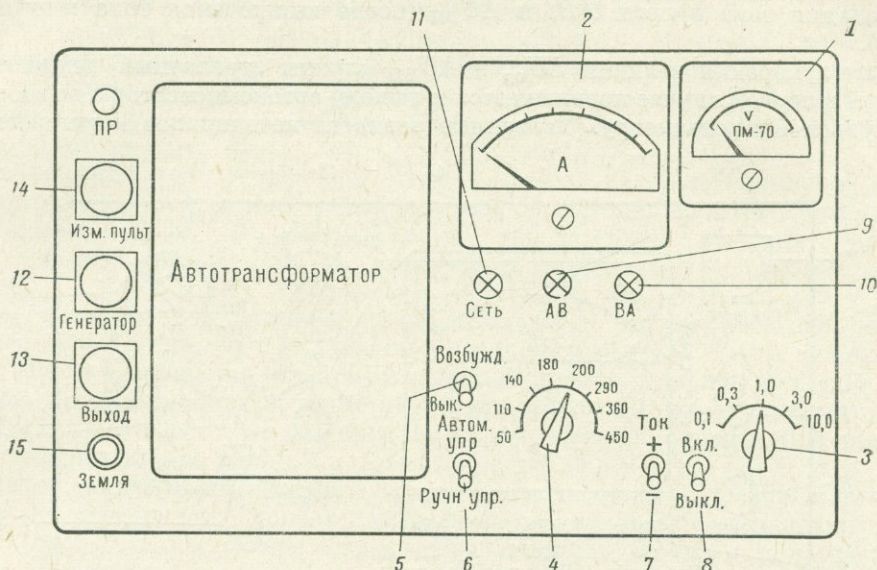


Рис. 54. Пульт управления генератором станции ВПО-62.

Тумблер 6 переключает схему на ручное управление током. Ток в линию АВ включается тумблером 8, а полярность тока в цепи АВ меняется тумблером 7.

При включении тумблером 6 автоматического управления ток в линию АВ подается разнополярными импульсами при помощи реле автомата времени. Автомат времени (рис. 55) представляет собой диск 1, вращающийся от синхронного двигателя со скоростью 2 об/мин. На диске, выполненном из изоляционного материала, установлен металлический сектор 3, который при вращении диска контактирует поочередно с контактами 2 и 4. Последние приводят в действие реле A_+B_- или A_-B_+ . Сектор 3 занимает $\frac{1}{3}$ окружности диска, поэтому время его соприкосновения с каждым из контактов 2 и 4 составляет 10 сек. Пауза длится 5 сек. Благодаря этому ток в линию АВ подается разнополярными импульсами длительностью по 10 сек с паузой 5 сек.

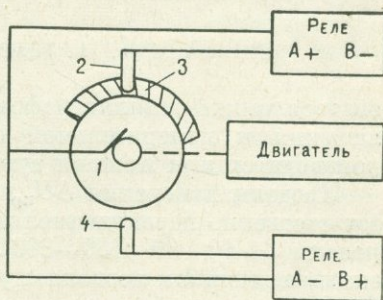


Рис. 55. Схема устройства автомата времени.

Лампы 9 и 10 на пульте управления (см. рис. 54) сигнализируют о наличии в линии АВ тока той или иной полярности, а лампа 11 — о подаче на пульт управления переменного напряжения от генератора.

Штепсельный разъем 12 служит для подключения к пульту управления кабеля от генератора, к штепсельному разъему 13 подключается линия АВ.

При помощи штепсельного разъема 14 к пульту управления подключается измерительный прибор. Гнездо 15 служит для заземления панели управления.

4. Измерительная панель. Измерительная панель (рис. 56) предназначена для управления измерением разностей потенциалов $\Delta U_{\text{пр}}$ (при пропускании тока в цепи AB) и $\Delta U_{\text{ВП}}$ (после выключения тока в питающей линии).

Для измерения величин $\Delta U_{\text{пр}}$ и $\Delta U_{\text{ВП}}$ служит стрелочный индикатор 1, который в первом случае подключается к выходу автокомпенсатора, во втором — к импульсному вольтметру. Указанные разности потенциалов могут регистри-

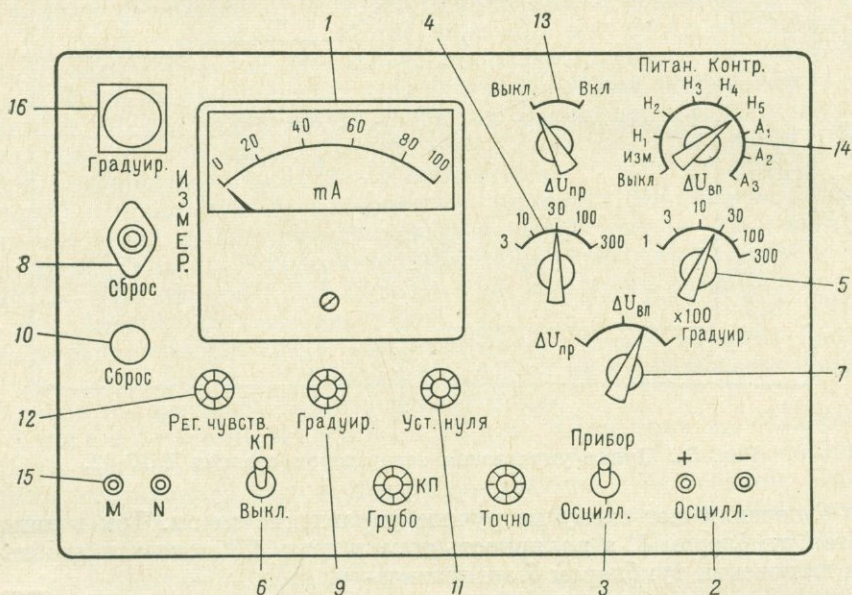


Рис. 56. Измерительная панель станции ВПО-62.

роваться также осциллографом ЭПО-7Б, который включается в гнездо 2. Подключения к измерительной схеме стрелочного прибора или осциллографа производятся при помощи тумблера 3.

Пределы измерения $\Delta U_{\text{пр}}$ и $\Delta U_{\text{ВП}}$ стрелочным прибором устанавливаются соответственно переключателями 4 и 5. Переключатель 4 позволяет установить пределы 3—10—30—100—300 мв, переключатель 5 дополнительно к перечисленным величинам позволяет установить предел 1 мв. Величина того или иного предела измерений определяется позициями переключателей.

Тумблером 6 включается в измерительную схему компенсатор поляризации.

Компенсация э. д. с. поляризации осуществляется при помощи реостатов грубой (± 150 в) и точной (± 2 мв) компенсации.

Переключатель 7 служит для изменения рода работ. В положении « $\Delta U_{\text{ВП}}$ » измеряется разность потенциалов вызванной поляризации, в положениях « $\Delta U_{\text{пр}}$ » и « $\times 100$ » — величина $\Delta U_{\text{пр}}$. При установке переключателя 7 в положение « $\times 100$ » пределы измерения величины $\Delta U_{\text{пр}}$ увеличиваются в 100 раз. В положении «Градуир.» переключателя 7 производится установка тока в градуировочном устройстве.

Градуировочное устройство, служащее для контроля за чувствительностью измерительного прибора, позволяет подать на вход автокомпенсатора напряжение, равное 0,8 от номинального значения шкалы стрелочного прибора при всех положениях переключателей 4 и 5. С изменением предела измерений одновременно изменяется величина градуировочного напряжения.

Градуировочное устройство включается при выключенном компенсаторе поляризации и положении «Градуир.» переключателя 8. Сила тока в градуировочном устройстве измеряется стрелочным прибором mA при установке переключателя рода работ 7 в положение «Градуир.» и выводе реостатом 9 стрелки прибора на отсчет «80».

В положении « $\Delta U_{пр}$ » переключателя 7 производится градуировка автокомпенсатора. С этой целью переключатель 4 устанавливается поочередно в положения «3; 10; 30; 100; 300» и при каждом из них берется по стрелочному прибору отсчет, который в каждом случае должен быть равен 80.

Для градуировки и установки чувствительности импульсного вольтметра переключатель 5 ставится в положение «10», переключатель 8 — в положение «Сброс». После выполнения указанных операций при нажатии на кнопку 10 реостатом 11 стрелка прибора выводится на нуль шкалы. Далее переключатель 8 переводится в положение «Градуир.», вновь нажимается кнопка 10 и реостатом 12 стрелка прибора устанавливается на отсчет «80».

В положении «Измер.» переключателя 8 и в положении « $\Delta U_{пр}$ » переключателя 7 по стрелочному прибору измеряется величина $\Delta U_{пр}$. При переводе переключателя 7 в положение « $U_{вп}$ » (переключатель 8 остается в прежней позиции) конденсатор и вместе с ним импульсный вольтметр посредством реле задержки через 0,5 сек после выключения тока в цепи AB подключаются на 0,1 сек к выходу автокомпенсатора, вследствие чего стрелка прибора отклоняется по шкале и снова возвращается в нулевое положение. Максимальная величина отклонения стрелки прибора, умноженная на цену деления шкалы, является величиной разности потенциалов вызванной поляризации, которая наблюдается между электродами M и N через 0,5 сек после выключения тока в линии AB . Цена деления шкалы равна $1/100$ предела, установленного переключателем 5.

Кнопка 10 позволяет подключать к выходу автокомпенсатора конденсатор и импульсный вольтметр в любое время после выключения тока в линии AB , т. е. измерять $\Delta U_{вп}$ в любой точке кривой спада вызванной поляризации. Переключатель 13 служит для включения питания схемы измерительного пульта. В положении «Выкл.» переключателя 14 стрелочный индикатор выключается и вход его закорачивается. В положении «Изм.» переключателя 14 измеряются разности потенциалов. При установке переключателя 14 в положения « $H_1; H_2; H_3; H_4; H_5$ » при помощи стрелочного прибора производится контроль за напряжением накальных батарей, в положениях « $A_1; A_2; A_3$ » контролируются напряжения анодных батарей.

Гнезда 15 на измерительной панели служат для подключения приемной линии MN , штепсельный разъем 16 — для подсоединения измерительной панели к панели управления генератором.

5. Полевые наблюдения со станцией. Полевые наблюдения методом вызванной поляризации чаще всего выполняют с установкой срединного градиента (электроды A и B неподвижны, а электроды M и N перемещаются в средней части линии AB на интервале, равном $1/3$ длины питающей линии). Это связано с тем, что заземления A и B состоят из большого числа

(до 50—100) железных электродов и на устройство заземлений требуется большая затрата времени.

В качестве приемных электродов используют неполяризующиеся электроды такого же типа, как и в методе естественного электрического поля. Величина разносов питающих линий в установке срединного градиента должна превышать глубину залегания искомым объектов не менее чем в 5—10 раз.

Профили наблюдений задают обычно вкрест господствующего простирания структур, перспективных на рудные объекты.

Работу проводят в два этапа: площадные исследования по сети 500×50 или 250×50 м и детальные исследования на аномалиях по сети 100×50 и 100×25 м.

При работе с установкой срединного градиента, помимо центрального профиля, на котором помещают питающие электроды, измерения выполняют также на соседних профилях, расположенных на расстоянии не более $\frac{1}{4}$ длины AB .

В эпицентрах выявленных аномалий проводят измерения вызванной поляризации с установкой ВЭЗ.

Станция ВПО-62 позволяет измерять разность потенциалов вызванной поляризации в режиме длительной зарядки и с разнополярными импульсами. Чаще всего работа ведется в режиме длительной зарядки.

Наблюдения со станцией ВПО-62 в режиме длительной зарядки с использованием импульсного вольтметра выполняют в следующем порядке.

1. Растягивают и заземляют питающую линию AB ; заземляют электроды M и N , провода приемной линии подсоединяют к электродам M и N .

2. Станцию устанавливают в центральной части линии AB на расстоянии 20—30 м от центрального профиля или от точки наблюдения по методу ВЭЗ.

3. Панель управления при помощи соединительных кабелей подключают к измерительной панели и к генератору.

4. Запускают бензоагрегат и после 10—15-минутного прогрева его на малых оборотах устанавливают нормальный режим работы агрегата, запускают генератор.

5. Приемную линию подключают к гнездам 15 измерительной панели (см. рис. 56), включают питание последней при помощи переключателя 13 и проверяют напряжение источников питания по стрелочному прибору, переводя переключатель 14 в положения «Н₁; Н₂; Н₃; Н₄; Н₅» и «А₁; А₂; А₃».

6. Переключатель 14 переводят в положение «Изм.», переключатели 7 и 8 — в положение «Градуир.», тумблер 3 — в положение «Прибор» и при выключенном компенсаторе поляризации устанавливают реостатом 9 необходимую величину тока в градуировочном устройстве (стрелку прибора выводят на деление «80»).

7. Установив переключатель 7 в положение « $\Delta U_{вп}$ » и переключатель 8 в положение «Сброс», после нажатия на кнопку 10 при помощи реостата 11 стрелку прибора выводят на нулевой отсчет. Далее переключатель 8 переводят в положение «Градуир.», переключатель 5 в положение «10» и при нажатии на кнопку 10 при помощи реостата 12 устанавливают чувствительность импульсного вольтметра (стрелку прибора выводят на деление «80»).

8. Переключатель 7 переводят в положение « $\Delta U_{пр}$ » и во всех положениях переключателя 4 производят градуировку автокомпенсатора (стрелка прибора должна показывать отсчет «80»).

9. Переключатель 8 устанавливают в положение «Измер.», переключателями 4 и 5 задают необходимые пределы измерения величин $\Delta U_{пр}$ и $\Delta U_{вп}$,

тумблером 6 включают компенсатор поляризации и реостатами сначала грубой, потом плавной компенсации выводят стрелку измерительного прибора на нулевой отсчет.

10. Оператор передает по телефону предупреждение о начале измерений и соблюдении правил техники безопасности.

11. При выключенных тумблерах 5 и 8 панели управления (см. рис. 54) подключают питающую линию к штепсельному разъему 13 и переключателем 4 устанавливают необходимую величину постоянного напряжения, которую контролируют по вольтметру 1.

12. Переключателем 3 задают необходимый предел измерения поляризующего тока, тумблер 7 ставят в положение «+» и тумблером 8 подают в линию АВ ток в течение 2—3 мин. Время отсчитывают по секундомеру. Длительность зарядки на всех профилях исследуемого участка сохраняют одинаковой. Величину тока измеряют по прибору 2.

13. За несколько секунд до выключения тока по стрелочному прибору измерительной панели (см. рис. 56) берут отсчет величины $\Delta U_{\text{пр}}$ и переключатель 7 переводят в положение « $\Delta U_{\text{ВП}}$ ». Далее в питающей линии выключают ток и по стрелочному прибору берут отсчет величины $\Delta U_{\text{ВП}}$.

Пределы измерений $\Delta U_{\text{пр}}$ и $\Delta U_{\text{ВП}}$ выбирают таким образом, чтобы стрелка прибора под действием измеряемых величин отклонялась не менее чем на $\frac{1}{3}$ шкалы.

Кроме измерения вызванной поляризации через 0,5 сек после выключения тока производят измерения через 15, 30 и 60 сек. С этой целью через указанные интервалы времени нажимают на кнопку 10 в течение 1 сек и по стрелочному прибору берут отсчеты.

14. После измерения величин $\Delta U_{\text{пр}}$ и $\Delta U_{\text{ВП}}$ на первой точке дается команда о переносе заземлений М и N на следующую точку (или подключают следующую пару заземлений М и N, которые готовят во время измерений на предыдущей паре заземлений) и вновь выполняют измерения в последовательности, указанной в пунктах 12, 13 и 14.

После обработки профилей при данном расположении электродов А и В установку перемещают на следующий пункт.

При выполнении работ методом ВП в объеме не менее 5% проводят контрольные измерения. Среднее относительное расхождение между основными контрольными измерениями не должно превышать 5% для величины ρ_k и 10% для величины кажущейся поляризуемости η_k .

Результаты рядовых и контрольных наблюдений заносят в специальный полевой журнал, в котором указывают название участка, наименование и номер аппаратуры, номер точки и профиля, дату и погодные условия измерений, адрес и название организации, фамилию оператора, абрис местности, наименование и размер установки, ориентировку разносов, точки заземлений питающих линий, измеряемые величины, пределы измерений и результаты градуировок.

Один — два раза в месяц проводят профилактический осмотр и ремонт аппаратуры.

6. Обработка результатов измерений. Обработка результатов измерений заключается в вычислении величин кажущегося сопротивления ρ_k (в ом·м) и кажущейся поляризуемости η_k (%) по формулам:

$$\rho_k = K \frac{\Delta U_{\text{пр}}}{I}, \quad \eta_k = \frac{\Delta U_{\text{ВП}}}{\Delta U_{\text{пр}}} \cdot 100.$$

По вычисленным значениям, полученным с установкой срединного градиента, строят совмещенные планы графиков ρ_k и η_k по профилям в масштабе съемки. Вертикальный масштаб графиков выбирают таким образом, чтобы наблюдалась хорошая дифференцируемость участка по величинам ρ_k и η_k и план графиков был хорошо читаем (чтобы графики соседних профилей по возможности меньше накладывались один на другой). Графики η_k нередко строят от уровня 1,5—2% (фоновой поляризуемости пород) и раскрашивают. В качестве стандартных масштабов рекомендуются: для η_k в 1 см — 1; 2 и 5%, а для ρ_k в 1 см — 50; 100; 200; 500 и 1000 ом·м.

По результатам измерений методом ВП с установкой ВЭЗ на билогарифмических бланках строят по обычной методике (как в методе ВЭЗ сопротивлений) кривые ВЭЗ параметров η_k и ρ_k .

По результатам измерений $\Delta U_{ВП}$ на разных временах после выключения тока строят кривые спада в относительных единицах (все значения $\Delta U_{ВП}$ делят на значение $\Delta U_{ВП}$, полученное при 0,5 сек после выключения тока).

Кривые спада являются дополнительным материалом для оценки качества работы аппаратуры и уровня помех на участке.

§ 36. Аппаратура метода переходных процессов типа МППО-1

1. Назначение, принцип работы и краткая техническая характеристика аппаратуры. Аппаратура типа МППО-1 предназначена для выполнения электроразведки методом переходных

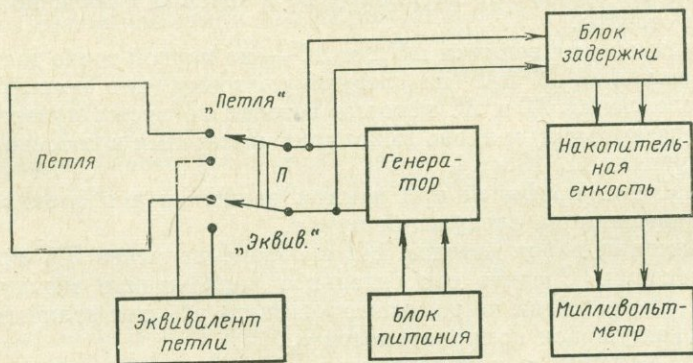


Рис. 57. Блок-схема аппаратуры МППО-1.

процессов в модификации однопетлевого варианта (возбуждение и прием поля производятся при помощи одной и той же петли или рамки небольших размеров). Она применяется для поисков хорошо проводящих рудных объектов (в основном медноколчеданных месторождений), залегающих на глубинах до 100—150 м.

Принцип работы аппаратуры МППО-1 заключается в следующем (рис. 57).

На поверхности земли раскладывается петля из провода, центр которой совмещается с точкой наблюдения. Генератор создает в петле периодически следующие один за другим прямоугольные импульсы тока амплитудой от 0,5 до 2 а, в промежутках между которыми в этой же петле, если поблизости находится проводящий объект, возникает периодическая последовательность им-

пульсов напряжения, имеющего форму кривой изучаемого переходного процесса. В промежутках между поступающими от генератора импульсами тока к петле подключается усилитель, при помощи которого импульсы переходного процесса усиливаются и поступают на блок задержки. Последний «вырезает» из усиленного сигнала ординату кривой переходного процесса в заданный момент времени t_x , который отсчитывается от заднего фронта импульса тока.

Если кривая переходного процесса представляет собой $e(t)$, т. е. зависимость напряжения e от времени t , то «вырезанный» сигнал в момент времени t_x будет $e(t_x)$. «Вырезанный» сигнал после блока задержки поступает на накопительную емкость. Его поступление продолжается в течение нескольких сотен периодов, благодаря чему емкость заряжается до полного измеряемого мгновенного значения $e(t_x)$. Постоянное напряжение на накопительной емкости измеряется милливольтметром. Величина $e(t_x)$ в процессе измерения приводится к единице силы тока I в импульсе. Таким образом, практически определяется отношение $\frac{e(t_x)}{I}$.

Аппаратура МППО-1 позволяет измерять отношение $\frac{e(t_x)}{I}$ в диапазоне от 5 до 100 000 мкв/а с погрешностью не более 10%. Ее максимальная чувствительность по напряжению 1 мкв/дел. Аппаратура рассчитана для работы в диапазоне температур от -10 до $+50^\circ$ С. Для ее питания используются аккумуляторы типов Д-0,2 и ЗСЦ-25.

2. Устройство аппаратуры. Комплект аппаратуры МППО-1 (рис. 58) состоит из генераторно-измерительного блока с треногой, блока питания, набора проводов для петель, устройства для зарядки аккумуляторов и запасного имущества. Общий (максимальный) вес аппаратуры с проводом для петель 200×200 м на двух катушках равен 29 кг.

Электрическая схема, обеспечивающая возбуждение импульсов магнитного поля в земле и измерение мгновенных значений э. д. с. в проволочной петле в заданный момент времени переходного процесса, смонтирована в генераторно-измерительном блоке. Питание этой схемы обеспечивают малогабаритные аккумуляторы Д-0,2, расположенные внутри генераторно-измерительного блока, и аккумуляторы ЗСЦ-25, размещенные в отдельном блоке питания. Аккумуляторы Д-0,2 используются для питания маломощных цепей генераторно-измерительного блока, аккумуляторы ЗСЦ-25 — для питания выходных и коммутационных цепей. В блоке питания размещены также эквиваленты петель, цепь RC и цепи их коммутации.

Внешний источник питания подключается к генераторно-измерительному блоку при помощи коаксиального кабеля 1 и разъемов 2 и 3. Петля 4 подсоединяется к разъемам 5 блока питания. Импульсы мгновенных значений э. д. с. переходного процесса в моменты t_x передаются в генераторно-измерительный блок по кабелю 6, который подсоединяется к разъемам 7 и 8.

При установке переключателя 9 блока питания в положения «2Ω; 5Ω; 10Ω» к входу измерительной схемы подключаются сопротивления величинами 2; 5 или 10 ом (в зависимости от размеров петли), которые являются эквивалентами петли. Подключение эквивалентов производится с целью проверки исправности работы аппаратуры. В положении «RC» переключателя 9 на вход измерительной цепи подается сигнал, снятый с RC -цепи, который имеет форму экспоненты с постоянной времени 5 мсек и используется для контроля за точностью измерительного устройства.

Подключения к входу измерительного устройства эквивалентов петли или *RC*-цепи осуществляются при установке тумблера 10 в положение «Экв.». В положении «Петля» тумблера 10 к входу генераторно-измерительного блока подключается петля.

Внутренние источники питания генераторно-измерительного блока включаются переключателем 11.

Стрелочный прибор 12 служит для отсчета измеряемых величин и для контроля за напряжением источников питания. Шкала прибора имеет двойную

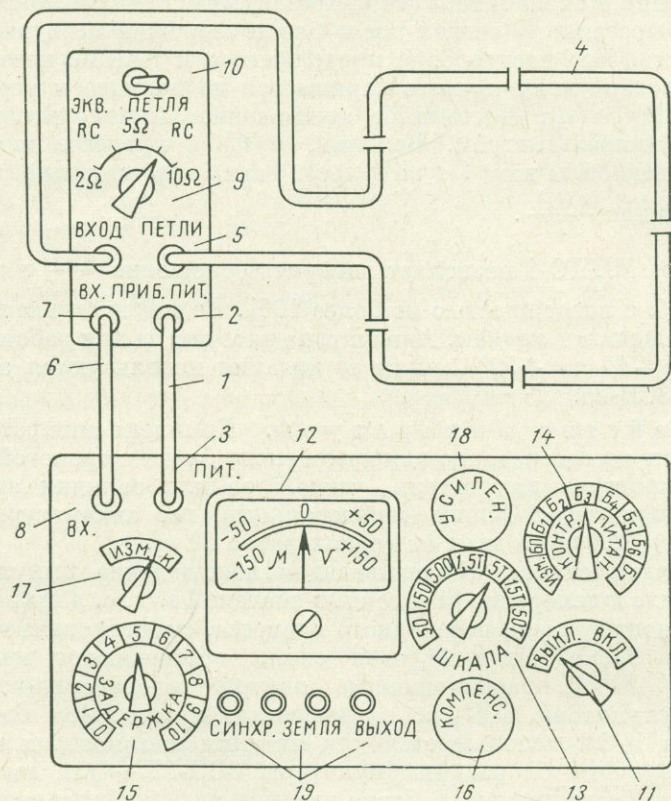


Рис. 58. Аппаратура МПО-1.

оцифровку: в ее верхней части нанесены деления от нуля до ± 50 , в нижней — от нуля до ± 150 . Переключатель пределов измерений 13 стрелочного индикатора имеет позиции «50; 150; 500; 1,5т; 5т; 15т; 50т». При установке переключателя 13 в эти положения при помощи стрелочного индикатора можно измерять напряжение соответственно 50; 150; 500; 1500; 5000; 15 000 и 50 000 *мкв*, причем в позициях, кратных 50, отсчет берется по верхней оцифровке шкалы индикатора, в позициях, кратных 150, — по нижней оцифровке. В позициях «Контр. питан.» переключателя 14 стрелочный прибор 12 обеспечивает контроль за напряжением всех источников питания; на шкале индикатора имеется затуханный участок, соответствующий нормальным значениям напряжений источников питания. В положении «Изм.» переключателя 14 выполняются измерения.

Переключатель 15 служит для установления момента времени t_x измерения величины $\frac{e(t_x)}{I}$. Переключатель 15 имеет позиции «0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10», которые соответствуют временам t_x , равным 28; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15 мсек. Через 28 мсек э. д. с. переходного процесса практически равна нулю, поэтому в положении «0» переключателя 15 при помощи потенциометра 16 стрелка прибора устанавливается на нуль.

В положении «Изм.» переключателя 17 на вход измерительной цепи подается мгновенное значение э. д. с. переходного процесса с выходных контактов петли, или напряжение с эквивалента петли, или контрольный экспоненциальный сигнал (в зависимости от позиций переключателя 9 и тумблера 10).

В положении «К» переключателя 17 в измерительную цепь подается калибровочное напряжение, пропорциональное силе возбуждающего тока в импульсе. Величина этого напряжения для силы тока в импульсе, равной 1 а, указывается в паспорте прибора. Практически в положении «К» переключателя 17 при помощи потенциометра 18 устанавливается отсчет, равный паспортному. В этом случае сигнал, поступающий на вход измерительной цепи, измеряется (отсчитывается по шкале индикатора 12) в $\frac{\text{мкВ}}{a} \cdot 2$ при работе с петлей $200 \times \times 200 \text{ м}$, в $\frac{\text{мкВ}}{a}$ с петлей $100 \times 100 \text{ м}$ и в $\frac{\text{мкВ}}{a} \cdot 0,5$ — с петлями меньших размеров. Описанная калибровка обеспечивает заданную точность измерений сигнала при изменении напряжения источников питания и коэффициента усиления приемного канала.

Клеммы 19 служат для подключения электронного осциллографа при настройке аппаратуры

Для раскладки петель комплекту прибора прилагаются многожильные медные провода в поливиниловой изоляции типов ПМВГ-0,35 (один провод длиной 40 м), ПМВГ-0,75 (два провода по 40 м), МГШВ-1,5 (два провода по 100 м, два провода по 200 м и два провода по 400 м). Провода размещаются на двух переносных катушках и семи съемных барабанах.

Во время работы контрольно-измерительный блок устанавливается на треноге.

3. Подготовка аппаратуры к работе. Перед началом работы в аппаратуру вставляют предварительно заряженные аккумуляторы, соединяют блоки, как показано на рис. 58, и проводят следующие контрольные измерения: калибровку аппаратуры с эквивалентом петли, измерения напряжения на эквиваленте петли, измерение экспоненциального сигнала.

Для калибровки аппаратуры выполняют следующие операции.

1. Переключатель 17 устанавливают в положение «К».
2. Тумблер 10 ставят в положение «Экв.».
3. Включают питание при помощи переключателя 11.
4. Переключателем 9 устанавливают необходимую величину эквивалента петли.
5. Переключатель 15 устанавливают в нулевое положение и потенциометром 16 выводят стрелку индикатора на нуль.
6. Переключатель 15 переводят последовательно в положения «1—10» и проверяют, соответствуют ли показания стрелки индикатора 12 значениям, указанным в паспорте. При необходимости потенциометром 18 стрелку прибора нужно установить на отсчет, равный паспортному значению калибровочного

напряжения. Отсчеты по индикатору при различных положениях переключателя 15 не должны отличаться один от другого более чем на 3—5%.

После выполнения указанной калибровки выполняют контрольные измерения мгновенных значений напряжения на эквивалентном сопротивлении петли. С этой целью переключатель 17 устанавливают в положение «Изм.», переключатель 15 — в положение «0» и потенциометром 16 выводят стрелку прибора на нуль. Далее при положениях «1—10» переключателя 15 ведут наблюдения показаний стрелки индикатора. Последние не должны превышать 10—15 мкв при взятии отсчета на любой из этих задержек.

Для измерения экспоненциального сигнала проводят калибровку аппаратуры, как было описано выше, при положении «РС» переключателя 9, затем переводят переключатель 17 в положение «Изм.» и измеряют градуировочный экспоненциальный сигнал для задержек «1—10». Измеренные значения сопоставляют с паспортными. Последние приведены в паспорте прибора для задержек «1—10» в виде таблицы и графика градуировочного экспоненциального сигнала. Расхождение измеренных значений с табличными не должно превышать 10—15%.

4. Работ а с а п п а р а т у р о й. Измерения с аппаратурой в поле проводят в следующем порядке.

На поверхности земли в виде квадрата раскладывают петлю, концы которой подключают к клеммам 5 блока питания (см. рис. 58). Блок питания подключают при помощи кабелей 1 и 6 к генераторно-измерительному блоку.

Тумблер 10 устанавливают в положение «Петля», переключатель 17 в положение «К» и тумблером 11 включают внутренние источники питания. Переключателем 13 оператор устанавливает необходимый предел измерений. Последний бывает обычно известен на основании измерений на предыдущей точке или (если работа на участке только начинается) выбирается опытным путем. Далее переключатель 15 ставят в положение «0» и потенциометром 16 выводят стрелку прибора на нуль. Затем переключатель 15 переводят последовательно в положения «1—10» и потенциометром 18 устанавливается отсчет по индикатору 12, равный паспортной величине калибровочного напряжения. Таким образом контролируют и устанавливают чувствительность аппаратуры к полезному сигналу, измеряемому в мкв/а.

После калибровки аппаратуры по амплитуде проводят измерения в следующей очередности.

1. Переключатель 17 переводят в положение «Изм.».

2. Переключатель 15 устанавливают в положение «0» и потенциометром 16 выводят стрелку прибора на нуль.

3. Переключателем 15 устанавливают необходимую величину задержки t_x и берут отсчет по шкале прибора в мкв.

4. Тумблер 10 переводят в положение «Экв.», а переключатель 9 — в положения «2Ω» (при работе с петлями до 50×50 м), «5Ω» (с петлями 100×100 м) или «10Ω» (с петлями 200×200 м) и берут второй отсчет.

Разница между первым и вторым отсчетами (в мкв), отнесенная к силе тока в импульсе (в а), является измеряемой величиной в момент времени t_x . При необходимости можно измерить сигнал при всех 10 положениях переключателя 15. Сила тока в импульсе с откалиброванной аппаратурой составляет 2 а при работе с петлями 50×50 м, 1 а — с петлями 100×100 м и 0,5 а — с петлями 200×200 м.

Измеренные и вычисленные величины заносят в специальный журнал, в котором записывают также наименование участка, номер точки, время изме-

рений и дату, название петли и величину тока в импульсе, величину задержки t_x в *мсек*, номер и паспортные данные прибора (значения градуировочной экспоненциальной кривой). Измеряемая величина относится к центру петли.

При выполнении измерений в условиях высокой влажности могут появиться отрицательные сигналы интенсивностью до 50—100 *мкв*, обусловленные паразитными емкостями. Для устранения этих емкостей не следует допускать проникновения влаги между жилами провода петли и изоляцией, а также ставить генераторно-измерительный блок на землю. Аппаратуру нужно хранить в сухом отапливаемом помещении, транспортировать в специальных укладочных ящиках. В производственных условиях необходимо один раз в месяц проводить профилактический осмотр аппаратуры.

§ 37. Краткие сведения по методике полевых работ и графическому изображению материалов съемки

Полевые работы с аппаратурой МППО-1 проводят в два этапа: площадная съемка и детальные работы.

Площадную съемку выполняют по сети 300×300 м или 400×400 м с петлями больших размеров (200×200 м и 100×100 м). При этом измеряют сигналы при задержках 1 и 2 *мсек*.

На выявленных аномальных зонах производят детальные работы с петлями меньших размеров (от 100×100 м до 50×50 м). Расстояние между профилями детальных работ должно быть равно 1—2 сторонам петли. Расстояние между точками наблюдений может меняться от величины, равной 1—2 сторонам петли в области малых градиентов, до $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$ стороны петли в области резких изменений поля. При детальных наблюдениях измерения выполняют на всех временах t (при всех положениях переключателя 15; см. рис. 58).

Профили при площадных и детальных съемках разбивают обычно с таким расчетом, чтобы две противоположные стороны (или хотя бы одна из сторон) перемещались по профилям как по направляющим.

Работу выполняет бригада в составе оператора, помощника (записатора) и двух рабочих. Оператор производит измерения и переносит генераторно-измерительный блок. Помощник записывает в журнал результаты измерений, делает необходимые вычисления, переносит блок питания, протаскивает по профилю одну из сторон петли, подключает концы петли к блоку питания. Рабочие сматывают на катушки и раскладывают поперечные стороны петли, протаскивают вдоль профиля другую продольную сторону петли и соединяют один конец петли с ее другим концом при помощи соединительной втулки.

Результаты площадной съемки представляют в виде планов изолиний величины $\frac{e(t_x)}{I}$ в *мкв/а* при $t_x = 1; 2$ *мсек*. По результатам детальной съемки строят аналогичные планы при нескольких наиболее характерных временах t_x , а также графики $\frac{e(t_x)}{I}$ по профилям, выбранным для интерпретации измерений.

В районах с низкоомными наносами и вмещающими породами изолинии измеряемого параметра при $t_x = 1 \div 2$ *мсек* характеризуют пространственное распределение рыхлых отложений или вмещающих пород с высокой электропроводностью. Изолинии при $t_x = 3—15$ *мсек* повторяют в какой-то мере контуры рудных тел или же графитизированных сланцев.

На аномальных точках строят графики изменения величины $\frac{e(t_x)}{I}$ от времени. Участки отмеченных графиков на ранних временах (1—2 *мсек*) могут быть

использованы для определения продольной проводимости рыхлых отложений. По значениям графиков на поздних временах можно получить ориентировочную оценку электрических свойств рудных тел.

Глава XI

АППАРАТУРА МЕТОДА ОТНОШЕНИЯ ГРАДИЕНТОВ ПОТЕНЦИАЛА

§ 38. Аппаратура ИЖ-3

1. Назначение, техническая характеристика и принцип работы аппаратуры. Аппаратура ИЖ-3 предназначена для выполнения электроразведки по методу отношения градиентов потенциала. Она состоит из генератора переменного тока низкой частоты и приемника.

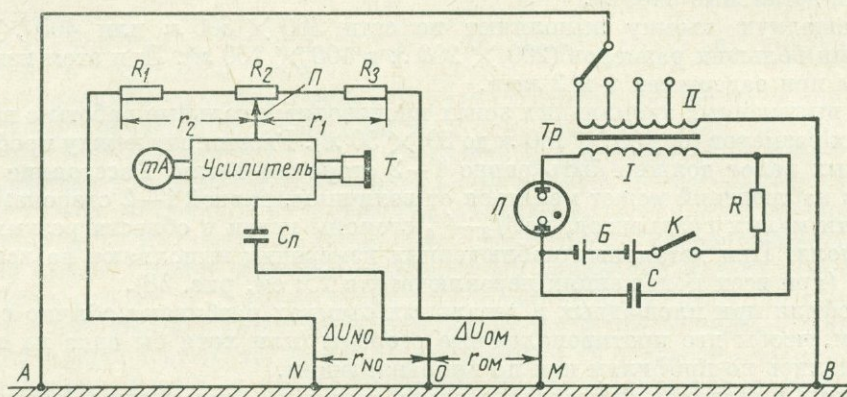


Рис. 59. Принципиальная схема аппаратуры ИЖ-3.

Принцип работы аппаратуры ИЖ-3 состоит в следующем (рис. 59). Искусственное электрическое поле в линии AB создается импульсным генератором низкой частоты. В схему генератора входят разрядная лампа L , батарея B , сопротивление R , конденсатор C и трансформатор Tr . При замыкании ключа K конденсатор C заряжается. Когда на обкладках последнего разность потенциалов достигает порога зажигания лампы L , сопротивление ее резко падает, и конденсатор быстро разряжается через первичную обмотку I трансформатора Tr . После разряда конденсатора лампа L гаснет, ее сопротивление резко увеличивается и конденсатор C снова заряжается. Таким образом, процесс зарядки и разрядки конденсатора повторяется, благодаря чему в первичной и вторичной обмотках трансформатора повторяются импульсы тока. Частота импульсов может быть изменена при помощи сопротивления R и конденсатора C . Напряжение импульсов тока на выходе генератора можно менять путем изменения числа секций вторичной обмотки II трансформатора, подключаемых к цепи AB .

При прохождении импульсов тока через электроды A и B между парами приемных электродов NO и OM возникают разности потенциалов ΔU_{NO} и ΔU_{OM} ,

величины которых будут пропорциональны сопротивлениям участков r_{NO} и r_{OM} среды.

Сопротивления участков среды между электродами N и O (r_{NO}) и между электродами O и M (r_{OM}) являются плечами мостовой схемы, другими двумя плечами которой будут сопротивления r_1 и r_2 . В диагональ мостовой схемы включен усилитель с телефоном T и миллиамперметром mA . Путем перемещения ползунка $П$ по реостату R_2 мост уравнивается. Момент равновесия визуально отмечается по отсутствию тока в стрелочном приборе mA и минимуму звука в телефоне T . Для точного определения момента равновесия сигнал небаланса усиливается ламповым усилителем.

В момент равновесия моста выполняется равенство

$$\frac{r_{OM}}{r_{NO}} = \frac{r_1}{r_2} \quad \text{или} \quad \frac{\Delta U_{OM}}{\Delta U_{NO}} = \frac{r_1}{r_2}.$$

Шкала реостата R_2 градуируется таким образом, что указатель ползунка $П$ отсчитывает по шкале отношение градиентов потенциала $\frac{\Delta U_{OM}}{\Delta U_{NO}}$.

Чтобы э. д. с. поляризации электродов не сказывалась на измерениях, в диагонали моста включен конденсатор $C_{п}$.

2. Устройство аппаратуры. Аппаратура ИЖ-3 состоит из панели управления генератором (рис. 60, а) и приемно-измерительной панели (рис. 60, б). Каждая панель размещена в специальном металлическом корпусе.

Питание генератора осуществляется от четырех батарей типа 100-АМЦГ-2,0 и подбирается равным 350 в путем подключения необходимого числа секций к клеммам 13 панели генератора.

Стрелочный прибор 1 служит для контроля за напряжением и током питания. Напряжение питания контролируется по верхней шкале прибора при положении «V» переключателя 3. В положении «mA» указанного переключателя по нижней шкале прибора контролируется сила тока питания.

Клеммы 9—12 служат для подключения питающей цепи. Один провод питающей линии присоединяется к клемме «0», а другой — к одной из клемм «1», «2» или «3» в зависимости от длины установки АВ.

Переключателем 2 включается генератор и устанавливается необходимая частота в диапазоне 20—100 гц.

Градуировочное устройство 4 с тумблером полярности 5 служит для проверки и градуирования отсчетной шкалы приемника. Путем соединения одноименных клемм «М, О, N» генератора и приемника градуировочное устройство подключается к приемнику. Включается градуировочное устройство при установке переключателя 3 в положение «Г».

Электрическая схема приемника питается от двух батарей типа 48-ПМЦГ-64 (аноды ламп) и трех элементов типа 1,48-ПМЦ-9 (накалы ламп). Источники питания располагаются в корпусе приемно-измерительной панели. Напряжение накала и анода ламп контролируется по стрелочному прибору 1 (см. рис. 60, б) при установке переключателя 2 в положения «Н» и «А». Реостатом 5 устанавливается напряжение накала.

Измерительный прибор 1 при положении «И» переключателя 2 служит для контроля за равновесием моста, которое устанавливается рукояткой реостата отсчетного устройства 3. По достижении равновесия моста нить указателя реостата отсчитывает по шкале число, равное отношению $\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$ положительного

или отрицательного знака. Показателем равновесия моста являются установление стрелки измерительного прибора 1 на минимальный отсчет и минимальная громкость звука в телефоне, который подключается к клеммам 9. При помощи реостата 4 регулируется усиление сигнала, который прослушивается в телефоне.

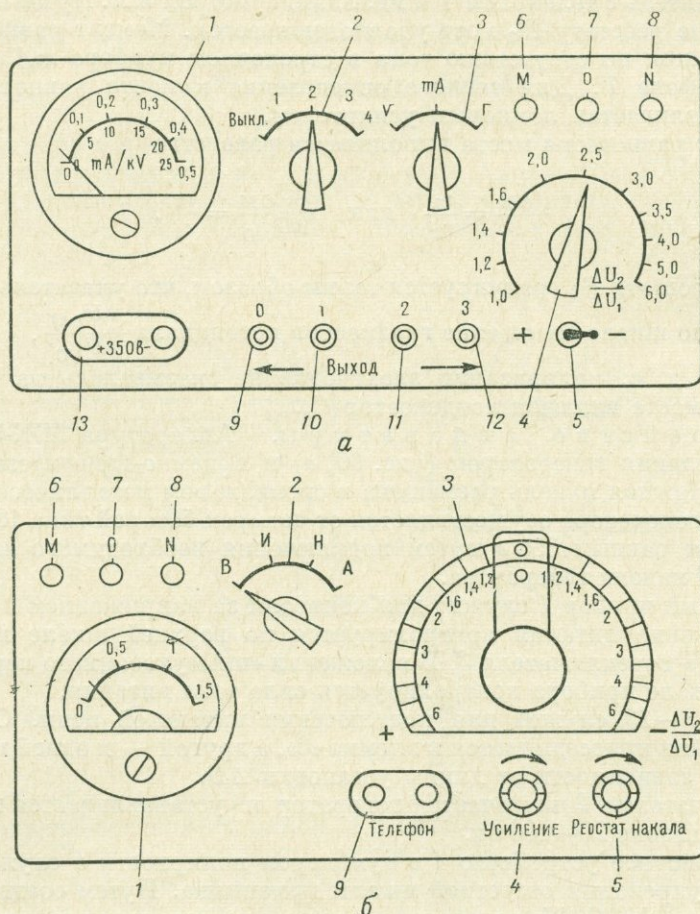


Рис. 60. Панель генератора (а) и приемника (б) аппаратуры ИЖ-3.

В положении «В» переключателя 2 приемно-измерительное устройство выключается.

Клеммы 6—8 служат для подключения приемника к измерительной линии или к градуировочному устройству генератора.

3. Работа с аппаратурой. Аппаратура ИЖ-3 позволяет выполнять измерения величины $\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$ по любой схеме электропрофилеирования, применяющейся в электроразведке на постоянном токе. Одна из схем (схема среднего градиента) показана на рис. 59.

После сборки схемы, приведенной на рис. 59 (или любой другой схемы), проводят измерения в следующем порядке (см. рис. 60, а, б).

1. Включают генератор и приемник и проверяют под нагрузкой напряжение источников питания: переключатель 3 генератора переводят в положение «V», а переключатель 2 приемника — в положения «Н» и «А». Стрелка прибора 1 генератора должна показывать 350 в (это обеспечивается подключением необходимого числа секций батарей), а прибор 1 приемника должен показывать соответственно 1,2 и 70—90 в. Напряжение накала приемника регулируют реостатом 5.

2. Переключатель 2 генератора устанавливают обычно в положение «2» или «3», а переключатель 3 — в положение «тА».

3. Переключатель 2 приемника переводят в положение «И» и реостатом 4 устанавливают необходимое усиление напряжения небаланса в диагонали моста.

4. Вращением рукоятки реостата отсчетного устройства 3 оператор приемника устанавливает положение равновесия моста и записывает отсчет в журнал измерений. Равновесие моста определяется по минимальному отклонению стрелки прибора 1 и по минимуму звука в телефоне.

После взятия отсчета и записи в журнал оператор с приемником переходит на следующую точку.

После каждого ремонта приемника, связанного с заменой ламп, сопротивлений, реостата 3, производят градуировку шкалы отсчетного устройства. Для градуировки одноименные клеммы «М, О, N» приемника и генератора соединяют.

Переключатель 3 генератора переводят в положение «Г», а тумблер 5 — в положение «+». Затем переключателем 4 устанавливают поочередно отношения $\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$, равные 1,0; 1,2; 1,4; . . . ; 6,0, и в каждом из этих положений рукояткой отсчетного устройства 3 приемника обеспечивается равновесие моста. При этом, на чистую шкалу (круг белой бумаги) наносят и надписывают соответствующие деления: 1,0; 1,2; 1,4; . . . ; 6,0. Далее тумблер 5 генератора переводят в положение «—» и градуируют вторую половину отсчетной шкалы приемника.

4. Графическое изображение результатов измерений с аппаратурой ИЖ-3. Результаты измерений с аппаратурой ИЖ-3 представляют обычно в виде графиков отношения $\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$ по профилям подобно тому, как представляют результаты электропрофилирования при измерениях ρ_k .

Глава XII

АППАРАТУРА ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

§ 39. Аппаратура «Земля-2»

1. Назначение, техническая характеристика и принцип работы аппаратуры. Аппаратура «Земля-2» предназначена для работы по методу индукции.

Передатчик и приемник аппаратуры работают на одной из следующих частот: 18,75; 37,5 и 75 гц. Измерения могут выполняться в радиусе до 150 м от передатчика.

Электрическая схема передатчика питается от трех батарей типа 102-АМЦГ-1,2 или 100-АМЦГ-0,7 (анодные цепи) и двух элементов 1,5-ТМЦ-29,5 (накал). Комплект батарей обеспечивает нормальную работу передатчика в течение 40—50 ч. Для питания анодных цепей приемника требуется одна батарея типа 102-АМЦГ-1,2 или 100-АМЦГ-0,7, для накалов ламп — два элемента 1,5-ТМЦ-29,5. Один комплект питания приемника обеспечивает работу в течение 100 ч.

Передатчик и приемник аппаратуры снабжены специальными антеннами (передающей и приемной), которые устанавливаются на треногах.

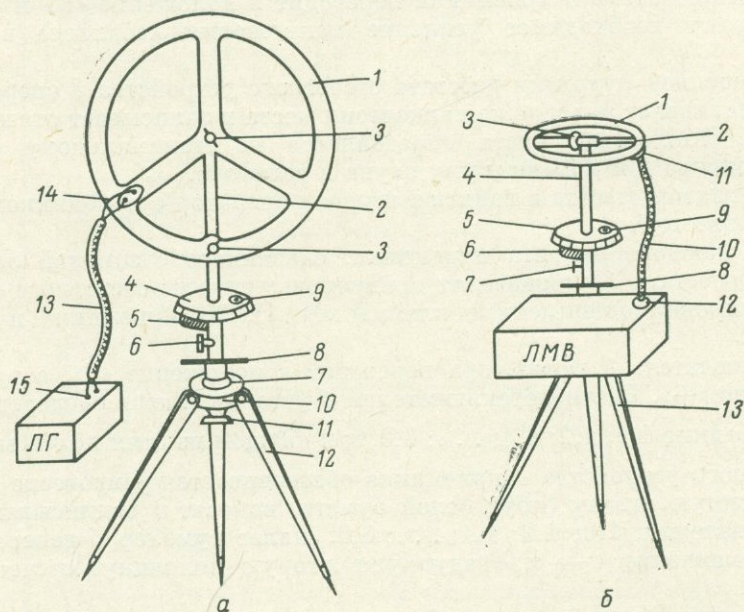


Рис. 61. Передающее (а) и приемное (б) устройства аппаратуры «Земля-2».

Общий вес передающего устройства (генератора и антенны с треногой) составляет около 17,5 кг, приемного устройства — около 14 кг.

Принцип работы аппаратуры заключается в следующем. Антенна 1 передающего устройства (рис. 61, а) создает в окружающем пространстве переменное электромагнитное поле, под действием которого в проводящей среде (верхнем слое земли) индуцируется вторичное электромагнитное поле. Величина вторичного поля будет тем больше, чем больше проводимость среды. Электромагнитное поле в каждой точке среды характеризуется напряженностью электрической и магнитной составляющих поля.

Измерение напряженности магнитной составляющей индуцированного поля выполняется при помощи приемного устройства (рис. 61, б). Приемное устройство измеряет результирующий вектор напряженности магнитного поля, который складывается из векторов напряженности двух полей: первичного поля передающей рамки, интенсивность которого зависит в основном от расстояния между передатчиком и приемником, и вторичного (индуцированного)

поля, вызванного проводящей средой верхнего слоя горных пород, величина которого зависит от проводимости среды.

2. Устройство аппаратуры. Аппаратура «Земля-2» состоит из передающего и приемного устройств (рис. 61, 62).

Передающее устройство состоит из передающей антенны 1 (см. рис. 61, а) на треноге 12 и передатчика (лампового генератора) ЛГ. Рамка передающей

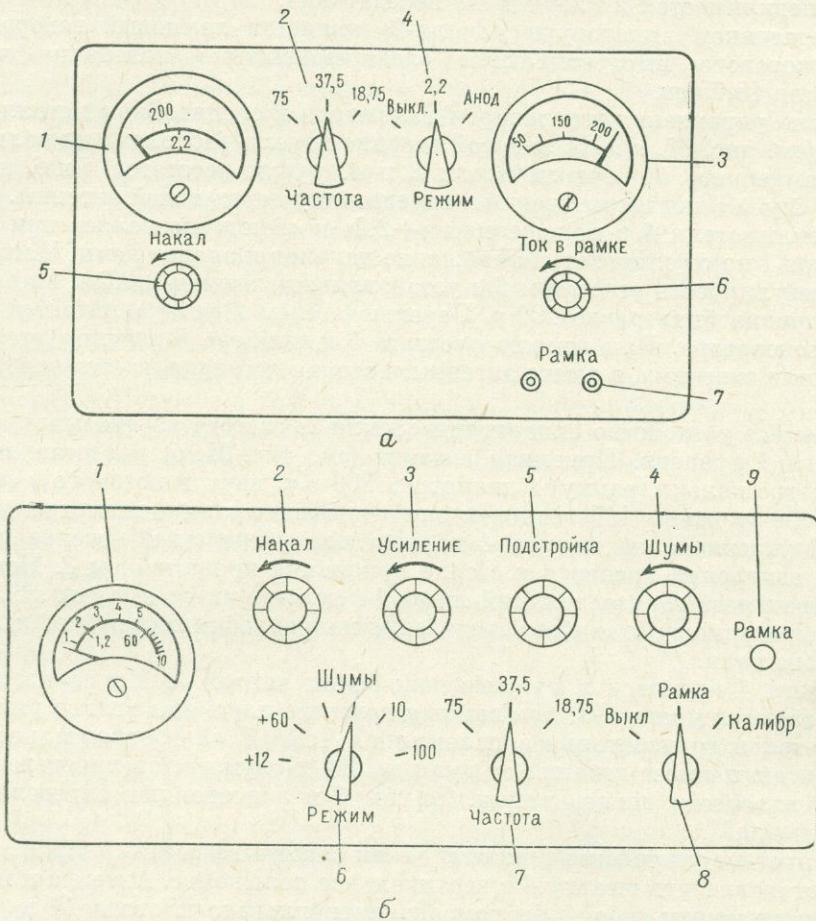


Рис. 62. Панели управления генератором (а) и приемником (б) аппаратуры «Земля-2».

антенны 1 представляет собой гетинаксовый диск диаметром 850 мм, в канавке которого в один слой намотаны 49 витков провода. От 23-го, 35-го и 49-го витков сделаны отводы, которые подсоединены к гнездам 14 на диске с маркировкой 75; 37,5; 18,75». Подключение концов двухжильного провода 13 к тем или иным гнездам зависит от рабочей частоты аппаратуры. Для лучшей видимости рамка антенны окрашена в красный цвет.

Антенна крепится гайкой 3 на штанге 2 поворотного устройства, благодаря которому может поворачиваться вокруг вертикальной оси на 360° и закрепляться винтом 6 в любой вертикальной плоскости. При помощи круга 4

с делениями и указателем 5 можно определить угол между направлением профиля и плоскостью витков рамки. При помощи уровня 9 рамка устанавливается в строго вертикальном положении. В нижней части поворотного устройства имеется шарнир 7, которым рамка антенны может быть наклонена от вертикального положения на $15-20^\circ$. Шарнир крепится гайкой 8. Поворотное устройство крепится на головке 10 треноги 12 винтом 11. Двухжильным проводом 13 антенна подключается к клеммам 15 передатчика.

Передатчиком аппаратуры «Земля-2» является ламповый генератор, на выходе которого вырабатываются электромагнитные колебания частотой 75; 37,5 или 18,75 гц.

Панель управления генератором размещена в специальном металлическом корпусе (см. рис. 62, а). На лицевой стороне панели расположены вольтметр 1 и миллиамперметр 3, переключатели 2 и 4, ручки реостатов 5 и 6, гнезда 7. Гнезда 7 служат для подключения к передатчику передающей антенны.

Переключатель 4 в положениях «+2,2» и «Анод» позволяет при помощи вольтметра 1 контролировать напряжение накалов и анодов ламп. Напряжение накала регулируется реостатом 5 и устанавливается равным 2,2 в. Напряжение анодов должно быть равно 200 в. Переключателем 2 устанавливается нужная частота генератора. При помощи реостата 6 и прибора 3 регулируется и контролируется сила тока в рамке антенны, которая устанавливается равной 150—180 ма.

Приемное устройство аппаратуры «Земля-2» состоит из приемной антенны, приемника и треноги. Приемная антенна (см. рис. 61, б) представляет собой гетинаксовое кольцо (рамку) 1 диаметром 300 мм, внутри которого в специальном желобе уложены 115 витков изолированного провода диаметром 0,41 мм. Рамка 1 укреплена на штанге 4 поворотного устройства, которое во время полевых измерений крепится к стенке приемника кронштейном 8. Поворотное устройство имеет горизонтальный лимб 5 с делениями от нуля до 360° и указатель 6, которые служат для определения направления составляющих вектора магнитного поля.

Штанга 4 крепится в нужном положении винтом 7. На горизонтальном лимбе 5 имеется уровень 9, при помощи которого плоскость витков рамки устанавливается в горизонтальное положение. Лимб 3 на горизонтальной оси 2 рамки антенны имеет деления от нуля до 90° и служит для определения угла наклона плоскости витков рамки. Лимбы 3 и 5 позволяют определять углы с точностью $0,5^\circ$.

Поворотное устройство в нижней части заканчивается шарниром, позволяющим устанавливать штангу 4 в вертикальное положение. Антенна и приемник соединяются между собой при помощи двухжильного провода 10 и двух пар гнезд 11 и 12. Приемник устанавливается на треноге 13 и крепится на ней специальным винтом.

В качестве приемника в аппаратуре «Земля-2» применяется ламповый микровольтметр (ЛМВ), позволяющий измерять интенсивность сигналов, наведенных в рамке 1 антенны, частотой 75; 37,5 и 18,75 гц.

Панель управления приемником помещена в металлический корпус, в нижней части которого имеется гайка для крепления корпуса к треноге. На лицевой стороне панели управления (см. рис. 62, б) расположены стрелочный прибор 1, переключатели 6—8, рукоятки реостатов 2—5 и гнездо 9 для подключения двухжильного провода от антенны при помощи штекера.

Стрелочный прибор 1 служит для измерения выходного напряжения усиленного сигнала, а также для контроля за напряжением накалов и анодов

ламп. Переключение прибора *1* на различные виды измерений производится переключателем *6*. В положении «+12» переключателя *6* контролируется напряжение накала ламп. При этом реостатом *2* стрелка прибора устанавливается против риски «1,2» на шкале. В положении «+60» переключателя *6* проверяется напряжение анодного питания. При этом стрелка прибора должна установиться против риски «60». В положении «Шумы» переключателя *6* измеряется ток шумового генератора.

Шумовой генератор в схеме приемника служит для поддержания в процессе измерений постоянной чувствительности приемника. При соответствующих положениях переключателя *7* шумовой генератор дает колебания с частотой 75; 37,5 и 18,75 гц. Для поддержания постоянной чувствительности приемника усиление устанавливается по амплитуде сигналов шумового генератора при заданной силе тока питания накала $I_{ш}$. С этой целью при положении «Шумы» переключателя *6* переключатель *8* переводится в положение «Калибр» и реостатом *4* стрелка прибора *1* устанавливается против указателя « $I_{ш}$ » на шкале. После этого при определенном положении переключателя *7* (в зависимости от того, на какой частоте ведутся измерения) переключатель *6* переводится в положение «10», и реостатом *3* стрелка прибора устанавливается против риски « $U_{ш}$ ». В положении «Рамка» переключателя *8* и в положениях «10» и «100» переключателя *6* выполняются измерения приемного сигнала. Измеренные величины отсчитываются в условных единицах. В положениях «10» и «100» переключателя *6* пределы измерений по шкале прибора *1* составляют соответственно 10 и 100 условных единиц. В положении «Выкл.» переключателя *8* приемник выключается.

Реостат «Подстройка» служит для подстройки приемника на соответствующие рабочие частоты, что бывает необходимым при смене ламп в приемнике или передатчике.

Подстройка частоты считается выполненной, когда в положении «10» переключателя *6* при помощи реостата *5* получено максимальное показание стрелочного прибора *1*.

3. Измерение компонент напряженности магнитного поля с аппаратурой «Земля-2». Во время измерений передатчик и приемник располагают на некотором расстоянии один от другого, которое называется разносом установки. Плоскость витков генераторной рамки визируют на центр приемной рамки, а горизонтальную ось вращения приемной рамки визируют на центр генераторной рамки. Погрешность взаимного визирования рамок не должна превышать 3° для открытой местности и 5—7° для закрытой.

Передающую и приемную антенны подключают соответственно к передатчику и приемнику, после чего проверяют и устанавливают, как было описано выше, необходимые режимы накалов и анодов ламп приборов.

На приемнике и передатчике устанавливают необходимую рабочую частоту. Проверяют и при необходимости настраивают чувствительность приемника.

По выполнении указанных операций приемную рамку *1* (см. рис. 61, б) вращают вокруг горизонтальной оси до тех пор, пока стрелка прибора не установится на минимальный отсчет. После этого по вертикальному лимбу *3* берут отсчет. Значение измеренного угла записывают со знаком плюс, если нормаль к плоскости рамки отклоняется влево от линии отвеса, и со знаком минус, если она отклоняется вправо. При этом оператор должен видеть приемную и генераторную рамки.

Затем приемную рамку ставят в горизонтальное положение (нулевой отсчет по лимбу 3), переключатель 6 приемника (рис. 62, б) ставят в положение «10» или «100» и по шкале прибора 1 берут отсчет. Таким образом измеряют вертикальную составляющую напряженности магнитного поля H_z .

Для определения компоненты H_y приемную рамку устанавливают вертикально и аналогичным образом берут отсчет. При этом горизонтальная ось вращения должна быть направлена на рамку передатчика. Далее приемную рамку поворачивают вокруг вертикальной оси на 90° и измеряют компоненту H_x . При измерениях величины H_z точность установки рамки в горизонтальном положении должна быть не менее $\pm(2-3^\circ)$. Во время измерений горизонтальных составляющих поля точность ориентировки $\pm 1^\circ$.

4. Краткие сведения по методике полевых работ и обработке материалов. а) *Выбор разноса установки и рабочей частоты.* Перед началом полевых работ на участке выбирают оптимальные значения разноса установки и рабочей частоты.

Выбор оптимального разноса зависит от глубины залегания, размеров и проводимости объектов съемки, проводимости рыхлых отложений, характера рельефа дневной поверхности и других факторов. С увеличением разноса глубинность съемки возрастает, так как первичное поле с расстоянием убывает быстрее вторичного, однако аномалии от небольших по размерам искомым геологических объектов также относительно уменьшаются. На сильно пересеченной или залесенной местности увеличение разноса затрудняет взаимное визирование рамок, кроме того, неровности рельефа будут являться помехой при выявлении аномалий от интересующих объектов. В случае наличия на участке рыхлых отложений повышенной мощности уменьшение разноса ведет к резкому уменьшению глубинности съемки. Обычно разносы выбирают в пределах 40—100 м; они не должны значительно превышать половину предполагаемой длины искомым объектов.

Рабочая частота зависит от геологических условий участка. С увеличением частоты более четко выделяются объекты, не обладающие сплошной гальванической проводимостью, например прожилково-вкрапленные руды, однако уменьшается глубинность съемки вследствие возрастания поглощения энергии в горных породах. По этой причине при наличии рыхлых отложений низкого сопротивления выбирают меньшую частоту. Если высокоомные коренные породы выходят на поверхность, частота повышается. От выбора частоты и разноса установки зависит вид поляризации поля. При наличии эллиптической поляризации между вторичным и первичным полем возникает сдвиг фаз, который приводит к ухудшению остроты минимума приема, т. е. увеличивает погрешность измерения углов α . Поэтому разносы и рабочую частоту выбирают таким образом, чтобы сдвиг фаз был минимальный, т. е. стремятся к линейной поляризации поля.

Оптимальные величины разноса установки и рабочей частоты выбирают опытным путем (на новом участке) или обосновывают в техническом проекте партии, если работы на участке уже проводились.

б) *Методика полевых работ и обработка материалов.* Площадную съемку по методу индукции выполняют по профилям, ориентированным вкрест простирания искомым объектов с точками наблюдений через 5—50 м. Расстояние между профилями может достигать 100 м; его выбирают таким образом, чтобы искомым объект был зафиксирован минимум на одном - двух профилях. Шаг наблюдений должен обеспечивать надежное выделение аномалий от объектов с минимально интересующей мощностью.

Если искомые объекты не выдержаны по простиранию и последнее на участке плохо известно, то площадную съемку производят по окружностям.

Для удобства изложения обозначим стоянки передатчика через m_i , а стоянки приемника через n_i .

Съемка по окружностям заключается в том, что передатчик устанавливают последовательно на стоянки m_i , которые совпадают с пикетами на профилях, а приемник при каждой стоянке m_i передатчика помещают в точки n_i , расположенные равномерно по окружности, радиус которой равен разному установкам. Минимальное число стоянок n_i составляет 12, максимальное — зависит от ширины ожидаемых осей аномалий. При каждой стоянке передатчика, пользуясь приемником, измеряют в точках n_i величины α и H_z , причем на каждой стоянке n_i производят взаимное визирование рамок. Точки n_i по ходу съемки закрепляют пикетами.

После выполнения съемки по окружностям во всех точках планшета приступают к выделению осей аномалии в следующем порядке. Если на данной стоянке m_i передатчика углы α во всех точках n_i получились близкими к нулевым (в пределах $\pm 3^\circ$), это означает, что поле здесь нормальное. Если же на какой-либо стоянке m_i передатчика при движении по часовой стрелке наблюдается смена положительных углов α на отрицательные, то промежутки между точками n_i с подобной сменой знаков рассматриваются как участки зафиксированных местоположений осей аномалий, связанных с геологическими объектами; обратное чередование углов (переход от отрицательных углов к положительным)

расценивается как топографическое влияние. На рис. 63 показаны результаты съемки по окружностям на одной из точек с зафиксированными местоположениями электрической оси \mathcal{E} . O аномалии. Последняя отмечается на планшете особыми пикетами.

Далее приступают к прослеживанию оси аномалии. С этой целью передатчик ставят на аномальную точку, вокруг него перемещают приемник по часовой стрелке с прежним разномом по окружности и фиксируют новое положение оси аномалии, измеряя величины α и H_z . После этого передатчик ставят в новую точку и производят аналогичные измерения. Этот процесс продолжают до тех пор, пока аномалия не будет прослежена полностью. Если аномалия имеет выдержанное простирание, ее можно проследить путем наблюдений не по всей окружности, а по секторам или по коротким прямолинейным профилям.

Если искомые геологические объекты на участке имеют выдержанное простирание, то выполняют съемку по профилям. В этом случае точки m_i располагают последовательно на всех точках профилей, а стоянки n_i (на каждой стоянке передатчика) — на трех точках соседнего профиля: сначала на одноименном пикете профиля, затем на точках, отстоящих на половину расстояния между пикетами, по обеим сторонам от пикета по профилю. Дальнейшее

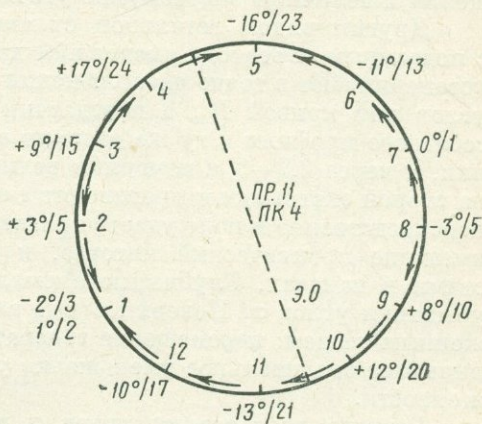


Рис. 63. Пример выявления оси электрической аномалии по результатам съемки по окружностям.

выявление и прослеживание электроосей проводят так же, как при съемке по окружностям.

Заключительным этапом съемки является детализация осей электрических аномалий, выявленных и прослеженных при съемках по окружностям или по параллельным профилям.

Основным видом детализации является съемка кривых профилирования по профилям, заданным перпендикулярно к оси, на расстоянии 50—200 м один от другого. Длину профиля берут примерно 100—140 м (по 50—70 м в каждую сторону от оси) и разбивают через 2,5 м (до 10 м от оси), 5 м (до 25 м от оси) и 10 м (до конца профиля). Передатчик ставят приблизительно на расстояние разноса от профиля, а приемник перемещают по разбитым точкам и в каждой из них на всех частотах измеряют величины H_x , H_y , H_z и угол α . При этом положении и величины экстремумов уточняют на промежуточных точках.

Другим видом детальной съемки является проверка связи передатчика с подземным объектом, вызвавшим данную аномалию. С этой целью приемник устанавливают в точке расположения одного из экстремумов кривой обращения углов или кривой H_z , а передатчик последовательно перемещают по точкам соседнего профиля в ту же сторону от электросети, в которую отнесен приемник, и через 2,5—5 м измеряют величины углов α . Затем приемник переносят на второй экстремум и производят аналогичные измерения. Указанной съемкой непосредственно в поле удастся разделить выявленные аномалии на глубинные, имеющие практический интерес, и поверхностные, вызванные неоднородностями в наносах. Глубинные аномалии характеризуются плавными кривыми убывания углов α . Поверхностные аномалии имеют вид кривых с резко выраженным спадом: перемещение генератора всего на несколько метров в сторону вызывает значительное уменьшение углов наклона суммарного вектора напряженности.

Резкого возрастания углов α можно достичь путем дезориентирования рамок. Для этого приемную рамку после взаимного визирования поворачивают вокруг вертикальной оси на некоторый угол β и по минимуму приема находят угол α . Однако с увеличением угла β ухудшается острота минимума. Практически угол β выбирают в пределах 70—85°.

Результаты съемки с аппаратурой «Земля-2» представляют в виде карт графиков по профилям и карт профилей с нанесенными на них электроосями. На карты наносят горизонтали рельефа, геологическую ситуацию, речную сеть и искусственные проводники (трубопроводы, силовые линии, рельсы и т. п.). В процессе интерпретации производят отбраковку аномалий, связанных с влиянием рельефа и поверхностных неоднородностей, разделяют аномалии на рудные и нерудные (с увеличением частоты интенсивность нерудной аномалии возрастает), глубинные и поверхностные (при высоких частотах влияние глубинных объектов ослабляется в большей степени, чем влияние поверхностных неоднородностей). По результатам измерений горизонтальных и вертикальных компонент определяют по специальным формулам глубину залегания проводящих объектов.

§ 40. Полевой измеритель напряженности радиополя ПИНП-2

1. Принцип работы и краткая характеристика прибора. Прибор ПИНП-2 предназначен для поисков и разведки неглубоко залегающих рудных объектов, кварцевых жил, закарстованных и обвод-

ненных зон, а также для геологического картирования пород по методу радиокип.

Сущность метода радиокип заключается в изучении закономерностей изменения параметров электромагнитных полей радиовещательных и специальных длинноволновых станций, обусловленных геологическими неоднородностями исследуемой площади. Закономерности изменения параметров земных радиоволн длиной 500—2000 м, распространяющихся над поверхностью земли, в большой степени определяются электромагнитными свойствами горных пород, слагающих тот или иной участок трассы. В случае нарушения однородности пород на каких-либо участках возникают аномалии электромагнитного поля. Эти аномалии и являются объектом исследования методом радиокип и в частности — объектом изучения при помощи прибора ПИНП-2.

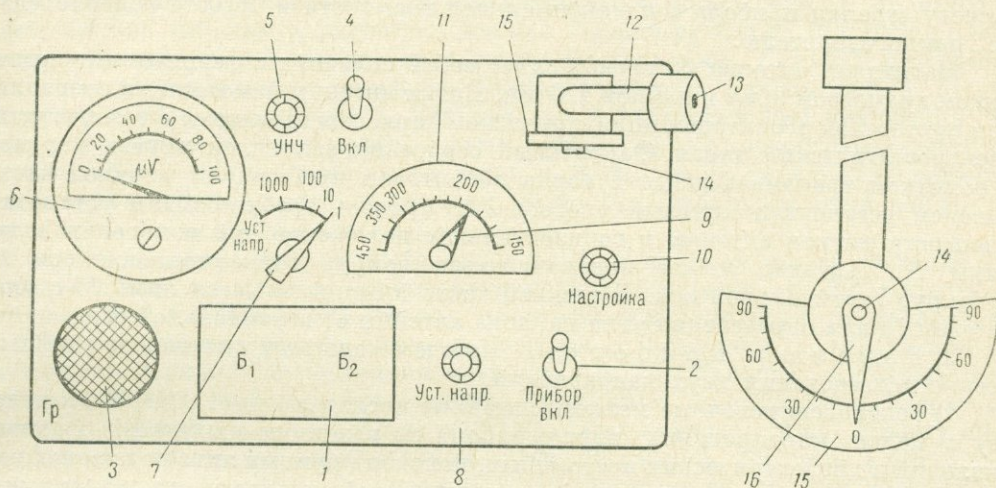


Рис. 64. Пульт управления прибора ПИНП-2.

Прибор ПИНП-2 позволяет измерять вертикальную (H_z) и горизонтальную (H_p) составляющие вектора H переменного магнитного поля и угол α наклона вектора H к горизонту, а в отдельных случаях — радиопеленг θ (направление на радиостанцию) в диапазоне частот 150—400 кГц (или длины волн 666—2000 м).

Полупроводниковая схема прибора питается от двух батарей типа 3,7-ФМЦ-0,5, которые обеспечивают работу прибора по 3—5 ч в сутки в течение 1—2 месяцев.

Все элементы радиосхемы, питание и органы управления прибора сосредоточены в одном блоке в металлическом корпусе, панель управления которого в нерабочем положении закрывается крышкой. Прибор снабжен ручкой для переноса в нерабочем положении; в рабочем положении он закрепляется при помощи заплочных ремней на груди оператора. Прибор ПИНП-2 вместе с источниками питания весит около 3 кг.

2. Устройство панели управления прибором. Батареи питания прибора вставляются в специальный отсек под крышкой 1 (рис. 64).

Напряжение питания схемы (кроме схемы громкоговорителя) включается тумблером 2. Напряжение питания громкоговорителя 3 включается тумблером 4. Громкость громкоговорителя регулируется реостатом 5.

Напряженность составляющих магнитного поля определяется при помощи микровольтметра 6, цена деления которого (1; 10; 100; 1000 мкв/дел) устанавливается переключателем 7 и определяется соответствующими позициями последнего. В положении «Уст. напр.» переключателя 7 реостатом 8 устанавливается напряжение питания батарей прибора (стрелка прибора прибора выводится на специальную отметку, нанесенную на шкалу прибора 6).

Настройка магнитной антенны на нужную частоту радиостанции (150—450 кгц) производится рукояткой 10. Одновременно с вращением этой рукоятки вращается стрелка 9, указывающая на лимбе 11 величину частоты, на которую настраивается антенна. Момент настройки определяется по максимальному отсчету стрелки прибора 6 и максимальной громкости и чистоте радиопередач по громкоговорителю.

Магнитная антенна 12 представляет собой соленоид с ферритовым сердечником диаметром 9 мм и длиной 120 мм. Витки антенны намотаны на специальном пустотелом эбонитовом цилиндрическом каркасе и помещены в незамкнутый электростатический экран. Ферритовый сердечник закреплен внутри каркаса с обмоткой ввинчивающейся с торца эбонитовой пробкой, на верхней части которой установлен круглый уровень 13. Уровень требуется для установки плоскости витков антенны в горизонтальное положение при измерении величины H_z . Антенна может поворачиваться вокруг горизонтальной оси 14 и вокруг вертикальной оси. В нижней части антенны имеется лимб 15 с указателем 16 для определения угла наклона антенны от вертикальной оси.

3. Работа с прибором. Методом радиокипи выполняют геофизические исследования двух направлений:

1) рекогносцировочные мелкомасштабные исследования (1 : 100 000 и мельче) с целью картирования пород района по различию их удельных сопротивлений и диэлектрических постоянных, поисков крупных линз подземных вод в аридных зонах, выделения участков повышенной мощности рыхлых отложений, прослеживания крупных тектонических нарушений и для решения других задач регионального характера;

2) детальные крупномасштабные исследования (1 : 50 000 и крупнее) по прослеживанию и оконтуриванию контактов пород, зон тектонических нарушений, рудных тел, кварцевых жил, даек и других наклонных и крутопадающих объектов небольших размеров.

Исследования проводят как по системе заранее разбитых профилей, так и по отдельным маршрутам, которые прокладываются в процессе съемки. Шаг наблюдений при работах любого вида не превышает 20—25 м, а при крупномасштабных может быть равен 15—10 м и менее.

Для работы на данном участке выбирают радиостанцию, расположенную на расстоянии 1000—1500 км от участка с наибольшей напряженностью магнитного поля и наибольшей (в пределах 600—2000 м) длиной волны, направление на которую наилучшим образом совпадает с простиранием геологических неоднородностей на участке.

В районах Крайнего Севера, где радиовещательные длинноволновые станции днем регулярно не прослушиваются, для исследования методом радиокипи используют специальные длинноволновые радиопередатчики мощностью 10—15 кет, позволяющие проводить работы в радиусе нескольких сотен километров.

Для наблюдений выбирают время, когда короткопериодические вариации

(со скоростью 5—10 мкв/мин) отсутствуют или минимальны. Работу в маршруте с прибором ПИНП-2 выполняют обычно один-два человека.

Наблюдения с прибором проводят в следующем порядке.

1. Прибор при помощи заплочных ремней закрепляют на груди оператора, включают питание тумблером 2 (см. рис. 64), устанавливают режим питания (при положении «Уст. напр.» переключателя 7 выводят реостатом 8 стрелку прибора на красную черту шкалы) и в течение 15—20 мин выдерживают прибор во включенном состоянии, что требуется для установления нормального режима работы схемы.

2. Переключатель 7 переводят в положение «1», тумблером 4 включают громкоговоритель и реостатом 5 устанавливают оптимальное звучание громкоговорителя.

3. Антенну устанавливают в горизонтальное положение и производят настройку на выбранную радиостанцию при помощи рукоятки 10 и путем поворота антенны вокруг вертикальной оси. Индикатором момента настройки являются максимальная громкость радиопередачи и максимальный отсчет по стрелке микровольтметра 6. Если во время настройки при положении «1» переключателя 7 стрелка прибора зашкаливает, то указанный переключатель устанавливают в положение «10» и т. д., т. е. выбирают такую цену деления микровольтметра, при которой стрелка имела бы наибольшее отклонение, но не уходила бы за пределы шкалы.

4. После настройки на выбранную радиостанцию оператор выходит на первую точку профиля и ориентируется таким образом, чтобы магнитная антенна при максимальном отсчете по стрелочному прибору располагалась приблизительно в середине внешнего сектора ее вращения, т. е. антенна во избежание влияния на показания магнитных частей прибора не должна располагаться над панелью управления. Выбранная ориентировка оператора должна сохраняться (с точностью $\pm 10^\circ$) при всех измерениях по данному профилю и на всей системе параллельных профилей участка. Максимальный отсчет по стрелочному прибору при указанной ориентировке горизонтально расположенной магнитной антенны является величиной горизонтальной составляющей H_p напряженности магнитного поля.

5. В каждой последующей точке антенну, находящуюся в горизонтальном положении, вращают вокруг вертикальной оси до установления максимального отсчета — величины H_p .

6. После измерения H_p при фиксированной ориентировке лимба 15 антенну поворачивают вокруг горизонтальной оси 14 до получения минимального отсчета по микровольтметру (при этом переключатель 7 должен быть установлен в положение «1») и снимают показание стрелки 16 на лимбе 15, которое является величиной угла наклона (α) суммарного вектора магнитного поля.

7. Посредством круглого уровня 13 антенну устанавливают в вертикальное положение. При этом показание стрелки милливольтметра, умноженное на цену деления, является величиной напряженности вертикальной составляющей H_z вектора магнитного поля.

Цену деления прибора при измерении величин H_z и H_p выбирают по правилу, указанному в пункте 3.

Для оценки точности измерений проводят контрольные наблюдения на профилях с аномальными значениями поля в объеме не менее 5% в южных и средних широтах и не менее 10% в северных широтах (севернее 60° с. ш.).

4. О б р а б о т к а н а б л ю д е н и й. По результатам полевых наблюдений строят планы графиков профилей или графики маршрутных наблюдений

величин H_p , H_z и угла α . Горизонтальный масштаб графиков обычно соответствует масштабу съемки, а вертикальные масштабы должны обеспечивать четкое выделение аномалий на фоне нормального уровня напряженности электромагнитного поля. Для графиков H_p используют масштабы от 5 до 100 мкв/см, для графиков H_z — от 2 до 10 мкв/см и для графиков угла α — от 2 до 5 град/см. Совместно с графиками рядовых наблюдений строят графики контрольных замеров. Точность наблюдений оценивают по качественному совпадению кривых: при удовлетворительном качестве на контролируемых профилях должны повторяться характерные аномальные изменения, полученные в процессе рядовых наблюдений.

Проводящие объекты по полученным данным выделяются максимумами величины H_p , минимумами H_z (с двумя максимумами по сторонам); график углов α над проводящим объектом переходит через нуль и дает по сторонам два экстремума разного знака.

§ 41. Аппаратура СРП-6

1. Назначение, принцип работы и устройство аппаратуры. Аппаратура СРП-6 предназначена для выполнения работ по радиоволновому просвечиванию междускважинного пространства.

Принцип работы аппаратуры заключается в следующем. В одну скважину помещают антенну передатчика электромагнитных колебаний, в другую — антенну приемника. Электромагнитная энергия передатчика распространяется в окружающей среде и воспринимается приемником. Чем больше удельная проводимость среды, тем большая часть энергии поглощается и меньшая достигает антенны приемника. Таким образом, перемещая приемник и передатчик в скважинах на разных уровнях, можно изучать проводимость междускважинного пространства по различным линиям и тем самым определять наличие и контуры объекта с высокой проводимостью, например рудного тела.

Комплект аппаратуры состоит из передающей и приемной антенн, опускаемых в скважины на трехжильном кабеле до глубины 1000 м, наземных пультов управления (приемника и передатчика), регистрирующего устройства и аккумуляторов питания (на 12,5 в).

Аппаратура СРП-6 может работать на частотах 0,5; 1; 2,5; 5 и 10 Мгц. Переход с одной частоты на другую осуществляется путем смены контуров и кварцевых резонаторов в передатчике и приемнике. Пределы измерения напряженности поля 0,01—10 000 мкв. Относительная погрешность измерения не более $\pm 20\%$.

Трехжильный кабель от передающей антенны подключается к клеммам 14 («Анод», «Земля», «Накал») передатчика (рис. 65, а). К штепсельному разъему 13 подключаются самописец типа СК-100 и питание аккумуляторов, которое включается тумблером 12. Реостатом 11 регулируется напряжение накала ламп, а реостатом 9 устанавливается нулевое показание индикатора 7. В положениях «РП» переключателя 3 и «Просв.» тумблера 10 выполняется работа по радиопросвечиванию. В других положениях переключателя 3 и в положении «Коротаж» тумблера 10, пользуясь пультом передатчика, можно выполнять электрический коротаж. Клеммы 8 соединяются при работе с клеммами 12 пульта приемника и служат для передачи сигналов от пульта приемника на самописец и включения переговорного устройства. Мощность передатчика в антенне составляет около 20 вт и может быть уменьшена в 100 раз при помощи тум-

блера 4. Тумблер 6 служит для изменения диапазона шкалы самописца. По индикатору 7 в положении « $U_{ак}$ » переключателя 5 контролируется напряжение аккумуляторов, в положении « $U_{н}$ » — напряжение накала, в положениях « $U_{в}$ » и « $I_{в}$ » — напряжение и ток выхода и в положении «Р» осуществляется работа по радиопросвечиванию. Запуск генератора передающего устройства выполняется посредством тумблера 1. В положении «Передача» тумблера 1 обеспечивается работа переговорного устройства, частью которого является громкоговоритель 2.

Приемная антенна подключается к клеммам 6 (рис. 65, б) приемника. Рукояткой 7 производится подстройка антенны на заданную частоту. К штепсельному разъему 11 подключаются аккумуляторы питания. В положениях «1; 2; 3; 4; 5» переключателя 3 диапазон измеряемых сигналов соответственно будет 1; 10; 100; 1000; 10 000.

В положении « $U_{ак}$ » переключателя 5 по стрелочному индикатору 4 контролируются напряжение аккумуляторов, в положениях « $I_{н}$ » и « $I_{а}$ » — ток накала и анода, в положении «Ш» — уровень шумов, а в положении «Р» выполняется работа по радиопросвечиванию. В пульте приемника установлена также индикаторная лампа 9. Остальные элементы пульта управления приемника (тумблер 1, клеммы 6, реостат 8, тумблер 10, громкоговоритель 2) аналогичны по назначению соответствующим элементам передатчика.

2. Включение аппаратуры и выполнение полевых измерений. Работу с аппаратурой СРП-6 проводят в следующем порядке.

1. Включают передатчик (см. рис. 65, а). С этой целью при положениях «1 : 100» тумблера 4 и « $U_{ак}$ » переключателя 5 и при выведенном влево доотказа реостате 11 включают тумблер 12; переводят тумблер 1 в положение «Запуск» на 10—20 сек, после чего вращением реостата 9 стрелку индикатора 7 выводят

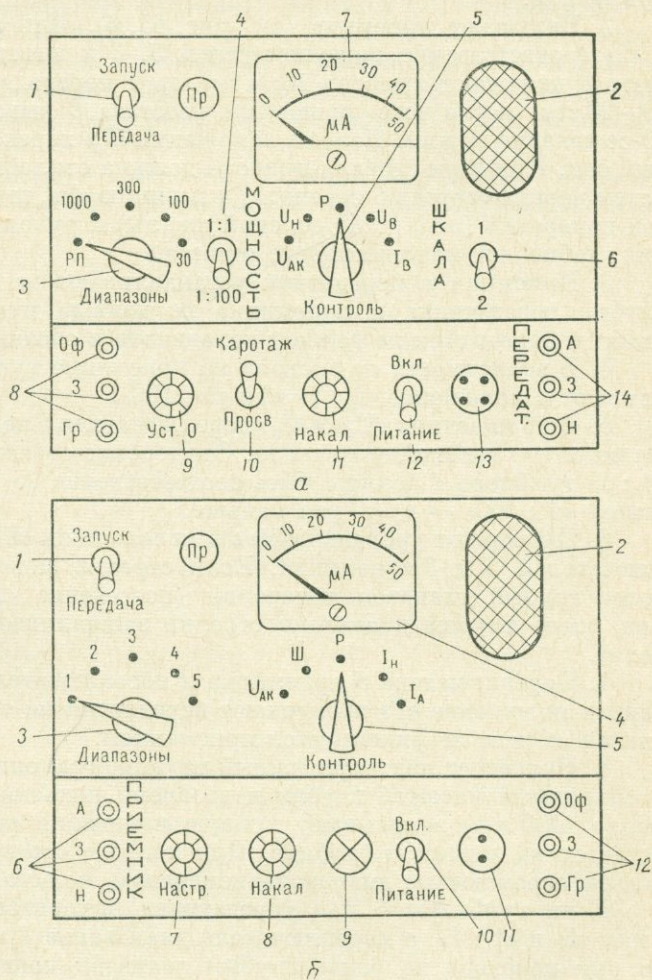


Рис. 65. Пульта передатчика (а) и приемника (б) аппаратуры СРП-6.

на 20-ое деление шкалы. Далее переключатель 5 устанавливают в положение «Р», тумблер 6 — в положение «1» и реостатом 9 выводят стрелку прибора 7 на нуль. После выполнения указанных операций оператор передатчика переводит тумблер 1 в положение «Передача» и подает команду о включении приемника.

2. Включают приемник (см. рис. 65, б). Для этого при положениях «I_н» и «5» соответственно переключателей 5, 3 и выведенном доотказа влево реостате 8 включают тумблер 10; тумблер 1 переводят в положение «Запуск» на 10—20 сек, после чего вращением реостата 8 выводят стрелку прибора 4 на 20-ое деление шкалы. Далее в положении «I_а» переключателя 5 проверяют анодный ток. При этом стрелка прибора должна отклониться на 20 делений шкалы. Затем переключатель 5 переводят в позицию «Р», выбирают необходимый диапазон измерений (от 5 до 45 делений шкалы) и рукояткой 7 подстраивают приемник, добиваясь максимального отсчета.

3. Приемник и передатчик устанавливают на заданных глубинах. Сумма глубин передатчика и приемника не должна превышать расстояния между ними, и передатчик не должен находиться в обсадной трубе.

4. В зависимости от сигнала на приемнике тумблер 4 передатчика устанавливают в положение «1 : 1» или «1 : 100».

5. В положениях «U_в» и «I_в» переключателя 5 передатчика проверяют напряжение и ток выходного каскада. Отклонение стрелки индикатора в положениях «1 : 1» тумблера 4 должно быть соответственно 25 и 20—35 делений, а в положении «1 : 100» — в 100 раз меньше.

6. Проверяют уровень шумов в положениях «Ш» и «1» соответственно переключателей 5 и 3 приемника. Если стрелка зашкаливает, то устанавливают более грубый диапазон измерений (положение «2» переключателя 3). Если при более грубом диапазоне стрелка зашкаливает, то измерения не производят.

7. Переключатель 5 приемника и переключатель 5 передатчика устанавливают в положение «Р» и опускают передатчик на такую глубину, при которой сигнал от него не фиксируется приемником.

8. Включают лентопротяжный механизм самописца СК-100, устанавливают необходимый масштаб глубин и во время подъема передатчика (со скоростью около 1000 м/ч) записывают кривую изменения сигнала приемника, который остается на заданной глубине. При подходе стрелки к тому или иному краю шкалы переключают диапазоны измерений, не останавливая записи.

Если тумблеры 6 и 4 передатчика находятся соответственно в положениях «1» и «1 : 1», а переключатель диапазонов 3 приемника в положении «1», то при переходе на более грубый диапазон поступают следующим образом: тумблер 6 передатчика переводят в положение «2»; переключатель 3 приемника — последовательно в положение «2» и «3», тумблер 4 передатчика — в положение «1 : 100», переключатель диапазонов 3 приемника — в положения «4» и «5». При уменьшении сигнала переключения выполняются в обратном порядке. Все переключения оператор отмечает на ленте записи. После выполнения записи приемник перемещают на следующую точку и аналогичным образом проводят следующую запись.

Кроме описанной методики, можно производить синхронное просвечивание при одновременном перемещении в скважинах передатчика и приемника с сохранением постоянного расстояния между ними. Измерения между каждой парой скважин проводят при двух-трех расстояниях между приемником и передатчиком, причем одно из них равно кратчайшему расстоянию между скважинами.

По результатам измерений этим способом зона повышенной проводимости локализуется лишь по глубине.

По результатам измерений строят графики изменения интенсивности сигналов в *мкс*, пользуясь эталонировочными кривыми. Эталонирование заключается в градуировке приемника по сигналам, подаваемым на него от генератора стандартных сигналов ГСС-6. Градуировку выполняют отдельно для каждой рабочей частоты при включенных в измерительную линию кабеле и фильтрах, с которыми будут производить измерения в скважинах. При эталонировании вместо антенны используется ее эквивалент. По результатам эталонирования строят графики зависимости отклонения пера регистрирующего прибора от величины подаваемого на вход сигнала.

По графикам изменения интенсивности сигналов определяют наличие и местоположение объектов высокой проводимости при помощи специальных методов интерпретации.

РАДИОМЕТРИЯ

Глава XIII

СЧЕТЧИКИ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ,
ЭТАЛОНЫ РАДИОАКТИВНОСТИ

§ 42. Счетчики радиоактивного излучения

В разведочной радиометрии для регистрации радиоактивного излучения применяются счетчики двух типов: газоразрядные и сцинтилляционные.

Газоразрядный счетчик гамма-квантов (рис. 66) состоит из стеклянного цилиндрического корпуса 1, внутренняя стенка которого имеет металлическое покрытие 2, служащее катодом счетчика. Катод соединен с выводом 6 (металлическим наконечником) при помощи проводника 7. Посередине корпуса натянута вольфрамовая нить 3, которая является анодом счетчика. С одной стороны цилиндра нить 3 укреплена на изоляторе 5, с другой стороны она проходит внутри стеклянной трубки 8 и припаяна к выводу 4. Выводы 4 и 6 представляют собой металлические наконечники, служащие для включения счетчика в электрическую схему радиометра. Рабочее пространство счетчика заполнено смесью инертных газов при давлении около 100 мм рт. ст.

В зависимости от материала катода счетчики обозначаются буквами МС (медный счетчик), ВС (вольфрамовый счетчик), СТС (стальной счетчик) и т. д.

На анод газоразрядного счетчика, находящегося в рабочем состоянии, подается высокий (от сотен до тысячи вольт) положительный потенциал по отношению к катоду. Гамма-кванты, попадая в материал катода, выбивают из него вторичные электроны, которые, направляясь к положительно заряженной нити анода, приобретают энергию, достаточную для ударной ионизации молекул газа. Образуется лавина электронов, поступающая на нить счетчика, и в нем происходит разряд, создающий на выходе импульсы тока. Число импульсов тока за единицу времени пропорционально числу гамма-квантов, поступающих на счетчик. Подобная закономерность наблюдается лишь в определенном интервале напряжения питания счетчика (между напряжениями U_1 и U_2 ; рис. 67), называемом плато. Если напряжение питания будет меньше U_1 (обычно $U_1 = 600 \div 700$ в), число импульсов на выходе счетчика будет мало и частота их будет сильно зависеть от изменения напряжения питания. При напряжении свыше U_2 ($U_2 = 900 \div 1000$ в) число импульсов резко возрастает, счетчик переходит в непрерывный разряд.

График изменения частоты импульсов в зависимости от величины приложенного напряжения (см. рис. 67) называется рабочей (или счетной) характеристикой счетчика. Перед тем как вставить счетчик в прибор исследуют опыт-

ным путем его рабочую характеристику. На основании анализа рабочей характеристики устанавливают величину напряжения на аноде счетчика (U_p), которая выбирается на первой трети расстояния от начала плато.

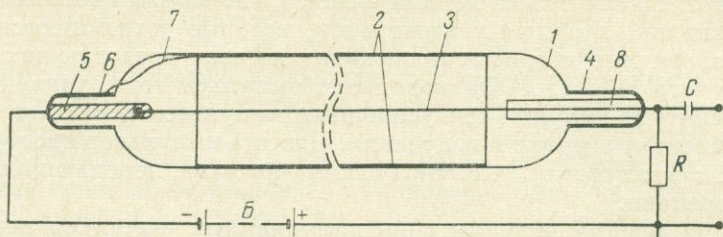


Рис. 66. Схема газоразрядного счетчика гамма-квантов.

Разрядный счетчик для регистрации β -излучения имеет тонкостенный цилиндрический корпус (обычно из алюминиевой или стальной фольги), являющийся одновременно катодом. Анодом счетчика служит вольфрамовая нить. Ионизация газа — наполнителя β -счетчика происходит под действием β -лучей, свободно проникающих в рабочее пространство через тонкие стенки корпуса. Эффективность разрядных счетчиков составляет 1—2%.

Сцинтиляционный счетчик (рис. 68) состоит из сцинтилирующего кристалла 1 (фосфора) и фотоэлектронного умножителя. Сцинтилирующий кристалл характеризуется тем, что при попадании в него заряженной частицы или гамма-кванта в нем возникает световая вспышка (сцинтилляция).

В качестве фосфора в счетчике γ -излучения используются кристаллы иодистого натрия, активированного таллием — NaJ (Tl). Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) представляет собой стеклянный вакуумный сосуд, внутри

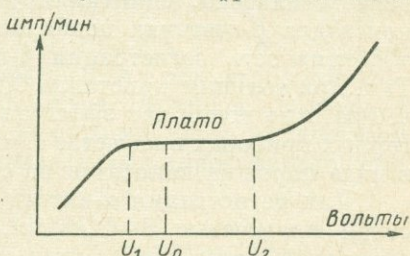


Рис. 67. Рабочая характеристика газоразрядного счетчика.

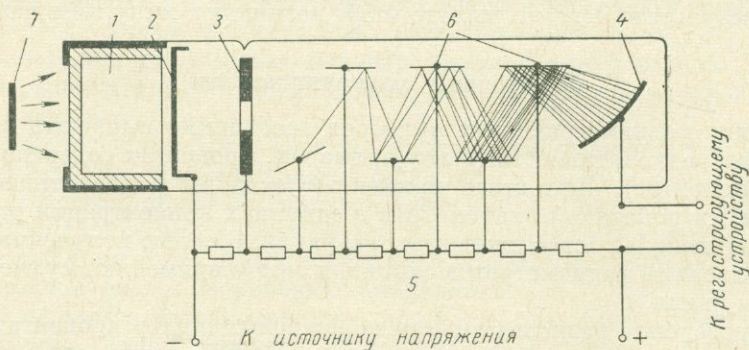


Рис. 68. Схема сцинтиляционного счетчика с фотоумножителем.

которого расположены фотокатод 2, фокусирующий диод 3, эмиттеры 6 и анод 4. На ФЭУ подается напряжение порядка 1000 в, которое распределяется на эмиттеры делителем напряжения 5.

В момент попадания гамма-квантов от источника излучения γ в кристалл в нем возникают вспышки света, под действием которых с фотокатода ФЭУ выбиваются электроны. Пучок электронов при помощи фокусирующего динода ускоряется и направляется на первый эмиттер, где каждый попавший электрон выбивает несколько вторичных электронов, которые устремляются на второй эмиттер. Аналогичные процессы происходят на всех последующих эмиттерах, в результате чего на аноде ФЭУ возникают импульсы тока, усиленные в 10^5 — 10^6 раз. Амплитуда напряжения усиленных импульсов достигает нескольких вольт и зависит от энергии γ -излучения. Частота импульсов пропорциональна интенсивности γ -излучения, т. е. числу гамма-квантов, попадающих в кристалл за единицу времени.

Основными преимуществами сцинтиляционных счетчиков перед разрядными являются высокая (60—70% и более) эффективность регистрации γ -излучения и практически ощутимая зависимость амплитуды импульсов на выходе ФЭУ от энергии гамма-квантов. Использование указанной зависимости позволяет изучать спектры и, следовательно, природу γ -излучения.

Регистрация β -излучения осуществляется при помощи кристаллов антрацена, стильбена, сцинтиллирующих пластмасс и других веществ. Толщину кристалла β -счетчика подбирают такую, которая может обеспечить высокую эффективность регистрации β -излучения и уменьшить регистрацию γ -лучей. Так, при толщине кристалла $0,1 \text{ г/см}^2$ β -счетчики малочувствительны к γ -излучению, в то время как эффективность счета β -частиц близка к 100%. В лабораторных приборах в качестве сцинтиллятора часто используется CsJ(Tl), который в виде порошка наносится на стеклянную пластинку.

Для регистрации α -частиц применяются тонкие люминофоры с поверхностной плотностью 3—5 мг/см^2 . В α -счетчиках наиболее часто используется сернистый цинк (ZnS), активированный серебром или медью. Ввиду малой проникающей способности α -лучей эти счетчики обычно открытого типа. Сцинтиляционным составом, содержащим мелкокристаллический ZnS, покрываются стенки эманационных камер эманометров ЭМ-6П и «Радон», лабораторной установки РАЛ. Вспышки света, возникающие в сцинтиллирующем покрытии за счет α -частиц эманаций радона, торона, актинона и их продуктов распада, попадают на фотоэлектронный умножитель, находящийся в боковой стенке камеры, в результате чего на выходе ФЭУ возникают импульсы напряжения.

§ 43. Эталоны радиоактивности

Показания радиометрических приборов необходимо выражать в стандартных единицах радиоактивности (в мкр/ч , эманах, процентах содержания радиоактивных элементов). Для этого применяют эталоны радиоактивности. Для эталонирования показаний эманометров в единицах концентрации радиоактивных эманаций используют жидкие эталоны радия. С целью получения графиков перевода показаний радиометров в единицах мкр/ч применяют сухие стандартные эталоны радия.

При определении радиоактивности порошковых проб в процентах содержания радиоактивных элементов нашли широкое применение порошковые эталоны урана, тория, калия.

В полевых условиях в процессе гамма- или бета-съемки возникает необходимость систематического контроля за работой радиометров. С этой целью используют так называемые рабочие эталоны, которые изготавливаются на заводе или на месте полевых работ.

1. Жидкие эталоны радия. При эманационном определении радия по радону пользуются жидкими эталонами радия с содержанием его от 10^{-6} до 10^{-12} г, а чаще с содержанием $n \cdot 10^{-8} \div n \cdot 10^{-11}$ г. Эталонами служат растворы хлористой или бромистой соли радия. Точность определения радия в эталоне составляет не менее 3%. Жидкие эталоны выпускаются в стеклянных ампулах. Для практического использования эталон переливают в барботер, который запаивают, и в паспорте эталона отмечают дату и время запаивания.

2. Порошковые эталоны. Для радиометрического анализа наиболее часто используют эталоны из равновесной мало эманлирующей урановой руды, практически не содержащей тория. В паспорте эталона указываются содержание урана, радия, тория, калия, коэффициент эманирования и точности их определения, а также содержание основных химических элементов. Количество тория в эталоне обычно не превышает 1% от количества урана, а содержание калия — не более 1—2% на 0,1% урана.

При спектрометрических анализах (раздельном определении урана, тория и калия) применяют также эталоны тория, калия и урана, не содержащие посторонних примесей.

3. Сухие стандартные эталоны радия. Эти эталоны радия состоят из цилиндрического корпуса длиной 6—8 см и диаметром порядка 1 см, изготовленного из латуни или стали. В корпусе помещена платиновая ампула, толщина стенки которой 0,3—0,5 мм, с определенным количеством радия. Эталоны в зависимости от содержания в них радия классифицируются следующим образом:

- 1) эталон серии 1 (порядка 0,1 мг Ra);
- 2) эталон серии 2 (порядка 0,2 мг Ra);
- 3) эталон серии 10 (порядка 1 мг Ra);
- 4) эталон серии С-41 (порядка 0,1 мг Ra).

Содержание радия в эталоне с точностью до десятых долей миллиграмма указано в паспорте эталона.

Сухие стандартные эталоны радия должны храниться в специальных свинцовых контейнерах.

4. Рабочие эталоны. Выпускаемые в комплекте с радиометрами рабочие эталоны имеют форму диска диаметром 25—35 мм, изготовленного из алюминия толщиной 3—5 мм. В центре диска помещен обычно радиоактивный изотоп кобальта (Co^{60}), период полураспада которого равен приблизительно пяти годам.

На корпусе радиометров имеется специальная защелка, которой закрепляется рабочий эталон при переноске прибора.

Рабочий эталон может быть изготовлен также непосредственно на месте работ путем смешивания радиоактивной руды с нерадиоактивной порошковой пробой. Полученная смесь засыпается в металлическую коробочку прямоугольной или круглой формы, коробочка запаивается.

Для контроля за работой прибора на гильзе радиометра примерно против центра счетчика точкой отмечено место установки рабочего эталона. Эталон прикладывают вплотную к этой точке. Активность рабочего эталона должна быть такая, чтобы отклонение стрелки на первом диапазоне измерений составляло примерно 60—80 делений шкалы.

ПОЛЕВАЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

§ 44. Радиометры РПП-1 и СРП-2

1. Устройство радиометра РПП-1. Прибор РПП-1 предназначен для полевых измерений интенсивности γ - и β -излучения. В нем γ -излучение регистрируется счетчиками СТС-8, а β -излучение — счетчиками СТС-6.

Питание на счетчики подается от блокинг-генератора через селеновый выпрямитель и стабилизатор. Импульсы с выхода счетчика усиливаются, нормализуются по амплитуде и ширине, поступают на интегрирующий контур. Частота импульсов измеряется микроамперметром в цепи интегрирующего контура и контролируется на слух по телефону, включенному перед нормализатором. Вся электрическая схема прибора выполнена на полупроводниках. Питание осуществляется от одной батареи 11,5-ПМЦГ-У-1,3, которая обеспечивает работоспособность прибора в течение 150—200 ч.

Комплект прибора РПП-1 состоит из пульта управления, штанги, соединенной кабелем с пультом, и двух сменных датчиков.

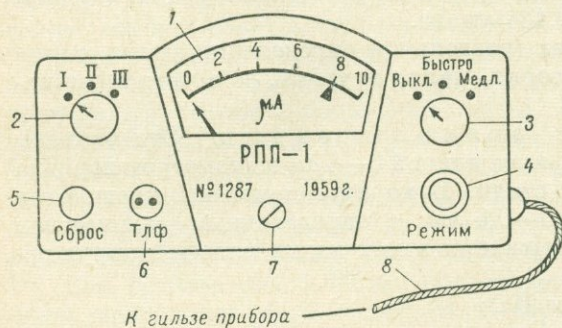


Рис. 69. Пульт управления радиометра РПП-1.

кой (на рисунке крышка не показана). На крышке имеется окно для наблюдения за стрелочным прибором 1.

Стрелочный прибор служит для измерения активности излучения и для контроля за режимом питания. При положениях «I, II, III» переключателем 2 устанавливаются диапазоны измерений (с γ -датчиком), равные соответственно 50, 250 и 1250 $\mu\text{кр}/\text{ч}$. Частота поступления импульсов прослушивается по телефону, подключаемому к клеммам 6. Режим питания прибора проверяется при помощи кнопки-реостата 4. Стрелка прибора устанавливается против заштрихованного (в виде треугольника) индекса. Включение прибора и установка постоянной времени производится посредством переключателя 3. В положении «Быстро» переключателя 3 постоянная времени интегрирующего контура составляет 5 сек, в положении «Медл.» — 10 сек. При нажатии на кнопку 5 показания прибора снимаются: стрелка устанавливается на нуль. Стрелочный прибор 1 снабжен механическим корректором нуля 7.

Батарея питания вставляется в корпус прибора. Пульт управления соединяется с корпусом прибора металлическими застёжками. Провод 8 соединяет электрическую схему прибора со схемой гильзы. На левой внешней стенке корпуса в держателе закрепляется рабочий эталон (радиоактивный препарат Co^{60}).

Радиометр РПП-1 снабжен Т-образным датчиком γ -излучения и цилиндрическим датчиком β -излучения (рис. 70, а, б). В блоке 1 γ -датчика установлены четыре счетчика типа СТС-8. Т-образный блок при помощи муфты 5 соединяется с внутренней трубкой 6 штанги. Внешняя трубка 7 штанги скользит по внутрен-

ней, благодаря чему гильза в рабочем положении удлиняется. На противоположном от датчика конце штанги имеется резиновая ручка 8, которая позволяет одновременно уплотнить и герметизировать соединение провода 9 с гильзой прибора.

β -датчик состоит из кожуха 2 с окнами 3 и шарнира 4. Муфтой 5 датчик соединяется со штангой. Шарнир 4 позволяет повернуть β -датчик в рабочем положении относительно штанги на угол до 60° . В кожухе 2 расположен счетчик СТС-6, который измеряет γ -излучение и жесткое β -излучение. Внутренняя защитная оболочка счетчика состоит из трубы с окнами, заклеенными фольгой. Внешняя оболочка имеет открытые окна, которые в рабочем положении (при повороте внешней оболочки) совмещаются с окнами внутренней оболочки. При

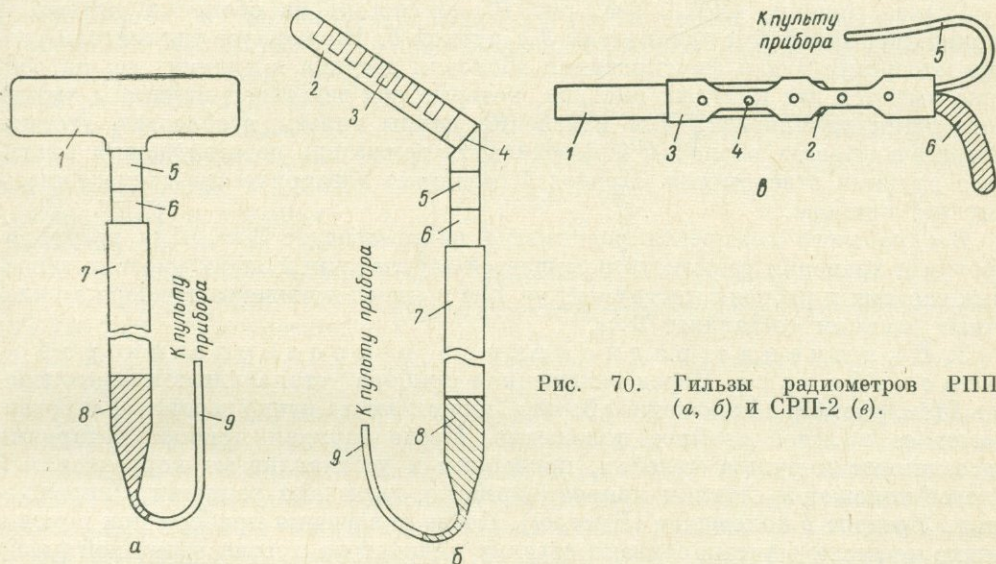


Рис. 70. Гильзы радиометров РПП-1 (а, б) и СРП-2 (в).

работе с цилиндрическим датчиком пределы измерений в зависимости от позиции переключателя 2 (см. рис. 69) могут принимать любые из следующих значений: от 200 до 300 мкр/ч (первый диапазон), от 1000 до 1500 мкр/ч (второй диапазон), от 5000 до 7500 мкр/ч (третий диапазон).

Для транспортировки и хранения весь комплект радиометра РПП-1 помещается в укладочный ящик. Вес полного комплекта прибора вместе с ящиком составляет 8 кг. Вес прибора с одним из датчиков равен 3 кг.

2. Устройство радиометра СРП-2. Прибор СРП-2 имеет сцинтилляционный датчик, состоящий из кристалла NaJ(Tl) и фотоэлектронного умножителя типа ФЭУ-25Н. Высокое напряжение для питания ФЭУ подается от высоковольтного преобразователя, состоящего из блокинг-генератора, выпрямителя и стабилизатора. Возникающие под действием γ -излучения на выходе ФЭУ импульсы усиливаются, дискриминируются, нормализуются по ширине и амплитуде, поступают на интегрирующий контур и регистрируются микроамперметром.

Вся электрическая схема прибора выполнена на полупроводниках. Комплект питания радиометра состоит из двух батарей типа 11,5-ПМЦГ-У-1,3 и обеспечивает непрерывную работу прибора в течение 80 ч.

Радиометр СПР-2 оформлен в виде пульта управления и гильзы, соединенных проводом.

Пульт управления прибором СПР-2 по форме, размерам, назначению и расположению элементов управления на лицевой панели в основном похож на пульт прибора РПП-1 (см. рис. 69). Различие заключается лишь в том, что на пульте управления радиометром СПР-2 вместо кнопки «Сброс» расположен реостат «Усиление», позволяющий устанавливать уровень дискриминации таким образом, чтобы в измерительную схему прибора не пропускались шумовые импульсы. Третий диапазон радиометра СПР-2 при помощи переключателя, расположенного внутри пульта, может быть расширен до 2500 *мкр/ч*. Постоянная времени составляет 2 и 5 *сек* в зависимости от положения переключателя «Быстро — медленно».

Гильза прибора СПР-2 (см. рис. 70, *в*) состоит из оболочки датчика 1 с накидной гайкой 2 и удлинителя 3 с ручкой 6. На корпусе удлинителя сделаны отверстия 4 для фиксирования оболочки датчика в удлинителе; на оболочке имеются два круглых выступа, которые под действием пружины входят в отверстия удлинителя. Для изменения длины гильзы необходимо утопить выступы в вырезах оболочки и передвинуть держатель до совмещения выступов с другими отверстиями. Провод 5 соединяет электрические схемы гильзы и пульта прибора.

Вес рабочего комплекта радиометра не превышает 3 *кг*. Для транспортировки и хранения радиометр помещается в укладочный ящик вместе с запасными частями и рабочим инструментом. Вес полного комплекта прибора с укладочным ящиком составляет 8 *кг*.

3. Включение радиометров и проверка их работоспособности. Перед включением прибора устанавливают переключатель 3 (см. рис. 69) в положение «Выкл.», нажимают на ручку реостата 4 и поворачивают ее в левое крайнее положение. После зарядки прибора батареями подсоединяют к пульту телефон, проверяют и устанавливают корректором 7 нулевое положение стрелки микроамперметра, включают радиометр (переключатель 3 ставят в положение «Быстро»). После включения прибора при помощи кнопки реостата 4 устанавливают стрелку индикатора против режимной риски на шкале.

Включенный радиометр на всех трех диапазонах должен фиксировать уровень нормального фона, а в телефоне должны быть слышны непериодические щелчки. При поднесении контрольного радиоактивного препарата или другого источника γ -излучения к датчику прибора щелчки в телефоне должны учащаться, а стрелка индикатора отклоняться вправо.

Работоспособность радиометра РПП-1 проверяют при подключении к разьему штанги сначала Т-образного, а затем цилиндрического датчика. Перед сменой датчика прибор выключают.

4. Эталонирование радиометров. Эталонирование выполняют при помощи стандартных радиевых эталонов серий 1, С-41 или 2. Для эталонирования радиометров с разрядными счетчиками выбирают ровную площадку размерами 10 × 15 *м*, свободную от посторонних предметов. На площадке устанавливают две стойки (рис. 71) на расстоянии 4—5 *м* одна от другой, высотой около 2 *м* (вместо стоек можно использовать деревья). Между стойками на высоте около 1,8 *м* натягивают проволоку. На одной из стоек укрепляют гильзу прибора таким образом, чтобы центр счетчиков и центр эталона (который будет подвешен к проволоке) находились на горизонтальной линии.

В пределах каждого диапазона измерения выбирают 6—8 равномерно отстоящих одно от другого значений γ -излучения и вычисляют расстояния от центра счетчиков до эталона (R), при которых будут получены указанные интенсивности. Необходимо, чтобы 2—3 значения интенсивностей на соседних диапазонах были одинаковыми. Расстояния R (в см) вычисляют по формуле

$$R = 100 \sqrt{\frac{A}{I}},$$

где I — требуемая интенсивность в мкр/ч; A — интенсивность эталона в мкр/ч на расстоянии 100 см от датчика, указанная в паспорте эталона.

Выбирая эталонные значения интенсивностей, учитывают влияние нормального фона в пределах площадки эталонирования. Так как эталонные значения прибавляются к нормальному фону, их рассчитывают так, чтобы стрелка прибора при эталонировании каждого диапазона не выходила за пределы шкалы.

Эталонируя γ -датчик радиометра РПП-1 при нормальном фоне 10—15 мкр/ч, можно, например, выбрать следующие эталонные значения: для первого диапазона 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35 мкр/ч; для второго 15; 35; 80; 120; 160; 200; 240 мкр/ч; для третьего 35; 200; 400; 600; 800; 1000; 1200 мкр/ч.

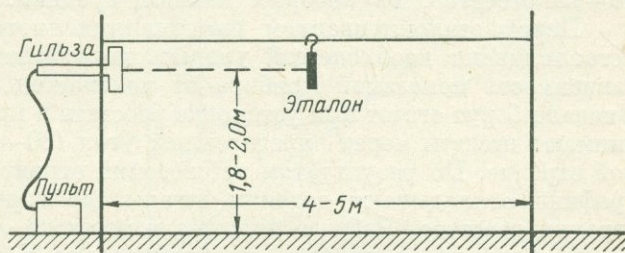


Рис. 71. Установка для эталонирования радиометров.

Расчитанные расстояния R отмеряют мерной лентой от центра датчика с точностью 0,1 см и каждое расстояние отмечают на проволоке меткой.

Перед началом эталонирования прибора проверяют и настраивают чувствительность всех диапазонов при облучении датчика эталоном с известной интенсивностью (по одному значению в пределах каждого диапазона). Величину задаваемой интенсивности выбирают такую, чтобы стрелка прибора (при настроенной чувствительности) отклонялась приблизительно на 80 делений шкалы. Практически для установления чувствительности данного диапазона измеряют нормальный фон в делениях, после чего при помощи эталона радия задают известную интенсивность и потенциометром «Чувствительность», расположенным внутри корпуса прибора, устанавливают отсчет n (в делениях), определяемый по формуле

$$n = n_{н. ф} + \frac{I_{эт}}{D} \cdot 100,$$

где $n_{н. ф}$ — число делений нормального фона участка; $I_{эт}$ — расчетная интенсивность от эталона в мкр/ч; D — диапазон измерений (50; 250 или 1250 мкр/ч).

Установка чувствительности диапазонов должна выполняться дважды, потому что значение $n_{н. ф}$ после первой настройки может существенно измениться. Поэтому после первой настройки относят эталон радия на расстояние более 10 м от гильзы, измеряют в делениях новое значение нормального фона участка, после чего задают эталонам ту же самую интенсивность и устанавливают стрелку прибора на необходимое деление шкалы с учетом нового значения нормального фона.

После настройки чувствительности диапазонов радиометра эталон радиа удаляют на расстояние более 10 м от гильзы, измеряют и записывают отсчет нормального фона и отсчет с рабочим эталоном на всех диапазонах радиометра, после чего эталон подвешивают против каждой установленной метки на проволоке и для каждого его положения берут и записывают отсчет. Эталонирование начинают с первого диапазона (с измерения малых интенсивностей), затем эталонируют второй и третий диапазоны. Эталон при этом перемещают от одной метки к другой, приближаясь к гильзе прибора. После замера максимального значения эталонной интенсивности делают полный обратный ход (при повышенной точности измерений) или повторяют замер на одной-двух точках на каждом диапазоне. Эталонирование завершают измерением нормального фона и отсчетом с рабочим эталоном.

Ввиду инерционности интегрирующего контура схемы радиометра берут отсчет по прибору через 30—40 сек (в приборе на разрядных счетчиках) после установки эталона на проволоке. При этом с интервалом 3—5 сек записывают 10—15 отсчетов, из которых находят средний.

Перед эталонированием сцинтилляционного радиометра СРП-2 у него устанавливают необходимый уровень дискриминации. С этой целью снимают зависимость показаний прибора от положения стрелки реостата «Усиление». Вначале берут отсчет при установке реостата в крайнее левое положение. Далее снимают отсчеты через определенный угол (30—60°), вращая реостат по часовой стрелке. По результатам наблюдений строят график; по вертикальной оси графика откладывают деления шкалы, по горизонтальной — угол поворота стрелки реостата. Рабочее положение реостата «Усиление» выбирают в наиболее пологой части графика приблизительно в ее середине.

При эталонировании сцинтилляционного радиометра (вообще и в данном случае прибора СРП-2) необходимо экранировать датчик прибора от действия рассеянного γ -излучения. С этой целью сцинтилляционный датчик экранируют свинцовым листом желобообразной формы, край листа выдвигают в сторону эталона на 15—20 см. В остальном методика настройки чувствительности и эталонирования СРП-2 аналогична описанной выше методике для прибора РПП-1. Ввиду меньшей инерционности схемы сцинтилляционного радиометра отсчеты берут по истечении 5—7 сек после установки эталона. Радиометры эталонируют обычно один раз в месяц, после ремонта электрической схемы прибора и в случае изменения показаний с рабочим эталоном более чем на 10% от отсчета при последнем эталонировании.

5. Обработка результатов эталонирования. Процесс эталонирования радиометров документируют в специальном эталонировочном журнале. На одной странице журнала в форме таблицы записывают данные эталонирования, на другой странице, имеющей миллиметровую сетку, строят эталонировочные графики. По оси абсцисс эталонировочного графика (рис. 72) откладывают значение I интенсивности эталона, по оси ординат — соответствующий этому значению отсчет n по шкале прибора. Далее от точки со значением I проводят линию, параллельную оси ординат, от точки со значением n — линию, параллельную оси абсцисс. Пересечение этих линий дает искомую точку графика. Полученные таким образом точки соединяют прямой линией, которую продолжают до пересечения с осью абсцисс. В правую сторону от точки пересечения прямой с осью абсцисс откладывают интенсивность натурального фона радиометра, и начиная от полученной точки разбивают рабочую шкалу интенсивностей данного диапазона радиометра, а шкалу делений переносят в данную точку. Построенный таким образом график служит для перевода

делений шкалы радиометра в *мкр/ч*. На графике одной точкой отмечают отсчет с рабочим эталоном. Для каждого диапазона строят отдельный график. Отсчеты откладывают обычно в масштабе 10 делений в 1 см для любого диапазона, интенсивность — в масштабах 5 *мкр/ч/см* для первого диапазона, 25 *мкр/ч/см* для второго и 125 *мкр/ч/см* — для третьего.

Натуральный фон радиометра складывается из суммы влияния космического излучения и собственного фона прибора, вызванного радиоактивным загрязнением. Один из наиболее распространенных способов определения натурального фона прибора заключается в измерении его над водной поверхностью в центре водоема глубиной 1—1,5 м и шириной не менее 7—10 м. При измерении натурального фона на разных диапазонах фиксируют по 15—20 отсчетов, из которых находят средние значения.

6. Методика и техника полевых работ с приборами РПП-1 и СРП-2. Полевая гамма-съемка применяется для поисков радиоактивных руд и при геологическом картировании различных комплексов пород.

Для поисков радиоактивных руд гамма-съемку применяют как самостоятельный метод и как метод попутных поисков при геологических маршрутах. В первом случае ее выполняют в площадном варианте или по отдельным маршрутам.

Сеть профилей съемки и шаг наблюдений определяют в зависимости от степени обнаженности территории, предполагаемых размеров радиоактивных объектов и других факторов. Характер и масштаб съемки обосновываются в проекте геологической или специализированной партии.

Для ежедневного контроля за работой приборов выбирают вблизи стоянки отряда или партии контрольный пункт (КП). В начале и в конце рабочего дня на КП берут отсчеты нормального фона КП и отсчеты с рабочим эталоном. В процессе измерений на маршруте контрольные замеры с рабочим эталоном выполняют через каждые 2—3 ч, а также при резком изменении температуры и фона излучения. Результаты контрольных замеров на КП и на маршруте записывают в специальный журнал и изображают в виде графика. Показателем нормальной работы прибора является отсутствие отклонений в отсчетах, превышающих 10% от значений соответствующих контрольных величин, полученных при выполнении последнего эталонирования. Если это не выполняется, необходимо вновь провести эталонирование прибора.

При выполнении полевой гамма-съемки оператор перемещается по маршруту со скоростью 4—5 км/ч, ведя непрерывное прослушивание и беря

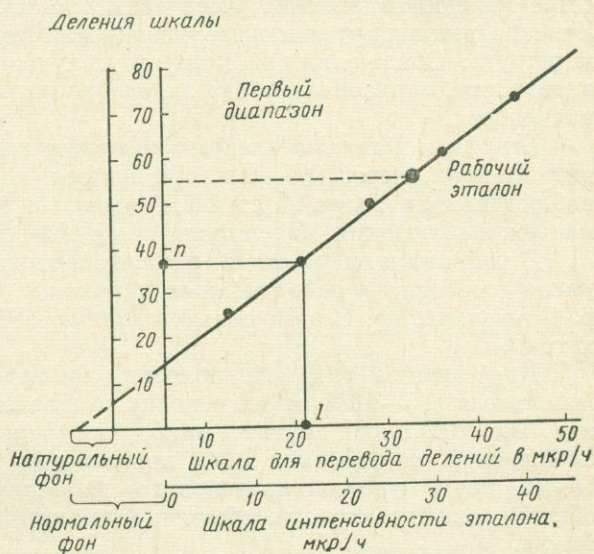


Рис. 72. График эталонирования радиометров.

отсчеты в точках пикетов или (при отсутствии пикетов) через интервалы маршрута, определенные проектом работ.

Расстояние от поверхности земли до датчика при обычном ходе по маршруту может меняться в пределах 20—80 см. Увеличение этого расстояния увеличивает зону действия прибора, но снижает интенсивность излучения точечных проявлений радиоактивности.

При обследовании обнажений, развалов, а также в случае увеличения интенсивности излучения во время обычного хода расстояние от земли до датчика должно быть уменьшено до 5—10 см.

Оператор, передвигаясь по обычному маршруту, обследует по детальной сетке каждое обнажение, даже если оно находится в стороне от маршрута, а также детализирует каждое увеличение интенсивности излучения по линии маршрута. Обнажения, на которых получены аномальные повышения гамма-активности, зарисовывает. На зарисовке показывает точки замеров и величину активности.

Шурфы и канавы обследуют по профилям, находящимся на противоположных стенках, через 0,5—1 м при непрерывном прослушивании. В штольнях наблюдения проводят по стенкам, кровле и забою через 0,5—1 м, иногда меняют наблюдения по спирали и другие способы.

В районах и на участках, где радиоактивное равновесие смещено в сторону урана (особенно в заболоченных условиях), проводят поиски по суммарному $\beta + \gamma$ -излучению. С этой целью в приборе РПП-1 применяют цилиндрический датчик.

Для оценки точности полевых наблюдений гамма- или бета-методами в количестве 5—10% от их основного объема проводят контрольные наблюдения. Их выполняют другими приборами, через несколько дней после основных наблюдений, на участках как с нормальной, так и с аномальной активностью. Показателем удовлетворительного качества работ является совпадение общей конфигурации (особенно аномалий) основных и контрольных графиков.

7. Обработка и интерпретация результатов полевой гамма- и бета-съемки. Обработка результатов радиоактивной съемки заключается в построении графиков изменения радиоактивности пород по профилям, а при площадных съемках — планов графиков и планов изолиний радиоактивности в *мкр/ч*.

Горизонтальный масштаб графиков и планов берут равным масштабу поисков или масштабу геологической съемки, вертикальный масштаб должен обеспечить наглядность изображения и не допускать частых пересечений кривых радиактивности соседних профилей. Сечение изолиний зависит от степени изменения радиоактивности пород, но его, как правило, выбирают равным не менее 5 *мкр/ч*. Карты изолиний раскрашивают таким образом, чтобы в пределах фона хорошо выделились заслуживающие внимания аномалии.

Результаты съемки по криволинейному маршруту изображают в виде цветных отрезков вдоль маршрута (каждому отрезку одного цвета соответствует определенный интервал радиоактивности), в виде непрерывной линии цветных или разного размера кружков и другими методами.

Результаты наблюдений в горных выработках, в зависимости от методики наблюдений и наличия радиоактивности, представляют на геологическом изображении стенок выработки в виде планов изолиний радиоактивности, в виде кружков различного размера или различного цвета, либо в виде графиков по линии выработки.

Интерпретация результатов полевой гамма- или бета-съемки заключается в выявлении аномалий повышенной радиоактивности и распределении аномалий по степени перспективности. Наиболее перспективными считаются аномалии с наиболее высокой радиоактивностью и расположенные в геологических условиях, благоприятных для образования радиоактивных руд.

§ 45. Сцинтилляционный переносный полевой гамма-спектрометр СП-3

1. Назначение, принцип работы и краткая техническая характеристика прибора. Гамма-спектрометр СП-3 предназначен для изучения спектров γ -излучения в дифференциальном и интегральном режимах в интервале энергий 0,3—3 Мэв. Он широко применяется для раздельного количественного определения содержания урана,

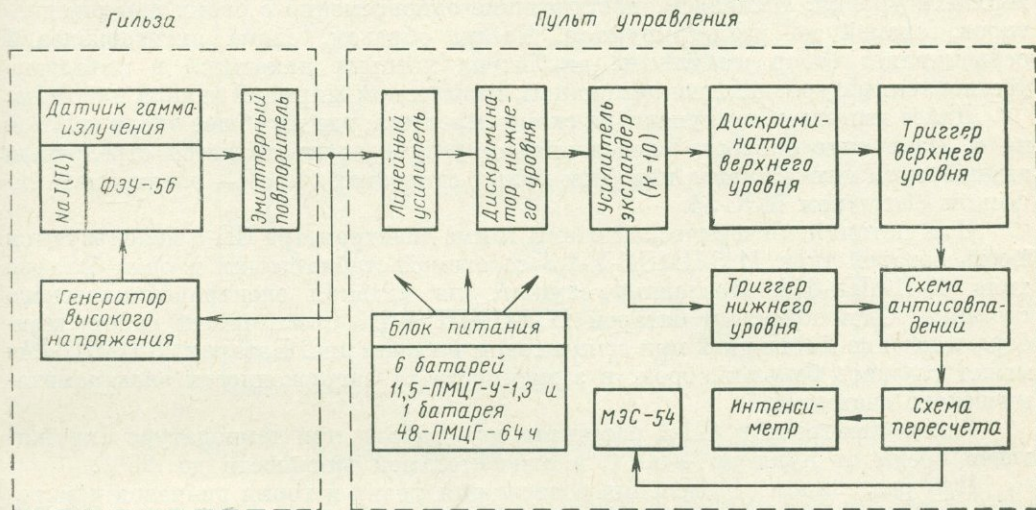


Рис. 73. Блок-схема гамма-спектрометра СП-3.

тория и калия в естественно-радиоактивных породах. В пробах с наведенной гамма-активностью при помощи гамма-спектрометра СП-3 можно определять содержание железа, марганца, меди и других естественно-нерадиоактивных элементов. Принцип работы прибора СП-3 иллюстрируется блок-схемой, показанной на рис. 73.

Чувствительным элементом гамма-спектрометра СП-3 является сцинтилляционный счетчик, состоящий из кристалла NaJ(Tl) и фотоэлектронного умножителя ФЭУ-56. Питание фотоэлектронного умножителя (1200 в) осуществляется от генератора высокого напряжения. Под воздействием γ -излучения в кристалле иодистого натрия образуются световые вспышки, результатом которых на выходе ФЭУ являются импульсы напряжения с амплитудой, пропорциональной энергии γ -излучения. Пройдя через согласующий каскад (эмиттерный повторитель) и линейный усилитель, импульсы напряжения поступают на вход дискриминатора нижнего уровня. Согласующий каскад, установленный в гильзе прибора, является усилителем мощности импульсов и служит для согласования большого сопротивления схемы гильзы с малым сопротивлением кабеля, по которому импульсы передаются в пульт управления прибора.

Назначение линейного усилителя заключается в увеличении амплитуды импульсов до 10—12 в с целью обеспечения нормальной работы дискриминатора.

Дискриминатор нижнего уровня пропускает импульсы, амплитуда которых выше определенного уровня нижнего порога дискриминации. Последний в приборе СП-3 может регулироваться в пределах 0,3—10,5 в.

Далее импульсы усиливаются линейным услителем — экспандером в 10 раз и поступают одновременно на триггер нижнего уровня и дискриминатор верхнего уровня. Последний пропускает импульсы, амплитуда которых ниже определенного уровня — верхнего порога дискриминации. С выхода дискриминатора верхнего уровня они подаются в триггер верхнего уровня. Триггеры служат для нормализации импульсов по форме, длительности и амплитуде.

Схема антисовпадений пропускает те импульсы, которые поступают с выхода дискриминатора нижнего уровня и не пропускаются дискриминатором верхнего уровня. Импульсы, поступающие одновременно с обоих дискриминаторов, схемой не регистрируются. Таким образом, схема антисовпадений осуществляет отбор импульсов, амплитуда которых находится в интервале установленных уровней дискриминации, называемом шириной канала или окна.

Далее импульсы поступают на схему пересчета, где их общее число делится на 4. Измерение скорости следования импульсов осуществляется стрелочным индикатором интенсиметра или (при малых скоростях счета) — электромеханическим счетчиком МЭС-54.

Для питания электрической схемы гамма-спектрометра СП-3 используются шесть батарей типа 11,5-ПМЦГ-У-1,3 со схемой стабилизации и одна батарея типа 48-ПМЦГ-64ч. Последняя служит для питания электромеханического счетчика. Один комплект батарей 11,5-ПМЦГ-У-1,3 обеспечивает работу прибора в течение шести дней при семичасовом рабочем дне. Батарея 48-ПМЦГ-64ч может служить больший срок, в зависимости от загруженности электромеханического счетчика.

Гамма-спектрометр СП-3 рассчитан для работы при температуре окружающей среды от нуля до +50° С и относительной влажности до 95%.

При раздельном определении содержания урана и тория диапазон измерений — от кларковых содержаний до 0,5% по урану и до 1% по торию.

В комплект прибора входят гильза с кабелем, пульт управления и рудные эталоны урана, тория, калия. Вес комплекта в рабочем состоянии 9 кг.

2. У с т р о й с т в о п р и б о р а. Гильза гамма-спектрометра СП-3 представляет собой алюминиевый цилиндрический стакан диаметром 105 мм, длиной 374 мм, закрытый крышкой с резиновым уплотнителем, позволяющим опускать гильзу в воду без нарушения работоспособности. Внутри нее расположены счетчик γ -излучения (в нижней части), схемы генератора высокого напряжения и выходного каскада. На нижнюю часть гильзы надет резиновый колпачок для предохранения от ударов, а в верхней части ее имеется ручка для переноса. В нерабочем положении гильзу переносят на плечевом ремне. На крышке гильзы закрепляются кабель, соединяющий гильзу с пультом через штепсельный разъем 11 (рис. 74), и рукоятка потенциометра (шлиц для отвертки, закрытый колпачком) для регулировки напряжения питания ФЭУ.

На лицевой части пульта гамма-спектрометра установлены органы управления прибором. Интенсивность γ -излучения измеряется стрелочным индикатором 1 или электромеханическим счетчиком 2. Диапазон измерений (в *имп/сек*) стрелочного прибора (250, 1000, 2500 и 10 000) задается при помощи переключателя 3. Постоянная времени интенсиметра в положении «250₂» переключателя 3 равна 12 сек, в остальных положениях 4 сек. В зависимости от поло-

жений тумблера 4 счетчик МЭС-54 может регистрировать все импульсы или каждый четвертый импульс. В нейтральном положении тумблера 4 счетчик 2 выключается.

Слуховая проверка работоспособности прибора и качественная оценка интенсивности γ -излучения осуществляются по телефону, который включается в гнездо 5.

В положении «В» переключателя 6 питание прибора выключено, в положениях «П; ПС; ВН» выполняется проверка соответственно напряжения источников питания схемы прибора, напряжения батареи питания МЭС-54 и высокого напряжения питания ФЭУ. В положении «СЧ» переключателя 6 производится измерение гамма-интенсивности.

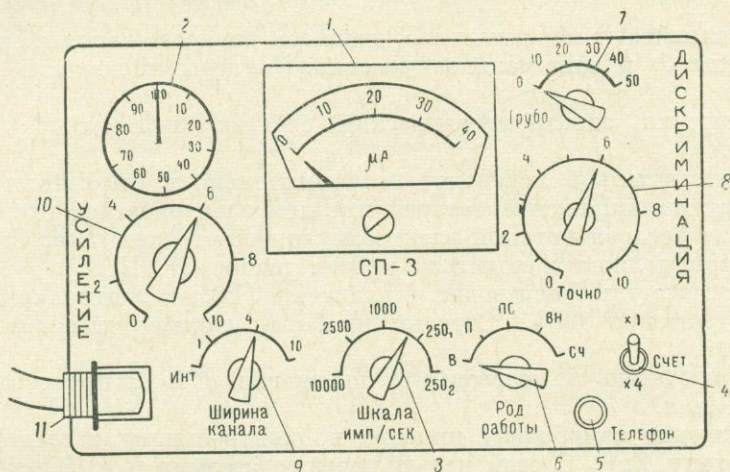


Рис. 74. Пульт управления гамма-спектрометра СП-3.

Ширина канала дискриминации устанавливается при помощи переключателя 9. В положении «1» данного переключателя ширина канала минимальна, в положении «10» — максимальна. Необходимый уровень канала (его нижняя граница) устанавливается переключателями 7 и 8, а его верхняя граница определяется суммой показаний переключателей 7, 8 и 9. В положении «Инт.» переключателя 9 регистрируются все импульсы, амплитуда которых выше уровня дискриминации, определяемого суммой показаний переключателей 7 и 8.

Таким образом, переключатель 9 позволяет установить интегральный (в положении «Инт.») или дифференциальный (в остальных положениях) режимы работы гамма-спектрометра. Высота порога дискриминации в интегральном режиме (или высота нижней границы канала в дифференциальном режиме) может регулироваться в диапазоне от 0,15—0,3 до 3 Мэв.

Переключателем 10 регулируется амплитуда импульсов (на выходе линейного усилителя) при настройке прибора.

Внутри корпуса гамма-спектрометра имеются четыре потенциометра для настройки шкалы стрелочного прибора на диапазонах 250, 1000, 2500 и 10 000 имп/сек. На левой внешней стенке корпуса установлена защелка для крепления радиоактивного изотопа Zn^{65} . Пульт управления и гильза транспортируются и хранятся в вертикальном положении в специальном укладочном ящике.

К прибору прилагаются три эталона с урановой, ториевой рудами и эталонном калия, представляющие собой диски толщиной 4 см, диаметром 16 см. Эталоны хранятся в специальном ящике.

3. Включение прибора и проверка его работоспособности. Перед включением гамма-спектрометра СП-3 переключатель 6 (рис. 74) устанавливают в положение «В» (выключено), в пульт управления вставляют батареи питания согласно указанной полярности, к штепсельному разъему II пульта подключают кабель гильзы прибора.

Включение прибора для измерений производят в следующем порядке.

1. Устанавливают минимальный нижний уровень дискриминации (нулевые положения переключателей 7 и 8 и положение «Инт.» переключателя 9).

2. Устанавливают максимальный диапазон измерений (положение «10 000» переключателя 3) и минимальное усиление (нулевое положение переключателя 10).

3. Выключают электромеханический счетчик (нейтральное положение тумблера 4).

4. Переключатель 6 переводят последовательно в положения «П», «ПС» и контролируют напряжение батарей питания электрической схемы прибора и напряжение батарей питания электромеханического счетчика. Стрелка прибора при этом должна находиться против риски «П, ПС».

5. Переключатель 6 переводят в положение «ВН» и контролируют высокое напряжение питания ФЭУ. Стрелка прибора должна установиться против риски «ВН».

6. Переключатель 6 переводят в положение «СЧ» и прогревают прибор в течение 30 мин.

7. Производят калибровку прибора по контрольному источнику γ -излучения — изотопу Zn^{65} . С этой целью переключателями 7 и 8 устанавливают положение (указанное в паспорте прибора), соответствующее максимальному показанию от изотопа (фотопик) и при диапазоне «1000» и минимальном размере канала дискриминатора (положение «1» переключателя 9) под торцовую часть гильзы устанавливают контрольный источник Zn^{65} . Далее при помощи переключателя 10 добиваются установки фотопика (максимального показания стрелки прибора). Правильность установки фотопика контролируют по равенству показаний прибора в каналах дискриминатора, отличающихся от показаний паспортного канала на ± 1 ступень. Если, например, по паспорту фотопик приходится на 22-ую ступень (положение «20» переключателя 7 и положение «2» переключателя 8), то, регулируя усиление, добиваются одинаковых показаний прибора на 21-ой и 23-ей ступенях.

После выполнения калибровки прибор считается исправным и подготовленным к измерениям.

4. Калибровка энергетической шкалы и градуировка гамма-спектрометра для отдельного измерения урана, тория и калия. Подготовка гамма-спектрометра СП-3 к отдельному определению содержания урана, тория и калия включает сложный цикл калибровочных и градуировочных операций, большинство которых выполняется на заводе или (после смены кристалла, ФЭУ и ремонта электрической схемы) в стационарных условиях мастерской.

Конечной целью указанных операций являются калибровка энергетической шкалы дискриминатора, выбор рабочих энергетических интервалов (положений дискриминаторов) для урана, тория и калия и определение экви-

валентных содержаний урана, тория и калия рудных эталонов прибора для каждого энергетического интервала.

В результате калибровки энергетической шкалы (при помощи изотопов с энергией γ -излучения 0,5—3 Мэв) устанавливают зависимость изменения нижнего уровня дискриминации (нижней границы канала дискриминатора) (в Мэв) от показаний переключателей 7 и 8 (рис. 74). Другими словами, получают график, позволяющий определять, какому порогу дискриминации (в Мэв) соответствует то или иное показание дискриминаторов.

В процессе выбора рабочих интервалов для урана, тория и калия выясняют, при каком показании дискриминаторов больше всего сказывается излучение каждого из названных выше элементов. Обычно рабочие интервалы располагаются следующим образом: «калиевый» интервал 27—28 делений (1,35—1,55 Мэв), «урановый» 33—35 делений (1,65—1,85 Мэв), «ториевый» 48—54 делений (2,5—2,7 Мэв).

Рабочие интервалы определяют путем снятия дифференциальных спектров в моделях урана, тория и калия: для каждой модели при ширине канала, равной 4 делениям (переключатель 9 в положении «4»), выполняют наблюдения, начиная с показания «10» дискриминатора 7 и с показания «2» дискриминатора 8 и кончая последним делением шкалы.

Градуировку прибора с целью определения рабочих коэффициентов выполняют путем измерений на насыщенных моделях (размерами не менее $1 \times 1 \times 1$ м) равновесного урана, тория и калия на всех трех энергетических интервалах.

Рабочие коэффициенты для насыщенной модели урана на трех энергетических интервалах вычисляют по формулам

$$a_1 = \frac{N_1^U}{U}; \quad a_2 = \frac{N_2^U}{U}; \quad a_3 = \frac{N_3^U}{U},$$

где U — содержание равновесного урана в модели в %; N_1^U , N_2^U и N_3^U — скорость счета от модели соответственно на первом, втором и третьем энергетических интервалах в *имп/сек*.

Аналогичным образом вычисляют коэффициенты b_1 , b_2 и b_3 для тория и коэффициенты c_1 , c_2 и c_3 для калия. Рабочие коэффициенты приводятся в паспорте прибора.

Далее проводят аналогичные измерения на рудных эталонах и вычисляют эквивалентные содержания урана, тория и калия на всех трех энергетических интервалах.

Эквивалентные содержания урана в рудном эталоне (в %) на трех энергетических интервалах вычисляют по формулам

$$U_1 = \frac{N_1^U}{a_1}; \quad U_2 = \frac{N_2^U}{a_2}; \quad U_3 = \frac{N_3^U}{a_3}.$$

Аналогичным образом определяют эквивалентные содержания эталона тория Th_1 , Th_2 и Th_3 и эталона калия K_1 , K_2 и K_3 . Указанные величины приводятся в паспорте прибора.

Более подробно описанный цикл калибровочных и градуировочных операций излагается в заводских инструкциях, которые прилагаются к каждому комплекту прибора.

5. Полевые наблюдения с прибором. Перед началом полевых измерений на участке определяют фон гамма-спектрометра, обусловленный

радиоактивным загрязнением гильзы и космическим излучением. Фон прибора определяют при минимальном пороге дискриминации (нулевые положения переключателей 7 и 8 (см. рис. 74) и положение «Инт.» переключателя 9) и в рабочих (калиевом, урановом и ториевом) интервалах над водной поверхностью в удалении от берега не менее чем на 10 м при глубине водоема 2 м и более. Гильзу в вертикальном положении погружают на глубину 10—15 см таким образом, чтобы кристалл находился ниже водной поверхности. Перед началом работ по определению фона прибора выполняют операции, указанные в пункте 3 настоящего параграфа, затем при установке гильзы в нужное положение включают электромеханический счетчик и выполняют измерения. Контрольный источник Zn^{65} удаляют на расстояние более 3 м от гильзы. Для обеспечения необходимой точности измерений на каждом энергетическом интервале должно быть просчитано не менее 100 импульсов.

Для гамма-спектрометра СП-3 фон составляет 30—60 *имп/мин* на «калиевом» интервале, 20—40 *имп/мин* на урановом и 5—10 *имп/мин* на ториевом интервале.

Перед началом работы на участке и впоследствии один раз в месяц проверяют паспортные значения коэффициентов a_i, b_i, c_i ($i = 1; 2; 3$). С этой целью выполняют операции, указанные в пункте 3 настоящего параграфа, после чего измеряют нормальный фон прибора (гильзу устанавливают вертикально в строго определенном положении) на всех энергетических интервалах, затем к торцу гильзы прикладывают поочередно рудные эталоны урана, тория и калия и для каждого эталона выполняют измерения на всех трех энергетических интервалах. Диапазон измерений подбирают таким образом, чтобы стрелка прибора отклонялась не менее чем на 25 делений шкалы. При измерениях в рудном эталоне урана на третьем интервале и в рудном эталоне калия на втором и третьем интервалах скорость счета измеряют электромеханическим счетчиком.

Коэффициенты a_1, a_2, a_3 для рудного эталона урана на трех энергетических интервалах вычисляют по формулам

$$a_1 = \frac{U_1}{N_1^U - \Phi_1}; \quad a_2 = \frac{U_2}{N_2^U - \Phi_2}; \quad a_3 = \frac{U_3}{N_3^U - \Phi_3},$$

где N_1^U, N_2^U, N_3^U — скорость счета от уранового эталона соответственно в первом, втором и третьем энергетических интервалах в *имп/сек*; Φ_1, Φ_2 и Φ_3 — нормальный фон соответственно в каждом из трех интервалов в *имп/сек*.

Аналогичным образом находят коэффициенты b_1, b_2 и b_3 для тория и коэффициенты c_1, c_2 и c_3 для калия.

Расхождения между вычисленными значениями коэффициентов a_i, b_i и c_i ($i = 1; 2; 3$) и их величинами, указанными в паспорте, не должны превышать 10%. В ином случае для рабочих вычислений принимают коэффициенты, полученные при измерении в рудных эталонах.

В начале работы на участке и впоследствии еженедельно проверяют скорость счета от ториевого рудного эталона на всех энергетических интервалах при строгом сохранении геометрии измерений. Допустимое расхождение между результатами первого измерения и каждого последующего не должно превышать 10%. В ином случае выполняют повторные измерения во всех рудных эталонах и для работы принимают новые значения коэффициентов a_i, b_i и c_i .

Ежедневно, перед началом и в конце рабочего дня, проверяют стабильность работы прибора на контрольной точке. По результатам измерений на контроль-

ной точке вычисляют концентрацию урана, тория и калия (см. пункт 6 настоящего параграфа) и результаты оформляют в виде графиков определенных концентраций, по которым оценивают среднюю квадратическую ошибку.

Все результаты наблюдений при настройке, калибровке и градуировке прибора и наблюдений на контрольной точке оформляют в специальном журнале контрольных измерений.

Рядовые измерения на точке в начале дня выполняют в следующем порядке.

1. Включают прибор (см. рис. 74), проверяют режимы питания, выполняют калибровку по изотопу Zn^{65} и прогревают прибор в течение 30 мин, как это было описано в пункте 3 данного параграфа.

2. Гильзу прибора устанавливают в вертикальном положении на точке наблюдений (желательно, чтобы точка наблюдений располагалась в середине горизонтальной площадки размером в несколько квадратных метров) и измеряют интегральную скорость счета при минимальном пороге дискриминации, а затем скорость счета в рабочих интервалах. При скорости счета больше 50 *имп/сек* отсчет берут по стрелочному индикатору на таком диапазоне, на котором стрелка отклонялась бы на большее число делений, но не выходила бы за пределы шкалы. Если скорость счета меньше 50 *имп/сек*, то отсчет берут по электромеханическому счетчику при положении «X4» тумблера 4, а при скорости счета меньше 2 *имп/сек* — при положении «1» тумблера 4. Время одного измерения зависит от скорости счета.

При определении кларковых содержаний радиоактивных элементов длительность замера общей интенсивности составляет 1—2 мин, длительность замеров на первом энергетическом интервале 2—3 мин, на втором 4—5 мин и на третьем интервале 5—6 мин.

Переходя на следующую точку измерений, питание прибора не выключают. Перед началом замера на каждой последующей точке проверяют и настраивают усиление по контрольному источнику Zn^{65} . Во время измерений на точке контрольный источник должен находиться за защелкой на стенке пульта управления.

Результаты наблюдений заносятся в специальный журнал.

6. Обработка результатов измерений. Обработка результатов измерений заключается в вычислении раздельного содержания калия, урана и тория в породах на точках наблюдений.

Зависимость скоростей счета в первом (N_1), втором (N_2) и третьем (N_3) энергетических интервалах от содержания урана U, тория Th и калия K в породе определяют по следующей системе уравнений:

$$N_1 = a_1U + b_1Th + c_1K,$$

$$N_2 = a_2U + b_2Th + c_2K,$$

$$N_3 = a_3U + b_3Th + c_3K,$$

где a_i , b_i , c_i ($i = 1; 2; 3$) — коэффициенты, величины которых имеются в паспорте прибора.

Эту систему уравнений для непосредственного вычисления содержаний U, Th и K преобразуют к следующему виду:

$$U = A_1N_1 + B_1N_2 + C_1N_3,$$

$$Th = A_2N_1 + B_2N_2 + C_2N_3,$$

$$K = A_3N_1 + B_3N_2 + C_3N_3,$$

где A_i, B_i, C_i ($i = 1; 2; 3$) — коэффициенты, полученные при решении первой системы уравнений; величины этих коэффициентов указываются в паспорте прибора.

Если при проверке коэффициентов a_i, b_i, c_i значения их изменились не более чем на 10%, то содержание урана, тория и калия вычисляются по формулам второй системы уравнений с паспортными значениями коэффициентов A_i, B_i и C_i ($i = 1; 2; 3$). Если же величины коэффициентов a_i, b_i, c_i (при наблюдениях в рудных эталонах) изменились более чем на 10%, то для работы принимают новые, полученные при проверке коэффициенты, на основании которых вновь решают первую систему уравнений, в результате чего вычисляют новые значения коэффициентов A_i, B_i и C_i . Полученные значения коэффициентов используются при вычислении содержаний урана, тория и калия.

Результаты наблюдений с гамма-спектрометром изображают в виде графиков общей интенсивности и содержаний урана, тория и калия по профилям или (в случае площадных работ) в виде планов изолиний указанных параметров.

§ 46. Полевые эманометры

1. Устройство эманометров ЭМ-6П и «Радон». Чувствительным элементом эманометра ЭМ-6П является камера, стенки которой покрыты тонким слоем сернистого цинка. Камера соединяется с фотоэлектронным умножителем. Под действием α -излучения радиоактивных эманаций на стенках камеры возникают световые вспышки, которые преобразуются фотоумножителем в электрические импульсы. В дальнейшем импульсы усиливаются, проходят через дискриминатор, срезающий шумовые (не связанные с эманацией) сигналы, нормализуются и поступают на измеритель скорости счета. Частота импульсов, пропорциональная концентрации эманации в камере, может быть прослушана по телефону.

Сцинтилляционный эманометр ЭМ-6П (рис. 75) состоит из пробоотборника, поршневого насоса, сцинтилляционной камеры, измерительного пульта и соединительных резиновых трубок. Пробоотборник состоит из конусообразного корпуса 1 с ручкой 4, внутри которого вмонтирована металлическая трубка 2 (рис. 75, а). В нижней части трубки имеются отверстия 3 для прохождения почвенного воздуха. В верхней части пробоотборника к металлической трубке присоединяется резиновый шланг 5. Пробоотборник вставляется в шпур (бурку), пробитый при помощи специального стального стержня с острым наконечником. Ручка 4 служит для извлечения пробоотборника из бурки и для его переноски.

Насос состоит из металлического цилиндрического корпуса 6, в верхней части которого установлено поршневое устройство 11 с ручкой 10, а в нижней части — осушитель с пылеуловителем 7. К верхней части наружного корпуса насоса держателем 9 крепится измерительный пульт 13. В рабочем положении насос с измерительным пультом ставится на педаль 8, которую прижимает к земле ногой оператор.

К нижней части измерительного пульта крепится сменная сцинтилляционная камера 12. На верхней панели пульта расположены элементы управления прибором.

Концентрация эманации измеряется стрелочным индикатором 14 (см. рис. 75, б). Шкала индикатора разбита на 50 делений. Переключателем 15 можно установить один из трех диапазонов шкалы: 50; 250 или 1250 эманов. В положении «Контр.» проверяется режим питания прибора. При этом посред-

ством реостата 17 стрелка прибора 14 устанавливается на режимную риску шкалы (заштрихованный треугольник). К клеммам 18 подключается телефон. Реостат 16 служит для подстройки диапазонов измерений эманометра.

Внутри корпуса прибора (в нижней части) имеется батарейный отсек (люк с крышкой), в который вставляются две батареи типа 11,5—ПМЦГ-У-1,3. Вес прибора ЭМ-6П (без пробоотборника) 8 кг.

По устройству и принципу работы эманометр «Радон» во многом аналогичен прибору ЭМ-6П. Основные его отличия от ЭМ-6П заключаются в том, что

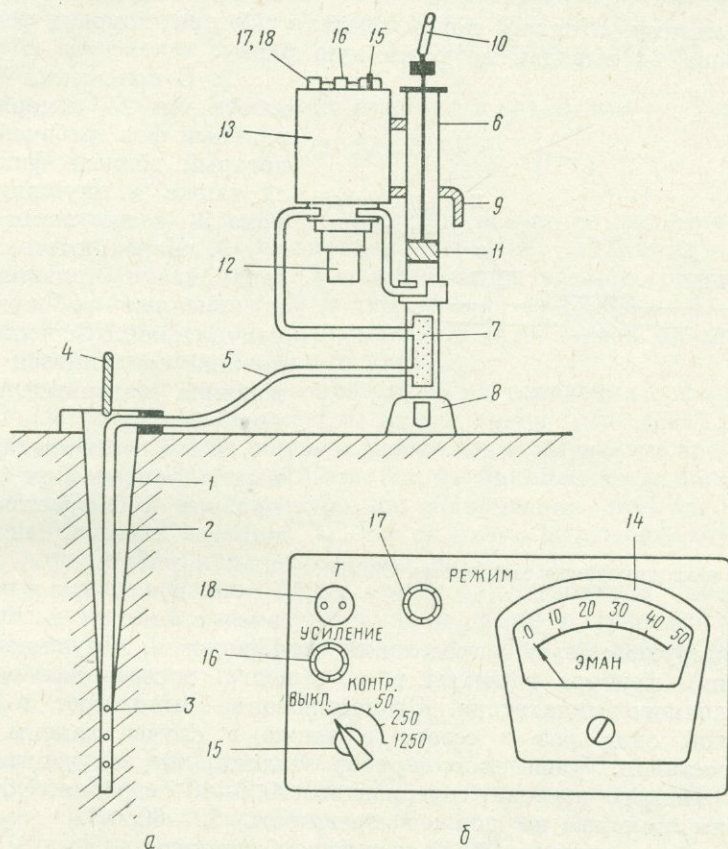


Рис. 75. Сцинтилляционный эманометр ЭМ-6П.

он имеет более высокую чувствительность (не менее 2,8 *имп/сек* на 1 эман при трехчасовом накоплении продуктов распада радона), больший диапазон измерений (пределы измерения 50; 250; 1000 и 5000 *имп/сек*) и возможность непосредственного счета импульсов при помощи специального блока пересчета, который входит в комплект прибора. Блок пересчета позволяет измерять малые концентрации эманаций. Это дает возможность применять прибор не только для поисков радиоактивных руд, но и при дозиметрическом контроле в горных выработках и служебных помещениях.

Электрическая схема прибора, выполненная на транзисторах, питается от шести элементов типа «Марс», которые обеспечивают нормальную работу

при температуре от -10 до $+50^{\circ}\text{C}$ в течение 25 ч; напряжение питания стабилизировано.

Комплект эманометра «Радон» состоит из измерительного пульта, блока пересчета, насоса и двух пробоборборников. Общий вес комплекта с пробоборборниками около 12 кг, а без пробоборборников 8 кг.

2. Включение эманометра ЭМ-6П и проверка его работоспособности. Пульт прибора заряжают батареями питания. Включение эманометра и проверку его работоспособности выполняют в следующем порядке.

1. В положении «Контр.» переключателя 15 при помощи реостата 17 стрелку прибора 14 выводят на режимную риску.

2. В положении «50» переключателя 15 измеряют натуральный фон рабочей камеры, который должен фиксироваться также в наушниках телефона 3—4 щелчками в 1 мин.

3. Переключателем 15 устанавливают диапазон «250» и заменяют рабочую камеру контрольной. Стрелка прибора должна отклониться на число делений, указанных в паспорте прибора.

Если соответствие паспортных и фактических показаний прибора соблюдается, то эманометр считают подготовленным к работе.

3. Эталонирование эманометра ЭМ-6П. Эманометр

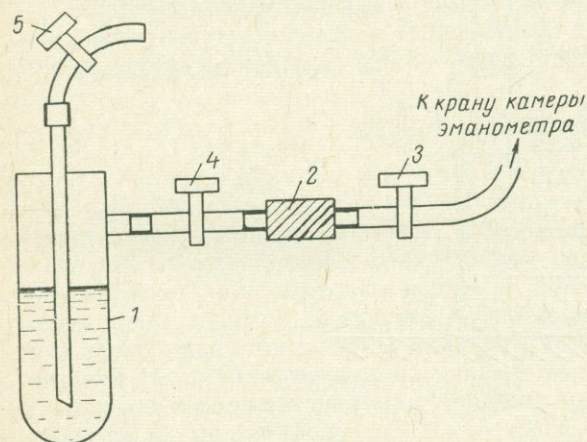


Рис. 76. Схема эталонирования эманометра ЭМ-6П.

нометр эталонируют с целью определения коэффициента, позволяющего перевести показания прибора в эманы, т. е. с целью определения цены одного деления стрелочного индикатора. Эталонирование выполняют в стационарной мастерской один раз в сезон, а также в случае замены покрытия камер светосоставом. Чаще всего прибор эталонируют вакуумным способом при помощи жидкого эталона, содержащего 10^{-8} — 10^{-9} г радия. Объем барботера с жидким эталоном не должен превышать 50—60 см³.

Эталонирование выполняют в следующем порядке.

1. Эманометр надежно закрепляют в вертикальном положении специальным устройством.

2. Производят те же операции, что и при включении прибора и проверке его работоспособности; в случае необходимости подстраивают диапазоны реостатом 16 в положении «250» переключателя 15 при подсоединенной к прибору контрольной камере; если отсчет с контрольной камерой не соответствует паспортному, то этого соответствия добиваются изменением положения реостата 16.

3. Барботер 1 с жидким эталоном радия (рис. 76) подсоединяют к камере прибора через осушитель 2 (см. также 7 на рис. 75, а).

4. Вакуумным насосом (или насосом эманометра) в камере эманометра создают разрежение.

5. Раствор в барботере 1 встряхивают, приоткрывают зажим 3, затем зажим 4.

6. Закрывают зажим 4 и осторожно открывают зажим 5. Затем закрывают зажим 5, осторожно открывают зажим 4. Это повторяют 2—3 раза, после чего зажимы 4 и 5 оставляют открытыми до тех пор, пока через раствор в барботере не перестанут проходить пузырьки воздуха.

7. Зажим 3 закрывают и в течение 3 ч с интервалом 5—10 мин берут отсчеты по шкале прибора, записывают их в специальный журнал. Если сравнить отсчеты, взятые сразу и через 3 ч после введения радона в камеру, то последний отсчет должен превышать первый приблизительно в 3 раза. Это связано с тем, что в камере происходит накопление радиоактивных продуктов распада эманации радона.

8. Вычисляют цену деления K прибора в (эман/дел) по формуле

$$K = \frac{2,7 \text{ Ra}_{\text{эт}} (1 - e^{-\lambda t})}{n_{3\text{ч}} V_{\text{к}}} \cdot 10^{10},$$

где $\text{Ra}_{\text{эт}}$ — содержание радия в эталоне в г, взятое из паспорта жидкого эталона; $V_{\text{к}}$ — объем камеры в л (для прибора ЭМ-6П $V_{\text{к}} = 0,5$ л); t — время накопления радона в барботере в ч; λ — постоянная распада радона в ч⁻¹; e — основание натурального логарифма (выражение $e^{-\lambda t}$ определяют по таблицам в справочной литературе по радиометрии); $n_{3\text{ч}}$ — отсчет по шкале прибора через 3 ч после введения радона в камеру.

Величину t в этой формуле определяют на основании паспортных данных эталона. В паспорте эталона указаны дата и время t_y (в часах) установки эталона на накопление. Таким образом можно легко вычислить время t (в часах), прошедшее от момента установки эталона на накопление до момента эталонирования. В справочной литературе по радиометрии имеются таблицы, при помощи которых, зная величину t_y , можно найти выражение $e^{-\lambda t}$. Так, для t , равного 6 дням и 14 ч, это выражение равно 0,30312.

9. После эталонирования берут отсчет с контрольной камерой, который также записывают в специальный журнал. Если полученная цена деления резко отличается от 1 эман/дел (на диапазоне «50»), то вычисляют эквивалент $C_{\text{к}}$ контрольной камеры (в эманах) по формуле

$$C_{\text{к}} = n_{\text{к}} K,$$

где $n_{\text{к}}$ — показание прибора с контрольной камерой.

Далее, пользуясь эквивалентом $C_{\text{к}}$ выполняют постройку диапазонов: в положении «Контр.» переключателя 15 (см. рис. 75, б) на диапазоне «250» реостатом 16 выводят стрелку прибора на отсчет, равный $1/5 C_{\text{к}}$. Этим отсчетом пользуются для контроля за дальнейшей работой прибора.

После эталонирования зажимы 4 и 5 барботера (см. рис. 76) закрывают (или концы стеклянных трубок барботера запаивают). Эталон ставят на накопление. В паспорте эталона записывают дату и время (в часах) установки барботера на накопление радона. Результаты эталонирования записывают в журнал прибора.

4. Методика и техника эманационной съемки с прибором ЭМ-6П. Эманационную съемку проводят по профилям, заранее проложенным вкрест простирания искоемых радиоактивных объектов. Сеть наблюдений поисковой стадии работ зависит от масштаба съемки. При детализации аномалий съемку выполняют с шагом 0,5—5 м и расстоянием между профилями соответственно 2—20 м.

Съемку проводят в следующем порядке.

1. В точке наблюдений при помощи стального ломика или механического бура рабочий пробивает бурку (углубление в почве) глубиной 50—80 см и вставляет в нее пробоотборник.

2. Оператор устанавливает прибор на точке наблюдения, прижимая педаль 8 ногой (см. рис. 75, а), измеряет натуральный фон камеры, затем подключает шланг 5 пробоотборника к осушителю 7 и закачивает в камеру почвенный воздух (5—6 качаний насоса 6). После окончания отбора пробы воздуха оператор закрывает краны камеры и берет отсчет по шкале прибора; наблюдает за показанием стрелки в течение 5—10 сек, записывает в журнал среднее показание. В журнал записывает также глубину отбора проб и другие данные.

3. После взятия отсчета оператор отсоединяет шланг 5, открывает краны и прокачивает камеру (10—15 качаний насоса).

На каждой 10—15-й точке в нормальном поле и на каждой точке с аномальным значением отсчета (в 2—3 раза превышающим нормальные отсчеты) выполняют два замера: один через 15 сек, другой через 60 сек после закачки в камеру почвенного воздуха. Эти замеры необходимы для раздельного определения концентраций радона и торона в почвенном воздухе. В пределах аномальных зон в 2—3 точках проводят также замеры с 15-секундной и 3-минутной экспозициями. Это позволяет более точно установить соотношение между концентрациями радона и торона.

В течение наблюдений камера прибора загрязняется продуктами распада эманаций, натуральный фон становится высоким, что затрудняет измерения. В этом случае камеру заменяют запасной. Зараженную камеру промывают в теплой мыльной воде тампоном ваты.

Контрольные замеры в объеме 5—10% от общего числа точек наблюдений на участке выполняет отдельная бригада через несколько дней. Кроме того на аномальных пунктах проводят повторные замеры в процессе съемки.

Не менее трех раз в день берут замеры с контрольной камерой. При этом полученные данные не должны отличаться от величины, указанной в паспорте (или от отсчета, полученного при эталонировании), более чем на 10%.

5. Обработка результатов эманационной съемки. При обработке результатов съемки вычисляют общую концентрацию эманации и раздельную концентрацию радона и торона. Общую концентрацию (в эманациях) определяют путем умножения отсчета (за вычетом натурального фона) в делениях на цену деления, полученную при эталонировании.

Раздельную концентрацию радона (C_{Rn}) и торона (C_{Tn}) вычисляют по формулам

$$C_{Rn} = 1,6 (n_{1'} - 0,5n_{15''}) K,$$

$$C_{Tn} = n_{15''} K - C_{Rn}$$

или

$$C_{Rn} = 0,88 (n_{3'} - 0,1n_{15''}),$$

$$C_{Tn} = n_{15''} K - C_{Rn},$$

где $n_{15''}$, $n_{1'}$ и $n_{3'}$ — отсчеты в делениях, полученные соответственно через 15 сек, 1 и 3 мин после введения в камеру почвенного воздуха.

По результатам профильной съемки строят графики изменения общей концентрации эманаций. Горизонтальный масштаб графиков определяется масштабом съемки. Вертикальный масштаб зависит от интенсивности встречаемых аномалий и может меняться от 10 до 50 эман в 1 см.

Совместно с графиками основных наблюдений наносят значения точек контрольных замеров. Результаты съемки считаются удовлетворительными, если общая конфигурация основных и контрольных графиков совпадает.

Результаты наблюдений площадной эманационной съемки изображают в виде планов изоэман. На планах показывают точки с раздельным определением C_{Rn} и C_{Tn} и подписывают значения последних.

6. Определение концентраций радия и радона в водной пробе. Определение концентрации радия в водной пробе может быть выполнено вакуумным способом по той же методике, что и эталонирование. Для этого водную пробу заливают в барботер, где она выстаивается в течение нескольких дней, после чего накопившийся радон (продукт распада радия) вакуумным методом переводят в камеру и производят измерения в течение 3 ч. Количество радия в пробе (в g) вычисляют по формуле

$$Ra_{пр} = \frac{Kn_{3ч}V_k \cdot 10^{-10}}{2,7(1 - e^{-\lambda t})},$$

где обозначения K , $n_{3ч}$, V_k , λ и t те же, что и в формуле, используемой при эталонировании.

Для определения концентрации радия в пробе (в g/l) вес содержащегося в ней радия (в g) делят на объем пробы (в l).

Концентрацию радона в пробе (в $эман/l$) в момент измерения вычисляют по формуле

$$Rn_{пр} = \frac{Kn_{3ч}}{2,7V_{п}};$$

здесь $V_{п}$ — объем пробы в l .

Концентрацию радона в пробе в момент взятия последней из водного источника определяют из выражения

$$Rn'_{пр} = \frac{Rn_{пр}}{e^{-\lambda \Delta t}},$$

где Δt — время, прошедшее между моментом взятия пробы и моментом измерения в ч; λ — постоянная распада радона в $ч^{-1}$; выражение $e^{-\lambda \Delta t}$ определяют по таблицам в справочной литературе по радиометрии.

Глава XV

ЛАБОРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ ПРОБ

§ 47. Лабораторная гамма-бета-установка ДП-100

1. Принцип работы и краткая техническая характеристика установки. Лабораторная установка ДП-100 (рис. 77) предназначена для измерения радиоактивности проб импульсным методом по γ - и β -излучению.

В качестве γ - и β -датчиков в установке применены цилиндрические счетчики СТС-5 и СТС-6 и торцовые счетчики МСТ-17. Импульсы, возникающие на выходе счетчика, усиливаются двумя каскадами усилителя (один из них установлен в блоке счетчиков, другой — в пульте прибора), пересчитываются двумя декатронами, нормализуются и регистрируются электромеханическим

счетчиком МЭС-54. Для проверки синхронности работы пересчетного устройства и электромеханического счетчика в схеме прибора предусмотрен контрольный генератор.

Электрическая схема установки может питаться от промышленной сети переменного тока напряжением 220 в, а также от аккумулятора 5-НКН-45 напряжением 6 в. При работе с аккумулятором постоянное напряжение преобразуется вибропреобразователем в пульсирующее, поступает на выпрямитель с силовым трансформатором и на высоковольтный выпрямитель, обеспечивающие анодное напряжение 75 в и высокое напряжение 250—2000 в. Напряжение на индикаторные лампы подается с силового выпрямителя, но дополнительно стабилизируется.

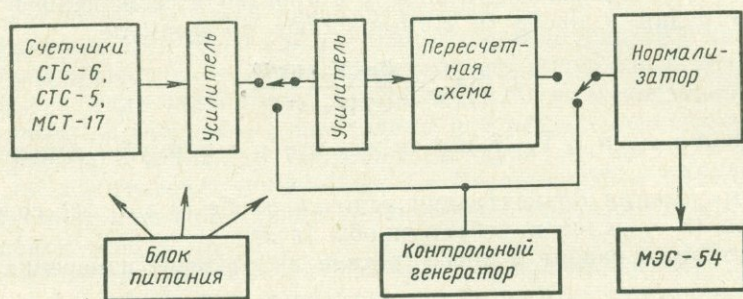


Рис. 77. Блок-схема установки ДП-100.

При питании от сети переменного тока напряжение на силовой и высоковольтный трансформаторы подается через бареттор с ферромагнитного стабилизатора. Это обеспечивает неизменность напряжения питания при изменении напряжения в сети.

Установка ДП-100 обеспечивает счет импульсов в объеме до 10 000 со средней скоростью не более 5000 *имп/сек.* Она может работать при 75%-ной влажности и колебании температуры от -10 до $+50^{\circ}$ С. Общая погрешность счета импульсов не превышает $\pm 5\%$.

Вес установки в стационарном варианте до 175 кг, в полевом — до 195 кг; увеличение ее веса в полевом варианте вызвано наличием аккумулятора.

2. Устройство установки. Комплект установки ДП-100 состоит из пульта управления, блока газовых счетчиков (БГС), соединительных кабелей и свинцового домика, в котором размещаются газовые счетчики и порошковые пробы, подлежащие измерению.

Свинцовый домик имеет три полочки для установки препаратов в специальных тарелочках и две диафрагмы, ослабляющие излучение соответственно в 5 и в 35 раз.

Число импульсов, возникающих от радиоактивной пробы или эталона, регистрируется индикаторными лампами 2 (до 100 *имп*) и счетчиком 1 типа МЭС-54 (рис. 78), фиксирующим каждую сотню импульсов; показание счетчика МЭС-54 нужно умножить на 100 и к полученному произведению прибавить сумму цифр на горящих лампах. Время, в течение которого ведется счет импульсов, измеряется секундомером-часами 3. При нажатии на пусковую кнопку 4 секундомера синхронно с последним включается счетная схема. При помощи кнопки 5 заводится пружинный механизм секундомера.

Счет импульсов ведется при положении «Работа» переключателя 6. В положении «Контр.» переключателя 6 на входы счетчика МЭС-54 и пересчетной схемы подаются импульсы от контрольного генератора. Совпадение показаний пересчетной схемы и электромеханического счетчика по истечении 1,5—2 мин работы контрольного генератора является показателем правильности работы счетного устройства прибора. В положении «Пров. ламп.» переключателя 6 выполняется по стрелочному прибору 7 контроль за анодным напряжением.

Необходимое напряжение питания на счетчике устанавливается при помощи переключателя 8 и потенциометров 9 и 10, расположенных под крышками. Если работа ведется с применением цилиндрических счетчиков СТС-5

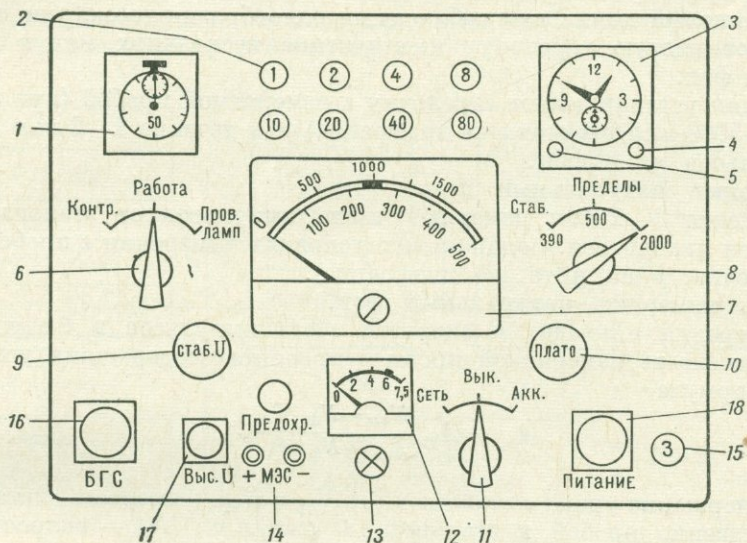


Рис. 78. Пульт управления установки ДП-100.

и СТС-6, то используется стабилизированное напряжение 390 в. Точная величина стабилизированного напряжения при установке переключателя 8 в положение «Стаб. 390» подбирается потенциометром 9 и контролируется по нижней шкале стрелочного прибора 7.

При работе с торцовым счетчиком типа МСТ-17 используется напряжение около 2000 в. Точная величина необходимого напряжения при установке переключателя 8 в положение «2000» подбирается потенциометром 10.

В случае необходимости использования в установке счетчиков другого типа с напряжением питания порядка 500 в точная величина последнего устанавливается потенциометром 10 в положении «500» переключателя 8. Переключателем 11 включается питание схемы прибора. При этом загорается лампа 13, а вольтметр 12 показывает величину напряжения накала цепей.

Клеммы 14 служат для подключения к установке внешнего электромеханического счетчика, клемма 15 — для заземления прибора. Через штепсельные разъемы 16—18 осуществляется подключение к установке сигнального кабеля от блока газовых счетчиков («БГС»), кабеля высокого напряжения («Выс. U») и провода питания («Питание»).

3. Измерение радиоактивности проб на установке ДП-100. Для выполнения измерений пульт установки ДП-100 при помощи специальных кабелей и штепсельных разъемов 16—18 (см. рис. 78) соединяют с блоком газовых счетчиков и подсоединяют к источнику питания. При включении питания переключателем 11 стрелка прибора 12 должна установиться на красной черте, а лампа 13 загореться. Проверяется напряжение анодов ламп. Далее, в зависимости от типа счетчиков, переключателем 8 и потенциометрами 9 и 10 устанавливают необходимую величину высокого напряжения питания. Проверяют синхронность работы электромеханического счетчика.

После выполнения указанных выше операций измеряют радиоактивность порошковых проб в следующем порядке.

1. В свинцовый домик для соблюдения одвообразия геометрии измерений устанавливают чистую тарелочку и в течение нескольких минут измеряют натуральный фон.

2. В домик устанавливают тарелочку с измеряемой пробой (при интенсивности свыше 5000 *имп/сек* ставится диафрагма) и в течение 1—2 *мин* измеряют число импульсов от пробы.

3. Измеряют натуральный фон.

4. В течение 1—2 *мин* измеряют число импульсов от эталона, причем эталон должен находиться в одинаковых условиях измерения с пробой (одинаковая тарелочка, одна и та же диафрагма).

5. Вновь измеряют натуральный фон.

Все измерения приводят к скорости счета импульсов в 1 *мин*.

Радиоактивность измеряемой пробы в процентах содержания урана определяют по формуле

$$A_{\text{пр}} = A_{\text{эт}} \frac{N_{\text{пр}} - N_{\text{ф}}}{N_{\text{эт}} - N_{\text{ф}}} \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{п}}},$$

где $A_{\text{эт}}$ — содержание урана в эталоне в %; $N_{\text{пр}}$ и $N_{\text{эт}}$ — скорость счета, вызванная соответственно пробой и эталоном, в *имп/мин*; $N_{\text{ф}}$ — скорость счета, вызванная натуральным фоном; $P_{\text{э}}$ — вес эталона в *г*; $P_{\text{п}}$ — вес пробы в *г*.

§ 48. Краткая характеристика лабораторного сцинтиляционного анализатора ЛАС

Лабораторный сцинтиляционный анализатор типа ЛАС предназначен для определения содержания радиоактивных элементов в порошковых пробах по α -, β - и γ -излучению. Измеряя интенсивность α -излучения пробы, можно определить активность последней в эквивалентных единицах равновесного урана, а также наличие в ней тория. Путем анализа амплитудного распределения γ -излучения, аналогично тому как это выполняется с прибором СП-3, можно раздельно определить уран и торий в смешанных пробах с содержанием урана порядка 0,01% и более. При помощи комбинированных γ - β -измерений на анализаторе можно производить анализ неравновесных урановых руд с содержанием урана $(3 \div 5) \cdot 10^{-4}\%$.

Блок-схема прибора ЛАС показана на рис. 79. В качестве счетчика γ -излучения в анализаторе используется кристалл NaJ(Tl) в сочетании с фотоэлектронным умножителем ФЭУ-29.

Приемниками β -излучения являются 16 параллельно включенных газоразрядных счетчиков типа СТС-5, концентрически расположенных вокруг γ -счетчика, а также (для измерения легкого β -излучения с энергией до 100 *кэв*)

торцовый β -счетчик, расположенный в специальном свинцовом экране-домике. Измеряемая порошковая проба насыпается в стаканчик с двойными стенками, который надевается на чувствительный элемент γ -счетчика, и concentрически окружает последний. При этом проба окружается β -счетчиками.

Счетчиком α -излучения является кристалл $ZnS(Cd)$ с фотоэлектронным множителем ФЭУ-29. Блок α -приемника устроен таким образом, что в процессе измерений имеется возможность плавно изменять расстояние между излучающей поверхностью пробы и кристаллом от 3 до 110 мм. Такая конструкция позволяет не только измерять число α -частиц, но и определять длину их пробега.

Конструктивно приемники радиоактивного излучения оформлены в виде трех выносных попеременно подключаемых блоков: блока α -приемника, блока приемника γ -, β -излучения и блока приемника с торцовым β -счетчиком.

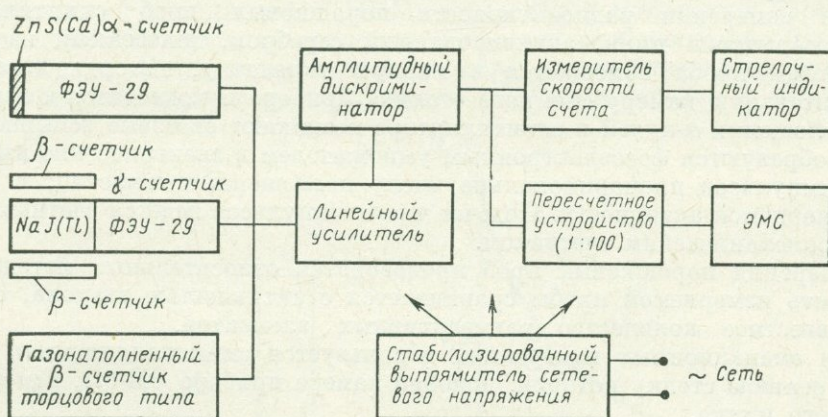


Рис. 79. Блок-схема установки ЛАС.

В состав каждого выносного приемного блока входят фазоинвертор и согласующий каскад (катодный повторитель). Импульсы с катодного повторителя через кабель поступают на линейный усилитель пульта управления, далее в канал амплитудного анализатора и в канал регистрации интегральной интенсивности. В канале амплитудного анализатора имеются два пороговых дискриминатора (верхнего и нижнего уровня), схема антисовпадений и пересчетное устройство с электромеханическим счетчиком. Порог срабатывания дискриминатора нижнего уровня может изменяться ступенчато от 2 до 98 в с интервалом 2 в. При помощи дискриминатора верхнего уровня ширина окна анализатора может быть установлена равной 2; 4; 6; 8 и 10 в. Пересчетное устройство включает две пересчетные декады с общей кратностью пересчета 1 : 100. Время пересчета может отсчитываться по секундомеру или при помощи электронного реле времени. Последнее позволяет автоматически выключать пересчетное устройство с электромеханическим счетчиком по истечении определенного, наперед установленного времени.

В канале регистрации интегральной интенсивности излучения имеются дискриминатор, срезающий шумовые импульсы, нормализатор и интегрирующий каскад со стрелочным индикатором.

Питание прибора осуществляется от стабилизированного выпрямителя напряжения, который подключается к сети переменного тока частотой 50 *гц* и напряжением 220; 127 или 110 *в*.

Минимальное процентное содержание равновесного урана в пробе (навеской в 100 *г*) измеряемое прибором при 3 *мин* наблюдений, составляет $(2-3) \times 10^{-4}\%$.

§ 49. Краткие сведения о лабораторном альфа-радиометре РАЛ-1

Альфа-радиометр РАЛ-1 предназначен для определения концентраций радиоактивных элементов в порошковых пробах, определения концентрации и природы эманаций при радиохимическом анализе и дозиметрическом контроле.

Чувствительным элементом прибора является сцинтиллятор в сочетании с фотоэлектронным умножителем.

При измерении радиоактивности порошковых проб сцинтиллятором служит сернистый цинк, активированный серебром, нанесенный на стекло. Порошковая проба помещается в мерную тарелочку, которая вставляется в измерительную камеру съемного столика прибора и подводится к детектору. При поглощении α -лучей в сцинтилляторе возникают световые вспышки, которые преобразуются фотоэлектронным умножителем в электрические импульсы. Число импульсов пропорционально числу поглощенных α -частиц, т. е. величине измеряемой активности. Подсчет числа импульсов ведется счетным блоком с электромеханическим счетчиком.

Измерения порошковых проб производятся относительным методом, т. е. активность измеряемой пробы сравнивается с активностью эталона, содержащего известное количество радиоактивных элементов.

При эманационных измерениях используется сцинтилляционная камера, на внутреннюю стенку которой, подобно камере прибора ЭМ-6П, нанесен слой сернистого цинка.

Чувствительность прибора при измерениях радиоактивности порошковых проб составляет 14 000 *имп/мин* на 1% равновесного урана, при эманационных измерениях 6 *имп/сек* на 1 *эман*. Величины порога чувствительности соответственно равны $2 \cdot 10^{-4}\%$ равновесного урана и 0,004 *эман*, собственного фона 4 *имп/мин* (при измерениях порошковых проб) и 1 *имп/мин* (при эманационных измерениях). Объем эманационной камеры 0,625 *л*.

Полупроводниковая схема прибора питается от шести элементов типа 1,48-ПМЦ-9. Один комплект батарей обеспечивает непрерывную работу в течение 90 *ч*. В лабораторных условиях питание прибора осуществляется от промышленной сети переменного тока частотой 50 *гц* и напряжением 127 или 220 *в*.

Глава XVI

АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ЯДЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

§ 50. Особенности аппаратуры для ядерно-геофизических методов

Для ядерно-геофизических исследований применяется в принципе такая же аппаратура, как и при обычных радиометрических работах. Однако характерной особенностью каждой установки для ядерно-геофизических исследований является наличие того или иного источника искусственной радиоактивности, который используется для облучения измеряемой пробы.

С целью обеспечения безопасности работы источник помещают в специальный экран, который служит также для изоляции датчика прибора от воздействия прямого излучения источника, если измерения радиоактивности пробы проводятся одновременно с ее облучением.

В настоящее время применяется и разрабатывается очень большое число ядерно-геофизических методов, основанных на применении источников α -, β -, γ -лучей, источников нейтронов и лучей Рентгена.

Ниже для примера рассматриваются аппаратура и методика работ по некоторым ядерно-геофизическим методам, широко применяемым в разведочной геофизике.

§ 51. Аппаратура и методика определения содержания бора в породах нейтрон-нейтронным методом

Нейтрон-нейтронный метод (ННМ) определения содержания бора основан на повышенном поглощении тепловых и надтепловых нейтронов борсодержащими породами. Метод применяется для определения бора при лабораторных исследованиях (в порошках), в коренном залегании пород и в скважинах.

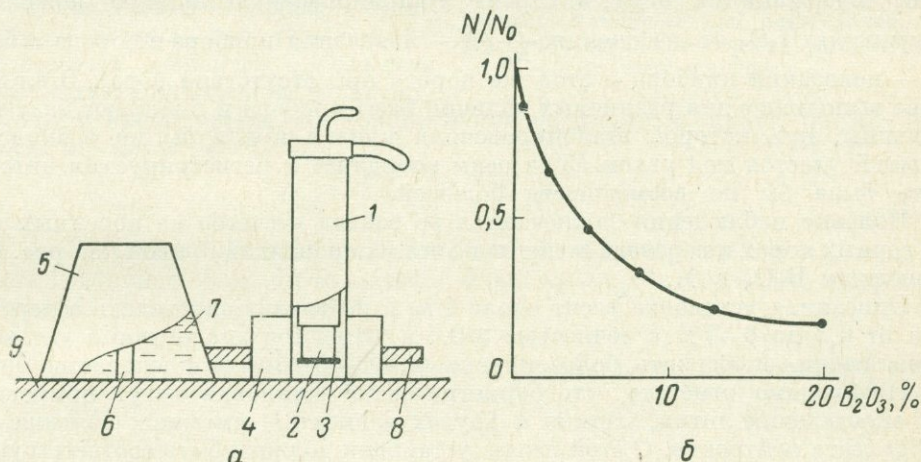


Рис. 80. Борметр (а) и график эталонирования прибора (б).

Одна из установок для определения бора в коренных выходах пород¹ показана на рис. 80, а. С целью защиты оператора от излучения источника нейтронов *б* помещен в парафиновый блок *7* с кадмиевым корпусом *5*. Диаметры верхнего и нижнего оснований корпуса *5* соответственно равны 15 и 30 см, высота блока 15 см. Нижнее основание устанавливается на поверхности исследуемой породы *9*. К нижнему основанию блока крепятся два направляющих стержня *8*, по которым может передвигаться алюминиевая обойма *4* с гильзой *1* измерительного прибора. Такая конструкция позволяет изменять расстояние между источником и счетчиком нейтронов (базу прибора) от 13 до 23 см.

Принцип работы установки заключается в следующем. Испускаемые источником *б* нейтроны отчасти замедляются в парафине и вместе с быстрыми

¹ Вахтин Б. С., Филиппов Е. М. «Определение содержания бора в породах ядерными методами. В сб. «Полевые ядерные геофизические методы». М., изд-во «Наука», 1966.

нейтронами поступают в породу 9, где претерпевают дальнейшее рассеяние и поглощение. Часть тепловых нейтронов выходит на поверхность породы и достигает счетчика нейтронов. Чем больше содержится в породе бора, обладающего большим эффективным сечением захвата тепловых нейтронов (755 *барн*), тем меньшее число нейтронов достигает счетчика и тем меньше будут показания измерительного прибора. В качестве регистрирующего прибора может применяться любой радиометр.

В описываемой установке применен обычный радиометр СРП-2 с приставкой для электромеханического счетчика МЭС-54, которая включается в телефонные гнезда пульта прибора. В гильзе прибора вместо кристалла NaJ(Tl) к фотоэлектронному умножителю 2 с помощью вазелинового масла притерта стеклянная пластинка 3 диаметром 15 мм, на которую нанесен светосостав Т-5 (смесь ZnS(Ag) с соединениями бора), являющийся люминофором тепловых нейтронов.

В качестве источников нейтронов в описываемой установке применяются полоний-борные и полоний-бериллиевые источники активностью около $1,5 \times 10^6$ *нейтр/сек*, обеспечивающие безопасную работу оператора.

Перед началом полевых измерений прибор эталонируют на породах с известными содержаниями бора и строят эталонировочную кривую зависимости содержания B_2O_3 от отношения $\frac{N}{N_0}$ (N — показания прибора в породе с бором, N_0 — показания прибора в этой же породе при отсутствии бора). Эталонирование выполняют для различных величин базы прибора и выбирают базу такой величины, при которой эталонировочная кривая имела бы по возможности больший участок под углом 45° к осям координат и регистрируемая интенсивность была бы по возможности большей.

Полевые наблюдения заключаются во взятии отсчетов на коренных выходах горных пород и переводе отсчетов по эталонированной кривой (см. рис. 80, б) в значении B_2O_3 в %.

Описанная установка весит около 6 кг и позволяет определять содержание бора от 0,5 до 6—7% с точностью $\pm 0,5\%$. Имеются аналогичные установки, позволяющие определять более низкие (0,003—0,25%) концентрации бора.

Необходимо отметить, что борметрические установки могут применяться для определения лития, кадмия и других элементов, имеющих большие сечения захвата нейтронов. С этой целью установки должны быть соответствующим образом проэталонированы. При наличии в породах двух или нескольких указанных элементов в повышенных концентрациях раздельное определение каждого из них становится невозможным. В этом случае можно говорить лишь о содержании элементов с большим сечением захвата нейтронов в эквиваленте бора, кадмия и т. п., в зависимости от того, по какому элементу проградуирован прибор.

§ 52. Аппаратура и методика определения содержания бериллия фотонейтронным методом

При облучении ядер бериллия потоком γ -квантов с энергией порядка 1,63 *Мэв* возникает ядерная реакция, результатом которой является фотонейтронное излучение. На использовании этой реакции основан описываемый ниже метод определения содержания бериллия.

В качестве источников γ -излучения в этом методе применяют как естественные источники с энергиями 1,76 *Мэв* (RaC), 2,62 и 2,193 *Мэв* (ThC), так и искусственные изотопы Sb^{124} (1,7 *Мэв*) и др.

Схема лабораторной установки для фотонейтронного метода¹ показана на рис. 81. Под свинцовой защитой 5 и защитным слоем 3 парафина располагаются источник γ -излучения 1, исследуемая проба 2 и счетчики тепловых нейтронов 4. Проба измельчается до размера зерен 1 мм и менее и засыпается в двухстенный измерительный плексигласовый стаканчик 6.

В качестве детекторов нейтронов применяются борфтористые пропорциональные счетчики, обогащенные изотопом В¹⁰. Регистрация плотности нейтронов производится дозиметрическими приборами СЧ-3.

Методика анализа заключается в сравнении плотности тепловых нейтронов от пробы и от эталона бериллия, облучаемых в одинаковых геометрических условиях. Измерения выполняются в следующей последовательности: фон — эталон — фон — проба — фон.

Если в бериллиевой руде отсутствуют примеси элементов с большим сечением захвата нейтронов и плотности эталона и пробы равны, то концентрация бериллия в пробе (в %) вычисляется по формуле

$$C_{\text{Be}} = \frac{C_{\text{эт}}}{P} \cdot \frac{n_{\text{пр}} - n_{\text{ф}}}{n_{\text{эт}} - n_{\text{ф}}} \cdot 100,$$

где $C_{\text{эт}}$ — количество бериллия в эталоне в г; P — вес пробы в г; $n_{\text{пр}} - n_{\text{ф}}$ — плотность нейтронов от пробы за вычетом фона; $n_{\text{эт}} - n_{\text{ф}}$ — плотность нейтронов от эталона за вычетом фона.

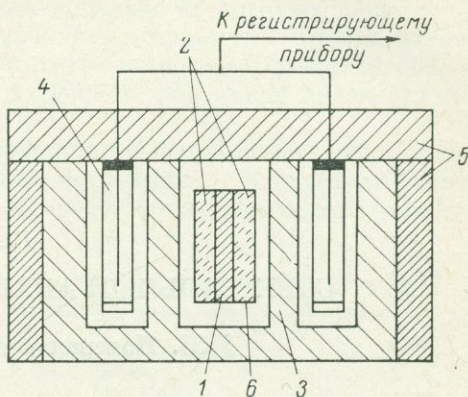


Рис. 81. Установка для определения содержания бериллия в пробах фотонейтронным методом.

¹ Ларионов В. В. Ядерная геология и геофизика. М., Гостоптехиздат, 1963.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Глава XVII

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОБ

§ 53. Полевая спектральная лаборатория

В состав лаборатории входит следующая аппаратура и оборудование: 1) спектрограф с дуговым генератором и штативом (или держателем электродов); 2) приборы для расшифровки спектрограмм (измерительный микроскоп МИР-12, спектропроектор ПС-18 и другие приборы); 3) фотоматериалы, реактивы и фотопринадлежности для проявления спектрограмм; 4) станочек или дрель для подготовки угольных электродов, электроплитка, термометр и другое вспомогательное оборудование.

Наша промышленность выпускает спектрографы нескольких типов: кварцевый спектрограф средней дисперсии ИСП-28, кварцевый спектрограф КСА-1, спектрограф со стеклянной оптикой ИСП-51, спектрограф с дифракционной решеткой ДФС-3 и др.

В кварцевых спектрографах вся оптика сделана из кварца, что обеспечивает работу в ультрафиолетовой и видимой областях спектра (2000—6000 Å). Стеклянный спектрограф снабжен оптикой, изготовленной из стекла, поэтому он рассчитан для работы в видимой инфракрасной области спектра (3600—10 000 Å).

1. Кварцевый спектрограф ИСП-28. Этот спектрограф наиболее широко применяется при качественных и количественных определениях большинства химических элементов руд, минералов и горных пород.

Источником света спектрографа ИСП-28 (рис. 82) является вольтова дуга, образующаяся между двумя угольными электродами 2, зажатыми в держателях штатива 1. Электроды посредством винтов могут перемещаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях, совместно или раздельно. В углублении одного из угольных электродов насыпана порошковая проба, которая сгорает в пламени вольтовой дуги.

Свет от угольных электродов проходит через три кварцевые конденсорные линзы 3, 4, 5, составляющие ахроматический трехлинзовый конденсор, который равномерно освещает щель 6 спектрографа. Конденсоры 3 и 4 укреплены в держателях на стойках и могут перемещаться вдоль рельса, а также закрепляться на нем винтами. Конденсор 5 в специальной насадке надевается непосредственно на корпус щели спектрографа. Перед щелью в специальной насадке помещается фигурная диафрагма, которая ограничивает спектр по высоте. Фигурная диафрагма дает возможность фотографировать полосы спект-

ров, расположенные точно одна под другой, без передвижения пластинки с кассетой.

Свет, пройдя через трехлинзовый осветитель, попадает на вертикальную щель 6 с переменной шириной, позволяющей регулировать ширину спектральных линий. Пройдя через щель, пучок света попадает на вогнутое зеркало 7, которое отклоняет его на угол $2^{\circ} 17'$ и направляет в призму 8. Призма разлагает падающий на нее параллельный пучок лучей в спектр. Камерный объектив 9 собирает разложенные призмой пучки лучей в фокальной плоскости 10, где находится фотопластинка в кассете.

Внешний вид спектрографа ИСП-28 схематично показан на рис. 83. Корпус 1 спектрографа установлен на металлическом основании 2. К основанию крепится рельс 3. Внутри корпуса прибора сосредоточена оптическая система.

На корпусе укреплены кассета 4 для фотопластинок и щель 5. Щель имеет вертикальную ориентировку и смонтирована в специальном корпусе. Она образуется двумя металлическими шторками, благодаря которым ее ширина может меняться от нуля до 0,4 мм. Регулировка ширины щели выполняется микрометрическим винтом 6; отсчет ширины берется по шкале этого винта с точностью 0,001 мм. Винтом 7 щель можно перемещать вдоль оптической оси, что бывает необходимым при настройке оптической системы спектрографа. В специальной прорези корпуса щели в горизонтальном направлении может перемещаться диафрагма.

Кассета 4 укрепляется на рамке 8 и посредством маховичка 9 или 10 может перемещаться в вертикальном направлении. С кассетной частью прибора смонтирована шкала с миллиметровыми делениями, которую можно фотографировать на фотопластинку для удобства расшифровки спектра. Шкала освещается через окошечко в корпусе спектрографа. На верхней части камерного объектива имеется барабан с надписями «шкала» и «спектр». При помощи этого барабана миллиметровая шкала устанавливается для фотографирования или (при съемке спектров) отводится в сторону.

Кассета спектрографа позволяет размещать в ней фотопластинку размером 9×24 см (или две пластинки размером 9×12 см).

На рельсе 3 спектрографа устанавливаются штатив 11 с приспособлениями для закрепления угольных электродов и два осветителя 12 и 13 (линзы 3 и 4, см. рис. 82). Крышка 14 с защелкой 15 обеспечивает доступ внутрь штатива при установке угольных электродов. Винтом 16 штатив закрепляется на рельсе. Через втулки 17 и 18 проходят провода к держателям электродов. Маховичок 19 позволяет перемещать в вертикальном направлении верхний и нижний электроды. Верхний электрод перемещается маховичком 20. Во время работы штатив заземляется при помощи клеммы 21. Щель закрывается затвором 22. Для удаления газов, образующихся при горении дуги, на верхней и передней стенках имеются сетчатые отверстия.

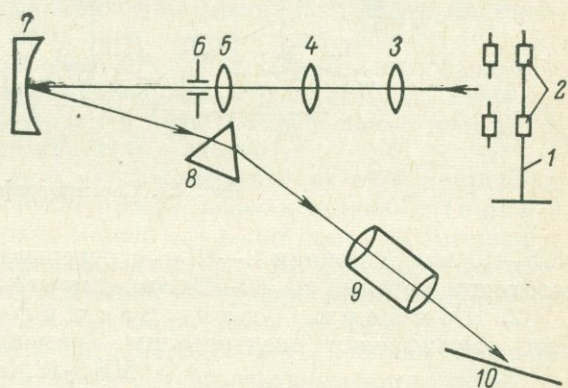


Рис. 82. Оптическая схема спектрографа ИСП-28.

Питание дуги осуществляется от специального дугового генератора ДГ-2, рассчитанного для работы от сети переменного тока напряжением 220 в и частотой 50 гц. При работе в дуговом режиме генератор обеспечивает диапазон токов от 2 до 20 а. Он может работать непрерывно от 3 мин (с токами 10—20 а)

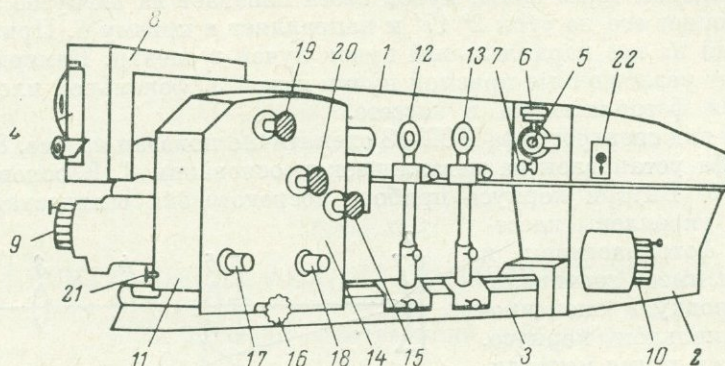


Рис. 83. Спектрограф ИСП-28.

до 5—10 мин (с токами 2—12 а) с перерывами на 2—3 мин; после 1 ч работы необходим перерыв на 40—60 мин для его охлаждения.

2. Приборы для расшифровки спектрограмм. Для расшифровки спектрограмм применяются измерительный микроскоп МИР-12, спектропроекторы ПС-18, ДСП-1,

прибор СТЛ (столлик для рассматривания спектрограмм) и обычная лупа.

Спектропроекторы, которые очень широко применяются при спектральном анализе проб, позволяют рассматривать спектрограмму в увеличенном масштабе и определять ориентировочно длину волн по их положению относительно линий спектра железа.

Прибор ПС-18 (рис. 84) представляет собой проекционный аппарат, дающий увеличенное в 20 раз изображение изучаемого спектра, спроектированного на белый экран прибора. Он состоит из осветительной системы 1, предметного столика 2 с двумя ручками управления 3, объектива 4 и экрана 5, смонтированных на жестком каркасе 6. Фокусировка объектива на резкость изображения спектра производится вращением ма-

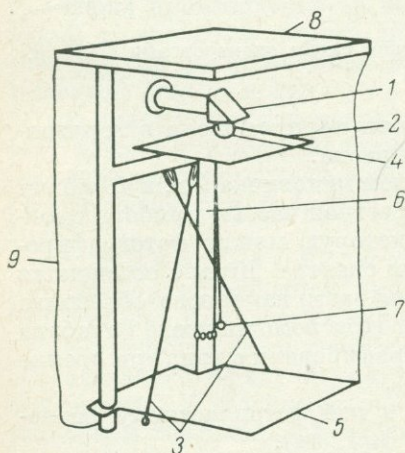


Рис. 84. Спектропроектор ПС-18.

ховичка 7. Металлическая крышка 8 с темной шторой 9 служат для защиты экрана от проникновения дневного света.

Спектропроектор является очень удобным прибором, позволяющим вести наблюдение одновременно нескольким лицам. При этом возможна расшифровка большого числа спектров без значительной утомляемости зрения.

3. Вспомогательное оборудование и материалы. В качестве фотоматериалов используются контрастные и особо контрастные

пластинки чувствительностью от 0,5 до 30 ед. ГОСТ типов «Изопанхрон», «Изоорто», «Диапозитивные», «Репродукционно-штриховые» и т. д. Проявитель и закрепитель — обычного состава, но для получения хорошего изображения после проявления шести-восьми пластинок реактивы должны быть заменены свежереприготовленными.

Станочек (или дрель) необходим для изготовления углубления в нижнем угольном электроде, электроплитка — для подогрева фотореактивов, термометр — для контроля за температурой проявления, фиксирования и сушки фотопластинок.

§ 54. Сжигание проб и фотографирование спектров

Предварительно обработанные геохимические пробы поступают на спектральный анализ в виде порошка, золы или сухого остатка воды.

Сжигание проб в пламени дуги можно производить путем предварительной набивки их в каналы угольных электродов или путем насыпки в междуэлектродное пространство в процессе горения дуги. Второй способ дает хорошие результаты при анализе на легколетучие элементы.

В большинстве случаев для анализа металлометрических проб применяют первый способ сжигания. Для того чтобы проба, набитая в каналы угольных электродов, не разбрасывалась в первые моменты горения дуги, ее смешивают с вязким материалом и засыпают графитовым порошком. Если проба содержит органические остатки, то для их удаления ее прокалывают в муфельной печи до тех пор, пока не прекратится выделение дыма из муфеля.

Оптимальную величину силы тока питания дуги и экспозиции (времени горения) выбирают с учетом условий летучести исследуемых элементов.

Большинство анализов выполняют обычно при токе 10 а и экспозиции 60 сек. Спектр железа фотографируют при токе 8—10 а и экспозиции 15 сек.

Съемку спектров методом набивки проб выполняют в следующем порядке.

1. В спектрограф вставляют заряженную кассету и устанавливают при помощи маховичка 9 или 10 (см. рис. 83) в верхнее положение.

2. В штатив вставляют и закрепляют в специальных держателях угольные стержни: стержень с пробой — внизу, стержень без пробы — сверху.

3. Установочные винты 6 и 7 диафрагмы ставят в позиции, выбранные при юстировке спектрографа.

4. Открывают затвор щели, вынимают заслонку кассеты и на шкале, фиксирующей перемещение кассеты, устанавливают нулевое деление или деление «80».

5. Устанавливают диафрагму щели в нужное положение.

6. Штатив при помощи втулок 17 и 18 подключают к генератору напряжения, устанавливают необходимую величину тока питания дуги; главный переключатель генератора ставят в положение «Дуга».

7. Нажатием на кнопку пуска на генераторе включают питание дуги и одновременно запускают секундомер. По истечении времени экспозиции (40—60 сек) нажимают на кнопку «Стоп» генератора, нижний электрод заменяют, диафрагму переводят в следующее положение и производят съемку спектра следующей пробы. Верхний электрод при сжигании рядовых проб с одного профиля не заменяют.

При сжигании эталонных проб верхний электрод заменяют. Съемку спектров эталонов производят в тех же условиях, в которых сжигались рядовые пробы. Обычно серию эталонов, содержащих элементы в различных

концентрациях, сжигают в начале и в конце всей партии проб. Кроме того в начале и в конце пластинки снимают спектр железа.

Заснятые пластинки обрабатывают фотореактивами, сушат, подписывают и направляют на расшифровку.

§ 55. Расшифровка спектрограмм

1. Качественный спектральный анализ. Рассматриваемый спектральный анализ основан на том, что каждый химический элемент имеет свойство при возбуждении излучать характерный линейный спектр, по которому можно судить, присутствует или отсутствует данный элемент в пробе.

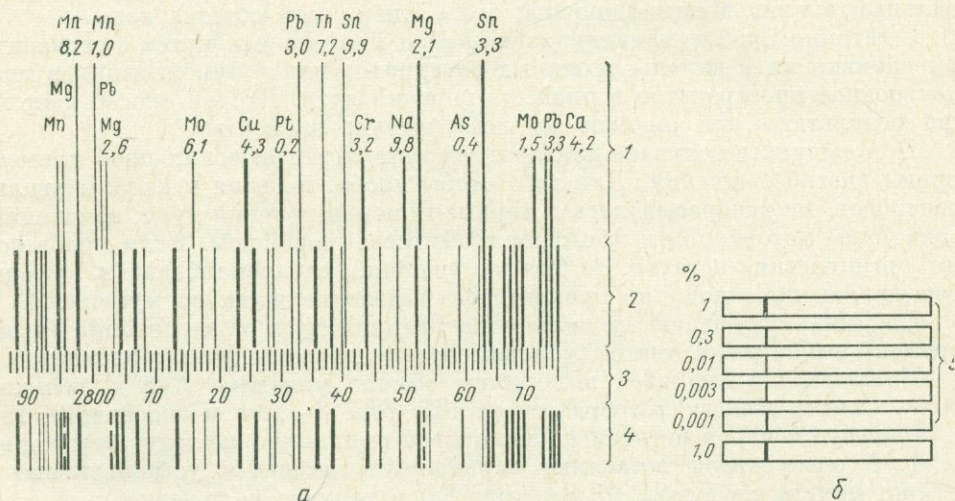


Рис. 85. Расшифровка спектрограмм.

a — качественная расшифровка при помощи спектра железа; *б* — полуколичественное определение элемента методом спектров сравнения; 1 — аналитические линии элементов; 2 — спектр железа; 3 — шкала длин волн; 4 — спектры пробы; 5 — спектры эталонов.

Сфотографированный на пластинку спектр представляет собой сочетание близко расположенных вертикальных линий (рис. 85).

Число спектральных линий химических элементов может быть очень большим (до нескольких тысяч). Для качественного анализа используются не все, а только наиболее интенсивные линии, число которых для каждого элемента колеблется от 1 до 5. Эти линии называются аналитическими.

Наиболее интенсивные линии в спектре, используемые в качестве аналитических, появляются при малых содержаниях элемента в пробе и исчезают в последнюю очередь (иногда их называют «последними»). Так, например, при содержании в пробе 1% кадмия в спектре присутствует 14 его линий, при содержании 0,1% — 10 линий, при 0,01% — 7 линий, а при 0,001% — только одна линия с длиной волны 2288, 01 Å. Если содержание кадмия в пробе будет меньше 0,001%, в спектре не будет ни одной спектральной линии, принадлежащей кадмию.

Аналитические линии различных элементов сведены в таблицы, удобные для практического использования. В табл. 19 приведены длины волн, характерные для аналитических линий некоторых наиболее распространенных элементов.

Т а б л и ц а 19

Элемент	Длина волны, Å		Элемент	Длина волны, Å	
	основной	контрольной		основной	контрольной
Алюминий (Al)	3082,16	3092,71	Магний (Mg)	2852,13	2795,53 2802,60
Бериллий (Be)	2348,61	3130,42 3131,07	Медь (Cu)	3273,46	3247,59
Железо (Fe)	3020,64 3021,07	2599,39 2599,57	Никель (Ni)	3414,77	3058,82
Золото (Au)	2675,95	2427,95	Олово (Sn)	3175,02	3034,12
Кальций (Ca)	3158,87	3179,33	Платина (Pt)	2659,45	3064,71
Кремний (Si)	2516,12	2506,89 2514,33 2516,12 2519,21 2524,12 2528,52	Свинец (Pb)	2838,07	2802,00
			Серебро (Ag)	3280,68	3382,89

Присутствие исследуемого элемента определяется наличием его аналитической линии в спектре и подтверждается одной-двумя контрольными линиями такой же или близкой чувствительности. Необходимость подтверждения основной линии элемента контрольными связано с тем, что на месте аналитической линии исследуемого элемента могут появиться линии других элементов, имеющих ту же длину волны (мешающие линии).

Чтобы облегчить нахождение нужных спектральных линий, спектр исследуемой пробы сопоставляют со спектром железа, который имеет большое число линий, более или менее равномерно расположенных по всей его области. Спектр железа на спектрограмме сравнивают со спектром железа на атласе. Атлас представляет собой сфотографированный и увеличенный на фотобумаге спектр железа. Под этим спектром нанесена шкала длин волн, на которой легко можно определить соответствующий участок спектра. В нашей стране наибольшее распространение получили атласы спектральных линий А. К. Русанова, С. К. Калинина, Л. Н. Индиченко и др.

Для примера на рис. 85, а приведен участок спектра железа из атласа Л. Н. Индиченко¹. По отношению к линиям спектра железа показано положение спектральных линий различных элементов со шкалой длин волн.

Задача обучающегося расшифровке спектрограмм состоит в том, чтобы достаточно быстро сопоставлять спектр железа, снятый на спектрограмме, с изображением спектра железа на атласе. Для этого необходимо сначала

¹ Индиченко Л. Н. Спектральный анализ минерального вещества. М., изд-во «Недра», 1964.

внимательно изучить спектр железа, среди линий которого выделяются характерные группы, позволяющие легко ориентироваться. Длины волн, характерные для линий спектра железа (по С. М. Катченкову, 1964), приведены в табл. 20.

Таблица 20

Длина волны, Å	Характеристика спектра
2158,48—2159,89	Группа из шести близко расположенных линий
3259,51—2260,85	
2284,08—2289,03	Группа из семи близко расположенных линий, слева — интенсивная линия волны 2259,5 Å
2404,43—2413,31	Группа из пяти близко расположенных линий, слева и справа от которых лежат по две линии
2486,37—2488,15	
2598,37—2599,40	Две группы по три линии
2690,07	
2719,02—2720,90	Характерная группа из пяти слабых линий, расположенных на равном расстоянии одна от другой
2866,63—2869,31	
3099,90—3100,30	Две интенсивные линии
3305,97—3307,32	
3369,55—3383,98	Интенсивная линия; справа лежат слабые линии, слева — сильные
4045,82—4071,74	
4383,55; 4404,75;	Две сильные линии
4415,12	
4528,62—4531,15	Группа из четырех слабых линий, расположенных на равном расстоянии одна от другой
4871,32—4891,50	
4919,00—4957,61	Группа из четырех линий, сливающихся в одну сильную линию
6393,60—6430,85	
	Группа из трех линий, сливающихся в одну интенсивную линию
	Две группы по три линии средней интенсивности
	Три интенсивные линии
	Три интенсивные линии
	Две интенсивные линии
	Характерная группа из четырех линий
	Группа из пяти равноотстоящих линий

Спектрограмму удобно рассматривать и сравнивать со спектром железа в увеличенном виде. Для этого спектрограмму помещают на предметный столик спектропроектора ПС-18, удобный для работы, особенно когда атлас спектральных линий совпадает по масштабу с увеличенной спектрограммой на экране спектропроектора. Если масштабы спектра железа на спектрограмме и на атласе различны, пропорциональность расстояний между линиями сохраняется.

Перед просмотром фотопластинку со спектрами располагают на спектропроекторе так, чтобы эмульсия была сверху, а темные циановые полосы справа. Тогда спектры на пластинке расположатся в порядке их фотографирования, а длина волн, характерная для спектральных линий, будет увеличиваться слева направо. Научившись сопоставлять спектры железа на фотопластинке со спектром железа на атласе, приступают к расшифровке спектрограмм.

Расшифровку спектрограмм проводят в следующем порядке.

1. По таблице аналитических линий определяют номер планшета и на планшете — соответствующее место, где помечена линия данного элемента. Допустим, хотя определить в спектре анализируемой пробы наличие элемента магния. Для этой цели пользуются атласом Л. Н. Индиченко, выкопировка из которого показана на рис. 85, а.

Согласно табл. 19 основная аналитическая линия магния имеет длину волны 2852,13 Å, контрольные — 2802,60 Å и 2795,53 Å. Выбирают планшет

с указанным интервалом длин волн (планшет № 5, атлас Л. Н. Инди-
ченко).

2. Сравнивают спектрограмму с атласом, положив спектрограмму на экран
спектропроектора.

Отыскивают на спектрограмме линию искомого элемента против аналити-
ческой линии этого элемента, нанесенной на планшете. Если элемент обнару-
живают, то уточняют его наличие по контрольной линии.

На рис. 85, а, где показана часть анализируемой спектрограммы, выделены
пунктиром основная и контрольные аналитические линии магния, по которым
можно сделать заключение о присутствии этого элемента в спектре пробы.

2. Пол у к о л и ч е с т в е н н ы й с п е к т р а л ь н ы й а н а л и з
(метод спектров сравнения). Полуколичественный спектральный анализ осно-
ван на зависимости интенсивности спектральных линий от содержания эле-
мента в пробе.

Наиболее простым методом полуколичественного спектрального анализа
является метод спектров сравнения, сущность которого заключается в том,
что интенсивность спектральных линий испытуемого образца сравнивается
с интенсивностью тех же спектральных линий эталонных проб. Условия сжи-
гания и фотографирования анализируемых проб и эталонных должны быть
одинаковыми.

Эталоны по своему химическому и петрографическому составу должны
быть близки к анализируемым образцам.

Лучшими эталонами являются растертые в порошок образцы пород с того
же участка или месторождения, что и поступающие на спектральный анализ
пробы. Химический состав такого эталона устанавливается на основании неод-
нократно проведенного надежного химического анализа.

Чаще всего эталоны готовят путем смешивания «основы» и элемен-
тов — «примесей». В качестве основы используют «пустые» горные породы,
не содержащие анализируемых элементов.

В качестве элементов — «примесей» применяют химические реактивы
(окислы, карбонаты и др.) или природные минералы. Весовые количества основы
эталона и примесей рассчитывают исходя из химического состава элементов.
Эталонные пробы фотографируют либо на одной пластинке с рядовыми пробами,
либо на отдельной пластинке.

Спектрограммы с эталонными пробами и анализируемыми просматривают
на экране спектропроектора или при помощи других приборов. Задача заклю-
чается в том, чтобы найти в эталонах аналитическую линию с такой же длиной
волны и с такой же интенсивностью, как в пробе. Почернения выбранной аналити-
ческой линии в пробе и эталоне сравнивают на глаз.

Одинаковая степень почернения одних и тех же аналитических линий
в эталоне и пробе позволяет приблизительно судить о равенстве содержания иссле-
дуемого элемента в эталоне и пробе (см. рис. 85, б). Если не удастся установить
одинаковую степень почернения соответствующих линий пробы и эталона,
производят интерполяцию между двумя соседними почернениями, определяя
тем самым промежуточную концентрацию исследуемого элемента.

Результаты спектрального анализа выдают на специальных бланках
с указанием содержания в пробе определяемого элемента, например: 0,4; 0,2;
1%. Если при полуколичественном анализе принята трехкратная шкала кон-
центраций: 0,001—0,003—0,005—0,01—0,03—0,05—0,1—0,3—0,5—1% и т. д.,
то содержание каждого элемента в пробе указывают в соответствующих интер-
валах концентраций: 0,001—0,003; 0,1—0,3% и т. д.

Результаты полуколичественного анализа обязательно сопровождаются сведениями о чувствительности и точности спектрального анализа каждого химического элемента.

Глава XVIII

АППАРАТУРА МЕТОДОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

§ 56. Аппаратура для люминесцентного анализа

1. Полевой люминескоп «Полюс». Люминескоп «Полюс» предназначен для обнаружения и диагностики урансодержащих и других минералов, обладающих свойством люминесцировать (светиться) при облучении ультрафиолетовыми лучами. В качестве источника ультрафиолетового излучения в приборе «Полюс» (рис. 86) применяется ртутно-кварцевая лампа L_1 типа ПРК-4. Лампа представляет собой кварцевую трубку, наполненную парами ртути с небольшой примесью аргона. В торцевых частях трубки впаяны металлические электроды в виде спиралей, покрытых слоем оксида. Если между электродами приложить некоторую разность потенциалов, то в газе трубки возникает электрический разряд, сопровождающийся свечением как в видимой части спектра, так и интенсивным испусканием ультрафиолетового излучения.

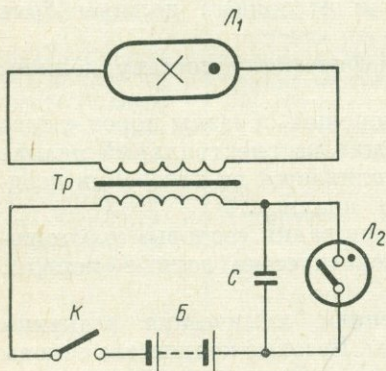


Рис. 86. Принципиальная схема полевого люминескопа «Полюс».

Прибор имеет форму утюга. Лампа ПРК-4 помещается в фокусе алюминиевого параболического отражателя. Вес прибора около 5 кг. На лампу подается высокое (около 10 000 в) напряжение от трансформатора Tr , первичная обмотка которого питается через преобразователь (с лампой L_2) от аккумуляторов B напряжением 6 в. Потребляемая мощность равна приблизительно 4 вт. Питание подается ключом K .

Люминесцентный анализ при помощи прибора «Полюс» можно выполнять в темном помещении. Полевая съемка проводится ночью.

2. Полевой карманный люминескоп ПКЛ. Люминескоп ПКЛ предназначен для обнаружения люминесцирующих минералов. Он весит 160 г и свободно помещается в кармане.

Прибор (рис. 87) состоит из окуляра с козырьком 1, осветительной трубки 2 со светофильтром 3 из никелькобальтового стекла, основания 4 и кольца 5 из микропористой резины. Источником ультрафиолетового света является солнце. Светофильтр 3 пропускает только ультрафиолетовую часть спектра солнечного излучения.

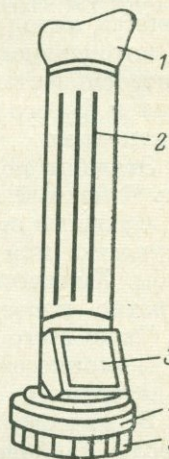


Рис. 87. Полевой карманный люминескоп ПКЛ.

Для наблюдения люминесценции прибор прикладывают основанием резинового кольца δ к поверхности образца и плотно прижимают, чтобы внутри резиновой камеры лучи света проникали только через светофильтр. После этого люминоскоп с образцом ориентируют так, чтобы светофильтр находился в положении, перпендикулярном направлению лучей. Затем через окуляр наблюдают наличие и интенсивность люминесценции образца.

Описанные выше люминоскопы «Полюс» и ПКЛ позволяют в основном проводить качественное наблюдение люминесценции минералов.

Для количественных определений содержания элементов и минералов, яркости люминесценции применяются люминесцентные фотометры, из которых широкое распространение получил прибор типа ЛЮФ-57.

3. Фотоэлектрический люминесцентный фотометр ЛЮФ-57. Прибор ЛЮФ-57 предназначен для определения концентрации урана в твердых образцах по яркости их люминесценции. Метод измерений основан на том, что яркость люминесценции испытуемых образцов в широких пределах (от 10^{-8} до 10^{-5} %) пропорциональна концентрации урана.

В качестве образцов могут применяться перлы диаметром 3—4 мм или диски («лепешки») диаметром 10—12 мм, толщиной 1—2 мм. Погрешность измерений яркости люминесценции образцов не превышает 5% от измеряемой величины.

а) Принцип измерений с фотометром. В основу работы прибора положен принцип уравнивания фототоков путем изменения освещенности на одном из фотоэлементов при помощи переменной щелевой диафрагмы.

Световые пучки от ртутной лампы L (рис. 88), отразившись от плоских зеркал Z_1 и Z_2 , пройдя через светофильтры C_1 и C_2 , попадают на люминесцирующие образцы O и $И$. Щелевая диафрагма D при вращении связанного с ней измерительного барабана B меняет свою ширину и тем самым изменяет величину светового потока, падающего на образец $И$. Интенсивность ультрафиолетового пучка света в левом компенсационном плече может изменяться при помощи нейтрального фотометрического клина K . Свет люминесценции образца O и измеряемого образца $И$ попадает на фотоэлементы Φ_1 и Φ_2 . Фотоэлементы включены на нагрузочное сопротивление R таким образом, что их фототоки протекают через это сопротивление в противоположных направлениях.

Измерения производят путем сравнения люминесценции испытуемого образца $И$ и эталона \mathcal{E} . Вначале в правый измерительный пучок света вводят испытуемый образец и при полностью раскрытой диафрагме D путем изменения клином K светового потока в левом плече прибора уравнивают токи фотоэлементов Φ_1 и Φ_2 . Показателем равенства фототоков будет установление стрелки прибора на нуль. Затем вместо образца в правый пучок света вводят эталон и нарушенное равновесие фототоков восстанавливают при помощи

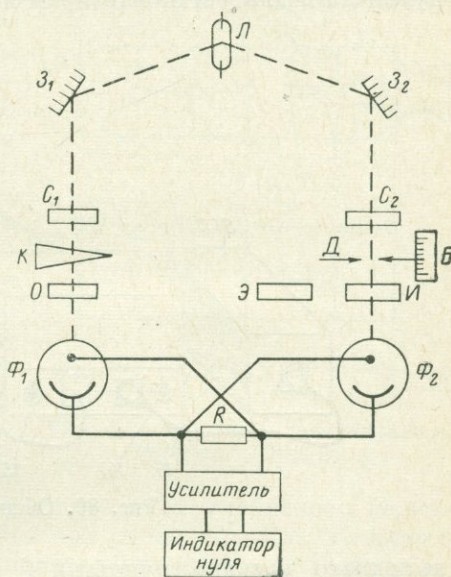


Рис. 88. Принципиальная схема фотометра ЛЮФ-57.

диафрагмы *Д*. Отсчет по шкале измерительного барабана *Б* диафрагмы покажет величину яркости испытуемого образца *И* в долях яркости эталона.

б) *Устройство прибора.* Комплект люминесцентного фотометра (см. рис. 89) состоит из корпуса прибора (*КП*) с пультом управления, блока питания (*БП*), блока гасящего сопротивления ртутной лампы (*БГС*) и двух кассет *а* и *б* (рис. 90).

В корпусе прибора размещены источник света (ртутная лампа), оптическая схема, приспособление для установки испытуемых образцов и эталонов, измерительная диафрагма с отсчетным барабаном и детали электросхемы.

На лицевой стороне корпуса прибора расположены индикатор нуля *1*, рукоятка *2* для установки нуля индикатора, рукоятка *3* регулятора усиления

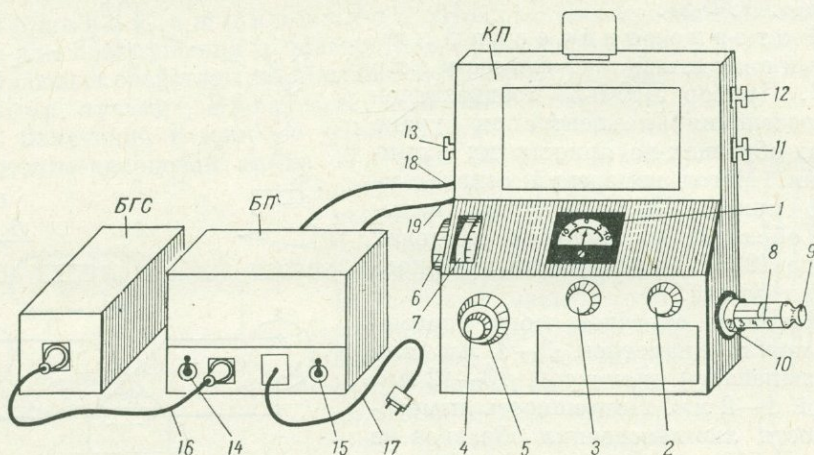


Рис. 89. Общий вид прибора ЛЮФ-57.

выходного каскада, рукоятки *4* (грубая регулировка) и *5* (плавная регулировка) круговых нейтральных звеньев. При вращении рукояток по часовой стрелке интенсивность проходящего через клинья ультрафиолетового пучка света уменьшается.

На левой стороне корпуса расположены отсчетный барабан *б* диафрагмы и шкала *7* измерительного барабана. Перед шкалой помещена стеклянная пластинка с индексом.

Приспособление *8* для установки образцов и эталонов изготовлено в виде кассеты, которая расположена на правой стороне прибора и может перемещаться рукояткой *9*. Кассета может быть установлена в пяти фиксированных положениях, отмеченных цифрами, которые видны через окно *10*. На этой же стороне прибора расположены рукоятка *11* для перекрытия правого и левого световых пучков и рукоятка *12* для ввода светофильтров в световые пучки. Светофильтры пропускают только ультрафиолетовое излучение.

На левой стороне прибора имеется рукоятка *13* дополнительного светофильтра, предназначенная для более плавного изменения интенсивности левого светового пучка, что необходимо при измерении слаболюминесцирующих образцов. Для ввода светофильтров в пучки света рукоятки *12* и *13* вдвигаются. При выдвигении рукояток светофильтры выводятся из пучков света. Аналогично работает рукоятка *11*, при движении которой правый и левый пучки света закрываются, а при выдвигении — открываются.

На задней стороне прибора имеются два штепсельных разъема для присоединения прибора проводами 18 и 19 к блоку питания (один провод для подачи напряжения питания на ртутную лампу, другой — для соединения блока питания с остальной частью электрической схемы, расположенной внутри корпуса прибора).

Источником света в фотометре ЛЮФ-57 является ртутно-кварцевая лампа сверхвысокого давления типа СВД-120А. Она состоит из кварцевой колбы с впаянными в нее двумя вольфрамовыми токоведущими электродами и электрода поджога. Внутри колбы находится определенное количество ртути. Лампа заполнена аргоном. При дуговом разряде в парах ртути между концами токоведущих электродов лампа дает как видимое, так и ультрафиолетовое излучение.

На панели блока питания расположены два штепсельных разъема для подсоединения проводов 16 и 17 и тумблеры 14 и 15. Провод 16 соединяет блок питания с блоком гасящего сопротивления ртутной лампы, провод 17 служит для подключения блока питания к промышленной сети переменного тока напряжением 220 в. Тумблером 14 подается напряжение на ртутно-кварцевую лампу, а тумблером 15 включается усилитель прибора. На задней стороне блока питания имеются два штепсельных разъема для подсоединения к блоку проводов 18 и 19.

Кассета *a* прибора (см. рис. 90) позволяет измерять люминесценцию образцов в форме дисков («лепешек») диаметром не более 12 мм, толщиной до 2 мм. Образец закладывается в углубление 1 ложечки 2. Ложечка может быть вынута из кассеты при смене образцов. Кассета *б* предназначена для установки в нее перла диаметром до 3—4 мм. Перл устанавливается снизу диафрагмы 3 и прижимается к ней специальной пружинкой.

В каждой кассете имеются четыре эталона 4, изготовленных из стекла типа ЖСЭ и укрепленных на пересечениях ребер 5. Эталоны представляют собой плоскопараллельные пластинки диаметром 6 мм, толщиной 2 мм. Эталоны заключены в оправы и закрепляются в гнездах винтами. На боковой стенке кассеты (деталь *в* на рис. 90) против каждого эталона написаны цифры 1, 2, 3, 4. Против образца написана буква «О». Эталон, обозначенный цифрой 1, имеет наименьшую яркость света люминесценции. Яркость каждого последующего эталона увеличивается и отличается от предыдущего в 7—10 раз.

Ребра 5 образуют в кассетах окна 6, через которые свет люминесценции эталона или образца, собранный сферическими зеркалами, направляется на фотоэлемент.

в) *Порядок работы с прибором.* Для измерений с фотометром собирают схему внешних соединений, показанную на рис. 89. Провод 17 посредством вилки подключают к промышленной сети переменного тока.

При помощи тумблеров 14 и 15 включают питание ртутно-кварцевой лампы и усилителя, прогревают аппаратуру в течение 15—20 мин.

Далее устанавливают максимальное усиление рукояткой 3 (ее поворачивают по часовой стрелке до упора), перекрывают световые пучки рукояткой 12 и выводят рукояткой 2 стрелку прибора 1 на нуль.

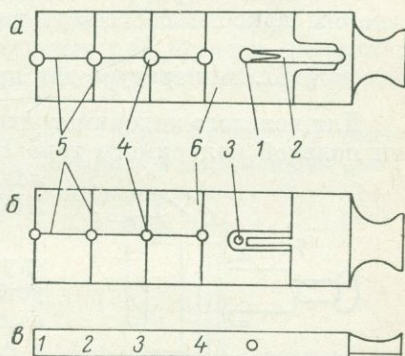


Рис. 90. Схема устройства кассет прибора ЛЮФ-57.

Вращением отсчетного барабана *б* устанавливают на шкале *7* отсчет «100». В прибор вставляют кассету таким образом, чтобы в окне *10* была видна буква «О» (на линии правого пучка света устанавливают образец).

Рукоятками *11* или *13* (в зависимости от ожидаемой яркости образца) вводят светофильтры, после чего левый и правый пучки света открывают (рукоятку *12* выдвигают). Вращением рукояток *4* и *5* нейтральных клиньев стрелку прибора *1* выводят на нуль.

В правый пучок света путем передвижения кассеты вводят один из эталонов, при котором стрелка прибора *1* показывала бы минимальное отклонение вправо, после чего вращением отсчетного барабана *б* стрелку вновь выводят на нуль.

По шкале *7* берут отсчет, который показывает яркость испытуемого образца в долях яркости соответствующего эталона.

§ 57. Аппаратура для проведения колориметрического анализа

Для полевого колориметрического анализа широкое распространение получил полевой колориметр типа КПЛ-2 (рис. 91). Он предназначен для определения в воде компонентов рН, Fe^{II}, Fe^{III}, NH₄, NO₂['], NO₃['], SiO₂, H₂S и свободного кислорода.

Прибор состоит из корпуса *3* со зрительной трубой *7*, компаратором *4* и вырезом *б*. Корпус установлен на стойке *2*. Стойка крепится к основанию *1*. Прибор имеет несколько дисков *5*, в каждый из которых монтируются десять эталонов *8*, предназначенных для определения одного из указанных выше компонентов. В комплект колориметра входят также пробирки и необходимые реактивы.

Определение содержания какого-либо из указанных компонентов основано на изменении степени окраски водной пробы под действием специального реактива в зависимости от концентрации определяемого компонента в пробе.

Исследуемую воду наливают в две пробирки до метки *5 мл*. В одну из пробирок прибавляют определенное количество реактива, который дает окрашенное соединение с ожидаемым веществом. Обе пробирки ставят в отверстия *9* компаратора *4*. Внутри корпуса в вырезе *б* помещают диск таким образом, чтобы номера эталонов на диске были обращены в сторону наблюдателя. Оптическое устройство зрительной трубы *7* позволяет одновременно видеть окрашенный раствор и один из эталонов диска. Диск поворачивают до тех пор, пока окраска исследуемого раствора не совпадет с окраской одного из светофильтров. В смотровом окошечке колориметра читают результат определения.

Рис. 91. Полевой колориметр КПЛ-2.

Внутри корпуса в вырезе *б* помещают диск таким образом, чтобы номера эталонов на диске были обращены в сторону наблюдателя. Оптическое устройство зрительной трубы *7* позволяет одновременно видеть окрашенный раствор и один из эталонов диска. Диск поворачивают до тех пор, пока окраска исследуемого раствора не совпадет с окраской одного из светофильтров. В смотровом окошечке колориметра читают результат определения.

§ 58. Полевой резистивиметр

Полевой резистивиметр применяется при гидрогеохимических поисках рудных месторождений и служит для измерения удельного сопротивления воды. Прибор представляет собой сосуд из непроводящего материала, в стенках

которого вмонтированы электроды A , M , N , B , представляющие собой в миниатюре электроразведочную установку Веннера. Исследованную водную пробу устанавливают в сосуд, через электроды A и B пропускают электрический ток I и между электродами M и N измеряют разность ΔU . Удельное сопротивление воды вычисляют по формуле

$$\rho = K \frac{\Delta U}{I},$$

где K — коэффициент, определяемый на основании измерений жидкости с известным удельным сопротивлением.

В целом методика работ с полевым резистивиметром аналогична методике исследований с лабораторным резистивиметром, описанным в § 65.

Для устранения влияния поляризации электродов удельное сопротивление воды в полевом резистивиметре необходимо измерять при помощи, например, аппаратуры АНЧ-1 на переменном токе или аппаратуры на постоянном токе (ЭСК-1) с применением пульсатора.

Измерения удельного сопротивления с полевым резистивиметром позволяют выявить пробы с высокой минерализацией, которые в дальнейшем могут быть объектом более точных гидрохимических анализов.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН

Глава XIX

АВТОМАТИЧЕСКИЕ КАРОТАЖНЫЕ СТАНЦИИ

§ 59. Станция АЭКС-900 (1500)

Автоматическая каротажная станция АЭКС-900 (1500) предназначена для следующих видов геофизических исследований в скважинах: 1) одновременной или раздельной записи кривых КС и ПС; 2) замера сопротивления бурового раствора резистивиметром; 3) замера температуры бурового раствора электротермометром; 4) измерения диаметра скважины каверномером; 5) измерения искривления скважины инклинометром; 6) проведения радиоактивного каротажа с аппаратурой ДРСТ-2, НГГК-57Б-АЭКС и других типов.

В качестве регистрирующего элемента в станции применен автоматический электронный потенциометр ПАСК-8, имеющий два измерительных канала.

Благодаря высокой виброустойчивости каротажного потенциометра измерительная аппаратура смонтирована вместе с подъемником на одной автомашине ГАЗ-63Е в кузове ПАЗ-651. В зависимости от глубины исследований скважин (900 или 1500 м) станция монтируется с лебедками ЛМК-2-900 или ЛМК-1500 и называется соответственно АЭКС-900 или АЭКС-1500.

Питание электрической схемы станции осуществляется от сети переменного тока частотой 50 гц, напряжением 110; 220 или 380 в. Станция АЭКС-900 (1500) рассчитана на работу с трехжильным кабелем.

1. Принцип измерения в станции. Так как принципы измерения станцией различных параметров идентичны, для примера рассмотрим принцип одновременной записи кривых КС и ПС, который является наиболее сложным. Принципы регистрации других параметров будут освещены ниже в соответствующих разделах.

Упрощенная электрическая схема станции при одновременной записи кривых КС и ПС приведена на рис. 92. На этой схеме можно выделить силовую цепь станции, цепь питания электродов A и B и измерительную цепь, состоящую из двух последовательно включенных каналов КС и ПС.

Питание станции осуществляется от сети переменного тока частотой 50 гц, напряжением 110; 220 или 380 в.

Цепь питания электродов A и B состоит из источника питания, переменного сопротивления R_1 , миллиамперметра mA токового коллектора пульсатора $TKП$, контрольных шунтов $R_{ш}$. Постоянный ток от выпрямителя или сухих батарей, пройдя через токовый коллектор пульсатора, превращается в переменный ток и поступает на электроды A и B . Сила тока в цепи AB регулируется реостатом R_1 и контролируется миллиамперметром mA .

измерительный канал от оставшейся части знакопеременной разности потенциалов.

Для того чтобы предохранить канал II, измеряющий постоянную разность потенциалов ПС от влияния знакопеременной разности потенциалов КС, к нему также подключен конденсатор C_1 и последовательно — дроссель Dr .

Рассмотрим на примере канала I принцип действия электронного потенциометра. Электрическая схема потенциометра состоит из компенсационной цепи, цепи ввода измеряемой величины и участка сравнения — реохорда.

На реохорд R поступают две разности потенциалов, противоположные по знаку: измеряемая и компенсационная. Если эти разности потенциалов не равны, то возникает напряжение небаланса, которое поступает на вход усилителя $У$. Усиленное напряжение небаланса приводит во вращение электродвигатель $Д$. Вращение электродвигателя связано через специальный редуктор с перемещением ползунка O по реохорду. Направление вращения электродвигателя выбрано так, чтобы ползунок O передвигался в сторону уменьшения напряжения небаланса. Например, если измеряемая величина больше компенсирующей, то ползунок O движется влево и тем самым увеличивает компенсирующую разность потенциалов.

Когда измеряемая и компенсирующая разности потенциалов будут равны, на усилитель не будет поступать сигнал, электродвигатель и вместе с ним ползунок O остановятся. Таким образом, чем больше измеряемая величина ΔU , тем больше отклоняется ползунок реохорда. К ползунку реохорда прикреплен карандаш, который, отмечая на движущейся ленте положение нулевого напряжения небаланса, тем самым записывает величину измеряемой разности потенциалов.

Цепь компенсации реохорда состоит из переменных сопротивлений $R_2—R_4$, переключателей $П_6$ и $П_7$, постоянных сопротивлений R_5 и R_8 и реостата R_7 с ползунком O' .

Переключатель $П_6$ служит для изменения соотношения масштабов записи на участках a и b реохорда. Если переключатель находится в положении «Л» (линейная шкала), то масштабы записи измеряемого параметра на участках a и b реохорда одинаковы, т. е. вся длина реохорда представляет линейную шкалу. Если же переключатель $П_6$ поставить в положение «М» (масштабная шкала), тогда параллельно участку a подключается постоянное сопротивление R_6 . В этом случае на участке b запись ведется в масштабе, который в 5 раз грубее, чем на участке a .

Переключатель $П_7$ совместно с реостатом R_2 («Умножить») служит для изменения пределов измерения потенциометра. Предел измерения на участке a шкалы потенциометра будет определяться путем перемножения показаний переключателей $П_7$ и реостата R_2 . Если разделим предел измерения на длину участка a реохорда, то получим чувствительность потенциометра по напряжению, т. е. число милливольт, которое приходится на 1 см шкалы.

При положении «Л» переключателя $П_6$ чувствительность участков a и b реохорда будет одинаковой, при положении «М» чувствительность участка b будет в 5 раз меньше.

Реостаты R_3 и R_4 («Нормализация») в цепи элемента \mathcal{E} служат для грубой и плавной регулировки напряжения питания цепи реохорда, который контролируется миллиамперметром mA . Напряжение питания реохорда устанавливается таким, при котором пределы измерения, определяемые произведением показаний переключателя $П_7$ и реостата R_2 , соответствовали бы истинным.

Реостат R_7 с ползунком O' служит для установки карандаша или указателя ползунка O на нулевое деление шкалы, когда измеряемая разность потенциалов равна нулю.

Цепь ввода измеряемой величины имеет сопротивление R_9 , конденсатор C_2 и переключатели $П_3—П_5$. При помощи переключателя $П_5$ параллельно измерительному каналу можно подключить сопротивление R_9 , что позволит в 25 раз уменьшить чувствительность потенциометра. Такая необходимость возникает в тех случаях, когда измеряемая величина КС настолько велика, что не может быть измерена даже на грубом пределе измерительного канала. Переключателем $П_4$ можно выключить канал КС из измерительной цепи и вместо него останется конденсатор C_2 . Последнее необходимо в том случае, когда величина КС измеряется каналом II без компенсации ПС каналом I. Переключатель $П_3$ служит для подключения измерительного канала к контрольным шунтам при установке масштабов записи кривой КС. Переключатель $П_6$ имеет то же назначение, что переключатель $П_4$ в канале I. Устройство измерительного канала II электронного потенциометра полностью аналогично устройству канала I. В канал II включается градуированный компенсатор поляризации ГКП, при помощи которого можно вводить в канал стандартные разности потенциалов (от 0,5 до 499,5 мв), что бывает необходимым при настройке или работе станции.

В каротажном потенциометре имеется также обычный компенсатор поляризации КП (неградуированный). Система переключателей компенсаторов КП и ГКП устроена таким образом, что при включении ГКП в канал I обычный компенсатор поляризации включается в канал II, и наоборот.

2. Электронный потенциометр ПАСК-8. Электронный каротажный потенциометр ПАСК-8 представляет собой два измерительных канала, конструктивно оформленные в одном корпусе. Внутри корпуса размещены лентопротяжный механизм, сельсин с редуктором, два электродвигателя, при помощи которых передвигаются ползунки реохордов, два блока усилителя и другие элементы электрической схемы. На лицевой панели потенциометра расположены элементы управления (рис. 93).

В каждом канале установлены реостаты R_3 и R_4 («Нормализация») и миллиамперметр для установки тока питания реохорда, переключатель «Предел измерения» и реостат «Умножить», переключатели $П_4$ («Измерение — С») и $П_5$ («Делитель»). Назначение указанных элементов было объяснено при описании принципа работы станции. В каждом канале имеются реостат «Демпфер» для регулирования степени успокоения записывающих устройств и блок усилителя. На блоке усилителя установлены выключатель и реостат «Усиление». Последний служит для регулирования степени усиления напряжения небаланса.

В нижней части панели потенциометра расположены переключатели компенсаторов ГКП и КП, реостат «Нормализация» и миллиамперметр для контроля за током в схеме ГКП. Переключатель «I—; I+; Выкл.; II+; II—» показывает номер канала и полярность включения компенсатора ГКП. Как было указано выше, компенсатор поляризации КП автоматически включается при этом в противоположный канал. Переключатели «9 × 0,5»; «9 × 5» и «9 × 50» служат для набора необходимой величины градуированной разности потенциалов. При помощи компенсатора КП изменяется полярность и величина компенсирующей разности потенциалов.

В правой нижней части панели потенциометра расположены клеммы «I канал», «II канал» для подключения измеряемых величин к каналам, клемма «ЗП» (земля прибора) для заземления корпуса потенциометра и переключатель «I, II; I + II». При положении «I, II» переключателя оба канала работают

отдельно: каждый записывает свой параметр. При установке переключателя в положение «I + II» оба канала могут записывать один параметр одновременно.

В центральной части панели потенциометра имеется прямоугольное окно с двумя шкалами и реохордами. По реохордам скользят ползунки, скрепленные с каретками. На каждой каретке имеются два гнезда для карандашей и стрелки — указатели делений шкалы.

На каждой шкале нанесены два ряда делений (верхний и нижний). Нижний ряд содержит деления одного масштаба от нуля до 14,4 см. В верхнем ряду до отметки 8,4 см нанесены деления основной шкалы реохорда, в пределах которой запись ведется в масштабе 1 : 1, и деления дополнительной шкалы (10; 20; 30 и 40 см), в пределах которой кривая записывается в масштабе 1 : 5. Общая длина разбитой на деления части шкалы (14,4 см) равна ширине рабочей части диаграммной ленты. Положение стрелки-указателя на шкале реохорда строго соответствует положению карандаша на диаграммной ленте.

В левой части каждой шкалы имеются реостаты R_7 для установки стрелки-указателя на нулевое деление шкалы.

Лентопротяжный механизм позволяет протягивать одновременно две диаграммные ленты. Два гнезда для карандашей на каждой каретке позволяют записывать измеряемый параметр одновременно на двух лентах. Редукторы потенциометра обеспечивают возможность протягивать одну ленту в масштабах глубин 1 : 500, 1 : 200, 1 : 100, 1 : 50 и 1 : 20, другую — в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 200.

Переключатели масштабов глубин для каждого канала находятся внутри корпуса потенциометра, для доступа к которым имеется окно.

3. Пульсаторно-токовая панель станции. На пульсаторно-токовой панели расположены элементы управления пульсатором и токовой цепью (см. рис. 93).

Клеммы M , N , A , B , Z , $3П$ на панели служат для подключения линий MN и AB к станции, а также для заземления станции и корпуса панели. Пульсатор включается при помощи переключателя «Мотор», частота оборотов пульсатора регулируется рукояткой $Gч$. Тумблеры «Измерительная цепь» и «Токовая цепь» позволяют включать измерительный и токовый коллекторы пульсатора: в верхнем положении тумблеров коллекторы пульсатора выключаются, в нижнем положении — включаются.

Сила тока в цепи AB измеряется миллиамперметром mA и регулируется реостатами грубой, средней и точной регулировки силы тока. Миллиамперметр снабжен переключателем пределов измерений, которые могут быть установлены равными 15—75—300—1500 mA на всю шкалу прибора. Источник питания в цепь AB подключается при помощи переключателя «Выпрямитель — батарея». Переключатель « ΔU — I» ($П_3$) позволяет подключить измерительный канал к измерительным жилам кабеля (в положении « ΔU ») или (при установке силы тока в цепи AB) — к одному из эталонных сопротивлений в цепи AB (в положении «I»), величина которых устанавливается переключателем «Контрольный шунт». Переключатель «Измерение; намагнич.»; PK служит для коммутирования источника питания в различных видах операций.

При установке переключателя в положение «Намагнич.» источник питания отключается от токовой цепи, и полное напряжение с выхода выпрямителя через панель контроля каротажа подается на устройства для нанесения на кабеле магнитных меток. В положении « PK » указанного переключателя и верхнем положении (« \Rightarrow ») тумблеров «Токовая цепь» на клеммы A и B панели подается постоянный ток для питания скважинного прибора, необходимая

величина которого (70—80 ма) устанавливается реостатами регулировки силы тока. В положении «Измерение» переключателя выполняются измерения на переменном токе и регистрация кривой ПС.

Пульсаторно-токовая панель соединяется клеммами «I канал»; «II канал» и «ЗП» потенциометра при помощи пятижильного провода и штепсельного разъема, расположенного в верхней правой части панели.

4. Другие узлы станции. Кроме описанных выше панелей потенциометра и пульсаторно-токовой панели, на аппаратном стенде станции (см. рис. 93) установлены приборный щиток, панель контроля каротажа, панель радиоактивного каротажа, силовой щиток, блок выпрямителя, силовой блок и панель включения обогрева станции.

На приборном щитке установлены вольтметр и частотомер для измерения напряжения и частоты переменного тока, питающего станцию и часы. На панели включения обогрева станции включаются электрообогреватели. На силовом щитке расположены выключатели сети и выпрямителя, а также клеммы для отбора напряжений 220 или 110 в. Панель контроля каротажа содержит счетчик глубины нахождения зонда или прибора в скважине, индикаторы скорости перемещения и натяжения кабеля, переключатели меткоотбивателя и другие элементы управления каротажем. Панель радиоактивного каротажа служит для управления радиоактивным каротажем; устройство этой панели рассматривается в соответствующей главе.

§ 60. Автоматическая каротажная станция АКС-4

Автоматическая каротажная станция типа АКС-4 состоит из лаборатории АКС-4 и подъемника. Лаборатория АКС-4 применяется для следующих видов геофизических исследований в скважинах:

1) одновременной и раздельной регистрации кривых электрокаротажа обыкновенными зондами КС и ПС;

2) измерения сопротивления зоны проникновения бурового раствора микрозондами;

3) замера сопротивления бурового раствора резистивиметром;

4) замера температуры бурового раствора электротермометром;

5) измерения диаметра скважины каверномером;

6) измерения искривления скважины инклинометром;

7) радиоактивного каротажа с аппаратурой ДРСТ-2, НГГК-60 и других типов.

В качестве регистрирующего прибора в станции АКС-4 применен четырехканальный светолучевой фоторегистратор ФР-6 с зеркальными гальванометрами, позволяющий использовать лабораторию для работы как на трехжильном, так и на семижильном кабеле. При работе на трехжильном кабеле лаборатория АКС-4 может регистрировать одновременно два параметра, при работе на семижильном кабеле — четыре параметра.

Электрическая схема станции питается от сети переменного тока частотой 50 гц, напряжением 110; 220; 380 в. Для создания знакопеременного тока в линии АВ используется электромашинный усилитель, при помощи которого вырабатывается электрический ток частотой 6—8 гц, меняющийся по синусоидальному закону.

Перемещение кабеля по скважине в станции АКС-4 может осуществляться подъемником для трехжильного кабеля любого типа (в основном СКПМ-2000 и СКПМ-3000) или специальными подъемниками для семижильного кабеля.

Лаборатория АКС-4, ввиду повышенной чувствительности фоторегистратора к вибрациям, монтируется на отдельной от подъемника автомашине типа ГАЗ-63Е в кузове ПАЗ-651. Общий вес лаборатории с автомашиной 5000 кг.

1. Принцип измерений с лабораторией АКС-4. Принципы измерений различных параметров с лабораторией АКС-4 во многом идентичны, поэтому для примера рассмотрим одновременную регистрацию кривых КС и ПС на трехжильном кабеле, которая наиболее распространена. Принципы измерений других параметров будут освещены в соответствующих главах данного раздела.

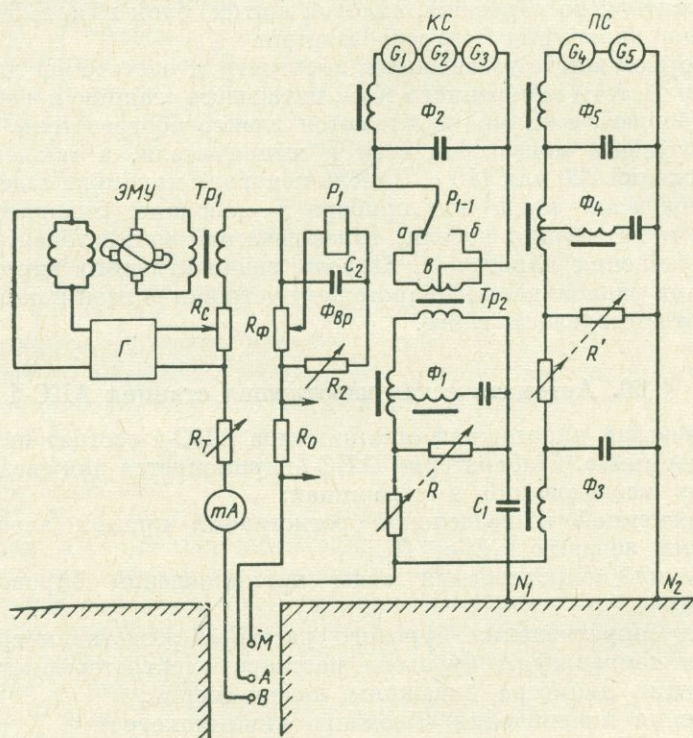


Рис. 94. Принципиальная схема лаборатории АКС-4 для каротажа на трехжильном кабеле.

Упрощенная принципиальная электрическая схема лаборатории АКС-4 при одновременной записи кривых КС и ПС показана на рис. 94.

Токовая цепь лаборатории питается синусоидальным током частотой 6—8 гц, поступающим от электромашинного усилителя ЭМУ, работающего в режиме генератора переменного тока с независимым возбуждением. Питание на управляющую обмотку электромашинного усилителя поступает от сопротивления обратной связи R_c через электронный генератор Γ . Необходимая сила тока в цепи АВ устанавливается при помощи переменного сопротивления R_T и контролируется миллиамперметром mA .

В токовую цепь включаются контрольные шунты R_0 , предназначенные для установки масштаба записи кривой ρ_k и других параметров.

Напряжение $\Delta U_{\text{КС}}$ переменного тока с электродов M и N_1 поступает на вход измерительного канала КС и через разделительную емкость C_1 , делитель напряжения R , мостиковый фильтр Φ_1 , защищающий канал КС от помех переменного тока промышленной частоты, и выпрямитель подается на гальванометры $G_1—G_3$ светолучевого осциллографа.

Разделительная емкость C_1 ослабляет силу постоянного или медленно меняющегося при перемещении зонда тока, вызванного разностью потенциалов $\Delta U_{\text{ПС}}$.

Делитель напряжения R позволяет установить в заданных пределах любое значение постоянной измерительного канала по напряжению.

Выпрямление напряжения $\Delta U_{\text{КС}}$ переменного тока осуществляется механическим фазочувствительным выпрямителем, собранным на трансформаторе Tr_2 и поляризованном реле P_1 . Подвижный контакт реле P_{1-1} через каждый полупериод изменения синусоидального тока замыкается поочередно то с правым, то с левым неподвижными контактами a и b , которые соединены с концами вторичной обмотки трансформатора Tr_2 . Вследствие описанной работы выпрямителя через точки e, a, b схемы в канал КС поступает пульсирующий ток одного направления. Фильтр низкой частоты Φ_2 служит для уменьшения величины пульсации выпрямленного тока.

Гальванометры $G_1—G_3$ фиксируют величину проходящего через них выпрямленного тока. Так как величина этого тока пропорциональна напряжению $\Delta U_{\text{КС}}$ на электродах M и N , а ток в цепи AB поддерживается постоянным, то, следовательно, показания гальванометров будут пропорциональны величине ρ_k пород на участке между электродами M и N . Гальванометры $G_1—G_3$ записывают кривые КС в масштабах, соотносящихся между собой соответственно как 1 : 1, 1 : 5, 1 : 25, что позволяет регистрировать малые и большие величины ρ_k без дополнительных затрат на перекрытия.

Фазовращающая ячейка $\Phi_{\text{вр}}$, состоящая из конденсатора C_2 и переменного сопротивления R_2 , служит для согласования фаз переключения реле P_1 и измеряемого сигнала. При помощи этой ячейки устанавливаются такие моменты подключения подвижного контакта P_{1-1} с контактами a и b , в которые меняется знак синусоидального тока, вызванного напряжением $\Delta U_{\text{КС}}$. Переменное сопротивление $R_{\text{ф}}$ позволяет установить необходимый ток в электромагните реле, т. е. нормальный режим работы подвижного контакта реле.

Постоянная или медленно изменяющаяся разность потенциалов $\Delta U_{\text{ПС}}$ на измерительных электродах M и N_2 подается в измерительный канал ПС, где регистрируется гальванометрами G_4 и G_5 осциллографа. Величина переменного тока, вызванного разностью потенциалов $\Delta U_{\text{КС}}$, уменьшается фильтрами $\Phi_3—\Phi_6$ и практически не отмечается гальванометрами канала ПС.

Необходимый масштаб записи кривой ПС устанавливается делителем напряжения R' . Гальванометры G_4 и G_5 записывают кривую ПС в одинаковых масштабах.

2. Устройство фоторегистратора ФР-6. Для непрерывной записи кривых различных параметров в лаборатории АКС-4 применяется фоторегистратор ФР-6.

Чувствительным элементом фоторегистратора являются двенадцать магнитоэлектрических гальванометров, объединенных в четыре канала (по три гальванометра в каждом канале). В каналах I—III первый, второй и третий гальванометры записывают кривые измеряемых параметров в масштабах 1 : 1, 1 : 5 и 1 : 25. В канале IV гальванометры записывают в одинаковых масштабах три кривые, смещенные одна относительно другой. Ширина фотоленты, на которой выполняется запись, равна 200 мм.

По принципу действия гальванометра фоторегистратор ФР-6 аналогичен осциллографу сейсморазведочной станции, описанной в третьем разделе.

Редуктор лентопротяжного механизма приводится во вращение при помощи сельсинной передачи от мерного ролика блок-баланса. Коробка передач редуктора позволяет протягивать ленту в масштабах глубин 1 : 200, 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000, 1 : 10 000.

Гальванометры фоторегистратора ФР-6 объединены в четыре кассеты по три гальванометра, что соответствует четырем измерительным каналам. Кассеты вставляются в магнитный блок таким образом, что обеспечивается их включение в электрическую измерительную схему. Для каждой кассеты гальванометров применяется отдельный осветитель.

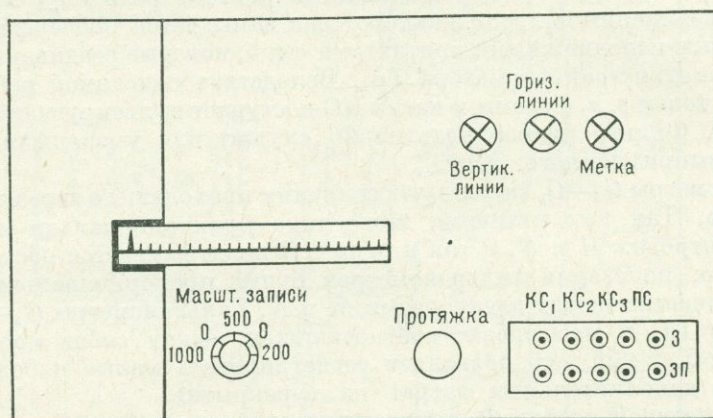


Рис. 95. Панель фоторегистратора ФР-6.

Яркость осветителей каналов I и II одинаковая, однако кривые канала II записываются в виде пунктирных линий. Это достигается тем, что специальным кулачком распределительного механизма через каждый метр перемещения зонда по скважине цепь питания осветителя канала II разрывается. Кривые канала III записываются в виде сплошных линий, но отличаются от кривых канала I по яркости. Последняя может регулироваться полупеременным сопротивлением, включенным в цепь осветителя канала III. Кривые канала IV отличаются от кривых первых трех каналов по характеру записи. При выполнении одновременной записи кривых КС и ПС обыкновенными зондами канал IV записывает кривую ПС, канал I (реже канал II или III) регистрирует кривую КС.

Оптическая схема фоторегистратора, кроме записи кривых измеряемых параметров, позволяет наносить на фотобумагу следующие линии:

- 1) вертикальные линии марок времени через каждые 30 сек;
- 2) горизонтальные тонкие линии через 5 м и горизонтальные жирные линии через 50 м каротажа;
- 3) линии кабельных меток глубин.

Указанные линии позволяют обеспечить точную привязку диаграммы к глубине скважины, облегчают камеральную обработку и интерпретацию диаграммы, позволяют судить о скорости каротажа.

Фоторегистратор ФР-6 расположен в верхней части аппаратного стенда станции и состоит из светонепроницаемого кожуха, внутри которого расположены блок гальванометров, оптическая система и лентопротяжный механизм.

На лицевой панели фоторегистратора (рис. 95) имеются клеммы для подключения к прибору проводов от измерительных электродов и заземляющих проводов, шкала визуального наблюдения за бликами гальванометра, переключатель масштабов глубин, рукоятка для ручной протяжки фотобумаги и три контрольные лампы, показывающие исправность работы осветителей и нанесения горизонтальных и вертикальных линий и меток глубин.

Шкала визуального наблюдения выполнена из красного фотостекла с целью предотвращения засвечивания фотобумаги. Шкала необходима для настройки измерительных каналов станции и контроля за работой фоторегистратора в процессе каротажа. Длина шкалы равна ширине рабочей части фотобумаги, благодаря чему перемещение световых бликов гальванометров по шкале точно соответствует перемещению бликов на фотобумаге.

На левой части верхней крышки кожуха регистратора имеется контрольная шкала, аналогичная шкале визуального наблюдения. Контрольная шкала используется для точного определения положения бликов гальванометров на ленте при настройке и регулировке фоторегистратора.

Внутри кожуха фоторегистратора размещен дополнительный редуктор, передающий вращение от коробки передач сельсинного валика к ведущему валу, протягивающему фотоленту. Этот редуктор может быть установлен в двух положениях: «1 : 1» и «10 : 1». Установив дополнительный редуктор в положение «1 : 1», рукояткой «Масштабы записи» на панели фоторедуктора (см. рис. 95) можно установить масштабы глубин 1 : 1000, 1 : 500 и 1 : 200. При переводе дополнительного редуктора в положение «10 : 1» указанные масштабы становятся в 10 раз мельче.

При установке рукоятки «Масштабы записи» в положение «0» передача от сельсина к ведущему валу лентопротяжного механизма выключается. Рукоятка для ручной протяжки ленты используется в тех случаях, когда возникает необходимость протянуть фотобумагу. Независимо от направления вращения рукоятки фотобумага протягивается только в одном направлении, перематываясь в приемную кассету.

Показателем исправной работы осветителя для нанесения вертикальных линий является периодическое изменение яркости контрольной лампы. Контрольная лампа «Гориз. линии» при исправной работе осветителя систематически, через 5 м каротажа, вспыхивает. Контрольная лампа «Метка» вспыхивает при прохождении магнитной метки через меткоуловитель (на ролике блок-баланса) или при нажатии на кнопку «Метка» на панели контроля каротажа.

3. Измерительная панель лаборатории АКС-4. На измерительной панели лаборатории АКС-4 (рис. 96) смонтированы элементы управления четырьмя измерительными каналами.

В каждом измерительном канале имеется переключатель P_1 для грубого изменения пределов измерения («Пределы измерения; грубо») и реостаты (аттенюаторы) для плавного изменения пределов измерения. При помощи переключателей P_1 может быть установлена постоянная по напряжению измерительного канала от 0,75 мв/см (в первой позиции) до 562 мв/см (в позиции «750»). Цифры, нанесенные на панелях переключателей, показывают, во сколько раз увеличивается постоянная по напряжению при переводе переключателя из первой позиции в данную. Это соответствие будет выполняться в том случае, если реостат плавной регулировки постоянной по напряжению канала будет установлен в правое крайнее положение. При повороте аттенюатора влево постоянная по напряжению будет плавно изменяться до величины, определяемой

соседней позицией переключателя Π_1 . Таким образом, аттенюатор позволяет плавно изменять постоянную по напряжению канала в диапазоне между значениями, которые определяются двумя соседними позициями переключателя Π_1 .

В каналах I—III имеются реостаты R_1 , которые служат для подгонки их сопротивлений до расчетного значения: при первой позиции переключателя Π_1 сопротивление канала должно составлять 1200 ом. Только в этом случае постоянная по напряжению канала будет соответствовать истинному значению. Точно регулировать сопротивление канала ПС нет необходимости, так как

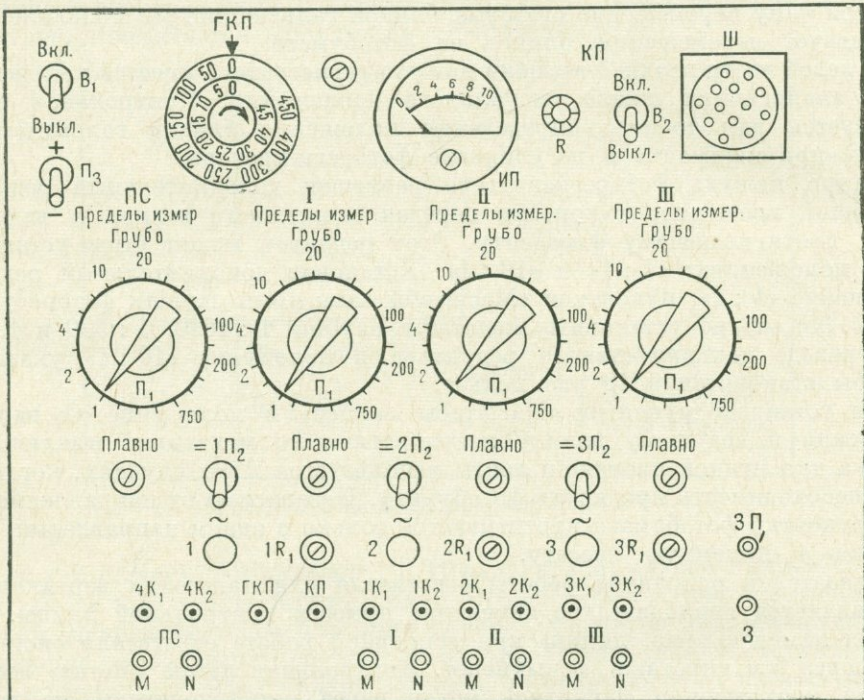


Рис. 96. Измерительная панель лаборатории АКС-4.

работа ведется в основном при постоянной по напряжению, превышающей 1—2 мв/см. Поэтому реостат R_1 заменен постоянным сопротивлением.

В каналах I—III установлены переключатели Π_2 («=; ~»), которыми схема записи на переменном токе может быть переключена на запись на постоянном токе. Это делается, если цепь АВ питается постоянным током. В этом случае из схемы измерительного канала выключается фазочувствительный выпрямитель и закорачивается конденсатор C_1 (см. рис. 94).

В левой верхней части лицевой части измерительной панели расположены элементы управления градуированным компенсатором поляризации (ГКП): включатель B_1 , рукоятки ГКП для установки на выходе ГКП стандартных значений разности потенциалов (от 5 до 495 мв с интервалом 5 мв), переключатель Π_3 полярности, подаваемой от ГКП разности потенциалов и миллиамперметр ИИ с реостатом для установки необходимой величины силы тока в цепи ГКП.

В правой верхней части панели установлены выключатель B_2 и реостат R обычного компенсатора поляризации (КП).

Снимаемые с выходов ГКП и КП разности потенциалов подводятся соответственно к телефонным гнездам $ГКП$ и $КП$, расположенным в нижней части панели управления.

Телефонные гнезда K_1 и K_2 в каналах I—III служат для подключения в каналы контрольных шунтов. При использовании гнезда K_1 из канала выключаются электроды M и N и сопротивление R_1 , при использовании гнезда K_2 контрольный шунт подсоединяется без отключения каких-либо элементов измерительного канала. Посредством телефонных гнезд K_2 при работе на постоянном токе в канал может быть включен градуированный или обычный компенсатор поляризации.

Телефонные гнезда K_1 и K_2 канала ПС используются соответственно для включения в него контрольного шунта и градуированного компенсатора поляризации.

Кнопки 1, 2, 3 в каналах I—III позволяют замкнуть накоротко вход канала и проверить нулевое положение записывающих устройств.

Клеммы M и N панели управления служат для подключения проводов от измерительных электродов, клеммы 3 и 3П — для подсоединения к лаборатории заземляющего провода. При помощи штепсельного разъема III измерительная панель соединяется с измерительными каналами фоторегистратора.

4. П а н е л ь у п р а в л е н и я ЭМУ и р е о с т а т. Токовая цепь лаборатории АКС-4 состоит из блока электромашинного усилителя (ЭМУ), панели управления ЭМУ (рис. 97), реостата и батареи сухих элементов.

Блок электромашинного усилителя состоит из трехфазного асинхронного электродвигателя и электромашинного усилителя, который представляет собой двухполюсную машину постоянного тока. Управляющая обмотка машины может питаться переменным или постоянным током, в зависимости от чего в цепь AB будет поступать переменный или постоянный ток. Трехфазный асинхронный электродвигатель, приводящий во вращение ротор ЭМУ, встроен в один корпус с электромашинным усилителем. Трехфазный ток для электродвигателя преобразуется из однофазного тока промышленной сети по специальной схеме.

Электродвигатель ЭМУ запускается переключателем $П_3$ панели управления. Переключатель устанавливается в положение «Пуск» и, когда ротор ЭМУ будет иметь достаточные обороты, переводится в положение «Работа». В положении «Пуск» переключателя $П_3$ электродвигатель потребляет повышенную мощность, которая необходима для того, чтобы ротор начал вращаться.

Управляющая обмотка ЭМУ при работе на переменном токе питается от лампового генератора синусоидальных колебаний частотой 6—8 $гц$. Частота генератора в указанных пределах (а следовательно, и частота синусоидального тока питания цепи AB) регулируется при помощи переменного сопротивления «Частота». Ламповый генератор включается тумблером B («Генератор»). При этом переключатель $П_2$ должен находиться в положении «~», а переключатель $П_1$ — в положении «Выкл.». Питание лампового генератора производится обычно через выпрямитель и стабилизатор от промышленной сети. Если напряжение сети нестабильное, то аноды лампового генератора могут питаться от батарей. При этом переключатель $П_2$ устанавливается в положение «Бат.», а переключатель $П_1$ — в положение «Аноды».

На выходе электромашинного усилителя установлен повышающий трансформатор, который позволяет получить при сопротивлении нагрузки 200—

300 ом ток 1—1,5 а напряжением 300—380 в. Переменный ток для питания электродов АВ стабилизируется. Режим стабилизации тока устанавливается переключателем «Режим стаб.».

В цепи питания электродов А и В на переменном токе включены миллиамперметр ИП₁, переключатель П₆, контрольные шунты 0,1—25 ом и нагрузочный реостат R_т (см. рис. 94), служащий для регулировки силы тока.

В положении «Зонд; 1,5А» переключателя П₆ нагрузочный реостат R_т включается последовательно в цепь АВ, а предел измерения прибора ИП₁

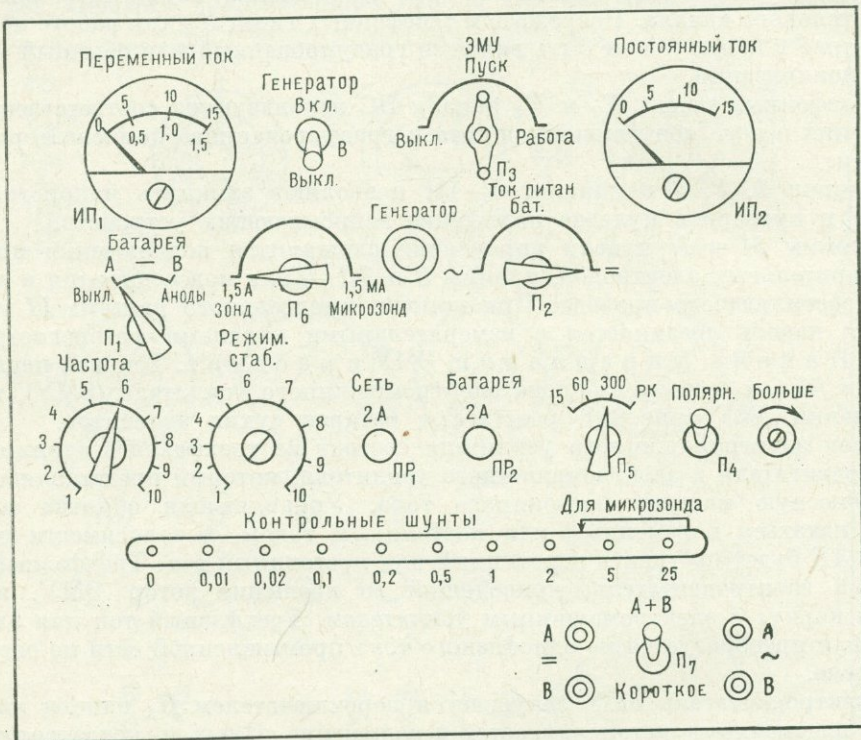


Рис. 97. Панель управления ЭМУ лаборатории АКС-4.

равен 1,5 а. При установке переключателя П₆ в положение «Микрозонд; 15 ма» нагрузочный реостат R_т подключается параллельно вторичной обмотке повышающего трансформатора; цепь АВ подключается параллельно нагрузочному реостату, а сила тока регулируется изменением части напряжения, снимаемой с этого реостата. В указанном положении переключателя П₆ предел измерения прибора ИП₁ составляет 15 ма. Переменный ток для питания электродов А и В снимается с гнезд А; ~; В

Если измерения ведутся на постоянном токе, то переключатель П₂ устанавливается в положение «=». В этом случае электромашинный усилитель работает в режиме самовозбуждения: управляющая обмотка отключается от лампового генератора и подключается к выходным щеткам ЭМУ. Сила постоянного тока в цепи АВ регулируется реостатом «Больше» и контролируется прибором ИП₂. Переключателем П₅ устанавливаются пределы измерения прибо-

ром $ИП_2$ в ма. В положении «РК» переключателя выполняется радиоактивный каротаж.

При работе ЭМУ в режиме постоянного тока переключатель $П_6$ должен быть установлен в положении «Зонд; 1,5А». Переключателем $П_4$ изменяется полярность постоянного тока в цепи АВ. Токовая цепь лаборатории может питаться постоянным током от батарей. В этом случае генератор выключается, а переключатель $П_2$ устанавливается в положение «Бат.», переключатель $П_1$ — в положение «А—В». Постоянный ток для питания цепи АВ снимается с клемм А; =; В. Переключатель $П_7$ служит для отключения токовой цепи от электродов АВ и замыкания ее накоротко, что бывает необходимым при регулировании сопротивления измерительного канала.

Контрольные шунты величиной 0; 0,01; 0,02; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 25 ом включены последовательно в токовую цепь и выведены к телефонным гнездам соответствующего обозначения. В нерабочем положении каждый шунт замкнут накоротко в своем гнезде. Включение того или иного шунта в измерительный канал производится при помощи телефонного штекера, соединяющего гнездо K_2 измерительного канала с гнездом, к которому подведен шунт.

5. Другие узлы лаборатории АКС-4. К другим узлам лаборатории относятся общая панель, панель радиоактивного каротажа, силовой блок и панель контроля каротажа.

Общая панель содержит переговорное устройство, приборы для измерения напряжения и частоты промышленного тока; устройство для управления скважинным переключателем зондов и другие приборы. Панель радиоактивного каротажа, в качестве которой могут быть использованы панели НГГК-60, ДРСТ-2 и других типов, служит для выполнения станцией радиоактивного каротажа.

По назначению и устройству силовой блок и панель контроля каротажа аналогичны таким же узлам станции АЭКС-900 (1500).

§ 61. Оборудование каротажных станций

1. Каротажные кабели. Каротажные кабели предназначены: 1) для транспортировки по стволу скважины зондов, датчиков, геофизических приборов, стреляющих аппаратов, грузов; 2) для обеспечения электрической связи между скважинными приборами и наземной измерительной аппаратурой; 3) для определения глубины нахождения скважинных зондов и приборов при измерениях.

Каротажные кабели состоят из следующих трех элементов: 1) токопроводящих жил, изготовленных из стальной проволоки, стальной и медной или из одной медной проволоки; 2) изоляции жилы, выполненной резиной или теплостойкими пластмассами; 3) защитного покрова из оплетки, шланга или провололочной брони, предохраняющей жилы кабеля от механических повреждений.

Каждый тип кабеля обозначается шифром, который является его сокращенной характеристикой. Первая буква шифра К — начальная буква слова «каротажный»; вторая буква указывает на число токопроводящих жил: О — одножильный, Т — трехжильный, С — семижильный; третья буква указывает на характер защитного покрытия: О — в оплетке, Ш — шланговый, Б — бронированный. Четвертая буква шифра трехжильного и семижильного кабелей имеет специальное значение: Н — нефтестойкий, Т — теплостойкий, Г — грунтоносный, Ф — жила кабеля покрыта изоляцией из фторопласта. Четвертая

буква шифра одножильного кабеля — буква Д — означает наличие двойной брони; буквы Н, Т, Г, Ф в шифре одножильного кабеля стоят после буквы Д. Цифра, которая стоит после буквенного шифра, указывает на минимальное разрывное усилие для данного кабеля в тоннах.

В настоящее время выпускаются в основном кабели трех типов: в оплетке, в шланге, в проволочной броне.

Каротажные кабели в оплетке и в шланге выпускаются только в трехжильном варианте. Токопроводящие жилы оплетенных кабелей выполняют одновременно функцию троса, на котором подвешен скважинный прибор. Токопроводящая жила кабеля КТО состоит из одной медной проволоки диаметром 0,41—0,52 мм и нескольких (18—48) стальных проволок диаметром 0,4—0,5 мм. Каждая жила покрыта слоем изоляционной и нефтегазостойкой резины и обмотана двумя слоями прорезиненной ленты, окрашенной в различные цвета. Отдельные изолированные жилы скручены между собой, а наружные промежутки между ними заполнены резиновыми или хлопчатобумажными шнурами с целью придания кабелю цилиндрической формы. Далее скрученные жилы обмотаны несколькими слоями хлопчатобумажной прорезиненной ленты, поверх которой наложена оплетка из льняной пряжи и кордных нитей. Оплетка пропитана противогнилостным составом.

Шланговые кабели отличаются от оплетенных только верхним покрытием: вместо оплетки скрученные жилы опрессованы одним или двумя слоями резины.

Бронированные кабели выпускаются в одножильном, трехжильном, семижильном и шестижильном вариантах.

Жила кабеля состоит из скрученных между собой медных (от 1 до 12) и стальных (от 3 до 6) проволок, покрытых двумя слоями резины. Нижний слой, состоящий из резины ТСШ-50, обеспечивает высокое качество изоляции. Верхний слой (из нейритовой резины) обладает хорошей нефтегазостойкостью, предохраняет нижний слой от разрушения при работе кабеля в скважинах, заполненных нефтью или газом. Оба слоя резины наложены на жилу одновременно и вулканизированы при помощи аппаратов непрерывной вулканизации. Поверх слоя резины наложена оплетка из хлопчатобумажной пряжи, пропитанная противогнилостным составом. Оплетка служит для предохранения резинового слоя от разрушения под действием проволок брони.

Броня кабеля является его защитной и грузонесущей частью и состоит из двух повивов стальных оцинкованных проволок. Направление повивов в каждом слое брони противоположное, что препятствует раскручиванию кабеля во время его работы в скважинах. Устройство многожильных бронированных кабелей аналогично одножильному.

Кабели в шланге и в оплетке имеют малый ($1,3—1,9 \text{ г/см}^3$) удельный вес, небольшое ($0,3—4,0 \text{ т}$) разрывное усилие, большой ($16—25 \text{ мм}$) диаметр и применяются в основном для каротажа неглубоких рудных скважин.

Бронированные кабели обладают большим ($4,0—5,2 \text{ г/см}^3$) удельным весом, меньшим ($8,4—18,4 \text{ мм}$) диаметром, большим ($4—6 \text{ т}$) разрывным усилием по сравнению с первыми двумя типами кабелей. Кроме того их изоляция рассчитана для работы при высоких температурах и давлении. Указанные характеристики обусловили широкое применение бронированных кабелей для каротажа глубоких, в основном нефтяных и газовых скважин. Малый диаметр бронированных кабелей позволяет использовать обычный подъемник для каротажа глубоких скважин, не перегружая при этом лебедки.

2. К а р о т а ж н ы е з о н д ы. Отрезок кабеля с присоединенными к его жилам свинцовыми электродами называется каротажным зондом. Электроды

служат для ввода тока в исследуемую среду и измерения потенциалов, возникающих в этой среде.

Процесс изготовления электрода показан на рис. 98. В зависимости от взаимного расположения электродов на отрезке кабеля различают зонды следующих типов: градиент-зонд, потенциал-зонд, кровельный и подошвенный, однополюсный и двухполюсный. Если расстояние между парными электродами (AB или MN) мало по сравнению с расстоянием между непарными электродами, то мы имеем градиент-зонд, если расстояние между парными электродами больше расстояния между непарными, — потенциал-зонд. Если парные электроды расположены сверху, зонд называется обращенным, а если они расположены внизу — последовательным. Обращенный градиент-зонд называется

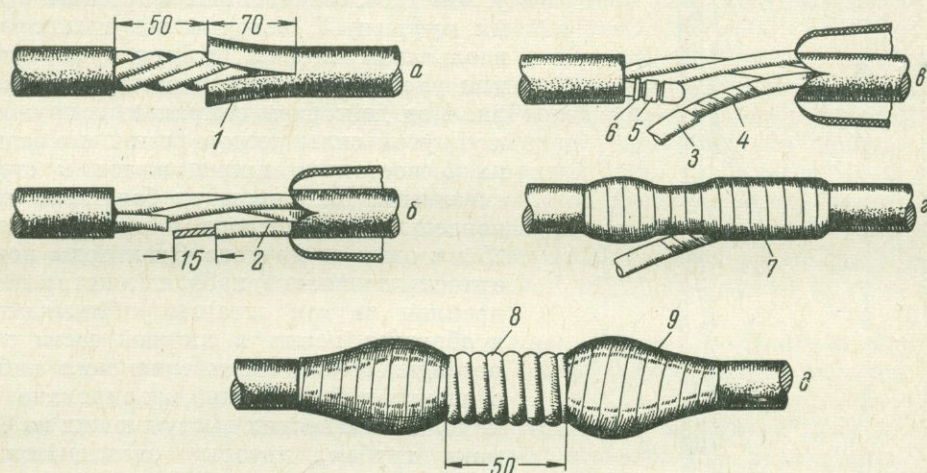


Рис. 98. Изготовление электрода стандартного зонда

a — b — последовательность операций; 1 — шланг кабеля; 2 — жила кабеля; 3 — электродный провод; 4 — изоляция места соединения электродного провода с жилой кабеля; 5 — изоляция свободного конца жилы; 6 — бандаж из ниток; 7 — изоляция вскрытого места на кабеле; 8 — электрод; 9 — предохранительные утолщения на изоляционной ленте.

кровельным, последовательный — подошвенным. В зависимости от расположения в скважине одного или двух питающих электродов зонд называется однополюсным или двухполюсным.

Длиной градиент-зонда считается расстояние между парным электродом и серединой сближенных электродов, длиной потенциал-зонда — расстояние между сближенными электродами.

Для выполнения каротажа методами электродных потенциалов и скользящих контактов применяются зонды специальных конструкций.

Устройство зонда для метода электродных потенциалов показано на рис. 99, a . Корпус 1 зонда изготовлен из изоляционного материала, содержит щеточный электрод 2 (электрод M), скользящий по стенке скважины, и электрод сравнения 3 (электрод N), который не касается стенки скважины. Электрод M изготовлен из кусков провода типа ГПСМ, на концы которых надеты цинковые колпачки 4, скользящие по стенке скважины. Другие концы электрода соединены с одной из жил 5 кабеля 6 и прижаты к корпусу зонда резиновыми кольцами 7, обеспечивающими также надежную изоляцию места соединения от бурового раствора скважины. Диаметр электрода M примерно на 5—10 мм

превышает диаметр скважины. Электрод *N* состоит из двух цинковых или железных цилиндров, расположенных симметрично относительно электрода *M* и соединенных жилой 8 кабеля. Электрод содержит два центрирующих фонаря 9, которыми центрируется при движении строго по оси скважины. В нижней части зонда расположено устройство 10 для присоединения груза. Аналогично устроен зонд метода скользящих контактов; его отличие заключается лишь в том, что он не имеет электрода сравнения, а содержит лишь один щеточный электрод.

При изучении зоны проникновения бурового раствора используются так называемые микрозонды. Устройство одного из них (микрозонда 5МЗ-20) показано на рис. 99, б. Микрозонд состоит из центральной штанги 1 и трех

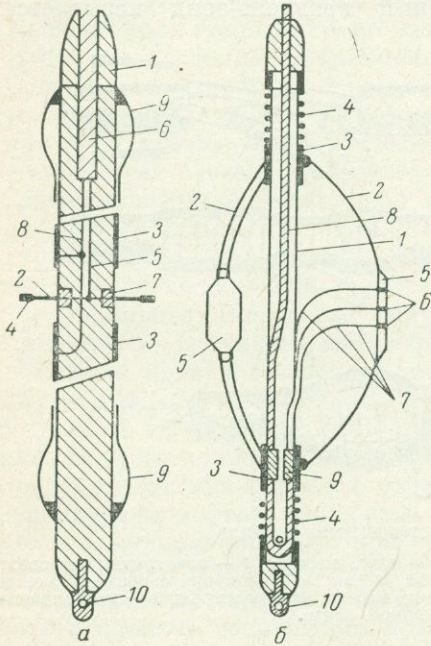


Рис. 99. Зонд для метода электродных потенциалов (а) и микрозонд 5МЗ-20 (б).

пружинных рессор 2, расположенных под углом 120° , соединенных шарнирно с двумя муфтами 3, которые могут скользить вдоль центральной штанги, увеличивая или уменьшая диаметр рессорного фонаря. Под действием спиральных пружин 4 и упругой силы рессор резиновые башмаки 5 постоянно прижимаются к стенке скважины. На одном из башмаков установлены три электрода 6 на расстоянии 25 мм один от другого. Электроды подсоединены к жилам 7 кабеля 8, который закреплен внутри штанги обжимками 9 и образует петлю в нижней части микрозонда. Место соединения жил кабеля с электродами надежно изолировано при помощи конических выступающих из башмака трубок, которые отжимаются на жилах бандажом и резиновой изоляционной лентой. В нижней части центральной штанги специальным устройством 10 крепится груз. Из электродов башмака можно составить градиент-микрозонд А0,025М0,25N и потенциал-микрозонд А0,05М, у которого электродом *N* служит корпус микрозонда.

3. Каротажные грузы. Для удобства спуска каротажного кабеля в скважину к зонду и в ряде случаев к глубинным приборам подвешивают груз. Обычно применяют свинцовые и чугунные цилиндрические грузы.

Свинцовый груз представляет собой цилиндрической формы болванку, внутри которой заключен каркас, изготовленный из металлической трубки с отверстиями или из металлического стержня с «ершом» в виде «елки». Отверстия в трубке и «елка» на стержне обеспечивают прочную связь свинцовой массы с сердечником и разбуривание груза в случае оставления его в скважине.

Чугунный груз представляет собой цилиндрическую болванку из фасонных колец, собранных на центральном стержне, скрепленных верхней и нижней головками. Нижнюю головку груза обычно снабжают муфтой, к которой подвешивают второй груз, если вес одного груза недостаточен для спуска кабеля.

В труднопроходимых бурении скважинах, имеющих уступы, вместо цилиндрических грузов нередко применяют гирлянды из 3—5 свинцовых шаров на расстоянии 10—15 см один от другого, соединенных оголенной жилой кабеля.

Для работы в скважинах со значительными уступами применяют специальные центрирующие грузы.

Верхний конец груза имеет наконечник для подвешивания к зонду или прибору.

Диаметр груза 24—100 мм в зависимости от диаметра скважины. Вес груза 5—120 кг в зависимости от глубины скважины, удельного веса и вязкости бурового раствора, от типа кабеля.

4. Каротажные лебедки и подъемники. Спуск каротажного кабеля в скважину и подъем его осуществляется при помощи каротажной лебедки. Тип и размеры лебедки зависят от глубины скважины и марки кабеля, необходимого для выполнения работ.

В настоящее время применяются лебедки типов ЛК, ЛКА, ЛКМ и ЛПМ.

На рис. 100 показано устройство лебедки типа ЛКА-400. Ее барабан 3 укреплен на раме 1, которая крепится к основанию 2. Барабан приводится во вращение ручным приводом через цепную передачу 12 при помощи ручки 13 или от червячного редуктора автомашины через ведомое колесо 11 трансмиссионного вала 10 и цепное колесо 4. Вращение барабана через цепную передачу 14 передается на вал 15, имеющий правую и левую резьбу. По валу 15 в процессе его вращения передвигается каретка водильника 16, соединенная с роликом 17, ведущим кабель. Ролик 17 перемещается по валу 18 и крутится вместе с ним. Вращение оси вала 18 передается на редуктор 20 для привода лентопротяжных механизмов регистраторов и счетчика глубин контрольного щитка 9 лебедчика.

Счетчик глубин щитка 9 соединяется с редуктором 20 гибким валиком 21. Лентопротяжные механизмы соединяются с редуктором 20 при помощи сельсинов.

Кабель перед укладкой на барабан проходит через ролик 17, скрепленный с водильником 16. Благодаря постепенному перемещению водильника 16 по валу 15 (дойдя до одного конца вала, водильник по резьбе другого направления движется к другому концу вала) кабель плотно и правильно укладывается на барабане лебедки. В лебедке предусмотрена также ручная укладка кабеля при помощи штурвала 19.

Лебедка имеет ленточный тормоз 5, который управляется рычагом 6, и храповое колесо 7. При взведенной собачке храповое колесо препятствует вращению барабана в сторону разматывания кабеля, что создает удобство и безопасность работы во время каротажа. Коллектор 8 предназначен для электрического контакта жил кабеля и одноименных проводов, идущих с пульта управления станцией.

Лебедка ЛКА-400 используется при каротаже скважин глубиной до 400 м.

При каротаже скважин глубиной до 900; 1500; 2000 и 3000 м применяются соответственно лебедки ЛКМ-900, ЛКМ-1500, ЛКМ-2000, ЛКМ-3000А, предназначенные для трехжильного кабеля.

Лебедка ЛПМ-2 рассчитана на одножильный кабель и глубину до 3000 м, ЛК-2 может работать с одножильным, трехжильным и семижильным кабелем при глубине исследуемых скважин 2300—7000 м в зависимости от типа кабеля.

ЛКМ-2-900 и ЛКМ-1500 устанавливаются в лебедочном отделении станции АЭС-900 (1500) или АЭС-ЛП-900 (1500). При этом лаборатория и станция смонтированы на одном автомобиле: станция АЭС-900 — на автомобиле ГАЗ-63Е, станция АЭС-1500 — на автомобиле ЗИЛ-157.

Лебедки остальных указанных выше типов монтируются на отдельных автомобилях, которые называются подъемниками. ЛКМ-2000, ЛКМ-3000А и ЛПМ-2

являются соответственно основными частями подъемников СКПМ-2000 и СКПМ-3000, смонтированных на автомобиле ЗИЛ-157. ЛК-2 установлена в подъемнике СКП-7/1АЭС-5, который монтируется на автомобиле Урал-375. Во всех современных моделях самоходных подъемников и каротажных станций

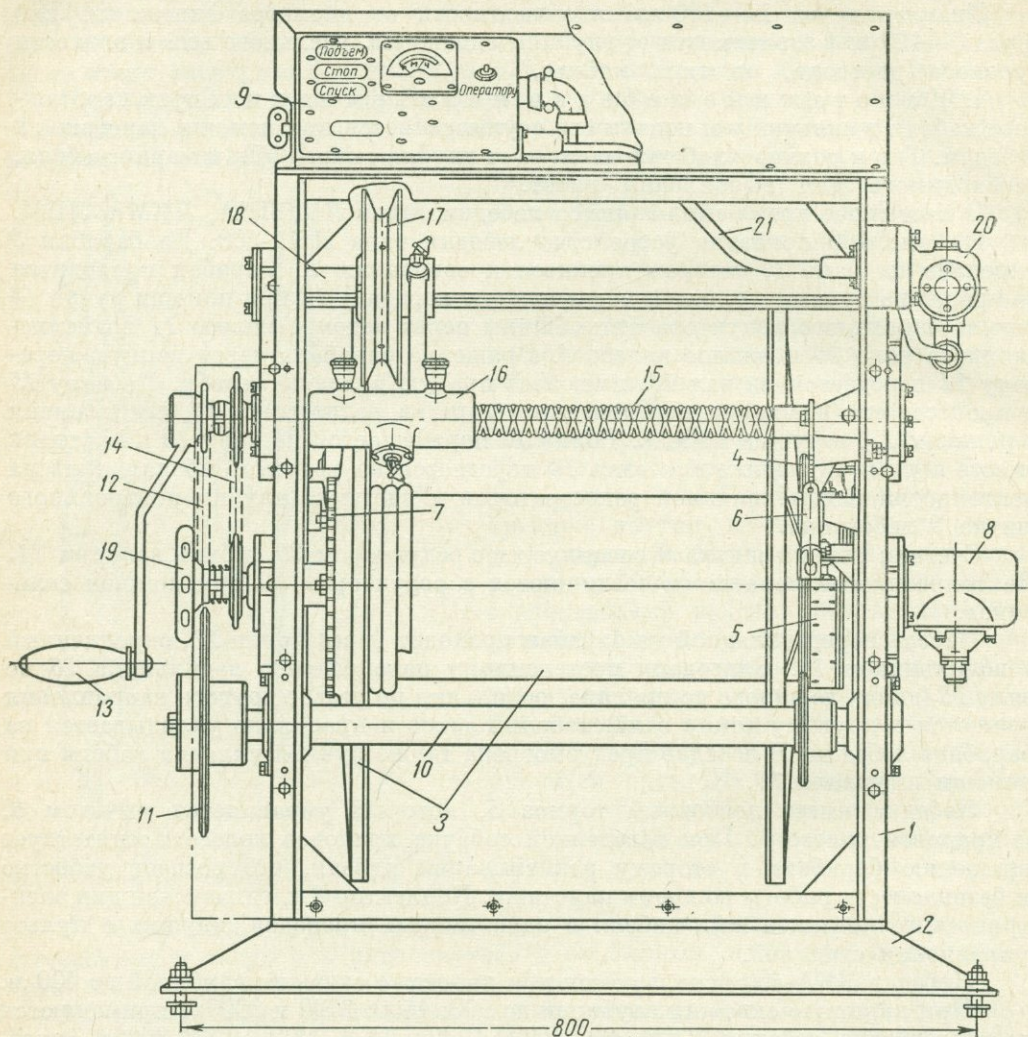


Рис. 100. Лебедка ЛКА-400. Вид с поста управления (без редуктора).

привод лебедки осуществляется от двигателя автомобиля через коробку отбора мощности и двухскоростной редуктор.

Самоходный подъемник любого типа состоит из двух частей: лебедочного отделения и кабины лебедчика. В лебедочном отделении монтируется лебедка с кабелем, при транспортировке тут же крепятся блок-баланс, скважинные приборы и грузы. В кабине лебедчика установлены контрольные панели лебедчика, органы управления лебедкой (рычаг переключения передач двухскорост-

ного редуктора, тормоз, рычаг управления храповым устройством лебедки, штурвал для привода укладчика кабеля), дублиры педали газа, педали сцепления, рычага управления коробкой передач, переговорное устройство.

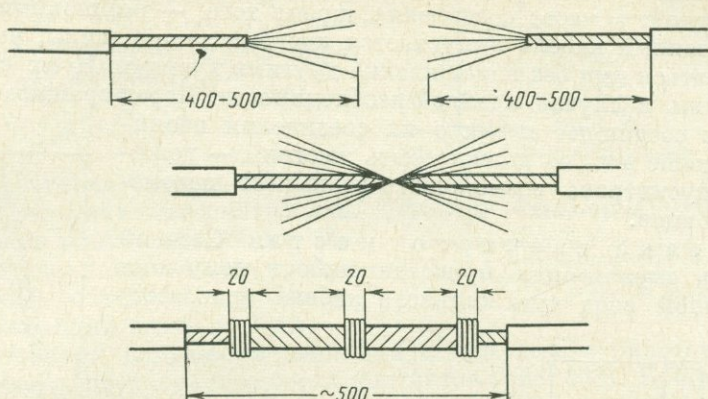


Рис. 101. Соединение жилы кабеля пайкой (размеры указаны в мм).

5. Способы сращивания кабеля. Шланговые и оплетенные кабели сращивают способом пайки, соединительными патронами или соединительными муфтами.

Способ сращивания пайкой показан на рис. 101. Сращиваемые жилы соединяют так, чтобы их проволоки чередовались и переплетались. Для прочности ставят и пропаивают несколько узких бандажей из медной проволоки. Способ пайки применяют для постоянного соединения кусков кабеля.

Сращивание кабеля соединительными патронами обеспечивает возможность легкого соединения его жил. На концы жил устанавливают наконечники (рис. 102), которые соединяют муфтой, предварительно полностью навинченной на один из наконечников.

Сращивание кабеля соединительными муфтами является быстрым и легким способом подключения к кабелю зондов и выводов приборов. На концах жил кабеля устанавливают специальные полумуфты: верхние (с гайкой) на жилах нижнего конца кабеля лебедки, нижние — на жилах кабеля зонда или вывода из скважинного прибора. Для сращивания при помощи гайки верхней полумуфты свинчивают корпуса полумуфт. Для контакта в гнезда полумуфт вставляют штифты.

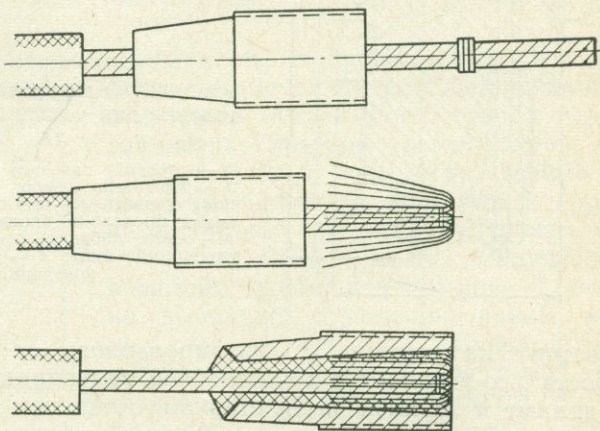


Рис. 102. Установка наконечника соединительного патрона на жилу кабеля.

Сращивание выполняют таким образом, чтобы длина всех жил была совершенно одинаковой и нагрузка на кабель распределялась по жилам равномерно. Места соединения жил кабеля и места с нарушенной изоляцией изолируют резиновой лентой, а места соединения, кроме того, — резиновыми трубками.

Бронированный кабель выпускается кусками такой длины, чтобы можно было пользоваться ими без наращивания другими кусками. К их сращиванию прибегают лишь в случае крайней необходимости. Перед сращиванием концы жилы кабеля соединяют и место их соединения изолируют. Соединение жил не должно быть жестким — должна быть предусмотрена возможность взаимного перемещения их концов.

6. Заделка свечного моста. Свечной мост прибора служит для присоединения к нему жил кабеля. Свечной ввод трехжильного кабеля (рис. 103)

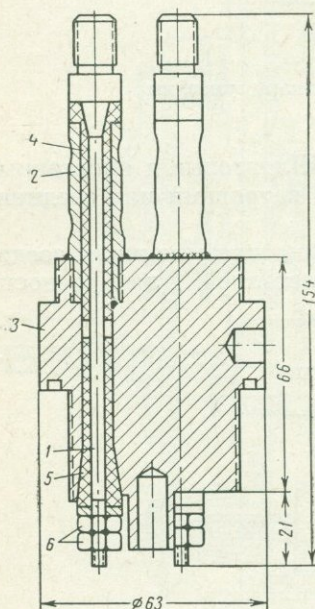
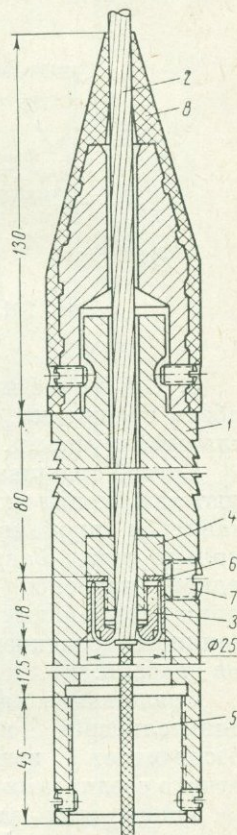


Рис. 103. Свечной мост глубинного прибора для трехжильного кабеля.

Рис. 104. Стандартная кабельная головка для одножильного кабеля.

1 — корпус головки; 2 — кабель; 3 — держатель кабеля (зажим проволоки брони); 4 — втулка, закрепляющая проволоки брони в держателе; 5 — жила кабеля; 6 — шайба; 7 — стопорный винт; 8 — резиновый наконечник.



состоит из стержня 1, изолированного от корпуса 2 свечи, и свечного моста 3 со втулками 4 и 5. Стержень закрепляют гайкой 6. Жилу кабеля присоединяют к верхней части стержня свечи при помощи муфты соединительного патрона. Место соединения изолируют резиновой трубкой и несколькими слоями резиновой ленты. Изоляцию накладывают на корпус 2 свечи и выше так, чтобы захватить около 10 см резинового покрова жилы. Резиновую трубку закрепляют бандажом против выточки корпуса свечи. Герметизация свечи обеспечивается уплотнением изолирующей втулки 4 и слоем резиновой изоляции, покрывающей корпус свечи и место соединения свечи с жилой.

В последнее время для присоединения жил кабеля к скважинным приборам широко применяют кабельные головки (наконечники) (рис. 104).

7. Проверка изоляции кабеля и определение места утечки. Сопротивление изоляции кабеля (между жилами и оплеткой

или броней и между отдельными жилами) определяют обычно посредством мегометра при напряжении до 500 в. Если это напряжение может вызвать пробой изоляции прибора, подсоединенного к кабелю, то применяют метод, показанный на рис. 105. Сопротивление изоляции кабеля в этом случае определяют (в *Мгом*) по формуле

$$R = \frac{E}{I},$$

где *E* — напряжение батареи в в; *I* — сила тока через микроамперметр в *мкА*.

Обнаружив плохую изоляцию (сопротивление изоляции меньше требуемой величины), отыскивают место повреждения изоляции жилы кабеля.

Для отыскания нарушения изоляции шланговых и оплеточных кабелей применяют схему предохранительных контактов (рис. 106). Кабель перематывают с лебедки *Л*₁ на лебедку *Л*₂. Когда места нарушения изоляции находятся

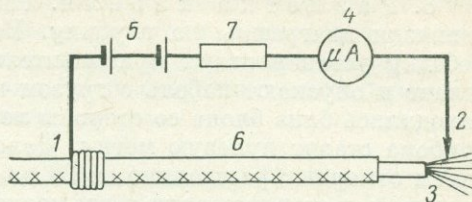


Рис. 105. [Схема проверки изоляции кабеля 1, 2 — проверочная цепь; 3, 6 — проверяемая цепь; 4 — микроамперметр; 5 — батарея (50—70 в); 7 — дополнительное сопротивление (не менее 10 ком).

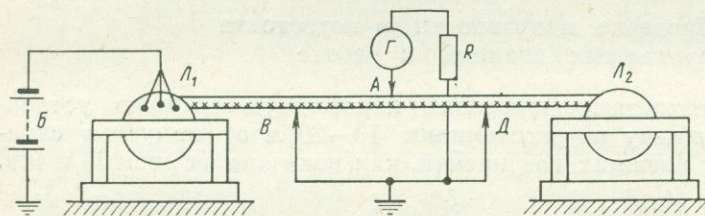


Рис. 106. Схема для отыскания нарушений изоляции кабеля способом предохранительных контактов.

вне интервала *ВД*, токи утечки через нарушение изоляции замыкаются помимо гальванометра *Г* и не отмечаются им. Нахождение места утечки в интервале *ВД* отмечается отклонением стрелки гальванометра, которое увеличивается по приближению к контакту *А*. Кабель перед проверкой на изоляцию и определением места утечек увлажняют.

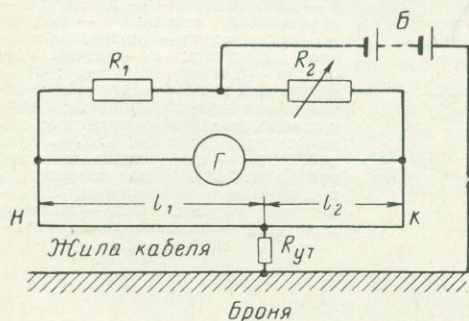


Рис. 107. Схема для определения места нарушения изоляции жилы бронированного кабеля.

рительную диагональ моста включен одного и другого концов кабеля до места утечки будут

$$l_1 = \frac{LR_1}{R_1 + R_2}, \quad l_2 = \frac{LR_2}{R_1 + R_2},$$

где R_1 и R_2 — значения сопротивления мостика, при которых наблюдается положение равновесия; L — длина кабеля.

8. Разметка кабеля. Разметка кабеля производится для точной привязки диаграммы на глубину. Более точно ее выполняют на скважине. Лебедку устанавливают приблизительно в 30 м от устья, закрепляют блок-баланс и опускают кабель с грузом в скважину так, чтобы зажимная втулка находилась близ блока со стороны лебедки. Вблизи от зонда или скважинного прибора ставят нулевую метку. Далее от нулевой метки при помощи мерной ленты отмеряют расстояния от 20 до 50 м (в зависимости от нужной точности привязки) и ставят первую и все последующие метки. Кабель по мере установки меток постепенно опускают в скважину. Метки на оплеточных или шланговых кабелях устанавливают из шпагата или металлических колец. На бронированном кабеле обычно ставят магнитные метки.

Глава XX

МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАРОТАЖА И ОЦЕНКА ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

§ 62. Проверка исправности и подготовка каротажных станций к работе

Для проведения скважинных измерений каротажную станцию устанавливают на ровную площадку на расстоянии 10—20 м от устья скважины и собирают схему внешних соединений, как показано на рис. 108 и 109.

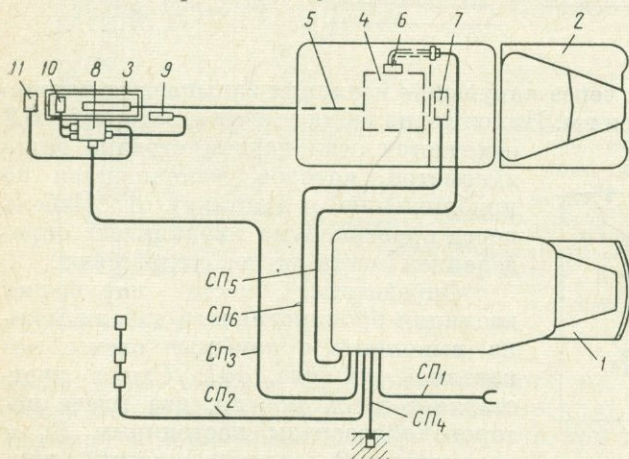


Рис. 108. Схема внешних соединений лаборатории АКС-4.

1 — лаборатория; 2 — подъемник; 3 — блок-баланс; 4 — лебедка; 5 — каротажный кабель; 6 — коллектор лебедки; 7 — контрольная панель лебедки; 8 — датчик глубин; 9 — датчик натяжения; 10 — магнитный меткоуловитель или разматывающее устройство; 11 — магнитный меткоуловитель; соединительные провода: СП₁ — сетевой, СП₂ — измерительных электродов (N и N_1) на поверхности и приборного заземления, СП₃ — датчика глубин, СП₄ — заземления, СП₅ — коллекторный, СП₆ — подъемника.

Проверка исправности станций заключается в проверке изоляции всех электрических цепей, исправности токовых цепей и измерительных каналов, а также вспомогательных цепей.

Надежная изоляция электрических цепей станции предотвращает утечки тока и является гарантией получения доброкачественных материалов каротажа. Качество изоляции характеризуется ее электрическим сопротивлением и проверяется обычно при помощи мегометра. Аппаратура и оборудование считаются пригодными к работе, если сопротивление изоляции не ниже величин указанных в табл. 21.

Проверка исправности токовых цепей каротажных станций сводится к включению источников питания и набору необходимых значений постоянного и знакопеременного тока, которые могут понадобиться при измерениях на скважине.

Целью проверки измерительных каналов является контроль за исправностью регистрирующих устройств (осциллографа или автоматического потенциометра), измерительного переключателя пульсатора и схемы изменения постоянной по напряжению измерительного канала.

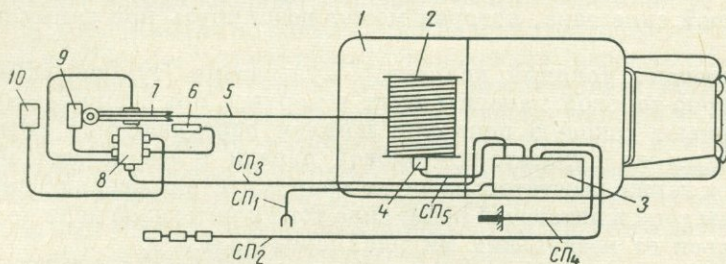


Рис. 109. Схема внешних соединительных станций АЭС-900 (1500).

1 — станция; 2 — барабан лебедки; 3 — аппаратный стенд; 4 — коллектор лебедки; 5 — каротажный кабель; 6 — датчик натяжения; 7 — блок-баланс; 8 — датчик глубин; 9 — магнитный меткоуловитель или намагничивающее устройство; 10 — размагничивающее устройство; обозначения СП₁—СП₅ см. в подписи к рис. 108.

Таблица 21

Цепи	Минимальное допустимое сопротивление изоляции, Мом
Жила каротажного кабеля—его броня (шланг или оплетка, увлажненные соленой водой): для скважин глубиной до 2000 м	2
для скважин глубиной более 2000 м	5
Силовая первичная обмотка — корпус станции (лаборатории)	5
Силовая вторичная обмотка — корпус станции (лаборатории)	5
Токовая цепь — корпус станции (лаборатории)	10
Измерительная цепь — корпус станции (лаборатории)	20
Приборное заземление — корпус станции (лаборатории)	1
Контакты коллектора лебедки — корпус лебедки	10

1. Проверка исправности токовой и измерительной цепей станции АЭС-900 (1500). Если токовая цепь станции питается от промышленной сети переменного тока, то для проверки ее исправности выполняют следующие операции (см. рис. 93).

1. Подключают схему станции к сети (тумблер «Сеть» на панели контроля каротажа переводят в верхнее положение, а переключатель «Сеть» на силовом щитке — в положение «Вкл.») и устанавливают при помощи реостата на силовом блоке напряжение 220 в; последнее контролируют по вольтметру на приборном щитке.

2. Включают выпрямитель посредством переключателя «Выпрямитель» на силовом щитке.

3. Закорачивают клеммы *A* и *B* на пульсаторно-токовой панели.

4. Устанавливают переключатель «Измерение — намагнич.» на пульсаторно-токовой панели в положение «Измерение».

5. Ставят переключатель «Предел измерения» миллиамперметра в положение «1500», а реостаты «Регулировка силы тока» — в крайнее левое положение, т. е. вводят в схему токовой цепи максимальное сопротивление и устанавливают самую грубую чувствительность миллиамперметра; эти операции необходимы для того, чтобы предохранить рамку миллиамперметра от перегорания при чрезмерно большой силе тока, которая может возникнуть при замыкании токовой цепи.

6. Выключают токовый коллектор пульсатора (тумблер «Токовая цепь» на пульсаторно-токовой панели ставят в верхнее положение «=»).

7. Замыкают токовую цепь при помощи переключателя «Выпрямитель»; батарея; выкл.» на пульсаторно-токовой панели и реостатами «Регулировка силы тока», а также реостатом на блоке выпрямителя проверяют диапазон регулировки силы тока в питающей цепи; сила тока в питающей цепи должна плавно регулироваться от нескольких миллиамперов до 1,5 а.

8. Включают токовый коллектор пульсатора (тумблер «Токовая цепь» переводят в нижнее положение, а переключатель «Мотор» — в положение «Вкл.») и устанавливают регулятором *ГЧ* необходимую частоту оборотов коллектора пульсатора, при котором стрелка прибора должна колебаться в пределах 0,5 деления шкалы; показания миллиамперметра при включении пульсатора должны уменьшиться не более чем на 10%.

9. Проверяют диапазон регулировки силы тока при включенном пульсаторе.

Если токовая цепь станции питается от батарей, то операции, указанные в пунктах «1» и «2», не выполняют. При проверке диапазона регулировки силы тока реостатом на блоке выпрямителя в данном случае регулируют напряжение в токовой цепи путем подключения различного числа секций батарей.

Измерительные каналы станции АЭКС-900 (1500) проверяют как на постоянном, так и на переменном токе. Для проверки любого измерительного канала при работе на постоянном токе подключают схему станции к сети, включают выпрямитель, закорачивают клеммы *A* и *B* на пульсаторно-токовой панели, выключают пульсатор (тумблеры «Измерительная цепь» и «Токовая цепь» переводят в верхнее положение, а переключатель «Мотор» — в положение «Выкл.»), включают и замыкают токовую цепь, т. е. выполняют операции, указанные в пунктах 1—7 при описании проверки токовой цепи, и, кроме того, выключают измерительный коллектор пульсатора. После выполнения названных операций проверяют правильность показаний переключателя «Предел измерения» и реостата «Умножить» каналов потенциометра, т. е. проводят нормализацию измерительных каналов.

При описании принципиальной схемы станции (§ 59) отмечалось, что каждый из двух каналов потенциометра может производить запись на линейной и масштабной шкалах.

Необходимая шкала записи включается переключателем «Предел измерения». Каждая шкала состоит из основного (длиной 8 см) и дополнительного (длиной 6,4 см) участков. Если на линейной шкале запись на обоих участках ведется в одном масштабе, то на масштабной шкале запись на основном участке ведется в масштабе 1 : 1, а на дополнительном — в масштабе 1 : 5.

Предел измерения на основном участке линейной и масштабной шкал определяют как произведение показаний переключателя «Предел измерения» и рео-

стата «Умножить». Постоянную по напряжению основного участка шкалы определяют путем деления предела измерения на длину основного участка шкалы, т. е. на 8 см. Так, если переключатель «Предел измерения» установить в положение «100» линейной шкалы («100Л»), а реостат «Умножить» — на деление 0,8, то постоянная по напряжению линейной шкалы будет равна $100 \times 0,8 : 8 = 10$ мв/см. Если переключатель «Предел измерения» установить в положение «100» масштабной шкалы («100М»), то при этом же положении реостата «Умножить» постоянная по напряжению основного участка масштабной шкалы будет равна 10 мв/см, а постоянная по напряжению дополнительного участка 50 мв/см.

Пределы измерения, определяемые положением переключателя «Предел измерения» и реостата «Умножить», будут соответствовать истинным только в том случае, когда в цепи питания реохорда будет установлена определенная величина тока. Необходимая величина тока подбирается и контролируется посредством реостатов и миллиамперметра «Нормализация». Обычно на шкале миллиамперметра наносится штрих, показывающий ту величину тока, при которой переключатель «Предел измерения» и реостат «Умножить» дают правильные показания.

Проверка измерительного канала проводится с целью контроля за установкой необходимой величины тока в цепи реохорда. Смысл данной проверки заключается в том, чтобы подать в измерительный канал с контрольного шунта калиброванную разность потенциалов и проследить за отклонением стрелки потенциометра. Если в цепи реохорда установлена требующаяся величина тока, то при подаче определенной разности потенциалов ΔU отклонение стрелки потенциометра должно быть

$$l = \frac{\Delta U}{m}, \quad (3)$$

где m — постоянная по напряжению измерительного канала в мв/см.

Эта операция называется нормализацией измерительного канала. Практически для нормализации канала делают следующее (см. рис. 93).

1. Устанавливают при помощи реостатов грубой, средней и точной регулировки тока на пульсаторно-токовой панели величину тока, равную 100 ма.

2. Включают переключателем «Контрольный шунт» на пульсаторно-токовой панели сопротивление шунта 1 ом, что позволяет получить калиброванную разность потенциалов 100 мв.

3. Ставят тумблеры «Измерение» и «Делитель» проверяемого канала в нижнее положение. Клеммы M и N пульсаторно-токовой панели подключают к входу проверяемого канала.

4. Включают усилитель канала при помощи соответствующего тумблера на панели потенциометра, устанавливают реостат «Усиление» на деление 0,4.

5. Ставят стрелку миллиамперметра «Нормализация» при помощи соответствующих реостатов против штриха на шкале.

6. Включают линейную шкалу и устанавливают постоянную по напряжению 10 мв/см (переключатель «Предел измерения» ставят в положение «100Л», а реостат «Умножить» — против деления 0,8).

7. Выводят стрелку потенциометра на нулевое деление при помощи корректора установки нуля на шкале; градуированный компенсатор поляризации в этом случае должен быть выключен.

8. Выводят тумблер «Измерение» проверяемого канала потенциометра в верхнее положение и следят за величиной отклонения стрелки потенциометра; если стрелка отклонится на 10 см, это значит, показания переключателя

«Предел измерения» и реостата «Умножить» соответствуют истинным, т. е. в цепи питания реохорда величина тока установлена правильно; если же отклонение стрелки потенциометра не будет равно 10 см, то реостатом «Нормализация» устанавливают необходимое отклонение стрелки и замечают показание миллиамперметра «Нормализация». На этом проверка измерительного канала для работы на постоянном токе заканчивается.

Проверку работы измерительного канала на переменном токе проводят так же, как на постоянном, но при включенном пульсаторе. Для включения пульсатора устанавливают тумблеры «Измерительная цепь» и «Токовая цепь» на пульсаторно-токовой панели в нижнее положение, включают электродвигатель пульсатора и регулируют частоту его оборотов.

После нормализации измерительного канала производят градуировку градуировочного компенсатора поляризации (ГКП).

Цель градуировки ГКП — проверить правильность установки величины силы тока в цепи ГКП, так как только при определенной величине тока переключатели «9 × 0,5», «9 × 5» и «9 × 50» дают правильные показания. Приближенная величина тока обычно отмечена на шкале миллиамперметра ГКП штрихом, против которого перед началом градуировки устанавливают стрелку прибора. В процессе градуировки ГКП положение стрелки миллиамперметра уточняют.

Смысл градуировки состоит в том, чтобы подать в нормализованный измерительный канал определенную разность потенциалов от ГКП и замерить ее. Если сила тока в цепи ГКП установлена правильно, то отклонение l стрелки потенциометра будет

$$l = \frac{\Delta U_{\text{ГКП}}}{m}, \quad (4)$$

где $\Delta U_{\text{ГКП}}$ — подаваемая с ГКП разность потенциалов в мв, которая определяется как сумма показаний переключателей «9 × 0,5», «9 × 5», «9 × 50»; m — постоянная по напряжению в мв/см.

Практически градуировку ГКП производят следующим образом (см. рис. 93).

1. Закорачивают входные клеммы нормализованного канала.
2. Включают линейную шкалу и устанавливают постоянную по напряжению 10 мв/см.
3. Выводят стрелку потенциометра на нуль.
4. Устанавливают стрелку миллиамперметра ГКП при помощи реостата «Нормализация» против штриха на шкале.
5. Ставят переключатель «9 × 50» ГКП в положение «2», что позволяет получить разность потенциалов 100 мв.
6. Подают положительную разность потенциалов от ГКП в нормализованный измерительный канал (ставят переключатель, расположенный слева от миллиамперметра ГКП, в положение «I +» или «II +» в зависимости от того, в какой из каналов включается ГКП) и наблюдают величину отклонения стрелки потенциометра; если отклонение равно 10 см, значит, сила тока в цепи ГКП установлена правильно, если же отклонение не равно 10 см, то с помощью реостата «Нормализация» ГКП стрелку потенциометра устанавливают в необходимое положение, и замечают показание миллиамперметра в цепи ГКП. На этом градуировка ГКП заканчивается.

2. Проверка исправности и измерительной цепи лаборатория АКС-4. Токовая цепь лаборатории АКС-4 может питаться переменным и постоянным током от электромашинного усилителя и постоянным

током от батарей. Исходя из этого, для проверки исправности токовой цепи выполняют следующие операции (см. рис. 97).

1. Подключают схему станции к промышленной сети при помощи переключателей на силовом блоке и панели контроля каротажа.

2. Закорачивают токовую цепь тумблером $П_7$ на панели управления ЭМУ а ручкой реостата нагрузочного сопротивления устанавливают максимальное значение сопротивления.

3. Включают ЭМУ для работы на переменном токе: переключатель $П_2$ ставят в положение « \sim », переключатель $П_1$ в положение «Выкл.», запускают ротор ЭМУ переключателем $П_3$ и включают генератор тумблером $В$.

4. Устанавливают реостатом «Частота» такую частоту переменного тока, при которой колебания стрелки на шкале прибора $ИП_1$ не превышали бы 0,5 деления; если неустойчивая работа ЭМУ (большие колебания стрелки прибора $ИП_1$) вызвана нестабильностью напряжения промышленной сети, к анодным цепям лампового генератора подключают батареи (переключатель $П_1$ ставят в положение «Аноды», а переключатель $П_2$ — в положение «Бат.»).

5. Ставят переключатель $П_6$ в положение «1,5А; зонд».

6. Вращают ручку реостата токовой цепи и реостата «Режим стабил.», чтобы убедиться в возможности набора стабилизированных значений переменного тока в пределах 1—1,5 а.

7. Ставят переключатель $П_6$ в положение «15МА; микронзонд» и проверяют, можно ли установить ток величиной около 15 ма.

8. Устанавливают ЭМУ в режим работы на постоянном токе (переключатель $П_2$ переводят в положение «=», переключатель $П_6$ — в положение «1,5А; зонд»), проверяют возможность набора тока в цепи питания величиной от 15 ма до 1,5 а; при этом силу тока регулируют реостатом токовой цепи и реостатом «Больше» и контролируют по прибору $ИП_2$.

9. Подают в токовую цепь постоянный ток от батарей (выключают генератор и ЭМУ, переключатель $П_1$ устанавливают в положение «А—В», а переключатель $П_2$ — в положение «Бат.») и при помощи реостата токовой цепи и реостата «Больше» проверяют, возможен ли набор номинальных значений силы тока.

Проверка исправности измерительной цепи лаборатории заключается в проверке исправности измерительных каналов и установке расчетного сопротивления измерительной цепи.

Операции по проверке исправности каналов I, II или III (каналов КС) выполняют в следующем порядке (см. рис. 95—97).

1. Соединяют измерительную панель с проверяемым каналом фоторегистратора, соответствующие провода от штепсельного разъема измерительной панели подключают к клеммам $З$, $ЗП$ и к клеммам I, II или III фоторегистратора.

2. Включают осветители гальванометров осциллографа и устанавливают накал ламп переключателем «Свет» на панели контроля каротажа лаборатории; в случае необходимости регулируют яркость осветителей визуальной и контрольной шкал, устройств для нанесения горизонтальных и вертикальных линий и нанесения меток при помощи соответствующих реостатов на панели контроля каротажа.

3. Включают ЭМУ для работы на переменном токе и устанавливают силу тока I величиной 1 а.

4. Ставят переключатель пределов $П_1$ (см. рис. 96) в положение «1» и поворачивают ползунок реостата «Плавно» по часовой стрелке до упора; в этом случае постоянная по напряжению измерительного канала будет 0,75 мв/см.

5. Замыкают при помощи переключателя $П_7$ на панели управления ЭМУ клеммы A ; \sim ; B накоротко.

6. Соединяют длинным контрольным проводом телефонное гнездо K_1 проверяемого канала (на измерительной панели) с гнездом «Контрольные шунты; 0» панели управления ЭМУ и замечают положение нуля на визуальной шкале блика первого (основного) гальванометра проверяемого канала.

7. Штекер длинного контрольного провода переключают в телефонное гнездо «Контрольные шунты; 0,01» панели управления ЭМУ; при этом в измерительный канал подается разность потенциалов

$$\Delta U = IR_{ш} = 1000 \cdot 0,01 = 10 \text{ мв},$$

где I — сила тока в токовой цепи в $ма$; $R_{ш}$ — сопротивление контрольного шунта с которого снимается разность потенциалов ΔU , в $ом$.

Блик основного гальванометра должен отклониться на расстояние, вычисляемое по формуле (3). Для нашего примера будет

$$l_1 = \frac{10}{0,75} = 12,5 \text{ см.}$$

Аналогичным образом проверяют правильность отклонения второго и третьего гальванометров, подбирая при этом соответствующие пределы измерения и значения контрольного шунта.

Так, при токе 1000 ма , контрольном шунте $0,1 \text{ ом}$ и положении «2» переключателя пределов отклонение блика второго гальванометра по формуле (3) должно быть

$$l_2 = \frac{1000 \cdot 0,1}{4,5} : 5 = 12,5 \text{ см.}$$

При этих же значениях тока и постоянной по напряжению, контрольном шунте $0,5 \text{ ом}$ отклонение блика третьего гальванометра (l_3) также должно быть равно $12,5 \text{ см}$.

Если величины l_1 , l_2 и l_3 не соответствуют расчетным более чем на 1 деление шкалы, то регулируют постоянную по току данного гальванометра.

Канал IV лаборатории АКС-4 проверяют путем включения в него стандартных значений разностей потенциалов с градуированного компенсатора поляризации.

Проверку исправности канала ПС производят в следующем порядке (см. рис. 96, 97).

1. Подключают канал IV (канал ПС) к измерительной панели лаборатории.

2. Устанавливают постоянную по напряжению канала ПС равной $0,75 \text{ мв/см}$ аналогично тому, как это выполняется при проверке каналов I—III.

3. Устанавливают рукоятки переключателей ГКП на нуль.

4. Включают ГКП тумблером B_1 измерительной панели и устанавливают реостатом прибора ИП необходимый ток в ГКП: поворачивая ручку реостата, выводят стрелку прибора на отмеченный на шкале штрих.

5. Соединяют коротким контрольным проводом телефонные гнезда ГКП и K_1 канала ПС (на измерительной панели) и отмечают положение бликов на шкале визуального наблюдения.

6. Подают при помощи рукояток переключателей ГКП в канал ПС разность потенциалов $\Delta U_{ГКП} = 10 \text{ мв}$; при этом блик канала IV должен отклониться на расстояние, определяемое по формуле (4). В данном случае

$$l = \frac{10}{0,75} = 12,5 \text{ см.}$$

Регулировку сопротивления измерительной цепи производят для каналов I—III и выполняют в том случае, когда работа ведется на первых пределах измерения (при постоянных по напряжению 0,75—1,5 мв/см).

Регулировка сопротивления измерительного канала лаборатории АКС-4 заключается в установлении его равным расчетному, т. е. 1200 ом, при постоянной по напряжению 0,75 мв/см (в положении «1» переключателя «Пределы измерения»).

Эту регулировку проводят следующим образом.

1. Помещают электрический зонд в буровой раствор скважины или в бочку с соленой водой.

2. Замыкают накоротко клеммы А, ~, В на панели управления ЭМУ при помощи переключателя П₇.

3. Включают ЭМУ для работы на переменном токе и устанавливают силу тока в пределах 0,5—1 а.

4. Подключают проверяемый канал к измерительной панели лаборатории и включают осветительную систему фоторегистратора; постоянную по напряжению измерительного канала устанавливают равной 0,75 мв/см.

5. Соединяют длинным контрольным проводом гнездо К₁ проверяемого канала на измерительной панели с гнездом «Контрольные шунты; 0» панели управления ЭМУ; отмечают нулевое положение блика основного гальванометра по шкале визуального наблюдения;

6. Переключают штекер контрольного провода на панели управления ЭМУ в гнездо «Контрольные шунты; 0,01»; отмечают отклонения l_1 блика основного гальванометра от нулевого положения.

7. Соединяют контрольным проводом гнездо К₂ измерительной панели с гнездом «Контрольные шунты; 0» панели управления ЭМУ и отмечают нулевое положение блика основного гальванометра.

8. Переключают штекер контрольного провода в гнездо «Контрольные шунты; 0,01» и вновь отмечают отклонение l_2 блика основного гальванометра от нулевого положения, полученного при выполнении операции, указанной в пункте 7.

9. Если величины l_1 и l_2 не равны и, следовательно, сопротивление измерительного канала не равно расчетному, то при помощи реостата R₁ устанавливают отклонение l_2 блика равным отклонению l_1 .

Сопротивление измерительных каналов регулируют на каждой скважине. Однако при грубых измерениях (при постоянной по напряжению 15 мв/см и более) эта регулировка необязательна.

3. Проверка вспомогательных цепей и устройств. После проверки исправности питающих и измерительных цепей станции проверяют работу лентопротяжного механизма, датчиков глубин, системы меткоотбивателей, переговорного устройства (для станции АКС-4).

В станции АКС-4 выполняют следующие операции.

1. Проверяют работу сельсиновой передачи: при включенном датчике глубин на панели контроля каротажа прокручивают ролик блок-баланса с тем, чтобы убедиться, что счетчики на панели контроля каротажа лаборатории и на контрольной панели лебедчика меняют свои показания соответственно числу оборотов ролика блок-баланса.

2. Проверяют нанесение меток на диаграмму; при прохождении магнитной метки на кабеле через меткоуловитель и при нажатии на кнопку «Метка» на панели контроля каротажа и на датчике глубин контрольная лампа «Метка» на панели фоторегистратора должна вспыхивать.

3. Проверяют исправность тормозного устройства и привода лебедки в подъемнике.

4. Проверяют сигнальные цепи, переговорное устройство и регулируют громкость передачи.

5. Заправляют ленту в лентопротяжный механизм фоторегистратора, устанавливают масштаб записи глубин.

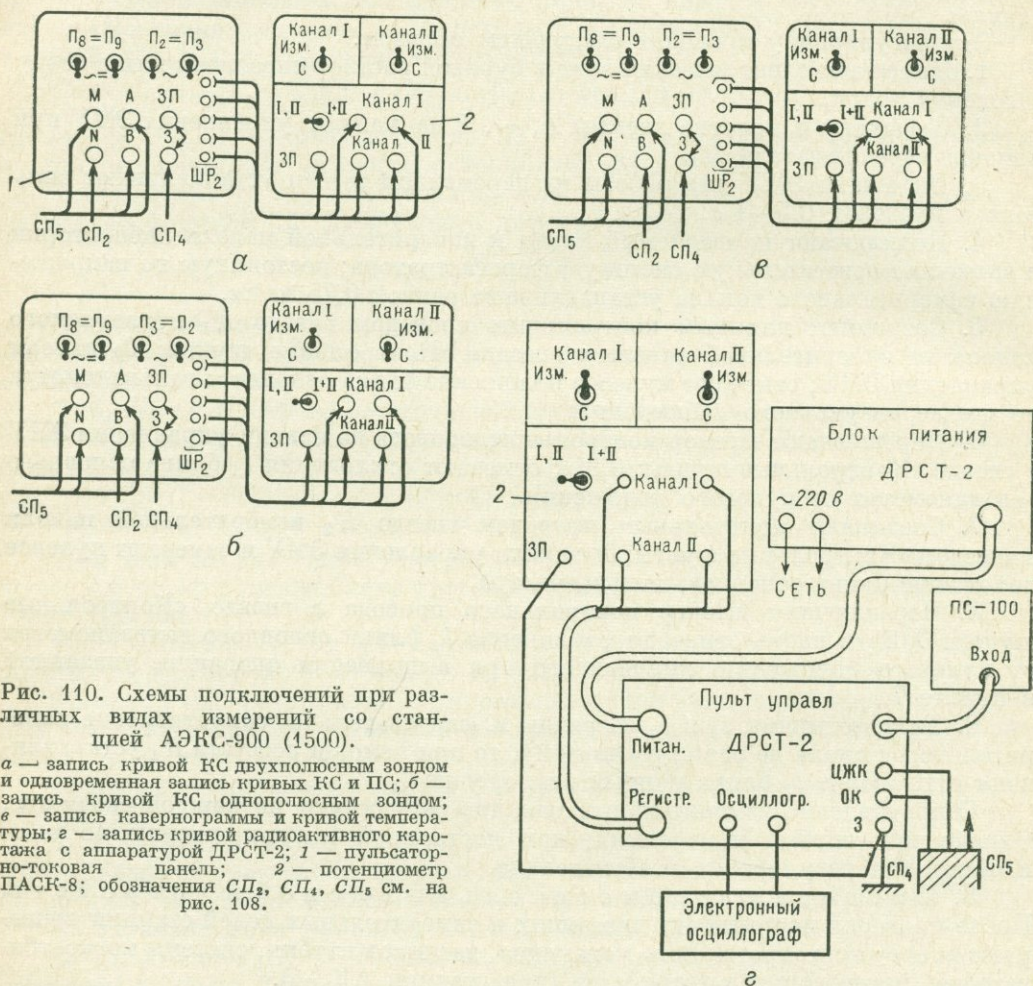


Рис. 110. Схемы подключений при различных видах измерений со станцией АЭКС-900 (1500).

а — запись кривой КС двухполюсным зондом и одновременная запись кривых КС и ПС; б — запись кривой КС однополюсным зондом; в — запись кавернограммы и кривой температуры; г — запись кривой радиоактивного каротажа с аппаратурой ДРСТ-2; 1 — пульсаторно-токовая панель; 2 — потенциометр ПАСК-8; обозначения СП₂, СП₄, СП₅ см. на рис. 108.

6. Ставят точку записи зонда против точки отсчета глубин скважины и устанавливают нулевые показания счетчиков на панели контроля каротажа и контрольной панели лебедчика в подъемнике.

В станции АЭКС-900 (1500) после проверки исправности токовой цепи и измерительных каналов выполняют следующее (см. рис. 93).

1. Заправляют ленту в лентопротяжные механизмы, устанавливают масштабы записи глубин и вставляют карандаши.

2. Проверяют работу сельсинной передачи: при установке переключателя «ПР; выкл.; ДГ» в положение «ДГ» и при рабочем положении тумблеров «Сеть»

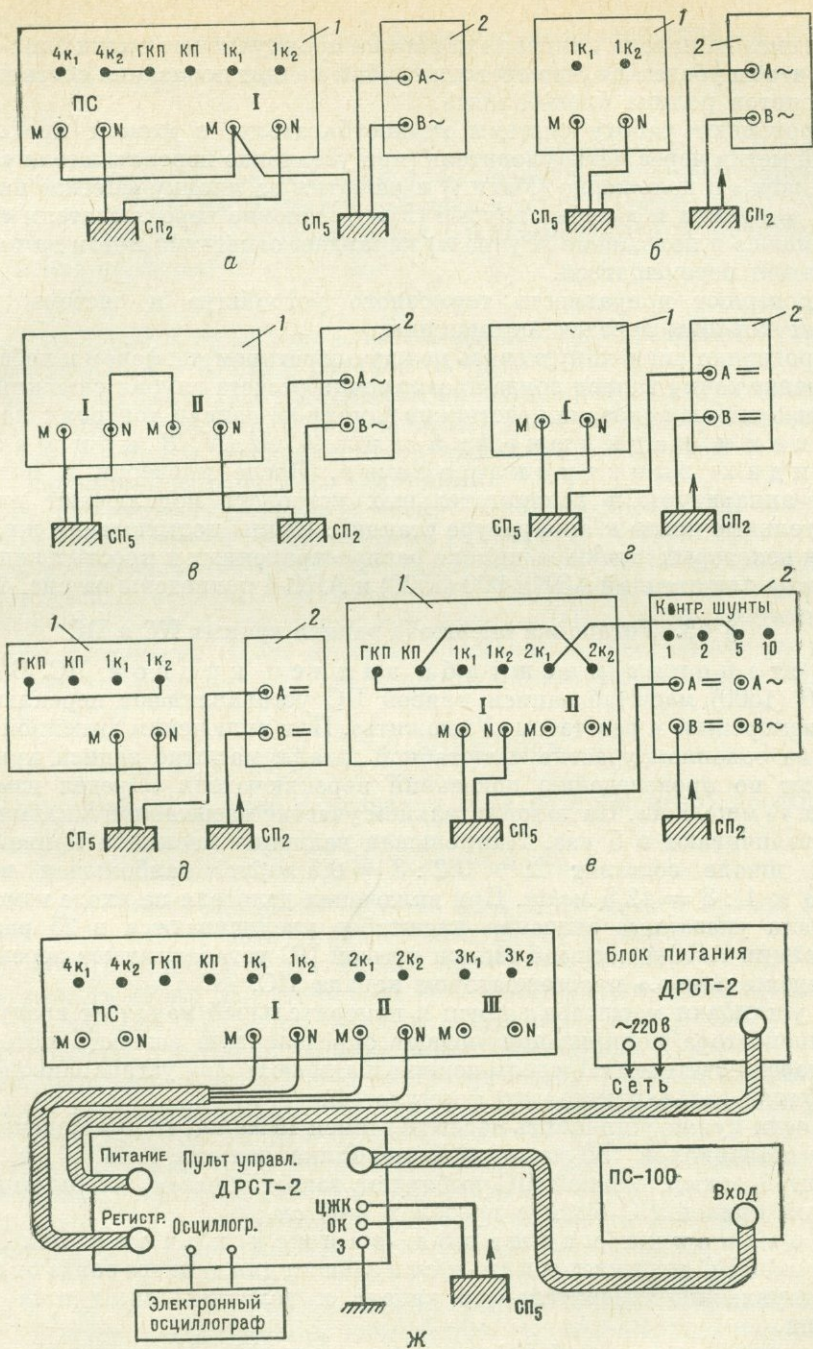


Рис. 111. Схемы подключений при различных видах измерений с лабораторией станции АКС-4.

а — запись кривой КС двухполюсным зондом и одновременная запись кривых КС и ПС; б — запись кривой КС однополюсным зондом; в — одновременная запись кривых градиент-микрзондом и потенциал-микрзондом; г — запись кавернограммы; д — запись температуры; е — одновременная запись температуры и силы тона с контрольного шунта; ж — запись кривых радиоактивного каротажа с аппаратурой ДРСТ-2; 1 — измерительная панель; 2 — панель ЭМУ; обозначения СП₂, СП₅ см. на рис. 108.

и «Диаграмма» на панели контроля каротажа прокручивают ролик блок-баланса для того, чтобы убедиться, что счетчик глубин меняет показания соответственно числу оборотов ролика блок-баланса.

3. Проверяют работу системы меткоотбивателя; в момент прохождения магнитной метки через меткоуловитель (при установке переключателя «Ручная; магн.; намагн.» в положение «Магн.») и нажатия на кнопку «Метка» на панели контроля каротажа и датчика глубин (при установке переключателя «Ручная; магн.; намагн.» в положение «Ручная») карандаш отметчика меток на потенциометре должен перемещаться.

4. Проверяют исправность тормозного устройства и системы привода лебедки от коробки передач автомашины.

5. Проверяют сигнальную связь между оператором, шофером и лебедчиком.

6. Ставят точку записи зонда против точки отсчета глубин скважин и устанавливают нулевые показания счетчиков глубин на панели контроля каротажа.

4. Схемы подключений жил A, M, N, B при различных видах электрокаротажа. После проверки и подготовки основной аппаратуры и вспомогательных устройств подключают питающие и измерительные жилы к аппаратуре станций. Схемы подключений жил A, M, N и B для некоторых наиболее широко распространенных и простых видов электрокаротажа для станций АЭКС-900 (1500) и АКС-4 приведены на рис. 110, 111.

§ 63. Установка масштаба записи кривых КС и ПС

1. Установка масштаба записи кривой ПС. В станции АЭКС-900 (1500) масштаб записи кривой ПС устанавливают переключателем «Предел измерения» и реостатом «Умножить». При включении линейной шкалы, а также на основном участке масштабной шкалы масштаб записи кривой ПС определяют по произведению показаний переключателя «Предел измерений» и реостата «Умножить». На дополнительном участке масштабной шкалы масштаб записи увеличивают в 5 раз. Наименьшая величина масштаба кривой ПС на линейной шкале составит $20 \times 0,2 : 8 = 0,5$ мв/см, наибольшая величина будет $100 \times 1 : 8 = 12,5$ мв/см. При включении делителя на входе измерительного канала указанные значения масштабов увеличиваются в 25 раз.

В станции АКС-4 масштаб записи кривой ПС устанавливают переключателем «Пределы измер.» и аттенюатором канала ПС.

Для установки масштаба записи в измерительный канал от градуированного компенсатора поляризации подают определенную разность потенциалов $\Delta U_{ГКП}$, переключателем «Пределы измер.» и аттенюатором устанавливают отклонение l блика гальванометра по формуле (4).

Так, если нужно установить масштаб записи 10 мв/см, то при подаче от ГКП разности потенциалов 100 мв отклонение блика должно быть 10 см.

Масштаб записи кривой ПС выбирают таким образом, чтобы амплитуды отклонений кривой ПС были в пределах 2—7 см.

2. Установка масштаба записи кривой КС. Масштаб записи кривой КС выражается в $ом \cdot м/см$ и зависит для данного зонда от постоянной по напряжению измерительного канала и величины силы тока в питающей цепи.

Для регистрации кривой КС в заданном масштабе M при коэффициенте K зонда и постоянной по напряжению m измерительного канала необходимую величину силы тока I в питающей цепи вычисляют по формуле

$$I = K \frac{m}{M}.$$

Отношение $\frac{K}{M}$ называется чувствительностью измерительного канала по эквивалентному сопротивлению, обозначается буквой S_3 и измеряется в *см/ом*. Таким образом,

$$I = S_3 m. \quad (5)$$

Для более точной установки силы тока подключают измерительный канал КС к контрольному шунту $R_{ш}$ питающей цепи и устанавливают реостатами регулировки силы тока величину отклонения l записывающего устройства, определяемую (в *см*) по формуле

$$l = S_3 R_{ш}. \quad (6)$$

Перед установкой силы тока электрический зонд опускают в буровой раствор скважины или в бочку с соленой водой.

Оптимальные величины постоянной по напряжению, сопротивление контрольного шунта и ориентировочные значения силы тока для различных зондов обычно указываются в заводских инструкциях по станциям и в литературе, посвященной методике работы со станциями.

Рассмотрим технику установки масштаба записи кривой КС со станциями АЭКС-900 (1500) и АКС-4 на конкретных примерах.

Пусть на станции АЭКС-900 (1500) для зонда М1А0,1В нужно установить масштаб записи $5 \text{ ом} \cdot \text{м/см}$. Установку масштаба рекомендуется проводить на линейной шкале потенциометра при положении «100Л» переключателя «Предел измерения», положении «0,58» реостата «Умножить» (постоянная по напряжению $7,25 \text{ мв/см}$), силе тока 200 ма и шунте $0,5 \text{ ом}$. Коэффициент зонда $K = 138,2 \text{ м}$. Тогда

$$S_3 = \frac{138,2}{5} = 27,64 \text{ см/ом}.$$

Следовательно, величина отклонения пера потенциометра по формуле (6) будет

$$l = 27,64 \cdot 0,5 = 13,8 \text{ см}.$$

Располагая этими данными, масштаб $5 \text{ ом} \cdot \text{м/см}$ записи кривой в станции АЭКС-900 (1500) нужно устанавливать следующим образом:

- 1) включить станцию и установить силу тока 200 ма ;
- 2) включить канал КС, выполнить его нормализацию, установить постоянную по напряжению $7,25 \text{ мв/см}$, включить линейную шкалу «100Л»;
- 3) установить указатели каретки потенциометра на нуль;
- 4) включить контрольный шунт сопротивлением $0,5 \text{ ом}$ и, изменяя реостатом плавной регулировки силу тока в цепи АВ, добиться отклонения указателя каретки потенциометра на $13,8 \text{ см}$.

Пусть на станции АКС-4 для зонда М2,5А0,25В необходимо установить масштаб записи $1 \text{ ом} \cdot \text{м/см}$. Коэффициент зонда $K = 345,6 \text{ м}$, $S_3 = 345,6 \text{ см/ом}$. При использовании двухполюсного зонда одновременно записываются кривая КС и кривая ПС. Предположим, что кривая ПС записывается в масштабе $12,5 \text{ мв/см}$.

Для $S_3 = 200 \div 500 \text{ см/ом}$ с одновременной записью кривой ПС в масштабе $12,5 \text{ мв/см}$ рекомендуется постоянную по напряжению измерительного канала выбирать равной $1,5-3 \text{ мв/см}$, а сопротивление контрольного шунта равным $0,02 \text{ ом}$.

Если постоянную по напряжению выбирать равной 3 мв/см (положение «4» переключателя «Пределы измер.» при аттенуаторе, установленном по часовой

стрелке до упора), то ориентировочная величина силы тока по формуле (5) будет

$$I = 345,6 \cdot 3 = 1037 \text{ ма.}$$

Необходимое отклонение блика основного гальванометра канала КС по формуле (6)

$$l = 345,6 \cdot 0,02 = 6,9 \text{ см.}$$

Исходя из полученных данных, установку масштаба $1 \text{ ом} \cdot \text{м/см}$ записи кривой КС в лаборатории АКС-4 необходимо проводить следующим образом:

1) включить станцию, включить ЭМУ для работы на переменном токе и установить силу тока в цепи АВ равной $1,04 \text{ а}$;

2) установить переключатель «Пределы измер.» в положение «4», а ручку аттенуатора вывести по часовой стрелке до упора;

3) включить осветители фоторегистратора;

4) соединить длинным контрольным проводом гнездо K_2 канала КС на измерительной панели с гнездом «Контрольные шунты; 0» панели управления ЭМУ и отметить нулевое положение блика основного гальванометра;

5) переключить штекер контрольного провода в гнездо «Контрольные шунты; 0,02» и, регулируя постоянную по напряжению измерительного канала, установить отклонение блика основного гальванометра равным $6,9 \text{ см}$.

Масштаб записи кривой КС выбирают такой, который обеспечил бы запись хорошо дифференцированной кривой на участках пород с малыми сопротивлениями. Практически величину масштаба записи кривой сопротивления устанавливают на основании опыта работ в данном районе.

§ 64. Запись кривых электрокаротажа

1. С п у с к и п о д ъ е м к а б е л я. Скорость спуска кабеля должна быть постоянной, так как при резком торможении может произойти обрыв, а при резком увеличении скорости — ослабление кабеля, осыпание стенки скважины, что в свою очередь может привести к заклиниванию. В скважине с буровым раствором, имеющим небольшую вязкость и удельный вес не более $1,4 \text{ г/см}^3$, максимальная скорость спуска $5000—6000 \text{ м/ч}$, в скважинах с тяжелым и вязким раствором при работе с небронированным кабелем она иногда снижается до $500—200 \text{ м/ч}$.

Скорость спуска контролируют по натяжению кабеля. При остановке или очень низкой скорости перемещения кабеля (это заметно по резкому уменьшению натяжения) его несколько раз поднимают на $10—20 \text{ м}$ и опускают, пока не будет пробита пробка.

Подъем кабеля должен производиться также с постоянной скоростью, величина которой зависит от мощности пластов в разрезе скважины, параметров аппаратуры и может меняться в пределах $100—4000 \text{ м/ч}$.

Во время подъема кабеля внимательно наблюдают за его натяжением, особенно при прохождении зондом башмака обсадной колонны, чтобы предотвратить обрыв в случае прихвата.

Если случается прихват (это заметно по резкому увеличению натяжения), то кабель несколько раз опускают на $5—10 \text{ м}$ и поднимают, пока не будет ликвидирован прихват. Если прихват не удастся ликвидировать, то груз извлекают из скважины желонкой.

При подъеме кабель должен укладываться на барабан с максимальной плотностью.

Перед окончанием подъема кабеля снижают скорость его перемещения и внимательно следят за показанием счетчика глубин, чтобы предотвратить попадание зонда или груза на блок-баланс. Для своевременного предупреждения о приближении груза и зонда к устью скважины и для контроля за показанием счетчика на кабеле на расстоянии 50 м от его конца ставится большая предупредительная метка, а на расстоянии 10 м — сигнальная метка.

Запись кривых КС и ПС производится во время подъема зонда.

2. Запись кривых КС и ПС. При работе со станциями АЭС-900 (1500) и АЭС-4 кривые КС и ПС чаще всего записывают одновременно. Кривые ПС записывают отдельно в случае очень больших промышленных помех, которые при одновременной регистрации кривых КС и ПС приводят к их сильной иззубренности.

Для одновременной записи кривых КС и ПС собирают схемы, показанные на рис. 110, а и 111, а.

В станции АЭС-900 (1500) кривую КС записывают каналом I, кривую ПС — каналом II. Переключатель «I, II; I + II» ставят в положение «I, II». Во время спуска зонда отмечают нулевое положение пера канала КС при выключенном токе питания, устанавливают масштаб записи кривой ПС и постоянную по напряжению канала КС.

В станции АЭС-4 при одновременной регистрации КС и ПС кривую КС записывают каналом I, кривую ПС — каналом IV. Во время спуска зонда отмечают нулевое положение бликов канала КС при разомкнутой измерительной цепи (вилку с проводами *M* и *N* отключают от гнезд *M* и *N* измерительной панели) и при замкнутом входе измерительного канала (нажимают на кнопку *I* на измерительной панели). Работая с большими зондами и в крупном масштабе ($S_0 > 400$ см/ом), отмечают также положение блика гальванометра в обсадной колонне.

В канале ПС устанавливают масштаб записи кривой ПС. С этой целью переключателем «Предел измерения» устанавливают ближайшую меньшую постоянную по напряжению (*m*) и посредством attenuатора добиваются, чтобы при подаче с ГКП разности потенциалов, равной $8m$, отклонение блика гальванометра было равно 8 см; для последующего контроля это отклонение записывают на ленту.

В нескольких десятках метров от забоя (в глинах), остановив кабель, выполняют компенсацию ПС при помощи ГКП: точку записи выводят на середину ленты. Постоянную величину ПС компенсируют сначала при больших постоянных по напряжению, потом при меньших и завершают компенсацию при той постоянной по напряжению, которая выбрана в качестве масштаба записи.

Когда зонд достигнет забоя, устанавливают масштаб записи кривой КС, включают осветительную систему и лентопротяжный механизм фоторегистратора.

Во время подъема кабеля записывают кривые КС и ПС. В конце интервала записи отмечают нулевое положение блика гальванометра канала КС при замкнутой и разомкнутой измерительной цепи и в случае необходимости — нулевое положение его при нахождении зонда в обсадной колонне.

Для контроля за масштабом записи кривой ПС указывают на ленте градуированную разность потенциалов от ГКП, равную 8 *m*.

3. Измерения микрозондами. Станция АЭС-4 позволяет производить как поочередную, так и одновременную запись кривых сопротивления градиент-микрозондом и потенциал-микрозондом.

Для одновременной записи кривых сопротивления микрозондами собирают схему, показанную на рис. 111, в.

Кривая градиент-микрозонда записывается каналом I, кривая потенциал-микрозонда — каналом II. Запись микрозондами производят при положении «15 ма; микрозонд» переключателя Π_6 (на панели управления ЭМУ) и при постоянной по напряжению 30—40 мв/см. Для установки масштаба записи используют контрольные шунты 5 и 25 ом. Силу тока устанавливают равной 5—15 ма. Сопротивление каналов не регулируют. В остальном запись микрозондом не отличается от записи кривых сопротивления обычным зондом.

4. Токовый каротаж и каротаж методами МСК и МЭП. Токовый каротаж применяют для отбивки в скважинах рудных или угольных интервалов и в большинстве случаев выполняют по схеме, показанной на

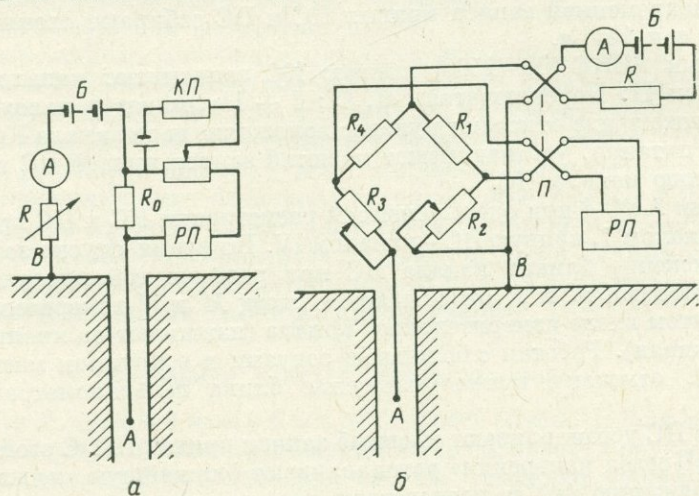


Рис. 112. Принципиальные схемы одноэлектродного каротажа.
а — обычная схема; б — мостиковая схема.

рис. 112, а. Электрод B устанавливают на поверхности (присоединяют к обсадной колонне), электрод A перемещают по скважине.

При токовом каротаже записывают кривую изменения сопротивления R_A электрода A . С уменьшением сопротивления R_A сила тока в цепи AB возрастает, следовательно, падение напряжения на шунте R_0 увеличивается. С увеличением R_A происходит обратное явление. Таким образом, рудные интервалы отмечают увеличением силы тока.

Для токового каротажа со станциями АЭКС-900 (1500) и АКС-4 собирают схемы подключений, показанные на рис. 112.

Масштаб записи (M , в ом/см) подбирают изменением силы тока питания в цепи AB по формуле

$$M = \frac{R_0}{l}.$$

Обычно масштаб записи выбирают такой, при котором l было бы равно 5—8 см.

Во время нахождения электрода A в обсадной колонне пишущее устройство станции при помощи ГЖП устанавливают на нуль. По окончании записи вновь производят запись в колонне при нулевом положении пишущего устройства.

«Нулевую» запись располагают в правой части ленты, потому что с увеличением сопротивления R_A (по выходе зонда из колонны) падение напряжения R_0 на шунте уменьшается.

Если масштаб записи крупный и амплитуды отклонения кривой ПС большие, в схему питания включаются пульсатор (в станции АЭС-900) или ЭМУ (в станции АЭС-4). В этом случае при большой длине кабеля электрод B помещают в скважину на некотором расстоянии от электрода A ; электрод B выбирают большим по длине с тем, чтобы кривая записи не была искажена изменением его сопротивления.

В случае малых изменений сопротивления заземления используют мостиковую схему, изображенную на рис. 112, б, и масштаб записи подбирают путем изменения силы тока, пользуясь формулой

$$I = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{R_1} \cdot \frac{m}{M}$$

Каротаж по методу скользящих контактов (МСК) проводят так же, как токовый каротаж. Разница заключается лишь в том, что вместо обычного электрода A для записи сопротивления R_A используют специальный зонд МСК, описанный в § 61. Метод МСК позволяет расчленить рудные или угольные интервалы на более мелкие пропластки.

Методика и техника каротажа по методу электродных потенциалов (МЭП) аналогична записи кривой ПС по схеме градиента: электроды M и N одновременно перемещаются по скважине. С этой целью используют специальный зонд электродных потенциалов, устройство которого описано в § 61 и приведено на рис. 99, а. При выполнении МЭП жилу кабеля от электрода M подводят к клемме M регистрирующего прибора с тем, чтобы рудные интервалы отмечались возрастанием потенциала. Масштаб записи принимают около 100 мв/см.

Метод электродных потенциалов позволяет разделять рудные интервалы в разрезе скважины на массивные и вкрапленные, разделять руды на типы (ширит и галенит) и решать другие задачи рудного каротажа.

Скорость перемещения кабеля при МЭП, МСК и токовом каротаже в предполагаемых рудных интервалах обычно не превышает 50—100 м/ч.

§ 65. Измерение удельного сопротивления бурового раствора поверхностным резистивиметром

Удельное электрическое сопротивление бурового раствора необходимо знать для того, чтобы правильно интерпретировать результаты электрокаротажа. Его нужно знать также для определения места притока подземных вод при гидрогеологических изысканиях и других целей.

Удельное сопротивление бурового раствора определяют при помощи скважинных и поверхностных резистивиметров. Скважинный резистивиметр измеряет сопротивление бурового раствора непрерывно при движении по скважине. Поверхностным резистивиметром можно определять удельное сопротивление отдельных проб бурового раствора.

Одним из простейших и наиболее распространенных поверхностных резистивиметров является Грозненский резистивиметр, показанный на рис. 113. Он состоит из эбонитовой коробки с электродами A , B , M , N . На стенках коробки сделаны выводные клеммы электродов A , B , M , N , а также клеммы шунта, последовательно включенного в питающую цепь резистивиметра.

В корпус резистивиметра наливают буровой раствор, собирают схему, показанную на рис. 113. Через электроды *A* и *B* пускают ток и измеряют разности потенциалов на электродах *M* и *N* (ΔU_{MN}) и на шунте ($\Delta U_{ш}$).

Удельное сопротивление бурового раствора определяют по формуле

$$\rho_p = k \frac{\Delta U_{MN}}{\Delta U_{ш}},$$

где *k* — коэффициент резистивиметра.

Для определения коэффициента резистивиметра в прибор наливают жидкость с известным удельным сопротивлением (обычно воду с известной концентрацией

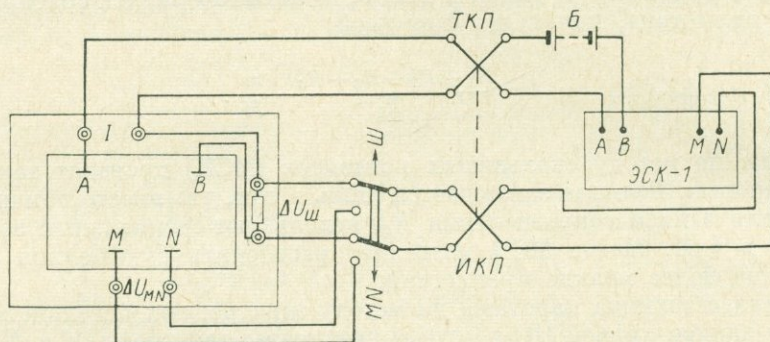


Рис. 113. Принципиальная схема измерений с грозненским поверхностным резистивиметром.

поваренной соли и определенной температурой), проводят измерения, аналогичные указанным выше, и вычисляют коэффициент *k* по формуле

$$k = \rho_{эт} \frac{\Delta U_{ш}}{\Delta U_{MN}},$$

где $\rho_{эт}$ — удельное сопротивление эталонной жидкости в резистивиметре.

§ 66. Оформление результатов электрокаротажа и практические приемы интерпретации кривых КС и ПС

1. Оформление и предварительная обработка каротажных диаграмм. На подлинник каротажной диаграммы наносят заголовок, масштабы кривых, линии глубин, нулевую линию для кривой КС. При нанесении заголовка обычно пользуются специальными штампами, изготовленными по форме заголовков, приведенных в технической инструкции по каротажу.

Заголовок подлинника диаграммы электрокаротажа должен содержать название организации, выполнившей каротаж, название станции, размеры и типы зондов, тип кабеля, цену первой метки, пределы и скорости измерений, дату измерений, а также сведения о некоторых технических особенностях скважины и бурового раствора (удельном сопротивлении, вязкости, удельном весе, диаметре и глубине скважины).

Масштаб кривой КС изображают в виде значений ρ_k по горизонтальной оси на диаграмме через каждый 2 см, а масштаб для кривой ПС — в виде отрезка

длиной 2 см, против которого указывают число милливольт, соответствующих этому отрезку, и направления возрастания (+) и убывания (—) величины естественной поляризации.

Линии глубин наносят вблизи зафиксированных на ленте меток; эти линии должны соответствовать целому числу десятков метров.

Нулевую линию каротажной кривой КС наносят по отметкам нулевых положений бликов и карандашей регистраторов, сделанным при выключенном токе питания, а также по записям в обсадных колоннах скважин.

Контрольные и повторные измерения и записи установки тока, градуированной разности потенциалов, величины переноса кривой ПС должны быть четко обозначены на подлиннике.

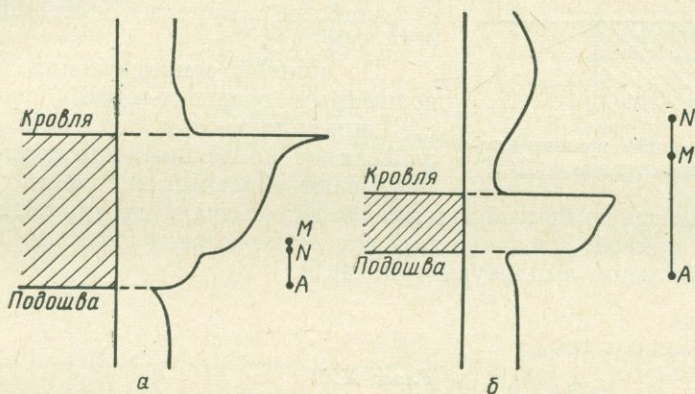


Рис. 114. Определение границ пластов высокого сопротивления по кривым, снятым подошвенным градиент-зондом.

a — мощный пласт; *b* — тонкий пласт.

Все надписи и кривые на подлинниках не должны иметь подчисток и запрещенных инструкцией исправлений. Недостаточно четкие кривые, а также кривые, записанные карандашом, должны быть обведены тушью.

С подлинника диаграммы вычерчивают первую копию, с которой снимают последующие. При вычерчивании копии диаграммы КС и ПС выполняют следующее:

1) в случае выхода основной кривой КС за пределы диаграммной ленты, а также в случае ее расположения вблизи нулевой линии (менее 0,5 см) на диаграмму наносят дополнительные кривые (с участков повторных записей), чтобы обеспечить возможность отсчета показаний против всех глубин;

2) кривую ПС смещают вправо от кривой КС на такое расстояние, при котором они пересекались бы как можно меньше;

3) имеющиеся в подлиннике на кривой ПС переносы устраняют.

2. Определение границ пластов по диаграммам КС и ПС. Границы пластов определяют по характерным точкам кривых КС и ПС: минимумам, максимумам, точкам перегиба с наиболее крутым подъемом или спадом значений КС и ПС. Положение характерных точек относительно кровли и подошвы пласта зависит от типа кривой (КС или ПС), типа зонда (градиент-зонд или потенциал-зонд, кровельный или подошвенный), размера зонда по

отношению к мощности пласта, а также от величины сопротивления пласта по отношению к вмещающим породам.

Если кривая КС записана кровельным градиент-зондом над пластом высокого сопротивления, имеющим мощность, превышающую длину зонда (рис. 114, а), то кровлю пласта отмечают по максимуму кривой, а подошву — по минимуму (или выше минимума до половины расстояния между сближенными электродами). Если кривая КС снята этим же зондом над пластом высокого сопротивления, имеющим мощность меньше длины зонда, то границы пласта отмечают против точек с наиболее крутым подъемом кривой (114, б).

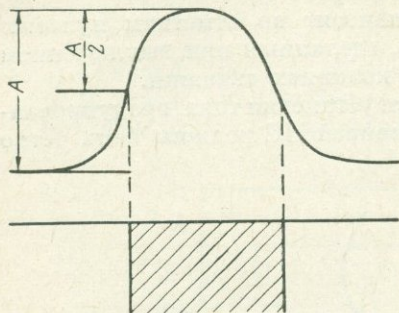


Рис. 115. Определение границ пластов по кривой потенциала ПС.

Границы пласта по кривой потенциала ПС отмечают против точек с наибольшей крутизной кривой. Эти точки характеризуют ширину аномалии ПС на половине ее максимальной амплитуды (рис. 115).

Глава XXI

АППАРАТУРА РАДИОАКТИВНОГО КАРТАЖА

§ 67. Переносный каротажный сцинтилляционный радиометр ПРКС-2

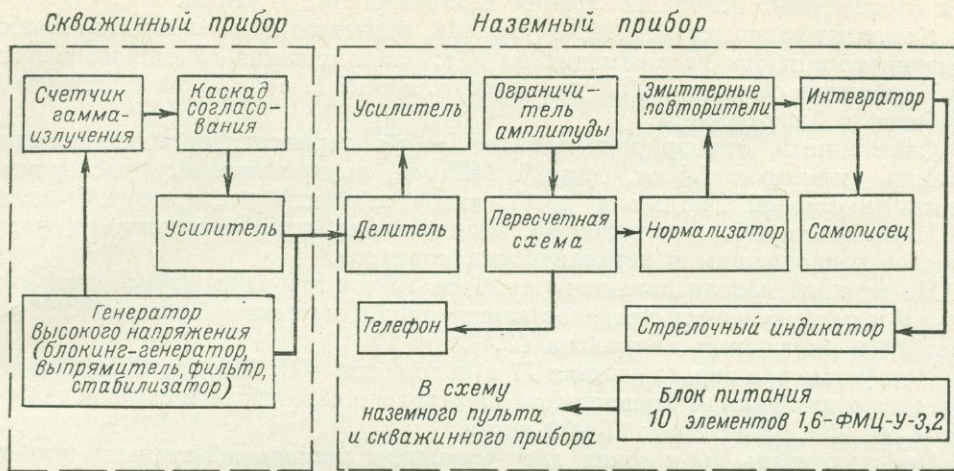
Питание электрической схемы радиометра, выполненной на полупроводниках, осуществляется от блока питания, состоящего из 10 элементов 1,6ФМЦ-У-3,2 (рис. 116, а). Напряжение питания 12 в.

Счетчик γ -излучения скважинного прибора состоит из прозрачного кристалла NaJ (Tl) и фотоэлектронного умножителя ФЭУ-31. Питание ФЭУ-31 осуществляется от генератора высокого напряжения. На выходе счетчика под действием γ -излучения пород возникают импульсы тока, которые, пройдя через каскад согласования, усиливаются и подаются по кабелю в наземный прибор. Каскад согласования необходим для того, чтобы согласовать высокоомную нагрузку ФЭУ с низкоомным входным сопротивлением усилителя.

Амплитуда электрических импульсов на выходе сцинтилляционного счетчика пропорциональна энергии гамма-квантов, попадающих в счетчик.

В наземном приборе импульсы усиливаются и передаются на дискриминатор, пропускающий импульсы с амплитудой более 4 в. Далее эти импульсы поступают на пересчетную схему, после которой каждый четвертый импульс передается на нормализатор и может быть зафиксирован телефоном. Нормализованные по амплитуде импульсы поступают на интегратор и регистрируются одновременно самописцем и стрелочным прибором.

Перед входом усилителя наземного прибора имеется схема делителя амплитуды импульсов с переменным коэффициентом 1—0,1, при помощи которой на выходе усилителя амплитуда импульсов будет также изменяться. Порог



а

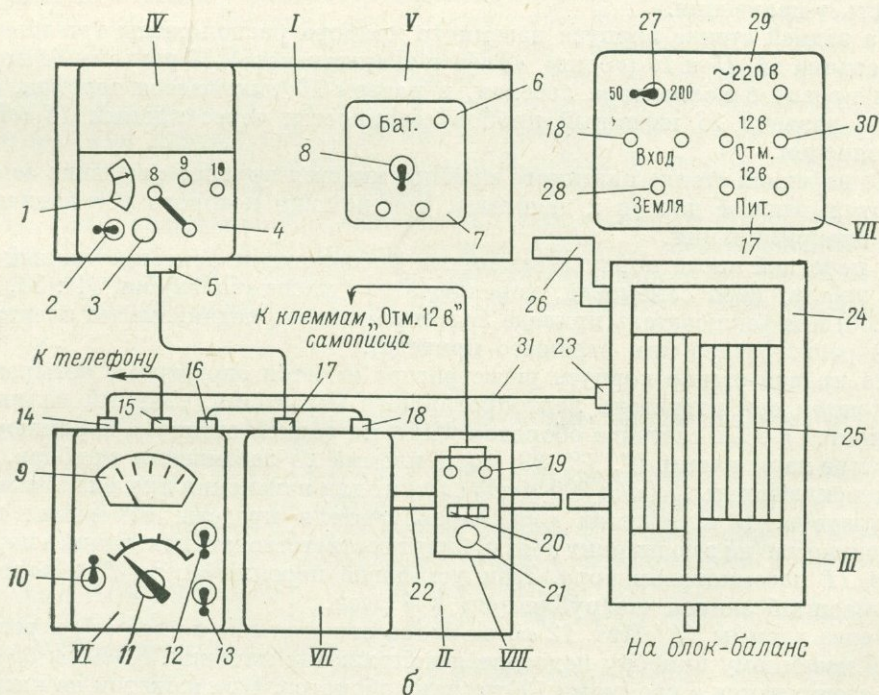


Рис. 116. Радиометр ПРКС-2.

а — блок-схема прибора; б — схема внешних соединений блоков прибора.

срабатывания дискриминатора остается постоянным, следовательно, схема делителя обеспечивает изменение уровня дискриминации прибора.

Комплект радиометра ПРКС-2 (рис. 116, б) состоит из скважинного прибора и наземного прибора VI с самописцем VII, блока питания IV с преобразователем V, счетчика оборотов VIII, укладочного ящика II с крышкой I, лебедки III с кабелем и блок-баланса.

Скважинный прибор представляет собой герметизированный стальной цилиндр диаметром 34 мм, длиной 1425 мм, внутри которого расположены сцинтилляционный счетчик и необходимые элементы электрической схемы.

Наземный прибор, регистратор, блок питания, преобразователь и счетчик оборотов расположены в металлических корпусах.

На верхней панели наземного прибора VI расположены стрелочный индикатор 9 и переключатели пределов измерений 11, постоянной времени 10, рода работ 13 и включатель самописца 12.

При установке переключателя 11 в положение «50; 200; 1т; 2,5т; 10т» пределы измерения гамма-интенсивности на стрелочном приборе и самописце будут равны 50; 200; 1000; 2500; 10 000 мкр/ч.

Переключатель 10 служит для установки постоянной времени прибора, равной 2 или 5 сек. В положении «Режим» переключателя работ 13 стрелочный индикатор показывает режим питания прибора. На нормальный режим указывают отклонение стрелки на 40 делений и остановка ее на черном поле шкалы. В положении «Работа» переключателя 13 стрелочный индикатор измеряет интенсивность γ -излучения.

На задней стенке корпуса наземного прибора расположены три штепсельных разъема 14, 15 и 16 («Зонд», «Тлф» и «Регистратор»). К разъему 14 подключается провод с коллектора лебедки, в разъем 15 включается телефон, а при помощи разъема 16 наземный прибор соединяется через клеммы 18 («Вход») с самописцем.

На передней стенке наземного прибора имеется круглое окошечко со створкой, открывающее доступ к делителю, при помощи которого устанавливается порог дискриминации.

В передней части корпуса самописца расположены лентопротяжный механизм, шкала, перо самописца, переключатель масштаба глубин (1 : 20, 1 : 50 и 1 : 200) и переключатель привода лентопротяжного механизма (от электродвигателя регистратора или внешнего привода).

На правой стенке корпуса регистратора имеется окошечко с четырехгранным концом оси редуктора лентопротяжного механизма, который валиком 22 соединяется с осью счетчика оборотов VIII, на задней стенке — переключатель 27, четыре пары клемм 17, 18, 29, 30 и клемма 28 заземления прибора.

Переключатель 27 («50; 200 мка») служит для изменения пределов измерений регистратора. В положении «50» переключателя пределы измерения гамма-интенсивности (на всю ширину ленты) будут соответствовать показаниям переключателя 11 наземного прибора. При установке переключателя 27 в положение «200» масштаб записи «загрубляется» в 4 раза.

Через клеммы 17 («Пит. 12 в») от блока питания IV (с клемм 5) к регистратору и наземному прибору подводится напряжение питания. Клеммы 30 («Отм. 12 в») соединяются с клеммами 19 счетчика оборотов. При нажатии на кнопку 21 цепь меткоотбивателя замыкается, и на ленту регистратора специальное перо наносит метку. Клеммы 29 («~ 220 в») соединяются с клеммами 7 преобразователя V при настройке и эталонировании прибора, а также тогда, когда необходимо протянуть ленту. В этом случае переключатель протяжки в самописце

устанавливается в положение «Мотор», и лентопротяжный механизм приводится в движение от электродвигателя током переменного напряжения 220 в, которое поступает от преобразователя V.

Счетчик оборотов VIII имеет окошечко 20, в котором видны цифры, показывающие число оборотов оси редуктора лебедки, а также клеммы 19 и кнопку 21, о назначении которых сказано выше. Редукторы счетчика оборотов VIII и лебедки III соединяются специальным карданным валиком, обеспечивающим передачу вращения при разных уровнях осей редукторов.

Блок питания IV состоит из 10 элементов 1,6-ФМЦ-У-3,2, заключенных в металлический корпус, и пульта управления, расположенного в верхней части корпуса.

Пульт управления питанием содержит вольтметр 1 для измерения напряжения питания, кнопку 3 для подключения вольтметра к источникам питания, включатель блока питания 2 и четыре клеммы 4: три клеммы обозначены цифрами «8», «9», «10», четвертая — безымянная. При замыкании безымянной клеммы поочередно с клеммами «8», «9», «10» к выходу блока питания (клеммам 5) будут подсоединяться соответственно 8, 9 или 10 элементов 1,6-ФМЦ-У-3,2. Это необходимо для того, чтобы постоянно поддерживать напряжение питания 12 в.

Выходные клеммы 5 блока питания соединяются с клеммами 17 регистратора. Монтажная схема преобразователя V заключена в металлический корпус, на верхней панели которого расположены включатель 8 преобразователя и две пары клемм 7 и 6. К клеммам 6 подключается источник постоянного тока напряжением 12 в, с клемм 7 снимается переменное напряжение 220 в. Это напряжение необходимо для питания электродвигателя лентопротяжного механизма регистратора при настройке и эталонировании прибора.

Лебедка III прибора ПРКС-2 состоит из рамы 24, барабана 25 с кабелем КТШ-0,3, коллектора 23 и рукоятки ручного привода 26. Лебедка имеет два редуктора: при помощи одного из них осуществляется ручной привод, а при помощи другого — передача вращения оси барабана на счетчик оборотов VIII.

Устройство блок-баланса обычное.

В рабочем положении, как видно из рис. 116, наземный прибор, регистратор и счетчик оборотов специальными болтами крепятся на укладочном ящике, блок питания и преобразователь — на крышке укладочного ящика. Измерительную схему прибора монтируют при помощи специальных соединительных проводов 31.

§ 68. Двухканальный сцинтилляционный термостойкий радиометр ДРСТ-2

Двухканальная аппаратура типа ДРСТ-2 предназначена для геофизических исследований скважин глубиной до 3000 м методами радиоактивного каротажа.

Аппаратура ДРСТ-2 рассчитана для работы с применением трехжильного и одножильного кабеля и может эксплуатироваться в комплекте с каротажными станциями АЭКС-900 (1500), АКС-4, АКС/Л-7 и ОКС-56.

Питание аппаратуры ДРСТ-2 осуществляется от сети переменного тока частотой 50 гц и напряжением 220 в.

Комплект аппаратуры состоит из панели управления, двух скважинных приборов, зондового устройства, сменных блоков детекторов, блока питания, пересчетного прибора и запасного имущества.

1. Принцип действия аппаратуры ДРСТ-2. Питание фотоэлектронных умножителей детекторов 1 и 1' (рис. 117) осуществляется от

высоковольтного генератора 5, создающего стабилизированное напряжение 1250 в.

Под воздействием γ -излучения или нейтронного излучения в детекторах 1 и 1' возникают вспышки (сцинтилляции), частота которых пропорциональна интенсивности излучения, а яркость пропорциональна энергии излучения. Все вспышки преобразуются фотоумножителем в электрические импульсы, поступающие после усилителей 2 и 2' на амплитудные дискриминаторы 3 и 3'. Последние пропускают импульсы величиной, превышающей определенный уровень (200—250 мв) — порог срабатывания дискриминаторов. На выходе дискриминатора импульсы имеют постоянные параметры (длительность и амплитуду).

Импульсы с дискриминаторов (отрицательной полярности в канале I и положительной — канале II) усиливаются усилителем мощности 4 и подаются по кабелю в двухканальный усилитель в наземной панели. Пройдя через усилитель 6, они разделяются по полярности триггерами 8 и 8', причем положительные вызывают срабатывание триггера 8 канала I, отрицательные, пройдя через фазоинвертор 7, вызывают срабатывание триггера 8' канала II.

С триггеров 8 и 8' импульсы через дифференцирующие цепочки поступают на нормализаторы 9 и 9'. С выхода нормализаторов, стабильные по длительности и амплитуде, они направляются на интеграторы 10 и 10', где преобразуются в постоянный ток, пропорциональный их частоте, т. е. радиоактивному излучению. Ток интеграторов записывается регистраторами 11 и 11'.

Работа каналов и настройка масштабов записи контролируются при помощи калибратора 13. Пересчетный прибор 12 емкостью 400 тыс. импульсов позволяет производить счет импульсов поочередно в одном или другом канале. Питание панели управления и скважинного прибора осуществляется от блока питания типа ДРСТ-2-3-00 или УВК-1.

2. Конструкция скважинного прибора. Скважинный прибор представляет собой стальной цилиндрический кожух, герметизированный с

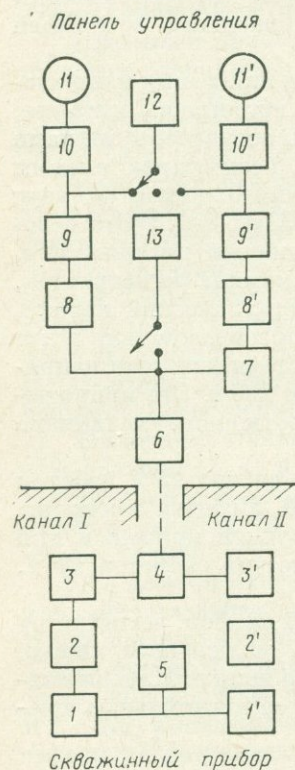


Рис. 117. Блок-схема аппаратуры ДРСТ-2.

с обоих концов головками с самоуплотняющимися резиновыми кольцами. Верхняя головка прибора служит для подсоединения его к кабелю, нижняя — для подсоединения зондового устройства с источником. Внутри цилиндрического кожуха на платах из текстолита смонтирована электрическая схема скважинного прибора.

В зависимости от условий и видов измерений в комплект скважинного прибора могут входить семь сменных детекторов излучения.

Для работы в скважинах с температурой до +120° С применяются следующие детекторы:

1) ГК (монокристалл NaJ (Tl) размерами 20 × 40 мм и фотоумножитель ФЭУ-31);

- 2) НГК (газонаполненный счетчик Си-23г);
- 3) НК-Т (сцинтиллятор типа ЛДНМ и фотоумножитель ФЭУ-31);
- 4) ГГК (монокристалл NaJ(Tl) размерами 20×40 мм и фотоумножитель ФЭУ-31).

Детекторы ГК, ГГК и НК-Т термостатированы при помощи сосудов Дьюара. Для увеличения теплоемкости внутренней полости сосуда Дьюара несущая пробка из слабопроводящего теплоизоляционного материала имеет емкость, заполненную парафином.

Для работы в скважинах с температурой до $50-60^\circ\text{C}$ применяются детекторы:

- 1) ГК (монокристалл NaJ(Tl) размерами 30×70 мм и фотоумножитель ФЭУ-35);
- 2) ГГК (кристалл NaJ(Tl) размерами 30×40 мм и фотоумножитель ФЭУ-35);
- 3) НКТ (сцинтиллятор ЛДНМ-2 и фотоумножитель ФЭУ-35).

Для регистрации надтепловых нейтронов к комплексу детекторов НК-Т прилагаются кадмиевые и полиэтиленовые экраны.

Зондовое устройство скважинного прибора экранирует детектор от прямого излучения источников и позволяет менять расстояние между источником и детектором в пределах 300; 400; 500 и 600 мм для работы методами ГГК и НК-Т и 500; 600 и 700 мм для работы методом НГК.

Диаметр скважинного прибора 60 мм.

Скважинный прибор с термостойким детектором рассчитан на непрерывную работу при температуре $+120^\circ\text{C}$ в течение 3 ч. Прибор с нетермостойким детектором излучения может работать при температуре $+50^\circ\text{C}$ в течение 10 ч. При этом регистрируемые параметры могут измениться не более чем на 5%.

Чувствительность нетермостойкого детектора ГК составляет не менее 600 *имп/мин* на 1 *мкр/ч*, термостойкого — не менее 200 *имп/мин* на 1 *мкр/ч*. Чувствительность нетермостойкого детектора ГГК — не менее 200 *имп/мин* на 1 *мкр/ч*.

Скважинный прибор потребляет ток 255 *ма* при напряжении 150 *в*.

3. П а н е л ь у п р а в л е н и я. Панель управления аппаратуры ДРСТ-2 выполнена на стандартном шасси, которое устанавливается в отсеке для аппаратуры радиоактивного каротажа аппаратурного стенда станции (рис. 118, а).

В левой части панели расположены монтажные платы I канала, в правой части — II канала. Схема калибратора выполнена на монтажных платах в центральной части панели.

На лицевой части панели расположены органы управления прибором и штепсельные разъемы, обеспечивающие соединение панели с блоком питания, регистраторами и пересчетным прибором.

Переключатель 1 служит для включения накальных и анодных цепей питания. Переключателем 2 производятся следующие операции:

- 1) в положении «С» в цепь регистрации включается скважинный прибор, работающий с двумя сцинтилляционными счетчиками;
- 5) в положении «Г» в цепь регистрации включается скважинный прибор, в I канале которого установлен газоразрядный счетчик, во II канале — сцинтилляционный счетчик;
- 3) в положении «0—инд.» вход панели управления закорачивается, при этом проверяется нулевое положение пишущих устройств регистраторов;
- 4) в остальных положениях в измерительные каналы наземной панели поступают импульсы от калибратора с частотой соответственно 3000; 6000; 12 000; 24 000 и 48 000 *имп/мин*.

Переключатель 3 позволяет подключать пересчетный прибор в I или во II канал или останавливать счет. Переключателями 4 устанавливается постоянная времени каналов, которая может меняться от 0,5 до 12 сек.

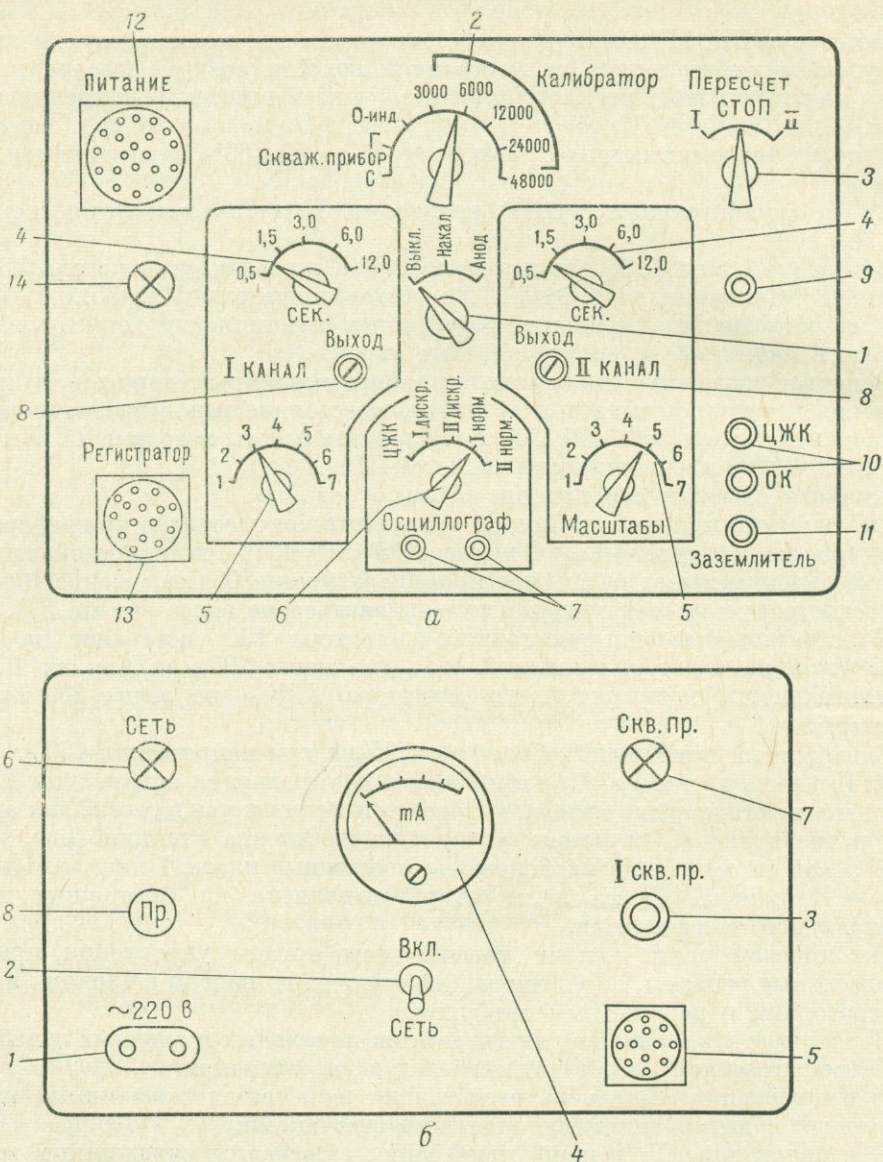


Рис. 118. Панель управления (а) и блок питания (б) аппаратуры ДРСТ-2.

Переключатели 5 позволяют изменять масштабы записи радиоактивного излучения. При установке переключателей 5 в положения «1; 2; 3; 4; 5; 6; 7» на рабочей ширине ленты регистратора могут быть записаны интенсивности радиоактивного излучения соответственно от нуля до 3000; 6000; 12000; 24000; 48000; 96000 и 192000 *имп/мин.*

Переключатель 6 служит для подключения электронного осциллографа к различным участкам схемы и визуального контроля за формой поступающих импульсов. В положении «ЦЖК» к гнездам 7 («Осциллограф») подключаются вход панели. В положениях «I дискр.» и «II дискр.» в гнезда «Осциллограф» включаются соответственно входы дискриминаторов I и II каналов, в положениях «I норм.» и «II норм.» — входы нормализаторов I и II каналов.

Реостатом 8 регулируется выходной ток интеграторов I и II каналов при настройке масштабов записи.

В гнездо 9 включается штекерный провод от пересчетного прибора. Гнезда 10 служат для подключения к панели кабеля от скважинного прибора. При работе с одножильным кабелем в гнездо ЦЖК включается центральная жила кабеля, в гнездо ОК — оплетка кабеля. Посредством гнезда 11 корпус прибора заземляется. К штепсельному разъему 12 подключается кабель блока питания. Штепсельный разъем 13 служит для подключения панели управления к регистратору.

Контрольная лампа 14 является индикатором нормальной работы цепей накалов радиоламп.

На шасси панели установлены переменные сопротивления для регулировки амплитуды сигнала от скважинного прибора, для регулировки порога срабатывания триггеров Шмидта I и II каналов, для подстройки кратности масштабов каналов и подстройки частот калибратора, а также тумблеры, обеспечивающие работу панели со скважинным прибором СП-62, входящим обычно в комплект аппаратуры НГГК-62.

4. Б л о к п и т а н и я. Питание панели управления аппаратуры ДРСТ-2 осуществляется от специального блока питания типа ДРСТ-2-3-00 (см. рис. 118, б). Блок питания работает от промышленной сети переменного тока частотой 50 гц, напряжением 220 в, обеспечивает на выходе переменные напряжения для каналов ламп 6,3 в, постоянные напряжения для анодов ламп +150 в и -150 в и постоянное напряжение для питания скважинного прибора +250 в. Он выполнен в отдельном корпусе. На лицевой панели блока установлены клеммы 1 для подключения его к промышленной сети 220 в, выключатель сети 2, реостат 3 и миллиамперметр 4 для установки и контроля тока питания скважинного прибора, штепсельный разъем 5 для подключения панели управления к блоку питания, контрольные лампы 6 и 7 включения сети и наличия тока в скважинном приборе, предохранитель 8.

5. П е р е с ч е т н ы й п р и б о р ПС-100. Пересчетный прибор типа ПС-100 (рис. 119) служит для счета импульсов в том или другом канале аппаратуры ДРСТ-2. Его емкость 100 000 импульсов.

Прибор выполнен в отдельном корпусе, подключается к измерительной панели при помощи гнезда 1 и штекерного провода. На лицевой части его панели выведены 10 неоновых ламп 2 и четыре декатрона 3—6.

При поступлении первого импульса в пересчетный прибор загорается неоновая лампа с номером «1», при поступлении второго импульса — лампа с номером «2» и т. д. При прохождении десятого импульса загорается лампа «0» и вспыхивает эмиттер «1» декатрона 3. И так, при прохождении каждого десятого импульса вспыхивает каждый последующий эмиттер декатрона 3. Каждый сотый импульс зажигает последовательно эмиттеры декатрона 4, каждый тысячный импульс — эмиттеры декатрона 5 и каждый десятитысячный — эмиттеры декатрона 6. Общее число поступивших импульсов определяется как сумма показаний эмиттеров декатронов 6 (десятков тысяч), 5 (тысяч), 4 (сотен), 3 (десятков) и неоновых ламп (единиц).

Выключение пересчетного прибора производится кнопкой 7, сброс показаний — кнопкой 8, запуск прибора — кнопкой 10, остановка счета — кнопкой 11. При нажатии на кнопку 9 к пересчетному прибору подключается генератор,

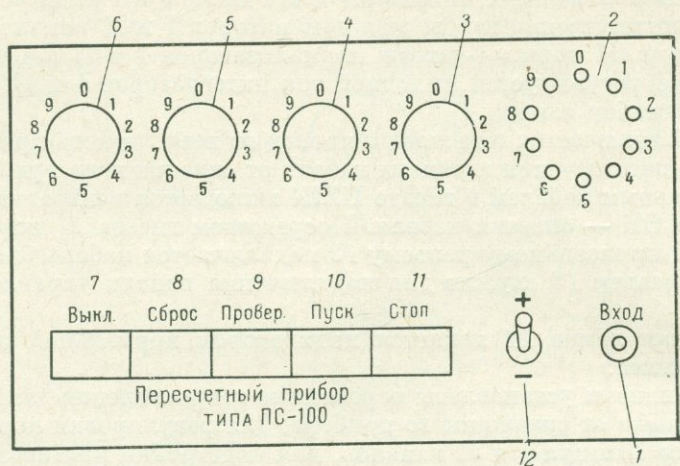


Рис. 119. Пересчетный прибор ПС-100.

дающий импульсы с частотой 50 гц. Этим самым проверяется работа прибора.

Тумблером 12 прибор подключается для счета импульсов положительной или отрицательной полярности.

§ 69. Проверка работы, настройка и эталонирование скважинных радиометров

При эталонировании и настройке прибора ПРКС-2 отключают лентопротяжный механизм регистратора от счетчика оборотов (снять соединительный валик), устанавливают переключатель привода регистратора в положение «Мотор» и подсоединяют к клеммам «~220 в» регистратора преобразователь напряжения. В остальном схема внешних соединений прибора такая же, как на рис. 116, б.

Схема внешних подключений аппаратуры типа ДРСТ-2 приведена на рис. 110, г и 111, ж.

При систематической работе радиометрической каротажной аппаратуры настройку и эталонирование ее выполняют один раз в месяц в специально отведенный для этого день профилактики. Перед началом настройки и эталонирования аппаратуры проверяют ее работоспособность, т. е. включают аппаратуру и измеряют гамма-интенсивности от эталона. После этого настраивают дискриминаторы и эталонируют радиометры.

1. Включение аппаратуры радиоактивного каротажа и проверка ее работоспособности. Включение радиометра ПРКС-2 производят в следующей последовательности (см. рис. 116).

1. Включают блок питания и посредством кнопки «Режим» по измерительному прибору на пульте блока проверяют напряжение питания. Соединительной колодкой безымянную клемму на блоке соединяют с одной из клемм с цифрами «8», «9» или «10» при которой напряжение питания будет 12 в.

2. Переводят переключатель пределов измерений наземного прибора в положение «10т», т. е. устанавливают самый грубый предел измерения, переключатель рода работ переводят в положение «Режим» и проверяют наличие нормального режима питания: стрелка прибора должна отклониться на 40 делений и установиться на черном поле шкалы.

3. Устанавливают переключатель рода работ в положение «Интенсивность» и посредством стрелки индикатора и телефона проверяют работу радиометра ПРКС-2.

4. Включают регистратор специальным тумблером на наземном приборе, проверяют отклонение пишущего пера при нормальном фоне и под действием эталона радиоактивности на всех диапазонах измерений, а также при обоих масштабах (200 мкА и 50 мкА) регистратора.

5. Подключают к клеммам «~220 в» регистратора преобразователь напряжения и при положении «Мотор» переключателя привода регистратора проверяют работу лентопротяжного механизма.

6. Проверяют работу цепи меткоотбивателя: при нажатии на кнопку на счетчике оборотов перо меткоотбивателя должно отклоняться.

7. Заряжают в случае необходимости лентопротяжный механизм диаграммной бумагой, а пишущие перья — чернилами.

При включении аппаратуры ДРСТ-2 выполняют следующие операции (см. рис. 118 и 119).

1. Включают и готовят измерительные каналы станции к измерениям методами радиоактивного каротажа: устанавливают постоянную по напряжению измерительных каналов в пределах 1—2 мВ/см; в станции АКС-4 переключатели P_2 на панели управления (см. рис. 96) ставят в положение «=», проверяют нулевые положения пишущих устройств.

2. Устанавливают переключатель рода работ 2 панели управления аппаратурой ДРСТ-2 в положение «С» или «Г» в зависимости от типа скважинного прибора.

3. При помощи переключателя 6 подключают к клеммам «Осциллограф» вход панели (положения «ЦЖК»).

4. Включают сеть тумблером 2 на блоке питания, затем переключателем 1 панели управления включают питание накальной и анодной цепей.

5. Устанавливают реостатом 3 блока питания ток скважинного прибора 250—260 мА, контролируя величину тока по миллиамперметру 4 на блоке питания. После установки режимов питания прибора на экране осциллографа должны появиться импульсы отрицательной и положительной полярности, а записывающие устройства регистраторов (карандаш потенциометра ПАСК или блик фоторегистратора) будут отклоняться вправо. При поднесении рабочего эталона к детектору скважинного прибора частота следования импульсов на экране осциллографа должна увеличиться, а пишущие устройства должны отклониться на большее расстояние от нулевого положения.

6. Меняя положения переключателей 5 и поднося к скважинному прибору эталон, проверяют работоспособность аппаратуры на всех масштабах записи.

7. Проверяют работу переключателей 4. При небольших значениях постоянной времени нужно отклонение пишущих устройств должно устанавливаться быстрее.

8. Проверяют работу пересчетного устройства и калибратора. С этой целью нажимают на кнопку 9 пересчетного прибора и просчитывают импульсы от генератора, частота которых 50 гц. После этого останавливают счет (нажимают на кнопку 11), сбрасывают показания (нажимают на кнопку 8), включают пересчетный

прибор в один из каналов переключателем 3 панели управления, запускают пересчетный прибор (нажимают на кнопку 10) и просчитывают импульсы, поступающие в регистрирующую схему проверяемого канала. При поднесении эталона к счетчику прибора частота следования импульсов должна увеличиваться. Аналогичным образом просчитывают импульсы в другом канале. Далее, остановив пересчетное устройство и сбросив показания на световых индикаторах, включают калибратор в регистрирующую схему прибора переключателем 2 панели управления аппаратуры и просчитывают импульсы от калибратора при положениях «3000; 6000; 12 000; 24 000; 48 000» переключателя 2. Отключив пересчетное устройство от регистрирующей схемы прибора переключателем 3 панели управления, прослеживают отклонение пишущих устройств при положениях «3000—48 000» переключателя 2. При этом сначала устанавливают грубый масштаб записи (положение «7» переключателей 5), затем проводят проверку на более крупных масштабах (в положениях «6; 5; 4; 3; 2; 1» переключателей 5).

9. Проверяют работу контроля нуля пишущих устройств. С этой целью переключатель 2 панели управления устанавливают в положение «О-инд.». При этом пишущие устройства должны установиться на нулевую линию.

10. Устанавливают масштаб записи записывающих устройств.

Масштаб записи показывает, какое число импульсов в 1 мин вызывает отклонение записывающего устройства на 1 см и выражается в *имп/мин·см*. Как было отмечено, при установке переключателя 5 в положения «1; 2; 3; 4; 5; 6; 7» на всей ширине ленты регистратора может быть записано соответственно 3000; 6000; 12 000; 24 000; 48 000; 96 000; 192 000 *имп/мин*. Если принять во внимание, что ширина рабочей части ленты в станции АЭК-900 (1500) равна 15 см, то на потенциометре ПАСК-8 могут быть установлены масштабы записи соответственно 200; 400; 800; 1600; 3200; 6400; 12 800 *имп/мин·см*. В станции АКС-4, где ширина рабочей части ленты 20 см, можно установить масштабы 150; 300; 600; 1200; 2400; 4800; 9600 *имп/мин·см*. Необходимо, однако заметить, что указанные величины масштабов выдерживаются при строго определенном положении реостатов 8 («Выход») панели управления. Меняя положения этих реостатов, т. е. меняя ток выхода, можно установить промежуточные значения перечисленных выше масштабов.

Практически установку масштаба записи выполняют в следующем порядке.

1. Переключатель 5 устанавливают в такое положение, которое ближе всего соответствует выбранному масштабу (*M*). Если, например, требуется установить масштаб 500 *имп/мин·см* на станции АЭК-900 (1500), то, следовательно, переключатель 5 должен находиться в положении «2».

2. Подбирают необходимое положение переключателя 2 и при помощи пересчетного прибора просчитывают частоту импульсов калибратора в 1 мин.

Необходимую частоту калибратора подбирают таким образом, чтобы пишущее устройство отклонилось на возможно большее расстояние в пределах рабочей части ленты. Если требуется масштаб записи 500 *имп/мин·см*, а ширина ленты в станции АЭК-900 (1500) равна 15 см, значит, частота калибратора (*n*) должна быть близкой к величине $500 \cdot 15 = 7500$ *имп/мин*. Наиболее близкой к этому значению является частота 6000 *имп/мин*. Необходимость счета частоты импульсов калибратора объясняется тем, что калибратор дает не строго установленные частоты импульсов, которые указаны на панели переключателя 2, а величины, близкие к ним.

3. Рассчитывают расстояние, на которое должно отклониться пишущее

устройство под действием импульсов калибратора. Величину отклонения l (в см) вычисляют по формуле

$$l = \frac{n}{M}.$$

Если, предположим, получена частота калибратора 5800 *имп/мин*, то величина l составит $5800 : 500 = 11,6$ см.

4. С помощью реостата 8 («Выход») панели управления устанавливают расчетное отклонение пишущего устройства от нулевого положения.

При установке масштаба записи не рекомендуется изменять постоянную по напряжению измерительного канала, потому что это может нарушить линейность зависимости показаний регистратора от интенсивности радиоактивного излучения.

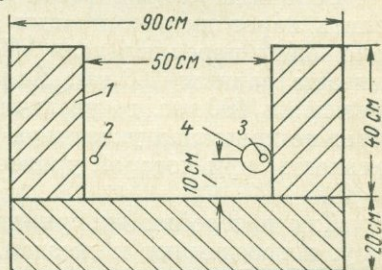
После установки масштаба записи, т. е. по окончании проверки работоспособности аппаратуры ДРСТ-2, при помощи переключателя 1 панели управления отключают питание накальных и анодных цепей, выключают блок питания, электронный осциллограф, измерительные каналы станций.

2. **Н а с т р о й к а д и с к р и м и н а т о р о в.** Цель настройки дискриминатора — установить энергетический уровень величиной около 100 *кэв*. При установке такого уровня будут срезаться дискриминатором шумовые импульсы и пропускаться только импульсы, обусловленные γ -излучением пород, имеющие энергию в основном более 100 *кэв*.

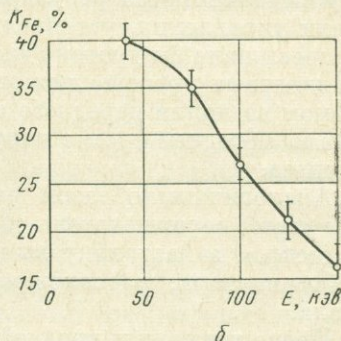
Один из способов установки уровня дискриминации в приборе ПРКС-2 основан на зависимости поглощения γ -излучения источника радия в железном экране.

Измерения выполняют на одном из диапазонов (III или IV) шкалы прибора.

При этом устанавливается такая чувствительность индикатора, при которой уровень «шумового» фона не превышает 5—10 *имп/мин*. Далее радиометр прогревают в течение 30 *мин*, после чего эталон 2 радия серии С-41 (рис. 120, а) и гильзу 3 прибора помещают в установку, состоящую из трех ящиков 1 с песком — рассеивателей, необходимых для увеличения доли более мягкого γ -излучения. Размеры установки, расположение в ней гильзы и радиоактивного эталона показаны на рисунке. Измерения производят при всех десяти положениях переключателя уровней дискриминации. Первую серию измерений выполняют, пользуясь счетчиком, закрытым только дюралюминиевым светозащитным кожухом, вторую — при надетом на скважинный прибор внешнем железном корпусе, а также с использованием специального железного экрана — железной трубы 4 длиной не менее 400 *мм*, диаметром 38—45 *мм* и толщиной 3 *мм*.



а



б

Рис. 120. Установка для определения уровня дискриминации (а) и график зависимости поглощения γ -излучения в железе от величины порога регистрации импульсов (б).

Далее для каждого положения переключателя уровня дискриминации вычисляют коэффициент K_{Fe} (в %), представляющий собой долю излучения, поглощенного в железе:

$$K_{Fe} = \left(1 - \frac{I_{Fe}}{I_0}\right) \cdot 100,$$

где I_{Fe} — интенсивность γ -излучения в делениях шкалы, полученная со счетчиком в железном экране; I_0 — интенсивность γ -излучения, полученная со счетчиком без экранов.

Величина коэффициента K_{Fe} позволяет по графику на рис. 120, б определить порог дискриминации E (в кэв), соответствующий каждому из десяти положений переключателя «Дискриминатор». Порог дискриминации устанавливают равным 100 кэв. Если минимальный уровень дискриминации будет превышать 100 кэв, то увеличивают напряжение тока с таким расчетом, чтобы порог не превышал указанную величину, и после этого устанавливают чувствительность, при которой уровень шумовых импульсов в 1 мин не превышал бы 5—10.

Для настройки дискриминаторов аппаратуры ДРСТ-2 включают аппаратуру, подсоединяют к гнездам 7 панели управления (рис. 118, а) электронный осциллограф и ставят переключатель 6 в положение «I дискр.». Далее при помощи потенциометра регулировки дискриминатора, расположенного на шасси панели управления, устанавливают такую амплитуду входного сигнала, которая превышала бы уровень дискриминации приблизительно в 2 раза. На экране осциллографа уровень дискриминации изображается более яркой точкой или изломом на линии переднего и заднего фронта импульса. При настройке яркая точка на переднем фронте импульса должна находиться на половине от вершины импульса.

Аналогичным образом настраивают уровень дискриминатора II канала. При этом переключатель 6 панели управления переводят в положение «II дискр.», а настройку выполняют, пользуясь потенциометром регулировки дискриминатора, расположенного на шасси панели управления в схеме II канала.

После установки уровней дискриминаторов переключатель 6 панели управления устанавливают в положения «I норм.» и «II норм.». На экране осциллографа при этом должны появиться импульсы длительностью 60 мксек и амплитудой 80—100 в.

3. Эталонирование аппаратуры радиоактивного каротажа. Эталонирование этой аппаратуры необходимо для того, чтобы выразить величину отклонения пирующих устройств или стрелочных индикаторов в единицах $мкр/ч$ (для метода ГК) или в условных единицах (для методов ГГК и НГК).

Методика эталонирования аппаратуры метода ГК во многом аналогична описанной в разделе «Радиометрия». Эталонирование выполняют вдали от строений на специальной ровной площадке размером 10×10 м, на которой на расстоянии 4—5 м устанавливают две опоры. Между опорами на высоте более 2—2,2 м натягивают стальную проволоку диаметром 4—5 мм. Параллельно последней на одной из опор на специальных кронштейнах устанавливают гильзу прибора так, чтобы центр счетчика был на высоте не менее 2—2,2 м от поверхности земли. К проволоке подвешивают эталон радиоактивности таким образом, чтобы амгула с препаратом радия находилась на высоте центра счетчика эталонируемого прибора.

Постоянная времени приборов при эталонировании должна быть максимальной.

Кристалл сцинтилляционного счетчика экранируют от влияния рассеянного γ -излучения специальным стандартным свинцовым экраном.

Для каждого диапазона рассчитывают 5—7 расстояний от эталона радиоактивности до счетчика прибора так, чтобы интенсивность γ -излучения могла быть записана приблизительно через равные расстояния на диаграммной ленте или отсчитана через равные интервалы по индикаторному прибору. Эти расстояния определяют по формуле

$$R = \sqrt{\frac{A}{I}},$$

где A — интенсивность эталона в мкр/ч на расстоянии 1 м от счетчика, которая обычно указывается в паспорте эталона; I — необходимое значение гамма-интенсивности в мкр/ч , которое нужно записать на диаграммной ленте или отсчитать по индикатору.

При расчете расстояний для эталонирования прибора ДРСТ-2 следует помнить, что чувствительность нетермостойкого детектора ГК равна 600 имп/мин на 1 мкр/ч , термостойкого 200 имп/мин на 1 мкр/ч .

Рассчитанные расстояния R округляют до целых сантиметров, после чего для каждого из них определяют точное значение гамма-интенсивности эталона по формуле

$$I = \frac{A}{R^2}.$$

Эталонирование каждого диапазона выполняют в следующем порядке.

1. Проверяют и устанавливают нулевое положение регистрирующего устройства.

2. Измеряют или записывают нормальный фон. При этом эталон радиоактивности относят на расстояние не менее 10 м от счетчика и закапывают в шпур глубиной 40 см. Если эталонируют стрелочный индикатор прибора ПРКС-2, то берут три отсчета через 20 сек и вычисляют среднее значение; если эталонируют самописец, то записывают линию длиной 2—3 см при скорости протяжки ленты 2—3 см/мин ; если для определения нормального фона используют электромеханический счетчик или пересчетный прибор, то число сосчитанных импульсов должно быть не менее 400—500.

3. Вновь проверяют и записывают нулевое положение регистрирующего устройства.

4. Берут отсчеты или записывают гамма-интенсивность при 5—7 рассчитанных расстояниях от эталона до счетчика. Отсчет интенсивности по стрелочному прибору берут через 2—3 мин после установки эталона на указанное расстояние; длина записи при каждом положении эталона должна быть равна 2—3 см; необходимые величины расстояний между эталоном и источником на проволоке определяют при помощи мерной ленты или рулетки с точностью до 1 мм.

5. Измеряют или записывают нормальный фон подобно тому, как было указано в пункте 2; если значение нормального фона изменилось более чем на 10—15% по отношению к замеру перед эталонированием, то выясняют причины расхождения, устраняют их и заново проводят эталонирование.

После эталонирования выполняют контрольный замер каждого проэталонированного диапазона. С этой целью источник радиоактивности устанавливают

на такое расстояние от счетчика, при котором стрелка индикатора или перо самописца отклонялись бы приблизительно на половину шкалы.

Нередко для контрольного замера применяют специально изготовленные из урановой руды рабочие эталоны, которые надевают на скважинный прибор.

Результаты эталонирования записывают в специальный журнал: для каждого значения интенсивности по нескольким отсчетам вычисляют и записывают в журнал среднее значение. На ленте самописца градуировочные записи осредняют и в журнале против каждого значения интенсивности записывают расстояния (в мм) от соответствующей площадки до нулевой линии. Подлинники записи результатов эталонирования на каротажной ленте хранят вместе с градуировочным журналом.

По результатам эталонирования строят эталонировочный график подобно тому, как было описано в § 44. По вертикальной оси откладывают деления шкалы индикатора или величины отклонения пишущих устройств в мм, по горизонтальной оси — интенсивность в мкр/ч. Для каждого диапазона строят обычно отдельный график. На каждом графике указывают номер и тип прибора, номер счетчика, кристалла, ФЭУ, эталона радиоактивности и дату эталонирования. На графике должны быть подписи лиц, которые выполнили эталонирование и проверили правильность эталонирования и построения графиков.

Для эталонирования аппаратуры ГГК погружают скважинный прибор с присоединенным к нему источником и без источника γ -излучения в бак с пресной водой и производят соответственно два замера. Разницу в полученных замерах принимают за условную единицу ГГК. Высота и диаметр бака с водой должны быть соответственно не менее 1 м и 0,6 м. Скважинный прибор устанавливают по оси бака так, чтобы середина зонда находилась в центре объема воды, налитой в бак. Содержание солей в воде не должно превышать 2 г/л.

После эталонирования аппаратуры ГГК скважинный прибор с источником устанавливают в горизонтальном положении на расстоянии не менее 2 м от поверхности земли и посторонних предметов и измеряют величину контрольного показания.

Для эталонирования аппаратуры НГК используют бак диаметром 0,8 м, высотой 1,75 м, заполненный пресной водой (содержание солей не более 0,5 г/л). Скважинный прибор устанавливают вдоль оси бака так, чтобы середина зонда располагалась на одинаковом расстоянии от верхней и нижней границы воды, налитой в бак. Разность показаний прибора в эталонировочном баке с источником и без источника нейтронов принимается за условную единицу. Нередко для эталонирования аппаратуры НГК используют специальное эталонировочное устройство, смонтированное на прицепе.

Контрольные показания для аппаратуры НГК могут быть получены при помощи радиевого источника С-41 (содержание радия около 0,1 мг) или при помощи специальной насадки с гнездом для эталонного источника типа О-51 (содержание радия 0,01 мг).

§ 70. Производство измерений

Радиоактивный каротаж скважин с любой аппаратурой выполняют в следующем порядке.

1. Устанавливают аппаратуру и оборудование на скважине, собирают схему внешних соединений, проверяют работу аппаратуры.

2. Проводят контрольный замер.
3. Спускают скважинный прибор.
4. Устанавливают масштаб записи и диапазоны измерений.
5. Регистрируют необходимый параметр радиоактивного каротажа при подъеме скважинного прибора.
6. Проводят повторный замер в наиболее важной части разреза.
7. Производят контрольный замер.

Установка аппаратуры и оборудования на скважине, сборка схем внешних соединений и подключений, проверка работы аппаратуры были описаны в предыдущей главе.

Контрольный замер выполняют в таких же условиях, как и эталонирование аппаратуры. При записи ГК измеряют также натуральный фон.

Скважинные приборы спускают со скоростью не более 1000 м/ч. При приближении прибора к забою скорость спуска уменьшают до 50 м/ч. Во время спуска скважинного прибора проверяют работоспособность аппаратуры в скважинных условиях путем наблюдения за формой и частотой импульсов на экране осциллографа или путем прослушивания в наушниках, либо по пересчетному прибору. Контролируют правильность выбранного масштаба записи или диапазона измерений. Определяют необходимость компенсации постоянной составляющей кривых радиоактивного каротажа; если компенсация необходима, в измерительный канал включают ГКП.

Перед началом подъема скважинного прибора устанавливают требуемые масштабы записи или диапазон измерения, устанавливают положение нулевой линии при записи ГК или НК (при помощи ГКП).

Во время подъема скважинного прибора регистрируют необходимый параметр радиоактивного каротажа. В процессе записи изменение или регулировка масштабов записи или диапазонов не допускается. Если масштаб записи выбран неправильно, измерения повторяют полностью в новом масштабе. После окончания регистрации основной диаграммы для проверки стабильности работы аппаратуры в интервале с наиболее важной частью разреза (длиной не менее 50 м) производят повторные измерения.

Скорость подъема скважинного прибора при каротаже, постоянная времени, масштабы глубин и записи зависят от требуемой точности измерений, сложности геологического разреза, чувствительности применяемой аппаратуры, размеров зондов ГК и НК и в каждом конкретном случае определяются требованиями инструкций и методических руководств.

После окончания каротажа скважины вновь выполняют контрольный замер.

Допустимое отклонение контрольного показания от значения, полученного при эталонировании, равно $\pm 10\%$ для методов ГК и ГКК и $\pm 5\%$ для метода НК.

§ 71. Оформление и основные способы геологической интерпретации результатов радиоактивного каротажа

Каротажные диаграммы, записанные с приборами ПРКС-2, ДРСТ-2 и с другой автоматической аппаратурой, оформляют так же, как и диаграммы электрокаротажа: на подлинник каротажной диаграммы ставят штамп заголовка, все графы которого заполняют; на диаграмму наносят масштаб кривой, линии глубин через целое число десятков метров, нулевую линию. На диаграммах, где кривая смещена, при помощи компенсаторов отмечают величину смещения

и для каждого смещенного участка указывают масштаб кривой. Кривые радиоактивного каротажа, записанные карандашом, обводят тушью.

Оформленные подлинники диаграмм тщательно контролируют с целью выявления ошибок и недоброкачественные экземпляры отбраковывают.

В подлинниках диаграмм проверяют оформление заголовков, разбивку глубин, правильность расчета цены первой метки, правильность проведения нулевой линии, режимы работы аппаратуры, погрешность измерений.

Последнюю оценивают по контрольным замерам на наиболее важных участках; она не должна превышать величин, установленных технической инструкцией по проведению геофизических исследований в скважинах.

После оформления подлинника диаграммы с него снимают первую копию. С первой копии снимают последующие.

Геологическая интерпретация радиоактивного каротажа заключается в выявлении аномальных участков (отбивке границ пластов) и в объяснении геологической природы каждого участка.

Приблизительно границы пластов по кривым радиоактивного каротажа определяют как проекции на линию скважины точек, расположенных на половине максимальной интенсивности кривой. Для более точного определения границ пластов вводят поправки за изменение диаметра скважин, за скорость перемещения скважинного прибора и постоянную времени, за длину зонда (в методах ГГК и НГК).

Геологическая интерпретация метода ГГК заключается в расчленении геологического разреза по величине естественной гамма-активности пород. Так, при каротаже скважин, пройденных в интрузивных породах, кислые разности имеют обычно повышенную радиоактивность.

Методом ГГК-II выделяют пласты с пониженной плотностью. При каротаже на угольных месторождениях минимумами кривой ГГК-II отбиваются пласты угля и алевролиты, имеющие пониженную ($1,4-1,5 \text{ г/см}^3$) плотность по сравнению с песчаниками, известняками.

Низкими показаниями кривой НГК отмечаются пласты с высокой пористостью. Такими пластами при каротаже нефтяных и газовых скважин являются нефте- и газоносные коллекторы.

Глава XXII

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ КАРОТАЖА

§ 72. Принципиальная схема, устройство и работа аппаратуры магнитного каротажа КМК-3

1. Назначение и краткая техническая характеристика аппаратуры. Комплексная аппаратура магнитного каротажа типа КМК-3 предназначена для непрерывной одновременной регистрации магнитной восприимчивости и вертикальной составляющей магнитного поля в скважинах глубиной до 2000 м, пробуренных в сильномагнитном разрезе.

Аппаратура применяется совместно с автоматическими и полуавтоматическими каротажными станциями, работающими на трехжильном кабеле. Нормальная работа скважинного прибора обеспечивается при температуре окружающей среды до $+40^\circ \text{C}$ и давлении до 200 кг/см^2 . Питание электрической схемы аппаратуры осуществляется от сети переменного тока частотой

50 гц, напряжением 220 в или от аккумуляторов напряжением 12 в. Потребляемая мощность — не более 75 вт. Общий вес комплекта аппаратуры 50 кг.

2. Принцип работы аппаратуры. Упрощенная принципиальная схема аппаратуры магнитного каротажа приведена на рис. 124, а.

Питание электрических схем наземной панели управления и скважинного прибора осуществляется от электронного генератора ЭГ частотой 1000 гц через трансформатор Tr_1 . Переменное напряжение для питания скважинного прибора со вторичной обмотки трансформатора Tr_1 через жилы I и III кабеля передается на первичную обмотку трансформатора Tr_2 .

Трансформатор Tr_2 имеет две вторичные обмотки: одна из них служит для питания схемы Z-датчика, другая — для питания схемы κ -датчика.

Z-датчик состоит из двух вертикально ориентированных пермаллоевых сердечников с обмотками возбуждения *ОВ* и измерительной обмоткой *ИО*. Через обмотки возбуждения *ОВ* пропускается ток от стабилизатора напряжения *СН* частотой 1000 гц. Ввиду того что обмотки возбуждения на пермаллоевых стержнях включены навстречу одна другой, при отсутствии внешнего магнитного поля в измерительной обмотке не будет возникать ток. Под воздействием внешнего магнитного поля Земли баланс напряжений в обмотках возбуждения нарушается, благодаря чему в измерительной обмотке возникает напряжение, величина которого пропорциональна вертикальной составляющей магнитного поля, а частота равна удвоенной частоте возбуждения, т. е. 2000 гц. Сигнал от Z-датчика через жилы II и I—III кабеля передается в наземную измерительную схему.

Для компенсации нормального магнитного поля Земли в наземной панели предусмотрен компенсатор магнитного поля КМП, представляющий собой стабилизированный выпрямитель, питающийся от вторичной обмотки трансформатора Tr_1 . Постоянное компенсирующее напряжение противоположного знака через жилы II и I—III кабеля передается в измерительную обмотку Z-датчика.

κ -датчик представляет собой мостовую схему, на которую напряжение питания подается от вторичной обмотки трансформатора Tr_2 через стабилизированный выпрямитель *СВ* и полупроводниковый генератор ПГЧ с частотой 475 гц. Три пассивных плеча мостовой схемы представлены сопротивлениями R_1 — R_3 , которые в момент измерений постоянны. Четвертым плечом служит катушка индуктивности с разомкнутым сердечником. Магнитный поток катушки замыкается через окружающие породы, которые составляют как бы продолжение сердечника. По этой причине при изменении магнитности пород индуктивность катушки изменяется, и в измерительной диагонали моста возникает напряжение небаланса, пропорциональное магнитной восприимчивости пород. Напряжение небаланса частотой 475 гц через конденсатор *С* по жилам II и I—III кабеля поступает в наземную измерительную схему.

Конденсатор *С* необходим для того, чтобы не пропустить постоянную составляющую от компенсатора магнитного поля в схему κ -датчика. Сопротивление *Р* служит для пропускания постоянного тока компенсации в схему Z-датчика.

Таким образом, в наземную измерительную схему из скважинного прибора одновременно поступают два сигнала: один с частотой 2000 гц от Z-датчика и другой с частотой 475 гц из κ -датчика. Усилительно-выпрямительный блок УВВ κ -канала настроен на полосу пропускания 450—500 гц, т. е. пропускает на регистратор «Рег. κ » сигнал с частотой 475 гц. Усилительно-выпрямительный блок Z-канала пропускает сигнал на регистратор «Рег. Z» лишь с частотой

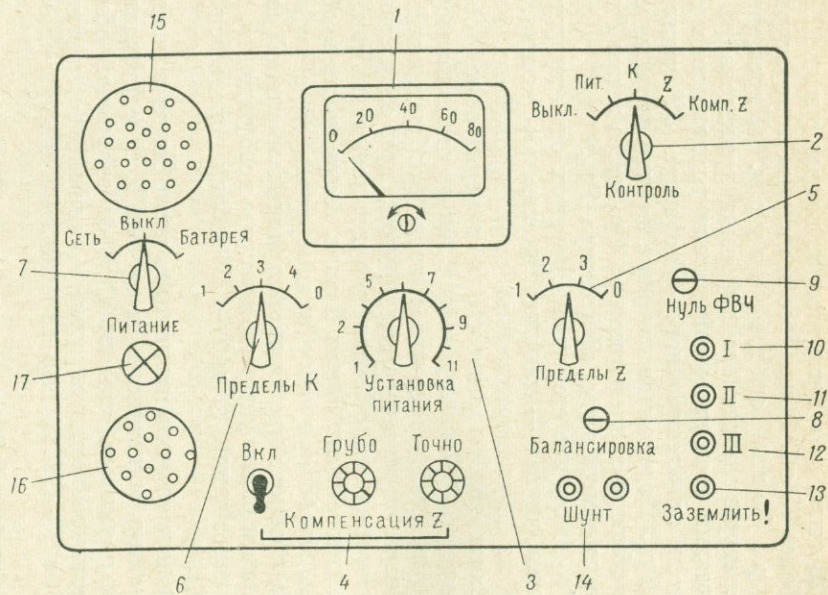
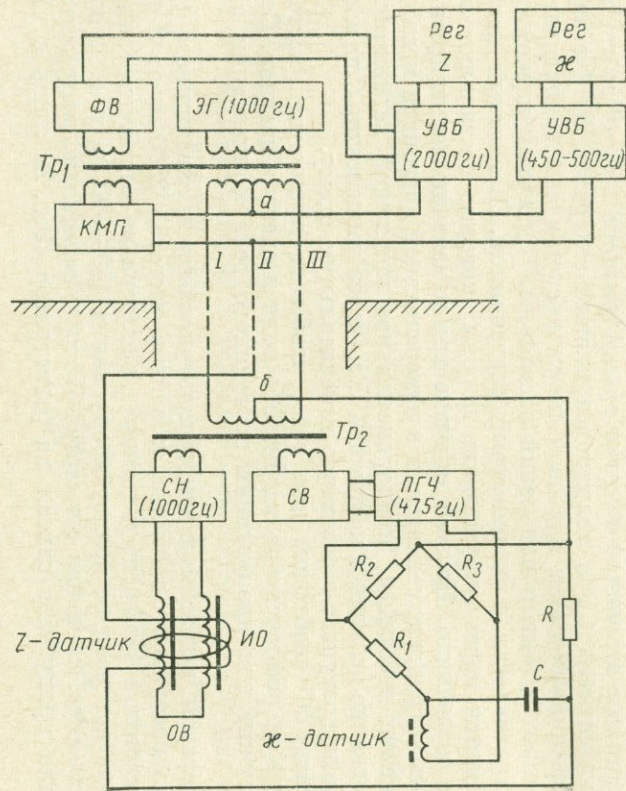


Рис. 121. Аппаратура магнитного каротажа КМК-3.

а — блок-схема аппаратуры; б — панель управления,

2000 гц. Чтобы предохранить Z-канал от влияния сигналов-помех основной частоты и более высоких гармоник, в канале использовано фазочувствительное выпрямление. Опорное напряжение на фазочувствительный выпрямитель снимается с фазовращателя ФВ. В результате фазочувствительного выпрямления в цепь Z-регистратора пропускается напряжение постоянного тока, пропорциональное активной составляющей сигнала Z-датчика.

Чтобы исключить влияние переменного напряжения питания от электронного генератора на измерительные каналы, передача сигнала по жилам I и III осуществляется через симметричные точки *a* и *b* обмоток трансформаторов Tr_1 и Tr_2 .

3. Конструкция аппаратуры. Аппаратура КМК-3 состоит из скважинного прибора и наземной панели управления.

Скважинный прибор представляет собой герметизированный цилиндр диаметром 60 мм, длиной 1900 мм, состоящий из трех частей: в верхней части, имеющей стальной кожух, расположены измерительные схемы; в средней части, имеющей кожух из немагнитного металла, находится Z-датчик; в нижней части, в корпусе из непроводящего и немагнитного материала, расположен датчик магнитной восприимчивости.

Наземная панель находится в специальном металлическом корпусе. Размеры панели позволяют вставлять ее в отсек сменной панели аппаратурного стенда автоматических каротажных станций.

На лицевой стороне панели расположены необходимые элементы управления аппаратурой (рис. 121, б).

Контрольно-измерительный прибор 1 при помощи переключателя 2 может устанавливаться для измерения напряжения питания скважинного прибора (положение «Пит.» переключателя 2), для визуального измерения магнитной восприимчивости или магнитного поля (положения «К» и «Z» переключателя 2) и для измерения тока компенсации в схеме Z-датчика (положение «Комп. Z» переключателя 2). При помощи переключателя 3 напряжение питания скважинного прибора устанавливается равным 60 в.

Переключатель 5 в положениях «1; 2; 3» позволяет установить пределы измерения магнитного поля соответственно 15 000—30 000—60 000 гамм. Переключателем 6 в положениях «1; 2; 3; 4» устанавливаются пределы измерения магнитной восприимчивости, равные 0,015—0,045—0,135—0,405 ед. СГСМ.

В положении «0» переключателя 5 и в положении «Z» переключателя 2 при помощи потенциометра 9 выполняется установка нуля фазочувствительного выпрямителя (стрелка контрольно-измерительного прибора выводится на нулевой отсчет).

В результате указанной регулировки в измерительную схему Z-регистратора будет пропускаться лишь активная составляющая сигнала Z-датчика, которая пропорциональна вертикальной составляющей земного магнитного поля. В положении «0» переключателя 6 и в положении «К» переключателя 2 производится запись нулевой линии канала магнитной восприимчивости.

Потенциометром 8 балансируется симметрия точек *a* и *b* на обмотках трансформаторов Tr_1 и Tr_2 (рис. 121, а), при помощи которых осуществляется передача сигналов датчиков скважинного прибора на поверхность. Практически при помощи потенциометра 8 влияние напряжения питания скважинного прибора на измерительные каналы сводится к минимуму.

Компенсация нормального магнитного поля Земли в пределах от нуля до 1 э осуществляется реостатами 4 грубой и точной компенсации. Схема компенсации включается специальным тумблером. К клеммам 14 подключается

измерительный прибор высокого класса точности для контроля за током компенсации нормального магнитного поля. Клеммы 10—12 служат для включения скважинного прибора, клемма 13 — для заземления панели.

Панель управления магнитного каротажа подключается к регистраторам станции при помощи штепсельного разъема 16. Через штепсельный разъем 15 включается сетевой провод или провода от преобразователя (при питании от аккумулятора).

Подключение электрической схемы аппаратуры к источникам питания (сети или батарей) производится переключателем 7. Лампа 17 является индикатором подачи питания в электрическую схему прибора.

4. Подготовка аппаратуры к работе. Подготовку аппаратуры к работе выполняют в следующем порядке.

1. Панель управления (см. рис. 121, б) подключают к сети переменного тока напряжением 220 в или через преобразователь к аккумулятору (батарей) напряжением 12 в.

2. При помощи омметра на коллекторном проводе определяют питающие жилы скважинного прибора (сопротивление между ними около 100 ом) и подключают к клеммам I и II панели управления.

3. Переключатель 2 ставят в положение «Пит.», переключатели 5 и 6 — в положение «0», переключатель 3 — в положение «1», а переключатель 7 и реостат 4 — в положение «Выкл.»

4. Переключателем 7 подключают питание к аппаратуре и прогревают ее в течение 5 мин.

5. После прогрева аппаратуры переключателем 3 устанавливают напряжение питания на скважинном приборе, равное 60 в (стрелочный прибор должен установиться против деления «60»).

6. При положении «К» переключателя 2 и положении «1» переключателя 6 потенциометром 8 устанавливают минимальное показание (3—5 делений) стрелочного прибора; при этом скважинный прибор должен быть удален от магнитных и проводящих объектов.

7. В положении «Z» переключателя 2 потенциометром 9 устанавливают нулевое показание стрелочного прибора.

8. Скважинный прибор ставят вертикально, переключатель пределов измерений переводят в положение «З», после чего потенциометром, расположенным на шасси панели, устанавливают максимальное показание стрелочного прибора.

9. При помощи проводов с надписями «+х», «-х», «+Z» и «-Z», идущих от штепсельного разъема 16, панель управления подключают к I и II измерительным каналам станции. Далее градуируют каналы аппаратуры.

5. Градуировка Z-канала. Градуировку Z-канала аппаратуры КМК-3 выполняют для того, чтобы установить зависимость между отклонением пишущих устройств регистраторов на каротажной ленте (в см) и величиной вертикальной составляющей магнитного поля (в гаммах).

Градуировку Z-канала проводят на специальном контрольном пункте (КП), вблизи которого отсутствуют магнитные объекты — помехи (автомшины, буровые вышки, высоковольтные линии), а также аномальные геологические объекты. Величина абсолютного поля на КП должна быть известна.

Перед градуировкой производят компенсацию нормального магнитного поля. С этой целью скважинный прибор ставят в вертикальное положение, в измерительном канале станции устанавливают максимальную величину постоянной по напряжению, переключатель 5 панели управления аппаратурой

переводят в положение «1» (максимальная чувствительность) и при помощи реостатов 4 грубой и точной компенсации стрелку или карандаш регистратора выводят на середину ленты.

Далее в измерительном канале станции устанавливают необходимую величину постоянной по напряжению и градуируют Z -канал. Величина постоянной по напряжению обычно известна из практики работ в районе и должна обеспечивать запись Z -составляющей в масштабах приблизительно 1000; 2000 и 4000 *гамм/см* соответственно при положениях «1; 2; 3» переключателя пределов измерений 5 (см. рис. 121, б).

Градуировку выполняют при помощи градуировочных колец (типа колец Гельмгольца) или специального соленоида, которые надевают на скважинный прибор таким образом, чтобы Z -датчик находился в их центре. Через кольца или соленоид пропускают ток нескольких величин в различных направлениях и при каждом значении тока записывают отклонение пера или блика на каротажной ленте. Каждой величине тока в кольцах или соленоиде соответствует определенная величина магнитного поля (в *гамм*), вычисляемая по формуле

$$Z = FI,$$

где I — сила тока в *ма*; F — постоянная колец или соленоида в *гамм/ма*.

Градуировку выполняют на всех трех диапазонах измерений. На каждом диапазоне выбирают не менее четырех значений тока, которым соответствуют четыре значения магнитного поля, равномерно расположенные в данном диапазоне. По результатам градуировки в специальном журнале Z -канала для каждого диапазона строят график. По горизонтальной оси откладывают отклонения пера или блика в *см* (в масштабе 0,5—1 *см* записи в 1 *см* графика), по вертикальной оси — значение магнитного поля в *гамм* (в масштабе 500—1000 *гамм/см*).

На каротажной ленте, где выполнялись градуировочные записи, а также на градуировочном графике отмечают тип и номер станции, номер аппаратуры КМК-3, постоянную колец или соленоида, масштабы записи, постоянную по напряжению, дату градуировки, название КП и значение абсолютного магнитного поля на КП; на каротажной ленте и градуировочном графике должна быть подпись лица, выполнившего градуировку.

Градуировку Z -канала проводят ежемесячно, а также после ремонта аппаратуры, смены скважинного прибора, смены кабеля.

6. Г р а д у и р о в к а κ - к а н а л а. Канал для измерения магнитной восприимчивости аппаратуры КМК-3 градуируют при помощи специальных цилиндрических эталонов, которые изготавливаются из смеси порошка магнетита со скульптурным гипсом. Высота эталона должна быть в 4—5 раз больше длины датчика, диаметр отверстия в эталоне равен диаметру прибора, а внешний диаметр должен превышать диаметр прибора на удвоенную длину датчика.

Если каротаж проводится в слабомангнитных породах (магнитная восприимчивость не более $15\,000 \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ), то для градуировки κ -канала достаточно иметь один эталон, создающий магнитную восприимчивость, равную средней восприимчивости наиболее магнитных пород района. В этом случае градуировку выполняют в следующем порядке.

1. В измерительном канале станции устанавливают такую постоянную по напряжению, при которой обеспечивался бы масштаб записи магнитной восприимчивости, равный приблизительно $1000 \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ/*см* при первом диапазоне и $3000 \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ/*см* на втором диапазоне κ -канала (положения «1» и «2» переключателя 6; рис. 121, б).

2. Переключатель 6 панели управления аппаратуры переводят в положение «0» и записывают нулевую линию на ленте регистратора станции.

3. Скважинный прибор помещают в эталон таким образом, чтобы ж-датчик находился в его центре.

4. Переключатель пределов измерений 6 устанавливают в положение «1», и на ленте регистратора записывается отклонение пера или блика, которое соответствует магнитной восприимчивости эталона.

По результатам градуировки вычисляют масштаб записи (цену отклонения пишущего устройства) в 10^{-6} ед. СГСМ/см; полученная величина служит в дальнейшем для перевода показаний регистратора в 10^{-6} ед. СГСМ.

Если каротаж выполняется в районе, где встречаются сильномагнитные породы (до 0,4 ед. СГСМ), то выполняют аналогичные описанным выше измерения в 3—4 эталонах и более. При этом минимальная магнитная восприимчивость должна быть около 0,01 ед. СГСМ, максимальная — должна быть близка к средней магнитной восприимчивости наиболее магнитных пород района или месторождения. В этом случае по результатам измерений в нескольких эталонах строят эталонировочный график, при помощи которого в дальнейшем показания регистратора переводят в 10^{-6} ед. СГСМ.

Эталонировочные графики ж-канала и Z-канала аппаратуры строят в одном журнале. На эталонировочных ленте и графике ж-канала приводят сведения о размерах эталонов, их магнитной восприимчивости, а также все другие сведения, подобно тому как это делают при оформлении результатов градуировки Z-канала.

Для контроля постоянства чувствительности ж-канала во времени изготовляют легкие переносные рабочие эталоны. По окончании градуировки ж-канала выполняют измерение в рабочем эталоне и результат записывают в градуировочный журнал.

7. Проведение магнитного каротажа с аппаратурой КМК-3. Перед выездом на скважину станцию с аппаратурой перемещают на КП. На контрольном пункте производят компенсацию магнитного поля Z-датчика. Нулевой линии регистратора, которая соответствует положению компенсации нормального поля, приписывают абсолютное значение вертикальной составляющей магнитного поля на КП.

По приезде на скважину станцию устанавливают на ровную площадку, собирают схему внешних соединений и проверяют работу измерительных каналов аналогично тому, как это делают при электрокаротаже.

Вблизи устья скважины, но вдали от автомашины и железных предметов выбирают контрольный пункт скважины (КП_{скв}), на котором скважинный прибор устанавливают в вертикальное положение, и на всех диапазонах Z-канала записывают показания регистрирующего устройства. Далее скважинный прибор помещают в рабочий эталон, при помощи которого контролируют чувствительность ж-канала путем записи показаний на каротажной ленте. Показание с рабочим эталоном не должно отличаться более чем на 10% от аналогичного показания, полученного при градуировке аппаратуры.

После указанных подготовительных операций скважинный прибор спускают в скважину, соблюдая правила, изложенные в главе XX. При спуске оператор следит за стрелочным индикатором, включая последний поочередно в тот или иной канал, и оценивает величину возможных аномалий. Это позволяет более правильно выбрать необходимые диапазоны измерений.

Когда скважинный прибор достигнет забоя, устанавливают необходимые диапазоны измерений, масштабы записи и глубин; при подъеме выполняется

каротаж. Масштаб глубин должен быть равен принятому масштабу геологической документации. При детализации рудных зон кривые записывают в более крупном масштабе (1 : 50 или 1 : 25).

Скорость магнитного каротажа с аппаратурой КМК-3 зависит от сложности геологических разрезов и может составлять 1000—2000 м/ч.

Масштаб записи κ -канала выбирают таким образом, чтобы наиболее часто встречающиеся в районе значения магнитной восприимчивости составляли 70—80% от ширины диаграммной ленты. Аналогичным образом при записи внутри рудных зон выбирают масштаб Z -канала. На безрудных интервалах кривую Z записывают обычно на наиболее высокой чувствительности.

Если в процессе каротажа кривая Z выходит за пределы ленты, то реостатами компенсации нулевое положение записи смещают. При этом некоторый интервал записи перекрывается аналогично тому, как это делается в методе ПС.

После проведения измерений выполняют замеры магнитной восприимчивости в рабочем эталоне, записывают отметки магнитного поля на всех диапазонах на $KП_{скв}$, повторно измеряют магнитное поле на $KП_0$.

8. О ф о р м л е н и е м а г н и т о к а р о т а ж н ы х д и а г р а м м. На подлинники Z - и κ -диаграмм наносят стандартные заголовки и оцифровывают метки через каждые 10 см ленты. В полевом журнале указывают номер скважины, название участка, тип и номер аппаратуры и станции, время измерений, фамилию исполнителя.

На Z - и κ -диаграммах проводят нулевые линии. Нулевая линия на Z -диаграмме должна соответствовать нормальному значению магнитного поля; ее находят следующим образом:

1) положение контрольного пункта $KП_0$ наносят на карту нормального поля;

2) с карты снимают значение нормального поля в точке $KП_0$;

3) из абсолютного значения магнитного поля на $KП_0$ вычитают значение нормального магнитного поля; полученная разность может быть с положительным или с отрицательным знаком;

4) на диаграмме находят точку $Z_{KП_0}$, соответствующую среднему значению записей на $KП$ перед выездом на скважину и после каротажа скважины;

5) от точки $Z_{KП_0}$ в масштабе записи откладывают отрезок, равный разности между абсолютным и нормальным значениями поля в точке $KП$; таким образом находят точку Z_0 , соответствующую положению нулевой линии Z -канала. Если разность между абсолютным и нормальным значениями поля в точке $KП$ положительная, то нулевая линия будет находиться слева от точки $Z_{KП_0}$ и, наоборот, при отрицательной разности нулевая линия будет справа от точки $Z_{KП_0}$.

За нулевую линию кривой κ -каротажа принимают прямую, соединяющую нулевые отметки до и после измерений на скважине.

На подлинниках диаграмм в виде шкал наносят масштабы кривых Z и κ ; масштабы изображают в верхней части каждого интервала глубин, в пределах которого они остаются постоянными. Значения Z и κ на масштабных шкалах находят по градуировочным графикам.

Качество диаграмм должно отвечать всем требованиям, которые отражены в инструкции по магнитному каротажу.

§ 73. Принципиальная схема, устройство основных узлов и работа аппаратуры станции ГКС-3

Полуавтоматическая газокаротажная станция ГКС-3 предназначена для определения в промывочной жидкости скважины через заданные интервалы глубины содержания углеводородных газов (метана и тяжелых углеводородов) с исключением влияния водорода и сероводорода, а также для проведения периодического люминесцентного анализа проб бурового раствора, шлама и керна. Кроме того, аппаратура станции позволяет непрерывно измерять глубину забоя скважины, осуществлять привязку газопоказаний к глубинам, определять свойства бурового раствора.

Питание электрической схемы станции осуществляется от промышленной сети или генератора переменного тока частотой 50 *гц*, напряжением 127 или 220 *в*.

Станция ГКС-3 смонтирована в кузове специальной автомашины марки ГАЗ-51 или ГАЗ-63.

1. П р и н ц и п р а б о т ы с т а н ц и и. Для извлечения газа из бурового раствора, выходящего из скважины и протекающего по желобу 1 (рис. 122, *а*), применяется дегазатор 2.

В настоящее время применяются дегазаторы различных типов. Один из них (поплавковый дегазатор ПГ-1), показанный на рис. 122, *а*, представляет собой металлический колпак, укрепленный на поверхности бурового раствора в желобе при помощи специальных поплавков. Внутри колпака имеются вертикальные перегородки, а в его верхней части — газоотводная трубка, которая соединяет дегазатор с газовоздушной линией станции.

Вакуум-насосом в газовоздушной линии создается разрежение. Поток бурового раствора, протекающего по желобу, ударяется о перегородки дегазатора и разбрызгивается на мелкие частички. Благодаря разрежению из частичек жидкости извлекается газ и устремляется в газовоздушную линию.

Вначале газ пропускается через барботер 3 с водой, в котором очищается от механических примесей. Далее он через ротаметр 4 поступает в распределительный кран 5 газоанализатора. Ротаметр 4 служит для определения скорости газовоздушной смеси, поступающей из дегазатора, и представляет собой стеклянную трубку с находящимся в ней маленьким шариком из легкого материала, который под действием силы газовоздушного потока поднимается вверх по трубке и удерживается на той или иной высоте в зависимости от скорости газовоздушной смеси. По сторонам трубки нанесены деления, позволяющие отсчитывать скорость в *л/сек*.

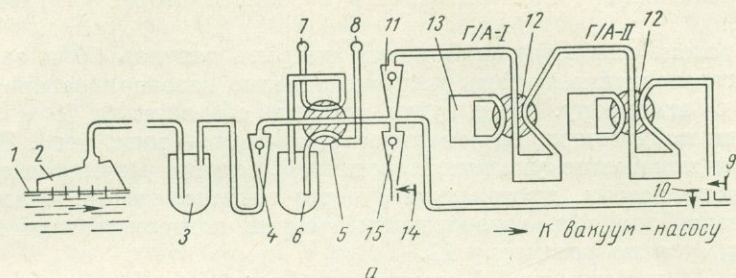
При помощи распределительного крана 5 газовоздушную смесь можно направить непосредственно в газоанализатор, пропустить через барботер 6 с 50%-ным раствором щелочи для очистки газа от сероводорода, после чего направить в газоанализатор, подключить к штуцерам 7 и 8.

Штуцеры 7 и 8 позволяют отобрать пробы газа или подключить к газовоздушной линии трубку с активированным углем, который необходим для очистки газовоздушной смеси от тяжелых углеводородов.

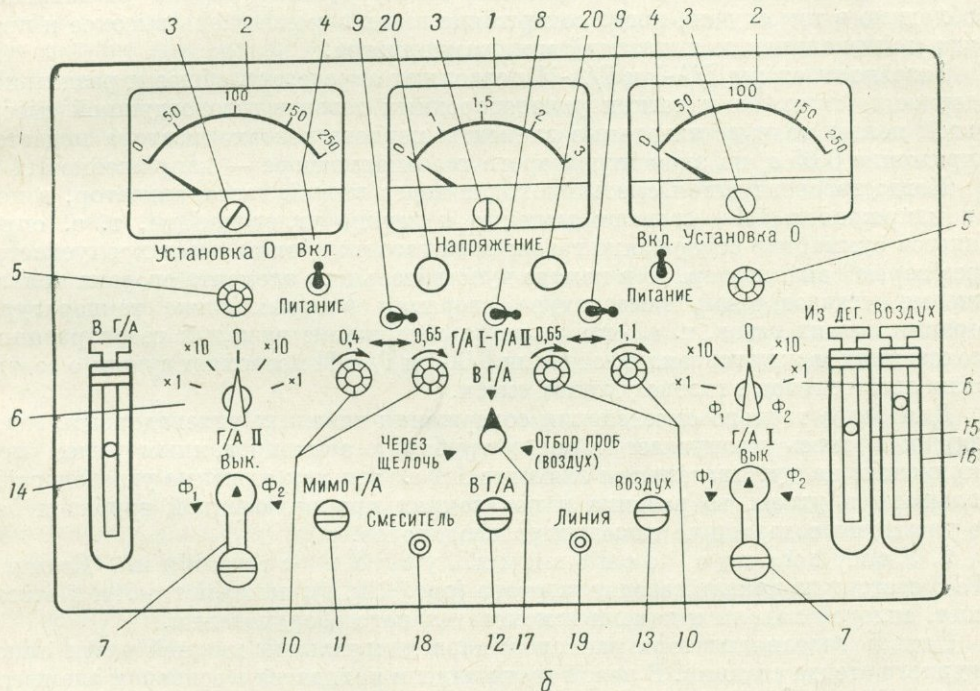
После распределительного крана 5 газовоздушная смесь при открытом вентиле 9 и закрытом вентиле 10 через ротаметр 11 и распределительные краны 12 пропускается через один из газоанализаторов.

Чувствительным элементом газоанализатора служит платиновая нить, помещенная в камеру 13. Платиновая нить является активным плечом мостика Уитстона. На мостик подается напряжение 0,4—1,1 *в*, благодаря чему плати-

новая нить находится в раскаленном состоянии. В измерительную диагональ мостика включается микроамперметр, показания которого при помощи регулирующего сопротивления во время пропускания чистого воздуха через камеру 13 устанавливается на нуль.



а



б

Рис. 122. Газокаротажная станция ГКС-3.

а — схема газовойоздушной линии станции; б — панель газоанализатора.

Газ при пропускании через камеру 13 сгорает, благодаря чему возникает тепловой эффект, изменяющий температуру платиновой нити и тем самым ее сопротивление. Баланс в измерительной диагонали мостика нарушается, и через микроамперметр протекает ток, величина которого увеличивается с увеличением содержания газов в газовойоздушной смеси. Газы, оставшиеся после сгорания, через вентиль 9 и вакуум-насос выводятся в атмосферу.

Каждый газоанализатор имеет два чувствительных элемента. Чтобы предотвратить чрезмерное перегревание платиновой нити от длительного воздействия сгораемых газов, при работе станции нужно распределительными кранами 12 включать поочередно то один, то другой элемент. Распределительные краны 12 позволяют также выключить газоанализаторы из газовой линии.

Если в схеме газовой линии открыть вентиль 10 и закрыть вентиль 9, то газовая смесь устремится мимо газоанализаторов через вакуум-насос в атмосферу. Если будут открыты оба вентиля 10 и 9, то часть газовой смеси пойдет через газоанализатор, а часть — мимо него. Таким образом, изменяя положение указанных вентилях, можно регулировать скорость газовой смеси, протекающей через газоанализатор. Обычно в процессе каротажа скорость газовой смеси поддерживается постоянной и контролируется по ротаметру 11.

Вентиль 14 и ротаметр 15 служат для регулирования подачи воздуха с целью дополнительного разбавления газовой смеси; разбавление необходимо в том случае, когда содержание газов в смеси очень высокое и приводит к зашкаливанию показаний микроамперметра.

Газоанализаторы Г/А-I и Г/А-II позволяют определять общее и раздельное содержание тяжелых и легких углеводородных газов в газовой смеси. С этой целью на чувствительные элементы первого газоанализатора подается напряжение 0,65 в, на элементы второго газоанализатора — напряжение 1,1 в.

Когда газовая смесь проходит через второй газоанализатор, в нем при напряжении 1,1 в сгорают тяжелые и легкие углеводороды, т. е. определяется суммарное содержание газов; если газовая смесь пропускается через первый анализатор, то в камере чувствительного элемента сгорают только тяжелые углеводороды, температура сгорания которых ниже температуры сгорания легких газов, т. е. определяется содержание тяжелых газов; разница в показаниях между газоанализаторами Г/А-I и Г/А-II позволяет судить о содержании легких газов в газовой смеси.

Для более точного определения содержания тяжелых углеводородов газовая смесь пропускается через трубку с активированным углем при напряжении на чувствительном элементе 1,1 в. Так как тяжелые углеводороды поглощаются углем, то разница в показаниях при включенной трубке и без нее указывает содержание тяжелых углеводородов.

2. Устройство основных узлов станции. Станция ГКС-3 состоит из панели газоанализатора (рис. 122, б), панелей глубин и отставания, силовой панели и панели вспомогательного оборудования.

Панель газоанализатора расположена в центральной нижней части аппаратного стенда станции. В левой части панели находятся в основном элементы управления первым газоанализатором, в правой — элементы управления вторым газоанализатором.

О назначении ротаметров 14, 15, 16 (соответственно детали 11, 4, 15 на рис. 122, а), вентилях 11, 12, 13 (детали 10, 9, 14 на рис. 122, а), штуцеров 18 и 19 (детали 7 и 8 на рис. 122, а) и распределительных кранов 7 и 17 (детали 12 и 5 на рис. 122, а) сказано выше при описании принципа работы станции.

Измерителями содержания газов в газовой линии являются микроамперметры 2, снабженные механическими 3 и электрическими 5 корректорами нулевых показаний. Механическими корректорами стрелки устанавливаются на нуль при выключенных приборах. Если приборы включены, нулевые показания устанавливаются корректорами 5 при пропускании чистого воздуха

через камеры чувствительных элементов. Установка цены деления шкалы микроамперметров (1 или 10 *мкА/дел*) и подключение их к первому (Φ_1) или ко второму (Φ_2) чувствительным элементам газоанализаторов выполняется посредством переключателей 6. В положении «0» переключателей микроамперметры выключаются.

Вольтметр 7 служит для контроля за напряжением на чувствительных элементах газоанализаторов. Тумблером 8 прибор подключается к первому и второму газоанализаторам. Питание на измерительные мосты включается тумблерами 4. Тумблеры 9 служат для переключения величин напряжений на чувствительных элементах, равных 0,4; 0,65 и 1,1 в. Точная величина напряжения устанавливается посредством реостатов 10. Вольтметр снабжен механическим корректором нуля 3.

На панели газоанализатора расположены предохранители 20.

Панель глубин расположена в верхней центральной части аппаратного стенда (над панелью газоанализатора). На ней установлены два счетчика. Один из них («Глубина») показывает глубину нахождения долота при бурении скважины, другой («Над забоем») показывает расстояние от долота до забоя при подъеме или спуске бурового инструмента. На панели установлены включатель питания, переключатель для ручного и автоматического подключения панели к датчику глубин, а также сигнальные лампы.

Панель глубин соединяется с датчиком глубин при помощи автоматического переключателя, который устанавливается на буровой. Переключатель обеспечивает автоматическое соединение датчика глубин со счетчиком «Глубина» (при нахождении долота на забое) или со счетчиком «Над забоем» (при подъеме и спуске бурового инструмента).

Панель отставания расположена в левой нижней части аппаратного стенда и служит для привязки газопоказаний к истинным глубинам. На ней имеются секундомер и реостат регулировки частоты релаксационного генератора, переключатель рода работ и включатель питания.

Панель отставания соединяется с датчиком расходомера, представляющего собой трапецию, которая устанавливается в конце желоба с буровым раствором. Через трапецию из желоба вытекает буровой раствор. Уровень бурового раствора в трапеции будет тем выше, чем больше объемная скорость движения промывочной жидкости по скважине. На поверхности бурового раствора в трапеции находится поплавок. Рычаг поплавка связан с рукояткой переменного сопротивления датчика, который устанавливается в верхней части трапеции. Переменное сопротивление датчика — составляющая часть электрической схемы релаксационного генератора, находящегося в панели отставания. Импульсы релаксационного генератора регистрируются электромеханическими счетчиками, которые установлены на лицевой части панели отставания. Изменение сопротивления в датчике расходомера приводит к изменению частоты импульсов релаксационного генератора. Таким образом, частота импульсов будет зависеть от объемной скорости движения бурового раствора через трапецию, а общее число сосчитанных импульсов позволяет определить объем промывочной жидкости, вытекающей из скважины.

Над панелью отставания находится панель вспомогательного оборудования. На ней расположены включатель и регулятор оборотов вакуум-насоса, включатель вентилятора и люминоскопа, кнопка для зажигания лампы люминоскопа, кнопка сигнала автомашины и клеммы на 12 в постоянного и 110 в переменного тока. Люминоскоп служит для определения в буровом растворе

битуминозных веществ, которые при ультрафиолетовом свете дают люминесцентное свечение.

В правой части аппаратного стенда расположена силовая панель, предназначенная для подключения станции к сети переменного тока или к аккумуляторам и для зарядки аккумуляторов.

3. Калибровка газоанализатора. Калибровку газоанализатора проводят с целью установления связи между показателями микроамперметра и суммарным процентным содержанием горючих газов в газозвушной смеси. Ее выполняют перед началом рабочего дня, а также после установки нового чувствительного элемента.

После смены чувствительного элемента газоанализатор калибруют путем пропускания через камеру чувствительного элемента четырех смесей метана с воздухом с объемным содержанием метана 0,5; 1; 2 и 4%. По результатам калибровки строят график, позволяющий в процессе газового каротажа переводить показания микроамперметра в процентные содержания суммарных газов.

Перед началом рабочей смены через камеру чувствительного элемента пропускают 0,5%-ную смесь метана и полученное при этом показание микроамперметра сравнивают с показанием при калибровке четырьмя смесями. Если разница показаний превысит 10%, то чувствительный элемент заменяют.

4. Проведение газового каротажа. Газовый каротаж заключается в систематических замерах (через интервалы глубин 0,25—2 м) общего содержания газов в буровом растворе и отборе проб (при содержаниях, в 2 раза превышающих фон) для хроматермографического анализа.

При каждом замере отмечают время, глубину скважины по счетчику «Глубина» и показания счетчиков панели отставания, рассчитывают и записывают истинную глубину, с которой поступила измеренная порция газа. Истинная глубина будет всегда меньше глубины, которая снимается по счетчику, потому что за время, пока порция газа в буровом растворе пройдет от забоя до газоанализатора, долото углубится на дополнительный интервал и окажется на новой глубине. Время, в течение которого анализируемая порция газа проходит от забоя до газоанализатора, называется отставанием. Отставание складывается из времени прохождения газа от забоя до устья скважины (до дегазатора) и времени прохождения от дегазатора до газоанализатора.

Время прохождения газа от забоя до устья скважины (с буровым раствором) определяют при помощи индикатора — целлофановой стружки (50 штук длиной 1,5 см), опилок или овса (1 кг). Индикатор вводят (при наращивании труб) в буровой раствор и одновременно включают счетчик релаксационного генератора и секундомер. Показания счетчика записывают через каждые 5 мин и в момент появления индикатора в желобе с буровым раствором. Появление индикатора фиксируют посредством двух сеток, которые поочередно вынимают из желоба с буровым раствором.

Время прохождения газа от забоя до устья скважины определяют по формуле

$$T_1 = T - T_0,$$

где T — время между моментом ввода индикатора и появлением его в желобе; T_0 — время, в течение которого индикатор проходит от устья до забоя скважины внутри буровых труб.

Время T_0 вычисляют по формуле

$$T_0 = \frac{H \pi d^2}{2400Q};$$

здесь H — глубина скважины в момент определения отставания в m ; d — диаметр бурильных труб в cm ; Q — количество бурового раствора в $л/сек$.

Значение Q находят по формуле

$$Q = \frac{NC}{T},$$

где N — число импульсов релаксационного генератора, сосчитанного за время T в $сек$; C — цена деления одного импульса в $л/сек$; величину NC определяют по специальным таблицам.

Время прохождения газа от дегазатора определяют путем залива в желоб порции бензина и измерения при помощи секундомера времени T_2 от момента залива до появления на газоанализаторе высоких показаний.

Отставание, выражаемое в минутах, находят как сумму времен T_1 и T_2 . Отставание, выраженное в импульсах релаксационного генератора, вычисляют по формуле

$$N_o = (T_1 + T_2) \frac{Q}{C}.$$

После определения отставания устанавливают показания счетчиков таким образом, чтобы разница между ними была равна отставанию. Величину отставания определяют не реже 1 раза на 200 m проходки скважины и не реже 1 раза в месяц.

Истинную глубину, к которой относятся показания микроамперметра, находят по формуле

$$H_{ист} = H - v_{пр} T_o,$$

где H — глубина, определяемая по счетчику «Глубина» в m ; T_o — отставание, выраженное в минутах или в импульсах; $v_{пр}$ — скорость проходки скважины в момент отсчета показаний в $m/мин$ или в $m/имп$ (в зависимости от того, в каких единицах выражается отставание).

При увеличении глубины скважины на каждые 25—50 m отставание пересчитывают по формуле

$$T'_o = \frac{(T - \Delta T) Q_o}{Q'} + \frac{\Delta H_o V}{Q' 60} + \Delta T;$$

здесь Q' — количество бурового раствора в момент пересчета в $л/мин$; Q_o — количество бурового раствора в момент определения отставания в $л/мин$; T — отставание, определенное с помощью индикатора, в $мин$; ΔT — время движения газозвдушной смеси от дегазатора к газоанализатору в $мин$; ΔH_o — приращение глубины скважины с момента определения отставания индикаторным способом до момента пересчета в m ; V — объем 1 m^3 затрубного пространства в $л$.

При прохождении предполагаемых нефтеносных или газоносных пластов, а также при получении высоких газопоказаний, превышающих в 2 раза и более фон, отбирают пробы газозвдушной смеси для анализа на хроматермографе. Хроматермограф станции состоит из сорбционной трубки с силикагелем, термического анализатора и регистрирующего прибора. Он позволяет определить относительное содержание метана, этана, пропана, бутана и сумму остальных тяжелых углеводородов в % от общего содержания всех углеводородных газов.

Газовый каротаж обычно сопровождается люминесцентным анализом проб бурового раствора, шлама и керна. Пробы отбирают по заранее разработанной программе. Люминесцентный анализ позволяет определять наличие и содержание

нефти в буровом растворе, шламе или керне и на основании этого делать выводы о пересечении скважиной нефтесодержащих пород.

Определение нефти в пробах основано на свойстве люминесценции битуминозных веществ при облучении ультрафиолетовыми лучами. Анализ проводят при помощи люминоскопа, представляющего собой светонепроницаемую камеру с источником ультрафиолетового света (ртутно-кварцевой горелкой с фильтром), в которую помещают исследуемый образец.

Пробы бурового раствора отбирают вблизи устья скважины в объеме 100—200 см³, разбавляют в двух-трехкратном объеме воды, после чего рассматривают в люминоскопе. Для люминесцентного анализа шлама или керна отбирают пробы весом 100—200 г, промывают их до удаления глинистого раствора, размельчают и просматривают в люминоскопе.

Для улучшения условий наблюдения на поверхность анализируемых проб наносят каплю нелюминесцирующего растворителя битумов — обычно хлороформа. Пробы с высоким содержанием битума подвергают эталонному анализу. С этой целью готовят вытяжку, состоящую из 10 см³ хлороформа и 0,5 г бурового раствора (или 0,2—8 г породы). Люминесцентное свечение вытяжки сравнивают с интенсивностью свечения эталонных растворов того же битума и таким образом определяют концентрацию битуминозных веществ в исследуемой пробе.

5. Изображение результатов газового каротажа. Результаты газового каротажа изображают в виде газокаротажной диаграммы. На диаграмму наносят кривые изменения содержания суммы газов и тяжелых углеводородных газов в газовой смеси, а также скорости проходки скважины. Против соответствующих глубин указывают результаты хромотермографического и люминесцентного анализов.

На диаграмму наносятся сведения о глинистом растворе, режиме бурения (типе, размере долота, смене долота), перерывах в бурении, добавках в буровой раствор, водонефтепроявлениях и режиме работы аппаратуры (смене чувствительных элементов, калибровке и т. п.). Масштаб глубин газокаротажной диаграммы принимают равным масштабу диаграмм других методов каротажа на данной скважине. Диаграмму снабжают стандартным заголовком, в котором приводят сведения о расположении скважины, наименование организации и фамилию лица, проводившего работы, интервал каротажа, начало и конец работ, масштабы и другие данные.

§ 74. Принципы геологической интерпретации результатов магнитного, газового и механического каротажа

1. Магнитный картаж. Анализируя поведение кривой χ -каротажа по скважине, можно выделить интервалы с различной магнитной восприимчивостью. Сопоставляя эти интервалы с геологической колонкой, можно более точно отбить границы распространения различных по магнитности пород и тем самым уточнить геологическую документацию скважины. Если картаж выполняется на месторождении магнетита, магнитная восприимчивость которого достигает нескольких десятых долей единицы СГСМ, можно существенно уточнить местоположение и мощность рудных интервалов.

Имеются методы точного определения границ пластов с различной магнитной восприимчивостью. Наиболее просто определяются границы мощного пласта, отмечаемые против точек аномальной кривой, значение в которых равно половине максимальной интенсивности аномалии. Мощным считается

такой пласт, у которого мощность превышает удвоенную длину датчика. Существуют методы определения эффективной (средней) магнитной восприимчивости пород, пересеченных скважиной. Сведения о величинах эффективной магнитной восприимчивости пород имеют большое значение для более правильной количественной интерпретации аномалий, полученных при наземной магнитной съемке.

В первом приближении эффективная магнитная восприимчивость мощного пласта определяется как максимальное значение κ -аномалии, полученной в этом пласте. Однако в действительности величина аномалии уменьшается с увеличением диаметра скважины, искажается за счет инерционности пишущих устройств и за счет того, что условия эталонирования аппаратуры все-таки существенно отличаются от условий скважины. Поэтому в практике интерпретации искажающее влияние указанных факторов приходится учитывать.

Измерения магнитной восприимчивости на месторождениях магнетита могут быть использованы для определения содержания железа. С этой целью вначале проводят измерения по скважинам, где содержание железа установлено по данным химических анализов. На основании полученных замеров строят графики зависимости содержания железа от показаний κ -регистратора. Такие графики позволяют определять для данных типов аппаратуры и датчика содержание железа по результатам κ -каротажа на новых скважинах без выполнения дорогостоящих химических анализов.

Если по результатам κ -каротажа уточняется местоположение магнитных пластов, пересеченных скважиной, то при интерпретации диаграмм Z -каротажа имеется возможность вести поиски объектов повышенной магнитности в около-скважинном пространстве и ниже забоя скважины. Объекты повышенной магнитности, расположенные в стороне от ствола скважины, фиксируются отрицательными аномалиями магнитного поля. Магнитные объекты ниже забоя скважины создают призабойные аномалии (магнитное поле по мере приближения к забою возрастает).

Если ведется разведка месторождения магнетита, то наличие призабойной аномалии позволяет предполагать существование более глубокого рудного объекта и судить о необходимости продолжения бурения данной скважины.

2. Газовый каротаж. Интерпретация результатов газового каротажа заключается в выявлении интервалов с повышенными газопоказаниями (в 1,5—2 раза и более выше фоновых), в разделении выделенных интервалов на газоносные и нефтеносные пласты.

Газоносный пласт определяется по преобладанию легких фракций (метана) среди углеводородных газов и по малому содержанию нефти (по данным люминесцентного анализа) в буровом растворе и шламе. Нефтеносный пласт характеризуется повышенным содержанием тяжелых фракций (бутана, гексана и других газов) среди углеводородных газов и повышенным содержанием нефти в буровом растворе и шламе. Водоносные пласты и непроницаемые породы имеют фоновые значения газопоказаний.

3. Механический каротаж. В процессе выполнения газового каротажа получают исходные данные для непрерывного определения скорости проходки скважины, т. е. для построения диаграммы механического каротажа.

Результаты механического каротажа изображают на газокаротажных диаграммах в виде одного из двух параметров: продолжительности проходки или скорости бурения. Продолжительность проходки определяется временем, необходимым на бурение единицы длины скважины, и выражается в мин/м

или ч/м. Скорость бурения — величина, обратная продолжительности проходки, выражается в м/ч.

Скорость проходки зависит от типа и размера долота, осевого давления на долото, расхода бурового раствора и других факторов. Если эти факторы для данного района принять постоянными, то скорость бурения будет зависеть от состава пород. По сравнению с гранитами и кварцитами скорость бурения в порфиритах и известняках увеличивается в 3—4 раза, в аргиллитах, ангидритах и доломитах — в 8—10 раз, в глинах, мергелях, песках и рыхлых сушеях — в 30—60 раз.

Таким образом, по диаграммам механического каротажа имеется возможность уточнять литологическое строение пород, слагающих разрез скважины.

Глава XXIII

РАЗЛИЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ В СКВАЖИНАХ

§ 75. Устройство и работа скважинных электротермометров

1. Устройство электротермометров ЭТМИ-58 и ЭСО-2. Скважинный электротермометр типа ЭТМИ-58 рассчитан для работы с автоматическими и полуавтоматическими каротажными станциями на трехжильном кабеле. Нормальная работа прибора обеспечивается при температуре окружающей среды до 100°C и давлении до 500 кг/см^2 .

Чувствительным элементом электротермометра (рис. 123, а) служит сопротивление r_4 , изготовленное из медной проволоки и обладающее большим температурным коэффициентом. Оно является плечом измерительного моста, который находится в скважинном приборе. Остальные плечи моста (r_1 , r_2 и r_3) изготовлены из манганиновой проволоки, их сопротивление практически не зависит от изменения температуры. Измерительный мост питается постоянным током от батареи B . Сила тока регулируется переменным сопротивлением R питающей цепи.

Электротермометр имеет начальную температуру t_0 , при которой плечи моста сбалансированы, и в измерительной диагонали моста отсутствует разность потенциалов. Обычно температура t_0 близка к 20°C . Если температура окружающей среды изменяется, сопротивление r_4 изменяет свою величину, что приводит к появлению в измерительной диагонали напряжения небаланса, которое фиксируется регистрирующим прибором $PИ$ на поверхности.

Параметры измерительного моста подобраны таким образом, чтобы между изменением температуры плеча r_4 и показаниями регистрирующего прибора была линейная зависимость.

Размыкатель P электротермометра служит для замыкания питающей цепи AB при работе на корпус прибора и для размыкания цепи при перевернутом приборе. Последнее необходимо для проверки сопротивления изоляции между корпусом прибора и электрической схемой измерительного моста.

Устройство электротермометра показано на рис. 123, б. Корпус прибора имеет цилиндрическую форму, состоит из верхнего колпака 1 и защитных кожухов 2 и 3 . Под колпаком 1 расположен свечной мост 4 с тремя свечами 7 . Верхние концы свечей соединяются с жилами кабеля, нижние — со схемой измерительного моста.

В кожухе 2 установлена катушка 9, на которой размещены постоянные плечи 8 измерительного моста. В верхней части катушки имеется подвижный контакт 7, который в рабочем состоянии прибора соединяет электрическую схему моста с корпусом. Внутри катушки 9 находится цилиндрический подвижный груз 13, который при перевернутом электротермометре давит на контакт 8 и тем самым отключает измерительный мост от корпуса. Это дает возможность проверять сопротивление изоляции между корпусом и плечами моста без вскрытия прибора.

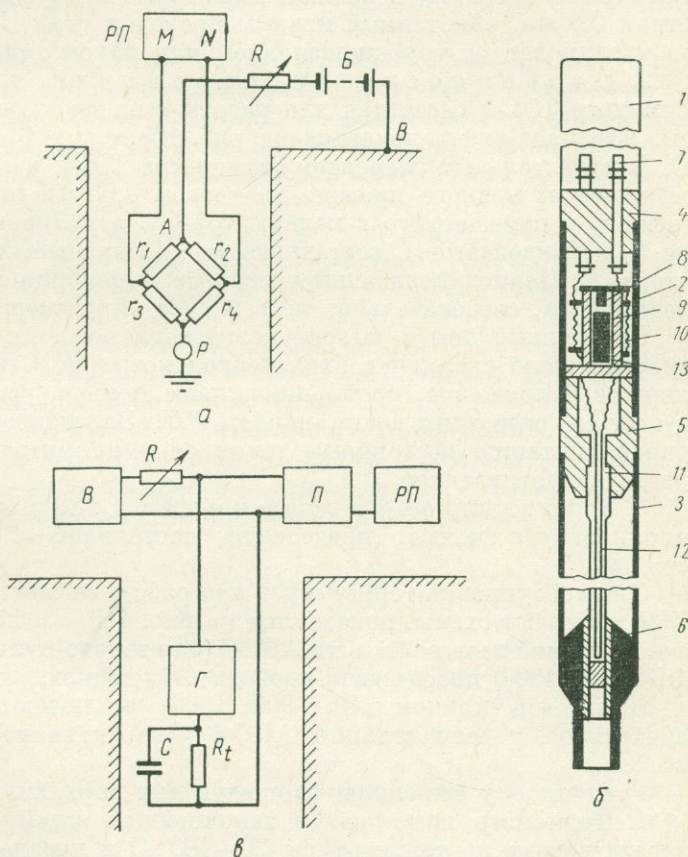


Рис. 123. Сквжинные термометры.

a — схема сквжинного термометра сопротивлений на трехжильном кабеле; *б* — электротермометр ЭТМИ-58; *б* — принципиальная схема электронного термометра ТЭГ-2.

Кожух 2 соединяется с кожухом 3 при помощи нижнего моста 5, предназначенного для ввода чувствительного элемента в защитный кожух 3. С этой целью внутри нижнего моста имеется втулка 11.

Нижняя часть чувствительного элемента центрируется при помощи специальной втулки 6 с герметизирующим наконечником.

Чувствительный элемент электротермометра представляет собой медную трубку 12 толщиной 0,6 мм, внешним диаметром 1,6 мм, внутри которой помещен жгут из нескольких рядов медного провода ПЭВ-0,03 или ПЭШОМТ. Провод изолирован от трубки двумя слоями шеллака, свободное пространство заполнено трансформаторным маслом.

Электротермометр ЭСО-2 рассчитан для работы со станцией ОКС-56 и с автоматическими каротажными станциями других типов, предназначенными для работы на одножильном бронированном кабеле. Он применяется в скважинах с температурой до 120°C и давлением до 500 кг/см^2 .

В скважинном приборе электротермометра ЭСО-2 имеется лишь одно чувствительное плечо моста, а три других находятся в наземной аппаратуре станции, обычно в панели электротермометра и каверномера. Чувствительным элементом электротермометра служат шесть медных трубок внешним диаметром 3 мм , толщиной 1 мм , в каждой из которых имеется латунный стержень диаметром $0,5\text{ мм}$, обмотанный медным проводом типа ПЭШОМТ или ПЭВ. Провод изолирован от трубки шеллаком или лаком типа ЭФ-36сц.

2. Особенности электронного термометра ТЭГ-2. Термометр ТЭГ-2 рассчитан для работы с одножильным бронированным кабелем. Его блок-схема показана на рис. 123, в.

Чувствительным элементом термометра ТЭГ-2 является сопротивление R_t , состоящее из медного провода диаметром $0,05\text{ мм}$, намотанного на латунный стержень и помещенного в медную трубку, заполненную маслом. Сопротивление R_t и конденсатор C составляют колебательный контур электронного генератора G . Период колебаний генератора пропорционален величине сопротивления R_t и, следовательно, температуре окружающей среды.

Переменный ток с выхода генератора подается по кабелю в наземную измерительную схему над вход периодометра $П$. С выхода периодометра постоянное напряжение, пропорциональное температуре сопротивления R_t , поступает на регистрирующий прибор $РП$. Электрическая схема скважинного прибора питается постоянным током от выпрямителя B . Сила тока регулируется сопротивлением R .

3. Градуировка термометров. Градуировка термометров выполняется с целью определения постоянной C и начальной температуры t_0 .

Для градуировки термометров при работе со станциями АКС-4 и АЭКС-900 (1500) собирают схемы, показанные на рис. 110, в и 111, д. При этом клемму B измерительной панели станции АКС-4 (или токово-пульсаторной панели станции АЭКС-900 (1500) посредством провода $СП_2$ подключают к корпусу термометра.

Пульсатор станции АЭКС-900 (1500) выключают. Переключатель $П_2$ измерительной панели станции АКС-4 устанавливают в положение « \Rightarrow » (см. рис. 96).

Градуировку выполняют в следующем порядке.

1. Термометр помещают в заполненный водой термостат, позволяющий нагревать воду до температуры $20\text{--}100^{\circ}\text{C}$ и перемешивать ее.

2. Устанавливают постоянную измерительного канала по напряжению, равную той величине, которая будет применяться при измерениях температуры в скважине.

3. Устанавливают силу тока питания термометра согласно паспортному значению; установка силы тока выполняется при помощи контрольного шунта.

4. При изменении температуры воды в термостате от 20 до 100°C с интервалами $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ записывают на ленте или фотобумаге показания пишущих устройств.

5. По результатам измерений строят градуировочный график: по горизонтальной оси откладывают значения температуры воды (в $^{\circ}\text{C}$), по вертикальной — отклонение кривой регистратора (в см) от линии записи, соответствующей температуре 20°C .

6. Путем продолжения кривой до пересечения с осью абсцисс определяют значение начальной температуры термометра.

7. Путем выбора двух значений температуры на графике (t_1 — в начале графика и t_2 — в конце) и нахождения соответствующих им отклонений l_1 и l_2 (в см) пишущих устройств определяют постоянную термометра (в $ма \cdot ^\circ C/мв$) по формуле

$$C = \frac{(t_2 - t_1) I}{(l_2 - l_1) m},$$

где I — сила тока питания в цепи AB в $ма$; m — постоянная по напряжению измерительного канала.

Градуировка термометра ЭСО-2 выполняется аналогичным образом. Однако после его градуировки в термостате обязательно записывают показания при включенных температурных сопротивлениях и сравнивают с фактическими показаниями. Расхождение между этими показаниями не должно превышать десятых долей градуса, что является показателем исправности панели термометра и кверномера.

4. Измерения скважинными электротермометрами ЭТМИ-58 и ЭСО-2. Для измерений в скважине электротермометром ЭТМИ-58 со станциями АЭС-900 (1500) и АКС-4 собирают схемы, показанные на рис. 110, *в* и 111, *д*.

Измерения выполняются в следующем порядке.

1. Проверяют работу измерительного канала станции и устанавливают наименьшее значение постоянной по напряжению.

2. Устанавливают необходимый масштаб записи термограммы. При работе с автоматическими каротажными станциями установку масштаба записи производят путем подключения измерительного канала к шунту R и регулирования силы тока в питающей цепи так, чтобы выполнялось равенство

$$l_0 = \frac{CR_0}{M}, \quad (7)$$

где l_0 — отклонение пишущего устройства измерительного канала в см; C — постоянная электротермометра; R_0 — сопротивление контрольного шунта в ом; M — масштаб записи в $^\circ C/см$.

3. Для градуированного компенсатора поляризации определяют цену единицы показаний в $^\circ C$.

Для нормализованного ГКП цену единицы показаний (в $^\circ C/мв$) вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \frac{M}{m}. \quad (8)$$

4. Электротермометр ставят в рабочее положение и замеряют температуру окружающей среды. Одновременно производят измерение ртутным термометром. Разница в показаниях обоих термометров не должна превышать $0,5^\circ C$.

5. Электротермометр опускают в скважину и во время спуска прибора записывают термограмму. Выполнение температурных измерений при спуске вызвано необходимостью избавиться от искажений из-за перемешивания раствора. Груз помещают выше электротермометра.

Скорость перемещения электротермометра ЭТМИ-58 при обычной записи термограммы составляет 2000—3000 м/ч, а при записи в масштабе $0,125^\circ C/см$ она должна снижаться до 1000—1500 м/ч.

Если пишущее устройство подходит к краю ленты, при помощи ГКП переносят кривую и отмечают в журнале или на ленте показания ГКП.

При обработке термограммы в первую очередь определяют значение температуры для начальной части кривой по формуле

$$T_{\text{н}} = t_0 + Ml + P\varepsilon,$$

где t_0 — начальная температура термометра, определяемая при градуировке в °С; l — начальное отклонение термограммы от нулевой линии в см; P — показание на ГКП.

Значение температуры на последующих участках термограммы определяют по масштабу записи с учетом смещения нулевой линии компенсатором поляризации на данном участке кривой. В остальном обработка термограммы аналогична обработке диаграмм других ранее описанных методов каротажа.

При работе с электротермометром ЭСО-2 на станции ОКС-56м масштаб записи устанавливают при подаче в измерительный канал с панели термометра и каверномера стандарт-сигнала, который соответствует определенному изменению температуры Δt . Отклонение l пишущего устройства от этого сигнала для данного масштаба M определяют по формуле

$$l = \frac{\Delta t}{M}.$$

В начале и в конце записи с электротермометром ЭСО-2, а также при смещениях кривой отмечают на ленте показания переключателей, которые проградуированы в значениях начальных температур.

§ 76. Устройство и работа каверномеров

1. Устройство каверномеров КФМ и СКС-4. Каверномеры КФМ и СКС-4 предназначены для измерения диаметра скважин и применяются с автоматическими и полуавтоматическими каротажными станциями на трехжильном кабеле.

Принцип работы малогабаритного фонарного каверномера показан на рис. 124.

Каверномер КФМ применяется для измерений в скважинах малого диаметра (70—250 мм) и рассчитан для работы при температуре до 60° С и давлении до 600 кг/см². Диаметр корпуса прибора 60 мм, длина 1200 мм, вес 30 кг.

Каверномер состоит из корпуса, фонаря и датчика. Датчик расположен внутри верхней части корпуса, фонарь — на нижней части корпуса.

Фонарь каверномера образован тремя парами рычагов 2. Верхние концы рычагов посажены на неподвижные оси 3, нижние концы укреплены на осях 5, которые вместе с ползуном 4 могут перемещаться во внутренней части 7 корпуса. Ползунок 4 соединен с верхней частью корпуса спиральной пружиной 6, благодаря которой в свободном состоянии рычаги фонаря раскрыты. При перемещении фонаря по скважине, благодаря действию пружины 6, точки шарнирных соединений 13 рычагов плотно прижимаются к стенкам скважины, устанавливая корпус 1 каверномера строго по центру скважины. Один из рычагов фонаря снабжен кулачком 8.

При изменении диаметра скважины при помощи кулачка перемещается шток 9 с зубчатой рейкой. Зубья рейки входят в зацепление с зубчатой шестерней 10 ползунка 11 потенциометра, благодаря чему последний перемещается по реохорду 12 потенциометра.

Через реохорд *12* по цепи *В — А — М — корпус прибора — земля* протекает электрический ток от батареи *В*. Сила тока регулируется сопротивлением *R* и контролируется миллиамперметром *mA*. Под действием тока на участке реохорда между точкой *М* и верхним концом ползунка *11* возникает разность потенциалов, которая, как видно на рис. 124, будет увеличиваться с увеличением диаметра скважины. Кинематическая схема передачи изменения диаметра фонаря на ползунок потенциометра рассчитана таким образом, что

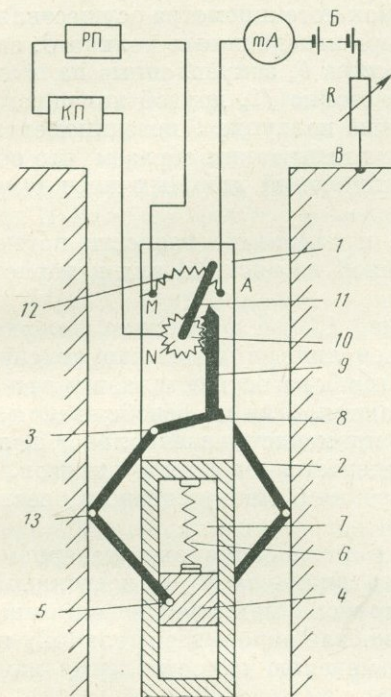


Рис. 124. Принципиальная схема каверномера КФМ.

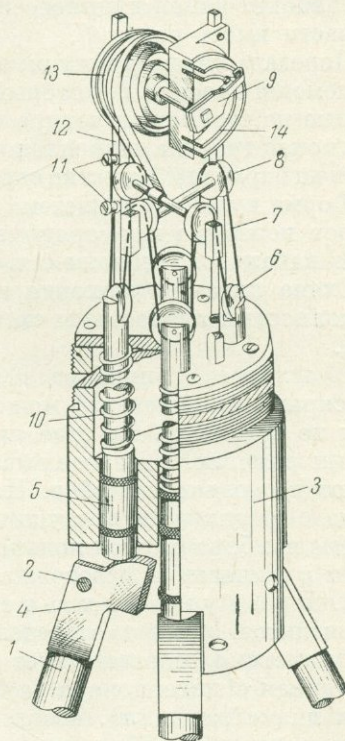


Рис. 125. Передача движения рычагов ползунка реостата в каверномере СКС-4.

возникающая между точками *М* и *Н* разность потенциалов пропорциональна диаметру скважины.

Разность потенциалов между точками *М* и *Н* передается по жилам кабеля на регистрирующий прибор *РП*. Компенсатор поляризации *КП*, включенный в измерительную цепь, служит для установки нулевой линии записи кавернограммы.

Каверномер СКС-4 предназначен для измерений в скважинах большого диаметра (90—760 мм) и рассчитан на работу при температуре до 80° С, давлении до 500 кг/см². Диаметр корпуса прибора 82 мм, длина 1921 мм, вес 33 кг.

Конструктивные отличия каверномера СКС-4 от рассмотренного выше прибора КФМ заключаются в устройстве рычагов и системы передачи отклонения рычагов на ползунок потенциометра (рис. 125).

Каверномер СКС-4 имеет четыре рычага 1, расположенные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Рычаги закреплены на неподвижных осях 2 корпуса 3 прибора. Каждый рычаг имеет два плеча — длинное 1 и короткое 4. Длинное (нижнее) плечо рычага представляет собой металлический стержень, конец которого перемещается вдоль стенки скважины. Короткое (верхнее) плечо перемещает шток 5, связанный с ползунком 9 потенциометра. Шток под действием специальной пружины 10 нажимает на кулачок и тем самым прижимает нижний конец длинного плеча рычага к стенке скважины. Шток в верхней части имеет ролик 6.

Передача перемещения рычагов на ползунок потенциометра осуществляется при помощи тросика 7, который огибает четыре неподвижных ролика 8, закрепленные на стойках, и четыре подвижных ролика 6, закрепленные на штоках. Один конец тросика закреплен винтами 11 на стойке 12, другой конец наматывается на барабан 13, жестко скрепленный с осью ползунка 9 потенциометра 14.

Форма кулачков и система передачи рассчитаны таким образом, что общий поворот ползунка пропорционален сумме отклонений длинных плеч рычагов от их начального положения.

Схема питания реохорда потенциометра и измерение разности потенциалов полностью аналогичны схеме, изображенной на рис. 124 для каверномера КФМ.

В отличие от прибора КФМ, каверномер СКС-4 в рабочем положении (с раскрытыми рычагами) может перемещаться лишь в одном направлении — вверх по скважине. По этой причине спуск прибора осуществляется при сложенных рычагах. На забое рычаги освобождаются. Для их освобождения применяют несколько способов. Наиболее часто применяется специальное кольцо, иногда с наружными выступами, которое надевается на концы рычагов. При подъеме прибора с забоя кольцо вследствие трения о стенку скважины соскальзывает с рычагов и освобождает их.

2. Градуировка каверномеров. Градуировка каверномеров производится с целью определения нулевого диаметра d_0 и постоянной C .

Диаметр d_0 соответствует положению прибора при сложенных рычагах. Постоянная C каверномера на трехжильном кабеле показывает величину изменения диаметра (в см), соответствующую изменению сопротивления измерительного потенциометра на 1 ом.

Для градуировки каверномеров при работе со станциями АКС-4 и АЭС-900 (1500) собирают схемы, показанные на рис. 110, в и 111, г.

Выполняют градуировку при помощи специального градуировочного устройства, состоящего из треноги для установки каверномера и нескольких колец с известным диаметром.

Градуировку производят в следующем порядке.

1. Каверномер устанавливают в треноге в вертикальном положении, рычаги полностью складывают и закрепляют.

2. Устанавливают постоянную по напряжению измерительного канала (m), равную обычно 2,5 или 5 мв/см.

3. При помощи контрольного шунта устанавливают силу тока в приборе, равную паспортному значению.

4. Записывают нулевое положение пишущих устройств при сложенных рычагах.

5. При помощи градуировочных колец рычагам задают несколько известных отклонений, при которых на ленте фиксируются положения пишущих устройств.

6. По результатам измерений строят градуировочный график: по оси абсцисс откладывают значения диаметров колец в *см*, по оси ординат — соответствующие им отклонения пишущих устройств в *см*.

7. Путем продолжения кривой до пересечения с осью абсцисс определяют нулевой диаметр d_0 каверномера.

8. Путем выбора двух значений диаметров (d_1 в начале графика и d_2 в конце) и нахождения соответствующих им отклонений l_1 и l_2 (в *см*) пишущих устройств определяют постоянную каверномера (в *ма · см/мв*) по формуле

$$C = \frac{(d_2 - d_1) I}{(l_2 - l_1) m}.$$

3. Измерения каверномером на трехжильном кабеле. Для измерения диаметра скважины со станциями АКС-4 и АЭКС-900 (1500) собирают схемы, показанные на рис. 110, *в* и 111, *г*.

Каверномерию на скважине проводят в следующем порядке.

1. Проверяют работу измерительного канала станции и устанавливают постоянную по напряжению (m), равную 2,5 или 5 *мв/см*.

2. Устанавливают необходимый масштаб записи; в зависимости от детальности исследований и диаметра скважины применяют масштабы 2,5 и 10 *см/см*.

Заданный масштаб записи (M в *см/см*) устанавливают путем подключения измерительного канала к контрольному шунту R и регулирования силы тока в питающей цепи таким образом, чтобы выполнялось равенство (7).

3. Определяют цену единицы показаний ГКП в *см*. При выполненной градуировке ГКП цену единицы его показаний вычисляют по формуле (8).

4. Перед спуском каверномера выполняют замер при полностью раскрытых рычагах или при насадке на рычаги калибровочного кольца; полученное значение диаметра должно соответствовать фактическому диаметру кольца.

5. Каверномер опускают в скважину; при этом на рычаги прибора СКС-4 надевают насадку, удерживающую рычаги в сложенном состоянии.

6. После достижения каверномером забоя в случае необходимости (при масштабе записи 2 или 5 *см/см*) в измерительную схему включают ГКП, которым смещают запись влево с таким расчетом, чтобы кривая не выходила за пределы ленты; в журнале или на ленте отмечают показание ГКП. Рычаги каверномера СКС-4 освобождаются.

7. При подъеме кабеля записывают кавернограмму.

Скорость подъема кабеля при кавернометрии составляет обычно 1500—3000 *м/ч*; для каждого нового района ее определяют по результатам опытных работ.

Для контроля за работой прибора выполняют запись во время перемещения каверномера в обсадной колонне скважины. После завершения подъема проводят контрольный замер в калибровочном кольце.

На кавернограмму наносят шкалу для отсчета диаметра и по всей длине номинальный диаметр скважины, за который принимают диаметр долота. При нанесении шкалы сначала определяют значение диаметра для начальной части кривой по формуле

$$d_n = d_0 + Ml + P\epsilon,$$

где d_0 — начальный диаметр каверномера, определяемый при градуировке; l — начальное отклонение кавернограммы от нулевой линии (когда прибор находился на забое); P — показание ГКП при нахождении прибора на забое.

Остальные операции по разбивке шкалы выполняют исходя из масштаба записи кавернограммы.

Обработка и оформление кавернограммы аналогичны обработке диаграмм других, ранее описанных методов.

§ 77. Устройство и работа инклинометров

1. Инклинометр ИК-1. Прибор ИК-1 предназначен для измерения угла отклонения от вертикали и азимута плоскости искривления скважин, пройденных в слабмагнитных породах.

Измерительная схема инклинометра ИК-1 (рис. 126, а) представляет собой мост, одно плечо которого (плечо датчика) находится в скважинном приборе, а остальные плечи — на поверхности земли в пульте управления.

Переключателем рода работ *ППР* к схеме моста в качестве чувствительного плеча могут подключаться поочередно угловой реохорд *УР* (положения «5» и «6» переключателя), азимутальный реохорд *АР* (положения «2» и «3») или отключаться оба реохорда (положения «1» и «4»). Переключение рода работ происходит при помощи шагового переключателя, работающего от электромагнита *ЭМ*. Электромагнит срабатывает в том случае, когда направление тока совпадает с направлением диода D_1 . При пропускании импульса тока через электромагнит *ЭМ* якорь последнего притягивается к сердечнику и поворачивает зубчатое колесо переключателя рода работ на угол 60° . В результате поворота зубчатого колеса контакт переключателя переводится в соседнюю позицию (в порядке возрастания номеров контактов). После выключения тока зубчатое колесо и связанный с ним подвижный контакт переключателя остаются в прежнем положении. Следующий импульс тока переводит контакт переключателя в следующую позицию.

Наличие в чувствительном плече моста того или иного реохорда распознается посредством индикатора *КИ* при пропускании через скважинный прибор тока, направление которого совпадает с направлением диода D_2 . Когда подключен угловой реохорд, стрелка прибора *КИ* находится в правой половине шкалы. Когда подключен азимутальный реохорд, сопротивление которого больше сопротивления углового реохорда, сила тока в питающей схеме моста уменьшается, вследствие чего стрелка прибора *КИ* устанавливается в левой половине шкалы.

Датчиком угла наклона является стрелка *КУ*, устанавливаемая под действием отвеса в вертикальном положении. Отвес имеет эксцентричный груз, автоматически ориентирующий плоскость реохорда *УР* в плоскости искривления скважины.

В положении «5» переключателя *ППР* к схеме моста подключается угловой реохорд, причем стрелка *КУ* находится в свободном состоянии, т. е. к схеме моста подключается полное сопротивление реохорда. В положении «6» переключателя *ППР* при помощи связанного с электромагнитом *ЭМ* реле стрелка прижимается к реохорду, т. е. к схеме моста подключается лишь часть сопротивления реохорда. Величина сопротивления в чувствительном плече моста будет зависеть от угла отклонения скважины от вертикали и будет увеличиваться с уменьшением угла.

Если при полностью подключенном реохорде *УР* установить равновесие моста, что фиксируется по индикатору нуля *ИН*, то в положении «6» переключателя *ППР* в диагонали *АВ* моста возникнет напряжение небаланса, величина которого будет возрастать с увеличением угла отклонения оси скважины

от вертикали. Возникшее напряжение небаланса устраняется реостатом *РБ* с ползунком, соединенным со шкалами *У* (угол) и *А* (азимут). Шкалы перемещаются относительно неподвижной нити, установленной в окошке отсчетного устройства *ОУ*.

Параметры электрической схемы моста подобраны таким образом, что изменение отсчета по шкале *У*, связанное с устранением небаланса моста, пропорционально углу искривления скважины.

Практически в положении «5» переключателя *ППР* против отсчетной нити устанавливается фиксированный отсчет по шкале *У*, близкий к максимальному ($50-55^\circ$), при котором стрелка прибора *ИН* должна установиться на нуль. Если последнее требование не соблюдается, то баланс моста подстраивается посредством компенсационного сопротивления кабеля *КСК*. Далее при переводе переключателя *ППР* в положение «6» устанавливается нулевое положение прибора *ИН* реостатом *РБ*. Отсчет по шкале *У* будет показывать значение угла отклонения скважины от вертикальной линии. Рамка азимутального реохорда *АР* жестко скреплена с рамкой углового реохорда *УР*, поэтому, благодаря эксцентричному грузу отвеса, всегда ориентируется в определенном положении относительно плоскости искривления скважины, при котором отсчет по шкале *А* соответствует истинному значению магнитного азимута плоскости искривления.

В положении «2» переключателя *ППР* к схеме моста подключается полное сопротивление азимутального реохорда. В этом положении по шкале *А* устанавливается близкий к 360° фиксированный отсчет и аналогичным образом проверяется нулевое показание индикатора нуля. После перевода контакта переключателя *ППР* в положение «3», когда стрелка *КА* прижимается к реохорду *АР*, производится установка баланса моста реостатом *РБ* и по шкале *А* читается отсчет азимута. Реостат *УШ* служит для подстройки показаний прибора *КП*. Полярность тока в питающей цепи моста изменяется переключателем позиций *ПП*. Напряжение от источника питания *В* (140 в) включается в схему тумблером *К*.

Комплект инклинометра *ИК-1* состоит из скважинного прибора и панели управления. Скважинный прибор заключен в металлический немагнитный корпус, герметизированный от попадания влаги. Инклинометр рассчитан для работы на одножильном бронированном кабеле. Центральная жила кабеля подключается к клемме *10* (рис. 126, б), оплетка кабеля к клемме *9* панели прибора. Клемма *11* служит для заземления прибора.

Питание электрической схемы инклинометра осуществляется через штепсельный разъем *8* от источника постоянного напряжения величиной 140 в, который включается тумблером *6*. При этом загорается лампа *12*. Положения переключателя скважинного прибора устанавливаются тумблером *5* (работающим подобно кнопке) путем нажатия его вправо. Установленное положение контролируется прибором *3*, показания которого подстраиваются реостатом *4*. Отсчеты азимута или угла искривления, в зависимости от положения переключателя *2*, берутся по соответствующим шкалам кругового реостата *14*. Индикатором баланса моста служит прибор *1*. Подстройка показаний прибора *1* осуществляется реостатом *7*. На панели управления имеется предохранитель *13*.

Измерения с инклинометром *ИК-1* выполняют в следующем порядке.

1. При выключенном тумблере *6* к панели подсоединяют питание, клеммы *9* и *10* соединяют с соответствующими жилами проводов коллектора лебедки.

2. Скважинный прибор размещают на определенной глубине, где необходимо провести измерения.

3. Тумблером 6 включают питание, а тумблером 5 устанавливают положение «2» скважинного переключателя, при котором подключается полное сопротивление азимутального реохорда. Указанное положение переключателя распознается по отклонению стрелки прибора 3 от левого крайнего положения и установке ее в левой части шкалы.

4. Круговым реостатом 14 по шкале азимута устанавливают фиксированный отсчет, близкий к 360° и обычно отмечаемый красной чертой. При этом стрелка прибора 1 должна находиться на нуле. Если данное условие не выполняется, то нулевое показание индикатора нуля 1 подстраивают реостатом 7.

5. Тумблером 5 устанавливают положение «3» скважинного переключателя, в котором магнитная стрелка прижимается к реохорду.

6. Переключатель 2 ставят в положение «Азимут» и реостатом 14 выводят стрелку прибора 1 на нуль. По шкале азимута берут отсчет и переключатель 2 возвращают в нейтральное положение.

7. Скважинный переключатель ставят в положение «2» (к схеме моста подключается полностью угловой реохорд), на шкале углов устанавливают фиксированный отсчет, помеченный красной чертой, и проверяют нулевое показание прибора 1.

8. Тумблером 5 скважинный переключатель переводят в положение «3» и в положении «Угол» переключателя 2 измеряют угол наклона оси скважины.

9. Устанавливают нейтральное положение «4» скважинного переключателя, выключают тумблер 6 и прибор поднимают на следующую глубину.

2. И н к л и н о м е т р ИГ-2. Гироскопический инклинометр ИГ-2 предназначен для измерения элементов искривления скважин, обсаженных трубами или пройденных в сильномагнитных породах.

Датчик параметров искривления скважины состоит из двух гиросистем: курсоуказателя и стабилизатора горизонта. Каждая гиросистема содержит рамку с гироскопом типа ГМ-4 диаметром 55 мм, имеющим три степени свободы, и потенциометр.

Плоскость гироскопа курсоуказателя перед началом измерения устанавливается вертикально и ориентируется в определенном азимуте. Указанная ориентировка сохраняется в процессе перемещения инклинометра по скважине. Плоскость рамки курсоуказателя все время ориентируется в плоскости искривления скважины. На рамке установлен потенциометр, съемная щетка которого связана с курсоуказателем. Этот потенциометр передает на поверхность показания, определяющие угол отклонения плоскости рамки от плоскости вращения гироскопа.

Плоскость гироскопа стабилизатора горизонта перед началом измерений устанавливается горизонтально. Так как плоскость рамки гироскопа в процессе движения прибора по скважине устанавливается перпендикулярно оси скважины, между плоскостью стабилизатора и плоскостью рамки будет образовываться угол, равный отклонению сил скважины от вертикали. Установленный на гироскопе потенциометр, съемная щетка которого помещена на рамке, передает на поверхность земли показания, определяющие зенитный угол.

В инклинометре имеется устройство для арретирования гиросистем и задания им начального положения перед замерами.

Инклинометр ИГ-2 позволяет непрерывно регистрировать элементы искривления скважины.

Недостатком инклинометра ИГ-2 является смещение оси гироскопа от заданного направления во время замера вследствие трения, неуравновешенности и по другим причинам, что приводит к снижению точности измерений. К недостаткам прибора относятся также громоздкая электрическая схема и высокая стоимость прибора.

§ 78. Пластовый наклономер НП-2

Пластовый наклономер предназначен для измерения наклона пластов, пересеченных скважиной и выделяемых по кривым КС, ПС или по кривым микрондирования.

Наклономер НП-2 представляет собой сочетание фонарного каверномера (в нижней части), инклинометра (в средней части) и верхнего электродного фонаря.

Верхний электродный фонарь состоит из штанги и трех шарниров, аналогичных по форме рычагам фонарного каверномера. Каждый шарнир состоит из верхнего и нижнего рычагов. В месте соединения рычагов каждого шарнира укрепляется резиновый башмак с электродом.

Верхний электродный фонарь жестко скрепляется с корпусом инклинометра. Кроме обычных датчиков искривления скважины, инклинометр имеет дополнительный датчик, измеряющий угол между плоскостью искривления скважины и плоскостью, образуемой осью прибора и электродом А верхнего фонаря.

Фонарный каверномер прибора служит для измерения диаметра скважины, который необходимо учитывать при обработке результатов измерений с наклономером. Кроме того фонарь каверномера является центрирующим устройством инклинометра.

Переключение жил кабеля для того или иного вида измерений выполняется при помощи позиционного переключателя инклинометра: в одной из его позиций жилы кабеля подключаются к электродам верхнего фонаря, в другой — к измерительной схеме каверномера, в остальных позициях — для измерений с инклинометром.

Пластовый наклономер рассчитан для записи трех кривых ПС или трех кривых СЗ (изменение сопротивления заземления электродов). Запись кривых выполняется на отдельных интервалах скважины, выбранных по каротажным диаграммам. В начале и в конце выбранного интервала производятся измерения с инклинометром. В случае необходимости измеряется диаметр скважины на указанном интервале.

Исследуемые пласты должны быть литологически выдержаны по всей мощности и иметь четкие границы с вмещающими породами по каротажным кривым.

Результаты измерений с прибором НП-2 позволяют по специальным формулам рассчитать элементы залегания пласта (угол падения и азимут простирания) в точке пересечения его скважиной.

Глава XXIV

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГРУНТОНОСОВ, ПЕРФОРАТОРОВ, ТОРПЕД

§ 79. Устройство и работа пулевых, снаряженных и кумулятивных перфораторов

Перфораторы предназначены для прострела обсадных и бурильных труб (при вскрытии нефтеносных и газоносных пластов и других работах). Применяются пулевые, снаряженные и кумулятивные перфораторы. Все они рассчитаны для работы с одножильным кабелем.

Пулевые перфораторы делятся на селективные стреляющие (типы ССП-4¹/₄, ССП-3¹/₂) и пулевые залповые (типы ППЗ-98, ППЗ-80, ППЗ-65 и др.).

Селективный перфоратор состоит из одной, двух или трех секций, каждая секция — из десяти стволов.

Устройство перфоратора типа ССП-4¹/₄ с одной секцией показано на рис. 127, а. Секция б перфоратора представляет собой цилиндрический корпус, имеющий десять отверстий, в которые запрессованы стволы 7. В верхней и нижней частях секции установлены контактные платы с двенадцатью контактами. Контакты с одинаковыми номерами верхней и нижней плат соединены между собой. От первых десяти контактов через два продольных паза корпуса идут выводы к боковым контактам 8. Контакты 8 подключаются к электроаналам зарядов стволов перфоратора. Один контакт подводится к корпусу секции, другой — к электроду, при помощи которого записывается кривая ПС; последнее необходимо для определения глубины перфорации.

Внутри кожуха 3 имеется селективное переключающее устройство (селектор), на плате которого имеются 12 контактов. К верхней части кожуха 3 привинчивается кабельная головка 2, посредством которой провод одножильного кабеля 1 подводится к селектору. Переключающим устройством провод кабеля может быть подключен к тому или иному контакту платы селектора. Переключение производится при помощи шагового двигателя, находящегося в кожухе селектора. Для управления работой шагового двигателя с поверхности служит перфораторная панель.

Секция перфоратора соединяется с кожухом коллектора муфтой 5. Одновременно с механическим соединением кожуха 3 и секции б обеспечивается электрическая связь одноименными контактами плат селектора и верхней части секции.

К нижней части секции привинчивается наконечник 4 или (при помощи соединительной муфты) дополнительная секция перфоратора.

Одновременно с механическим соединением двух секций обеспечивается электрическая связь между одноименными контактами платы нижней части первой секции и платы верхней части второй секции.

В стволе перфоратора (рис. 127, б) имеется цилиндрический канал, в нижней части которого помещен прессованный пороховой заряд 2. По оси заряда

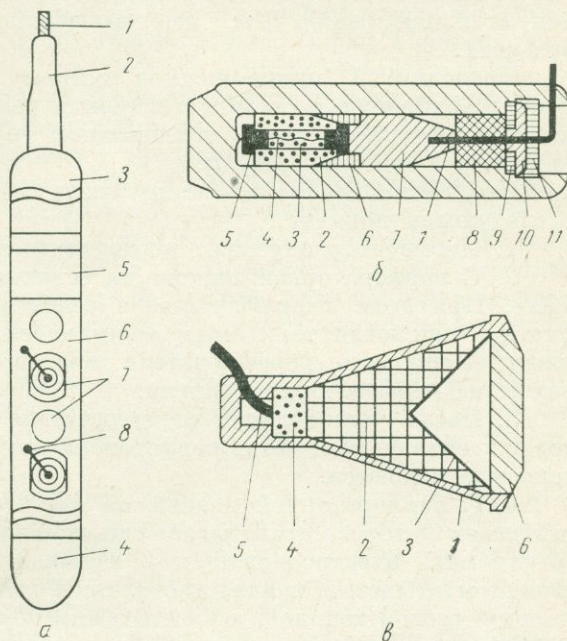


Рис. 127. Устройство пулевого перфоратора и кумулятивного заряда.

а — селективный пулевой перфоратор ССП-4¹/₄; б — ствол пулевого перфоратора ССП-3¹/₂; в — заряд кумулятивного перфоратора.

расположен канал 3 диаметром 2 мм, заполненный для обеспечения воспламенения заряда дымным порохом. В этом канале помещен электрозапал из манганиновой или константановой проволоки 4, концы которой подведены к свинцовым электродам 5 и 6 на торцах заряда.

Выше заряда в цилиндре ствола помещена пуля 7, которая плотно примыкает к свинцовому электроду 6, обеспечивая с ним электрическую связь. Пуля используется для подводки тока к электрозапалу, поэтому боковая поверхность ее покрыта изоляционным лаком, а к острому концу припаян проводник 1. Пуля закрепляется и прижимается к свинцовому электроду 6 запала резиновой пробкой 8. На пробке уложены изоляционная фибровая шайба 9, прижимная стальная шайба 10, не касающаяся корпуса, и резиновая прокладка 11.

Проводник 1, припаянный к острому концу пули, пропускается через пробку, фибровую и стальную шайбы и резиновую прокладку. Конец проводника с надетой на него изоляционной трубкой присоединяется к боковому контакту 8 (см. рис. 127, а).

Прострелочные работы с пулевым селективным перфоратором проводят в следующем порядке.

1. Перфоратор опускают в скважину на необходимую глубину.

2. С перфораторной панели на селектор подают переменное напряжение 120 в. При этом электродвигатель селектора изменяет положения ползунка платы, подключая тем самым жилу кабеля поочередно к каждому контакту платы. Положения переключателя селектора отмечаются измерительным прибором на перфораторной панели.

3. После установления переключателя селектора в заданное положение ток в электрической схеме перфоратора выключают, и вращение электродвигателя прекращается.

4. С перфораторной панели на селектор подают напряжение 270 в, под действием которого срабатывает специальное реле в кожухе селектора, замыкая цепь электродвигателя и замыкая цепь запального трансформатора. При этом вследствие накала проволоки 4 электрозапала воспламеняется дымный порох в осевом канале 3 и вместе с ним пороховой заряд. Пуля под давлением (6000—10 000 кг/см²) газов, образовавшихся в стволе от сгорания заряда, движется по стволу со скоростью до 700 м/сек и пробивает обсадную колонну.

Если перфоратор состоит из нескольких секций, то при одном выстреле срабатывают одноименные стволы всех секций. После одного выстрела позиции переключателя селектора меняются, после чего может быть произведен следующий выстрел. При необходимости после одного выстрела перфоратор может быть установлен на следующую глубину для прострела другого интервала скважины.

Секция пулевого перфоратора залпового действия состоит из трех стволов. В сборке одного перфоратора может быть от 3 до 30 секций.

Пороховые камеры стволов всех секций соединяются огнепроводным (запальным) каналом. Поэтому при замыкании запальной цепи выстрел из всех стволов производится почти одновременно.

Особенность снарядного торпедного перфоратора заключается в том, что вместо пули из ствола перфоратора выстреливается снаряд, снабженный взрывателем замедленного действия. Снаряд пробивает обсадную колонну и цементное кольцо и, войдя в породу, разрывается, что способствует образованию в породе трещин. Снарядный перфоратор состоит из трех секций, в каждой

секции имеются два ствола. Снарядным перфоратором является перфоратор ТПК-22.

Особенность кумулятивных перфораторов — применение в них кумулятивных зарядов.

Кумулятивный заряд 2 (рис. 127, в) скважинного перфоратора типа ПК-103 представляет собой прессованную пашку мощного взрывчатого вещества, помещенного в оболочке 1 из пластмассы, металла, бумаги или резины в виде усеченного конуса. Вершина конуса заряда плотно прилегает к промежуточному детонатору 4, к которому подводится детонирующий шнур 5.

Со стороны, противоположной детонатору, заряд имеет кумулятивную выемку конической формы. В эту выемку в виде облицовки вставлена металлическая (обычно медная) воронка 3. Внутри оболочки 1 заряд 2 закрепляется буржуйной или иной манжетой 6.

При возбуждении заряда от промежуточного детонатора через детонирующий шнур волна детонации, образующаяся на поверхности кумулятивной выемки, сжимает металлическую воронку в направлении оси заряда под огромным (несколько сотен тысяч и даже миллионов $\kappa\Gamma/\text{см}^2$) давлением, при котором сжатый металл начинает течь, как жидкость. В результате этого вдоль оси кумулятивной выемки выбрасывается тонкая струя высокой плотности, головная часть которой имеет скорость до 8—10 $\text{км}/\text{сек}$, и оказывает на преграду давление около 300 $\kappa\Gamma/\text{см}^2$. Это давление значительно превышает предел прочности стали, цемента и горных пород, следовательно, пробивная способность кумулятивных перфораторов очень высокая.

Кумулятивные перфораторы бывают корпусные (ПК) и бескорпусные (ПКС, КПР, ПКР). Корпусные кумулятивные перфораторы делятся на перфораторы многократного (ПК-103-10, ПК-103-20 и др.) и однократного использования.

Корпус перфоратора многократного использования изготавливается из высокопрочной стали. Кумулятивные заряды располагаются перпендикулярно оси корпуса в специальных гнездах на расстоянии 50—80 мм один от другого. Указанное расстояние выбрано с таким расчетом, чтобы взрыв одного заряда не вызвал разрушения или преждевременной детонации соседнего заряда.

Для получения равномерной сетки простреливаемых отверстий и снижения вероятности образования трещин в обсадной колонне и цементном кольце оси соседних зарядов смещены одна относительно другой на угол до 90 или 120°.

В зависимости от типа перфораторов число зарядов в корпусе составляет 10—20. Заряды кумулятивных перфораторов взрываются группами при помощи детонирующего шнура.

Корпус кумулятивного перфоратора однократного использования изготавливается из пластичных или из хрупких материалов. Корпус из пластичного материала (латуни, стали, алюминия) после прострела не разрушается и извлекается на поверхность. Корпус из хрупкого материала (чугуна, стекла, пластмассы, хрупкого алюминиевого сплава) при взрыве зарядов полностью разрушается, и из скважины извлекается только кабель с кабельной головкой.

В корпусных перфораторах однократного использования заряды могут располагаться как перпендикулярно оси корпуса, так и под углом к ней. Последнее целесообразно для вскрытия тонкослоистого песчано-глинистого разреза.

Мощность корпусных кумулятивных перфораторов однократного использования значительно выше мощности перфораторов многократного использования.

В бескорпусных кумулятивных перфораторах (ПКС, ПКР, КНР) каждый заряд помещается в индивидуальную оболочку, выдерживающую наружное гидростатическое давление бурового раствора скважины. Оболочка изготавливается из таких же материалов, которые применяются для изготовления разбушающихся корпусных перфораторов. Заряды в индивидуальных оболочках крепятся в каркасах, лентах и т. п.

Бескорпусные кумулятивные перфораторы дают возможность одновременно простреливать большие (до 30 м) интервалы за один спуск в скважину. Большое преимущество перфораторов данного типа — невозможность заклинивания их после отстрела.

§ 80. Устройство и работа грунтоносов

Грунтоносы предназначены для отбора пород из стенки скважины. Такой отбор проб необходим для дополнения или частичной замены отбора керна в процессе бурения, а также для уточнения или проверки интерпретации результатов каротажа.

В настоящее время применяются боковые стреляющие и боковые сверлящие грунтоносы.

По устройству боковые стреляющие грунтоносы во многом аналогичны пулевым перфораторам. Их основное отличие заключается в том, что из ствола выстреливается не пуля, а цилиндрический боек, который врезается в стенку скважины и после этого вместе с захваченным образцом породы извлекается на поверхность. Возможность извлечения бойка из породы и поднятия его на поверхность обеспечивается тросиком, при помощи которого боек прикрепляется к корпусу грунтоноса. Боковыми стреляющими грунтоносами, в зависимости от их типа, можно отбирать за один спуск 3—27 проб и более.

Боковые стреляющие грунтоносы предназначены в основном для отбора мягких пород (песков, песчаников, глин, мучнистых известняков, доломитов); они дают низкий процент выноса образцов на поверхность (бойки, выносящие породу, составляют около 50%, а остальные извлекаются пустыми).

Для отбора образцов твердых горных пород применяются боковые сверлящие грунтоносы. Они позволяют за один спуск отобрать до 10 образцов диаметром 22 мм, длиной до 50 мм. Образцы отбираются специальной буровой коронкой с зубьями из твердого сплава, которая помещается в корпусе грунтоноса. Передача вращения на буровую коронку осуществляется через редуктор от электродвигателя в корпусе прибора. Управление работой грунтоноса осуществляется с поверхности при помощи специального пульта.

Отбор образцов ведется поочередно. При отборе очередного образца предыдущий проталкивается в специальную кассету.

§ 81. Устройство торпед

Торпедирование в скважинах производится с целью вскрытия слабопроницаемых нефтеносных или водосодержащих пластов, для очистки фильтров и зон перфорации, а также с целью ликвидации аварий во время бурения.

Торпедирование выполняется при помощи торпед. В настоящее время применяются торпеды двух типов: герметичные (Ф-2, ТБ, ТГ) и негерметичные (ТШ, ТШБ, ТДШ).

Герметичные торпеды состоят из прочного металлического (обычно стального) корпуса, который выдерживает высокое давление окружающей среды

и изолирует взрывчатое вещество от жидкости в скважине; в качестве взрывчатого вещества в них применяются тротил, гексоген и их смеси. Прочная оболочка, осколки которой после взрыва засоряют скважину, — серьезный недостаток герметичных торпед.

Негерметичные торпеды имеют легкие оболочки из сплавов алюминия или пластмассы; в них взрывчатое вещество находится на контакте со средой под давлением жидкости в скважине. В качестве взрывчатого вещества в этих торпедах используется сплав тротила и гексогена в виде прессованных шашек. При взрыве не образуется осколков корпуса, засоряющих скважину и в этом заключается преимущество торпед данного типа.

Герметичной является, например, фугасная торпеда Ф-2 (рис. 128, а). Она имеет наружный диаметр 60 мм, длину 1160 мм и рассчитана для работы при температуре до 120° С, давлении до 500 кг/см². В стальном корпусе 1 торпеды размещены заряд 2 из сплава тротила и гексогена, промежуточный детонатор 3 и взрыватель 4. Взрыватель ввинчивается в торпеду на скважине перед спуском и срабатывает от тока, который подается по одножильному кабелю с дневной поверхности.

Негерметичной является, например, торпеда типа ТШ (торпеда из шашек), устройство которой схематично показано на рис. 128, б. Ее корпус 1 изготовлен из сплавов дюралюминия. В нем размещены шашки 2 из флегматизированного гексогена. Нижняя часть корпуса закрыта пластмассовой пробкой, в верхней части имеется пластмассовая перегородка 4 с отверстием, в котором устанавливается взрыватель 5. Взрыватель срабатывает от пропускания через него тока, подаваемого с поверхности, выдерживает давление до 500 кг/см² при температуре до 50° С.

Торпеды типа ТШ выпускаются также с термостойким взрывателем, который выдерживает температуру до 150° С.

Торпеда ТШ снабжена двумя центраторами 3, которые предохраняют корпус от трения о стенку скважины.

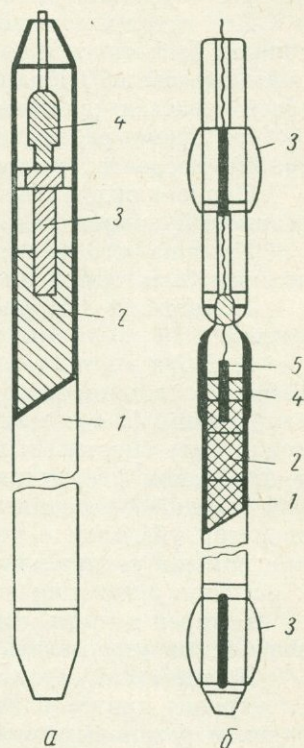


Рис. 128. Схема устройства торпед.

а — фугасная торпеда Ф-2; б — торпеда ТШ.

§ 82. Основные правила техники безопасности при выполнении практических и лабораторных работ

1. Техника безопасности при спектральном анализе геохимических проб. При выполнении спектрального анализа основные опасности заключаются во вредном действии света вольтовой дуги на глаза человека, в высоком напряжении, вредных газах, образующихся при горении электрической дуги, и высокой температуре, которую приобретает штатив или кожух, содержащий электроды.

Во избежание несчастных случаев от указанных причин должны выполняться следующие меры предосторожности.

Окно в штативе или кожухе с электрической дугой должно быть закрыто фильтром из темного стекла.

Дверцы кожуха или штатива должны иметь блокирующее устройство, которое включало бы ток питания электродов при открытой дверце кожуха.

Все провода, подводящие электрический ток к спектральным приборам, должны быть тщательно изолированы. Каждая спектральная установка должна иметь отдельный рубильник на щите технического тока и в перерывах от работы обесточиваться рубильником на щите.

Во время работы к держателям и электродам разрешается прикасаться только после их обесточивания.

Около каждой спектральной установки должен быть предохранительный резиновый коврик размером не менее 75×200 см.

Крышка стола под штативом спектрального прибора и экран-кожух должны быть обиты листовым асбестом или другим огнестойким материалом.

Комната, в которой сжигаются пробы, должна иметь хорошую вентиляцию.

2. Правила обращения с источниками питания. Работая с источниками питания, необходимо знать, что ток силой 0,05 а при напряжении 40 в уже опасен для жизни, а ток силой 0,1 а при напряжении 30 в может быть смертельным. В условиях повышенной влажности опасность поражения током увеличивается. По этой причине подключение схемы приборов или станций к источникам питания может производиться лишь после того, как оператор убедился в исправности схемы. Подключение должно выполняться при помощи специальных электрических вилок. Перед подключением прибора к источнику питания нужно убедиться в исправности предохранителей.

Батареи должны содержаться в чистоте, в сухом помещении, а при работе необходимо укладывать их на резиновый коврик.

Зарядка аккумуляторов должна выполняться в специальном помещении. Электролит приготавливается проинструктированными работниками в защитных очках и резиновых перчатках. В помещении, где заряжаются аккумуляторы, запрещается принимать пищу, пить, курить, выполнять посторонние работы.

Размещение кислотных и щелочных аккумуляторов в одном помещении запрещается.

3. Техника безопасности при выполнении электроразведочных работ. Если электроразведочные работы ведутся с применением источников питания, опасных по току и напряжению для жизни, то должны быть приняты меры по надежной изоляции проводов, изоляции батарей от земли, по надежному заземлению измерительной аппаратуры.

При работе с долговременными установками, с напряжением 200 в и выше, места источников тока ограждаются щитами с предупредительными надписями о запрещении посторонним лицам приближаться к установкам.

Перед включением тока в питающей линии оператор должен оповестить бригаду, а рабочие должны отойти от заземлений и проводов на расстояние не менее 2 м. Ремонт проводов питающей линии, подключение электродов и прибора должны производиться при отключенном источнике питания.

Кувалды для забивки пикетов должны быть хорошо насажены на рукоятки. Для вытаскивания пикетов необходимо применять специальные ключи.

Корпусы аппаратуры и генераторов электроразведочной станции должны быть надежно заземлены, а токонесущие части и провода хорошо изолированы. Настройку и ремонт аппаратуры нужно выполнять при выключенном токе в питающих линиях.

Прежде чем включить ток в питающую линию, оператор должен убедиться в окончании всех подготовительных работ на линии и предупредить рабочих о включении тока.

4. Правила обращения с эталонами радиоактивности. Основную опасность представляют источники нейтронов и сухие эталоны радия. Поэтому они хранятся и перевозятся в специальных контейнерах. При эталонировании радиометрической аппаратуры и выполнении радиоактивного каротажа источники радиоактивности должны извлекаться из контейнеров после выполнения всех других подготовительных операций и сразу же после выполнения необходимых замеров помещаться в контейнер.

Переноска сухого эталона радия или нейтронного источника должна осуществляться таким образом, чтобы последний был удален на возможно большее расстояние от человека. С этой целью источник переносят на специальном шесте или при вытянутой в сторону руке.

Порошковые эталоны урана нужно оберегать от рассыпания, распыления. Пересыпка эталона производится обычно в шкафу с вытяжной вентиляцией. Столы, где ведется работа с порошковыми эталонами, должны иметь на краях выступы и гладкие покрытия, способствующие быстрому удалению радиоактивной пыли.

Жидкие эталоны радия хранятся в барботерах в специальных шкафах. Необходимо соблюдать меры предосторожности, чтобы не разбить барботер и не разлить его содержимое.

Рабочие эталоны радиоактивности особой опасности не представляют, однако без необходимости не следует находиться в контакте с ними.

5. Техника безопасности при каротаже скважин. Каротажные работы можно проводить лишь в подготовленных скважинах, обеспечивающих беспрепятственный спуск и подъем каротажных приборов, а также безопасность ведения работ.

Перед выполнением каротажа лаборатория, подъемник и блок-баланс должны быть прочно закреплены. Лаборатория и подъемник устанавливаются так, чтобы была обеспечена хорошая видимость и сигнализация между подъемником, лабораторией и устьем скважины.

Перед спуском прибора в скважину необходимо проверить исправность механизмов подъемника, надежность крепления груза и зонда. Если скважинный снаряд весит более 50 кг, то спуск его в скважину должен производиться ручной лебедкой, легостью и другими вспомогательными средствами.

В случае повреждения тормоза запрещается останавливать скважинный снаряд вручную. При спуске и подъеме вообще не следует брать руками за кабель. Чтобы затормозить лебедку при неисправном тормозе, необходимо прижимать к ободу барабана лебедки доску.

При быстром спуске кабеля во избежание резкого торможения его и обрыва не следует включать предохранительную собачку храповика.

Перед включением лебедки лебедчик обязан установленным сигналом предупредить окружающих о начале подъема или спуска кабеля.

Скорость подъема кабеля при подходе скважинного прибора к башмаку обсадной колонны и после появления предупредительной метки должна быть снижена до 250 м/ч.

При сильном натяжении кабеля, освобождаемого от прихвата, запрещается находиться между лебедкой и устьем скважины. Если прихваченный прибор освобождается при помощи лебедки или бурового станка, все работа-

ющие, кроме непосредственно занятых на этой операции, должны быть удалены в безопасное место.

Каротажная станция во время работы должна быть надежно заземлена.

Кабель, соединяющий оборудование с электросетью, должен подключаться к источнику питания только после окончания сборки рабочей электросхемы станции. Наступать на силовой кабель, находящийся под напряжением, и прирагиваться к нему запрещается.

Собирать и разбирать схемы разрешается только при выключенном источнике питания.

Прострелочные работы выполняются лицами, имеющими «Единую книжку взрывника».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Великин А. Б., Булгаков Ю. И. Индуктивная электроразведка методом переходных процессов с совмещенными источником и приемником поля. Л., изд-во «Недра», 1967.
- Горячко И. В. Электроразведочная аппаратура и оборудование. М., изд-во «Недра», 1968.
- Гурвич И. И. Сейсморазведка. М., изд-во «Недра», 1964.
- Единые правила безопасности при геологоразведочных работах. М., изд-во «Недра» 1964.
- Логачев А. А. Магниторазведка. Л., изд-во «Недра», 1968.
- Полевые ядерные геофизические методы. М., изд-во «Наука», 1966.
- Померанец Л. И. Промыслово-геофизическая аппаратура и оборудование. М., изд-во «Недра», 1966.
- Ривкин И. Я. Автоматические каротажные станции. М., изд-во «Недра», 1964.
- Сажина Н. Б., Грушинский Н. П. Гравитационная разведка. М., изд-во «Недра», 1966.
- Справочник геофизика, т. III. Электроразведка. М., Гостотехиздат, 1963.
- Справочник геофизика, т. IV. Сейсморазведка. М., изд-во «Недра», 1966.
- Справочник геофизика, т. V. Гравиразведка. М., изд-во «Недра», 1968.
- Справочник геофизика, т. VI. Магниторазведка. М., изд-во «Недра», 1969.
- Физические основы и технические средства аэрометодов. Л., изд-во «Недра», 1967.
- Якубовский Ю. В., Ляхов Л. Л. Электроразведка. М., Госгеолтехиздат, 1956.

Оглавление

	Стр.
Предисловие	3
Раздел первый	
Магниторазведка	
<i>Глава I.</i> Аппаратура для наземных магнитных съемок	5
§ 1. Магнитометр М-23	5
§ 2. Измеритель магнитной восприимчивости ИМВ-2.	11
§ 3. Краткие сведения по методике полевых магниторазведочных работ	14
<i>Глава II.</i> Камеральная обработка полевых магниторазведочных наблюдений	15
§ 4. Обработка результатов создания КП и опорной сети I класса	16
§ 5. Обработка опорной сети II класса и рядовой сети	18
§ 6. Построение графиков и планов изодинам Z_a	20
<i>Глава III.</i> Аппаратура и методика аэромагнитной съемки	21
§ 7. Аэромагнитометр АММ-13	21
§ 8. Краткие сведения по методике аэромагнитной съемки	28
§ 9. Обработка материалов аэромагнитной съемки с прибором АММ-13	30
Раздел второй	
Гравиразведка	
<i>Глава IV.</i> Гравиразведочная аппаратура	32
§ 10. Кварцевый астазированный гравиметр ГАК-7Т	32
§ 11. Краткая характеристика гравиметров других конструкций	35
§ 12. Подготовка гравиметра к работе	36
§ 13. Работа с гравиметром	39
§ 14. Камеральная обработка гравиметровых данных	40
§ 15. Градиентометр ГРБМ-2	44
Раздел третий	
Сейсморазведка	
<i>Глава V.</i> Сейсморазведочная аппаратура и методика полевых работ	52
§ 16. Сейсмоприемники	52
§ 17. Простейшие приемы определения параметров сейсмоприемников и их пригодности для полевой работы	55

§ 18. Сейсморазведочная станция «Поиск МОВ-24-ОВ»	57
§ 19. Краткие сведения по методике полевых сейсморазведочных работ	73
Глава VI. Камеральная обработка сейсморазведочных данных	75
§ 20. Определение средних скоростей по сейсмическому каротажу скважин	76
§ 21. Определение эффективной скорости по годографам отраженных волн	78
§ 22. Построение отражающих границ способом t_0	79
§ 23. Определение граничных скоростей по встречным годографам преломленных волн	80
§ 24. Построение преломляющих границ способом t_0	81
Раздел четвертый	
Электроразведка	
Глава VII. Электроразведочное оборудование	82
§ 25. Источники питания	82
§ 26. Провода	85
§ 27. Заземления	85
§ 28. Вспомогательное оборудование и снаряжение	86
Глава VIII. Аппаратура для методов электроразведки на постоянном токе	87
§ 29. Электронный стрелочный компенсатор ЭСК-1	87
§ 30. Полевые работы с прибором ЭСК-1 по методам ВЭЗ и СЭП.	90
§ 31. Полевые работы по методу заряда на постоянном токе	97
§ 32. Полевые работы с прибором ЭСК-1 по методу естественного электрического поля	100
§ 33. Электроразведочная генераторная станция типа ЭРГС-16,5-58.	103
Глава IX. Аппаратура низкой частоты для работы методами сопротивлений	112
§ 34. Аппаратура низкой частоты типа АНЧ-1	112
Глава X. Аппаратура методов вызванной поляризации и переходных процессов.	113
§ 35. Электроразведочная станция ВПО-62	113
§ 36. Аппаратура метода переходных процессов МППО-1	120
§ 37. Краткие сведения по методике полевых работ и графическому изображению материалов съемки	125
Глава XI. Аппаратура метода отношения градиентов потенциала	126
§ 38. Аппаратура ИЖ-3	126
Глава XII. Аппаратура высокочастотной электроразведки	129
§ 39. Аппаратура «Земля-2»	129
§ 40. Полевой измеритель напряженности радиополя ПИНП-2	136
§ 41. Аппаратура СРП-6	140
Раздел пятый	
Радиометрия	
Глава XIII. Счетчики радиоактивного излучения, эталоны радиоактивности	144
§ 42. Счетчики радиоактивного излучения	144
§ 43. Эталоны радиоактивности	146
	285

<i>Глава XIV.</i> Полевая радиометрическая аппаратура	148
§ 44. Радиометры РПП-1 и СРП-2	148
§ 45. Сцинтилляционный переносный полевой гамма-спектрометр СП-3	155
§ 46. Полевые эманометры	162
<i>Глава XV.</i> Лабораторные установки для измерения радиоактивности проб	167
§ 47. Лабораторная гамма-бета-установка ДП-100	167
§ 48. Краткая характеристика лабораторного сцинтилляционного анализатора ЛАС	170
§ 49. Краткие сведения о лабораторном альфа-радиометре РАЛ-1	172
<i>Глава XVI.</i> Аппаратура и методика ядерно-геофизических исследований	172
§ 50. Особенности аппаратуры для ядерно-геофизических методов	172
§ 51. Аппаратура и методика определения содержания бора в породах нейтрон-нейтронным методом	173
§ 52. Аппаратура и методика определения содержания бериллия фотонейтронным методом	174

Раздел шестой

Геохимические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

<i>Глава XVII.</i> Спектральный анализ геохимических проб	176
§ 53. Полевая спектральная лаборатория	176
§ 54. Сжигание проб и фотографирование спектров	179
§ 55. Расшифровка спектрограмм	180
<i>Глава XVIII.</i> Аппаратура методов физико-химического анализа	184
§ 56. Аппаратура для люминесцентного анализа	184
§ 57. Аппаратура для проведения колориметрического анализа	188
§ 58. Полевой резистивиметр	188

Раздел седьмой

Геофизические исследования скважин

<i>Глава XIX.</i> Автоматические каротажные станции	190
§ 59. Станция АЭК-900 (1500)	190
§ 60. Автоматическая каротажная станция АРС-4	195
§ 61. Оборудование каротажных станций	203
<i>Глава XX.</i> Методика и техника проведения электрокаротажа и оценка его результатов	212
§ 62. Проверка исправности и подготовка каротажных станций к работе	212
§ 63. Установка масштаба записи кривых КС и ПС	222
§ 64. Запись кривых электрокаротажа	224
§ 65. Измерение удельного сопротивления бурового раствора поверхностным резистивиметром	227
§ 66. Оформление результатов электрокаротажа и практические приемы интерпретации кривых КС и ПС	228

	Стр.
<i>Глава XXI.</i> Аппаратура радиоактивного каротажа	230
§ 67. Переносный каротажный сцинтилляционный радиометр ПРКС-2	230
§ 68. Двухканальный сцинтилляционный термостойкий радиометр ДРСТ-2	233
§ 69. Проверка работы, настройка и эталонирование скважинных радиометров	238
§ 70. Производство измерений	244
§ 71. Оформление и основные способы геологической интерпретации результатов радиоактивного каротажа	245
<i>Глава XXII.</i> Различные виды каротажа	246
§ 72. Принципиальная схема, устройство и работа аппаратуры магнитного каротажа КМК-3	246
§ 73. Принципиальная схема, устройство основных узлов и работа аппаратуры станции ГКС-3	254
§ 74. Принципы геологической интерпретации результатов магнитного, газового и механического каротажа	260
<i>Глава XXIII.</i> Различные операции в скважинах	262
§ 75. Устройство и работа скважинных электротермометров	262
§ 76. Устройство и работа каверномеров	266
§ 77. Устройство и работа инклинометров	270
§ 78. Пластовый наклономер НП-2	274
<i>Глава XXIV.</i> Устройство и работа грунтоносов, перфораторов, торпед	274
§ 79. Устройство и работа пулевых, снарядных и кумулятивных перфораторов	274
§ 80. Устройство и работа грунтоносов	278
§ 81. Устройство торпед	278
§ 82. Основные правила техники безопасности при выполнении практических и лабораторных работ	279
Список литературы	283

Кунциков Борис Константинович,
Кунцикова Мария Константиновна

**ОБЩИЙ КУРС
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Редактор издательства Ю. К. Бекман
Технический редактор Л. Г. Лаврентьева
Корректор Т. В. Чирикова

Сдано в набор 7/XII 1971 г. Подписано в печать 23/II 1972 г. Т-04147. Формат 70 × 100⁴/₁₆.
Печ. л. 18,5 с вкл. Усл. печ. л. 23,4. Уч.-изд. л. 23,14. Бумага № 2.
Индекс 1—1—2. Заказ 1008/259/8—3. Тираж 6000 экз. Цена 1 р. 16 к.

Издательство «Недра». Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.
Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР. Московский проспект, 91.

353

ЧЕДРА-1972