

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УзССР

ТАШКЕНТСКИЙ  
ОРДЕНА  
ДРУЖБЫ НАРОДОВ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ им. БЕРУНИ

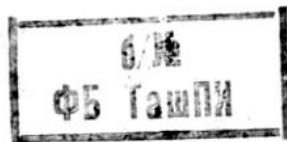
МЕТОДИЧЕСКИЕ  
УКАЗАНИЯ  
ПО ПРОВЕДЕНИЮ  
УЧЕБНОЙ  
ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ  
ПРАКТИКИ (Раздел  
«РАДИОМЕТРИЯ И  
ЯДЕРНАЯ  
ГЕОФИЗИКА»)  
(для студентов  
геологоразведочного  
факультета)



ТАШКЕНТ — 1985

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
УЗБЕКСКОЙ ССР  
ТАШКЕНТСКИЙ ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

М Е Т О Д И Ч Е С К И Е У К А З А Н И Я  
ПО ПРОВЕДЕНИЮ УЧЕБНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ  
(Раздел : " РАДИОМЕТРИЯ И ЯДЕРНАЯ ГЕОФИЗИКА ")  
(для студентов геологоразведочного факультета)



Ташкент 1985

Методические указания составлены с учетом многолетнего опыта проведения учебной геофизической практики кафедрой "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых" геологоразведочного факультета им. Х.М. Абдуллаева Ташкентского ордена Дружбы народов политехнического института имени Беруни.

При написании методических указаний были использованы также методические разработки геофизических кафедр ведущих вузов страны, литературные источники и инструкции.

Данная методическая разработка включает в себя разделы, необходимые для прохождения учебной геофизической практики по курсу "Радиометрия и ядерная геофизика" (пешеходная, шпуровая, спектрометрическая гамма-съемки, гамма-профилирование горных выработок и др.).

Методические указания предназначены для студентов геофизической специальности горных и геологоразведочных институтов и факультетов.

Отдельные разделы могут быть использованы при прохождении геофизической практики студентами геологоразведочной, гидрогеологической и инженерно-геологической специальностей.

Составители: доц. Н.Ф. Шевченко,  
ст. преп. А.Г. Антонец

Кафедра "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых"

Формат 60x84 I/16

Заказ № 1882      Объем 4 п.л.      Тираж 100 экз. Бесплатно

Ротапринт ТашПИ, г.Ташкент, Я.Коласа, 16

## Целевое задание по учебной геофизической практике.

Целью учебной геофизической практики по радиометрическим и ядернофизическим методам является закрепление теоретических знаний и приобретение студентами определенных навыков практической и организаторской работы, необходимых им в будущей деятельности и, прежде всего, на производственной и преддипломной практиках.

Современный этап развития геофизических методов исследования характеризуется использованием ядерно-геофизических (радиометрических и ядерно-физических) при решении большого круга задач, начиная от геологического картирования и кончая промышленной разведкой, и даже эксплуатацией полезных ископаемых; особое значение приобретают глубинные методы поисков месторождений радиоактивных, редких и рассеянных элементов.

Увеличение глубинности поисков - наиважнейшая задача, для решения которой используются достижения теории и практики геолого-геофизических исследований с применением весьма сложной аппаратуры.

Решение всех этих задач требует от исполнителей - инженерно-технических работников глубокой теоретической и практической подготовки, которую они должны получить уже в стенах учебного заведения, чтобы в условиях поисково-разведочной партии уметь грамотно с учетом конкретной геологической обстановки произвести необходимые АППАРАТУРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ (в т.ч. и подготовительные, направленные на определение основных метрологических характеристик измерительных приборов и мер), выполнить ОБРАБОТКУ ПОЛЕЗНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ с привлечением современного математического аппарата, а также ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКУЮ ИНТЕРПРЕТАЦИЮ результатов полевых наблюдений. Кроме того, будущий специалист-геофизик должен УМЕТЬ выполнять некоторые виды РЕМОНТА современной радиометрической и ядерно-физической АППАРАТУРЫ.

ВЫРАБОТКА студентами ОПРЕДЕЛЕННЫХ НАВЫКОВ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ должна содействовать УЧЕБНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА, как одно из существенных звеньев ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ геологического профиля, ибо учебная практика дополняет и углубляет теоретические знания студентов, связывает обучение с будущей деятельностью специалиста, прививает интерес к этой деятельности, акцентирует её профессиональную направленность.

# I. ПЕШЕХОДНЫЙ ГАММА-МЕТОД

## I.I. Общие сведения

Пешеходный гамма-метод – один из универсальных методов поисков месторождений радиоактивных руд и ряда полезных ископаемых, генетически связанных с радиоактивными элементами ( титановых россыпей, фосфоритов, висмута, ванадия, кобальта, хрома, марганца, редких металлов, редкоземельных и других элементов ).

Метод находит широкое применение на всех этапах поисковых работ, начиная от рекогносцировочных исследований, проводимых с целью оценки перспектив ураноносности больших площадей ( прогнозирования ), до детальных поисково-разведочных работ и оценки выявленных рудопроявлений и месторождений.

Широкое применение метода обусловлено: простотой методики полевых работ, портативной, достаточно чувствительной, простой в обращении аппаратуры, высокой результативностью и относительно небольшой стоимостью наблюдений; возможностью применения в любых геоморфологических и климатических условиях, включая горные и иные районы, недоступные для авиационных и автомобильных гамма-методов, а также условия обводненных наносов или болот, недоступных для эманационного метода.

В зависимости от условий и задач проведения поисковых работ различают: гамма-поиски и гамма-съемку.

Под гамма-поисками понимают измерения радиоактивности коренных пород и рыхлых отложений, выполняемые по поисковым маршрутам, прокладываемым на местности с учетом обнаженности площади и направлений наиболее благоприятного распространения ореолов и потоков рассеяния.

Под гамма-съемкой подразумевают те же исследования, выполняемые по регулярной геометрически правильной сети наблюдений. Обычно гамма-съемка проводится в крупных ( 1:10 000 и крупнее ) масштабах с целью выявления и оконтуривания отдельных рудных тел или их ореолов рассеяния в пределах уже выявленных гамма-аномалий, рудопроявлений или месторождений, а также при первичном изучении площадей в условиях равнинных районов. Гамма-съемка, как правило, проводится по заранее подготовленной топографической сети на основе полуинструментальной ( с помощью буссоли ) привязки профилей наблюдения.

На различных этапах поисковых работ в зависимости от геологической изученности и природных условий района работ проводятся различные виды пешеходных радиометрических поисков ( съемок ): маршрутные или рекогносцировочные, площадные поиски различных масштабов, площадные гамма-съемки и геофизическая разведка поверхности ( сочетание поверхностной и шпуровой гамма-съемок масштаба 1:500 - 1:200 ).

При пешеходном гамма-методе полевым радиометром измеряют интенсивность гамма - ( или гамма плюс бета ) - излучения пород и руд в точках, расположенных по намеченному заранее маршруту или профилю. На участках развития ореолов рассеяния открытого типа измерения проводят на поверхности земли, а при наличии неактивных наносов от 0,3 до 1,5 м в закопушках и шпурах. При большей мощности рыхлых наносов ( до 20 м ) применяется специальное устройство для задавливания радиометров в рыхлые отложения или бурение мелких скважин.

Глубина гамма-метода относительно невелика. Мощность пород перекрывающего слоя в 0,5 м в среднем определяет глубину гамма-метода при отсутствии в нём ореолов рассеяния. При наличии ореолов рассеяния глубина гамма-съемки резко возрастает. Так в условиях аридной зоны ( жаркого климата ), где доминируют механические и смешанные ( механические и солевые ) ореолы, съемкам не препятствует даже наличие рыхлых отложений элювиально-делювиального типа мощностью до 3-4 метров.

Наиболее благоприятны для применения поверхностной пешеходной гамма-съемки обнаженные участки и районы с открытыми механическими или солевыми ореолами. Обычно - это районы с хорошо расчлененным рельефом и широко развитой современной гидросетью.

Неблагоприятны для гамма-метода районы с большой мощностью ( более 2-3 м ) современных отложений и районы, хотя и с малой мощностью покрова, но с резко выраженным промывочным режимом ( гумидные зоны ), приводящим к вымыванию радиоэлементов из зоны исследования гамма-метода.

Эффективность гамма-метода зависит также от степени радиоактивного равновесия между ураном и радием. Когда это равновесие нарушено в сторону недостатка радия, продукты распада которого являются основными гамма-излучателями ряда урана, применение метода затрудняется.

Зажнейшими характеристиками радиоактивного поля являются понятия нормальное и аномальное гамма-поле.

Нормальное гамма-поле обусловлено  $\gamma$  - излучением пород с кларковым (нормальным) содержанием в них радиоэлементов. Так как содержание радиоактивных элементов может быть самым различным, то и нормальный радиационный фон будет различным. Даже в пределах одной и той же гетрографической разности пород величина нормального гамма- поля на разных участках будет разной, что объясняется неравномерным распределением радиоэлементов в горных породах. Над осадочными породами нормальное гамма-поле будет иным, чем над математическими. Нормальная гамма-активность пород обычно колеблется от 100 фА/кг до 1,5 пА/кг, редко достигая 2,37 - 3,57 пА / кг, (т.е. 30-50 мкР/ч по старой классификации единиц). Наибольшие значения нормального поля среди осадочных пород характерны для глин (до 1,5 пА/кг) и некоторых типов сланцев, а среди изверженных пород - для гранодиоритов и пегматитов (до 3,57 пА / кг). Нормальное поле  $\gamma$  - активности пород обуславливается не только содержанием в этих породах урана и радия, но и тория и калия.

При расчетах нормального гамма- поля необходимо помнить, что его величина зависит от телесного угла, т.е. нормальные поля активности одних и тех же пород в горных выработках и скважинах существенно отличаются от значений нормальных полей, измеренных на поверхности или над плоскими объектами (обнажения и т.п.).

Аномальное значение гамма- поля - это отклонение величины гамма- поля от среднего значения нормального  $\gamma$ - поля для данной разновидности пород.

Нижний предел аномальной радиоактивности обычно оценивают по величине нормального поля с учетом колебаний этой величины. Если обозначить вариацию (флуктуацию) нормального поля через  $\sigma$ , то нижний предел аномальной активности в этом случае определяется по формуле

$$J_a = J_{nor} + \delta\sigma \quad (1.1)$$

где  $J_{nor}$  - нормальное поле гамма-активности породы;

$\delta$  - коэффициент, который в зависимости от требуемой надежности оценки может приниматься в интервале от 2 до 3. В практике гамма-поисков коэффициент  $\delta$  обычно принимается равным 3.

$\sigma$  - средняя квадратичная ошибка, характеризующая флуктуацию нормального гамма-поля, т.е. отклонение отдельного измерения величины нормального поля от его среднего значения.

Среднюю квадратичную ошибку обычно рассчитывают по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (\bar{J}_{\text{нор}} - J_{\text{нор}})^2}{N-1}} \quad (I.2)$$

где  $\bar{J}_{\text{нор}}$  - среднее значение нормального гамма-поля пород данной петрографической разности, в А/кг;

$J_{\text{нор}}$  - отдельное измерение интенсивности гамма-излучения нормального гамма-поля в тех же единицах;

$N$  - число измерений, произведенных в пределах этой разновидности пород.

Среднее значение нормального гамма-поля может быть определено, как среднее арифметическое результатов отдельных измерений. Более точное его значение можно найти из вариационной кривой  $\sigma$  - пород или путем построения спрямленного графика накопленных частот на вероятностной бумаге [7. с. 288-295, 9. с. 204-208] величина  $\sigma$  кроме формулы (I.2) может быть определена по вариационной кривой гамма-активности пород, как половина ширины этой вариационной кривой на уровне 0,6 её максимума.

Среди разновидностей гамма-метода (автомобильные, поисковый гамма-каротаж и др.) наибольшее распространение при поисках месторождений радиоактивных и сопутствующих элементов получили пешеходные гамма-съемки.

К основным видам пешеходной гамма-съемки относятся:

- поверхности пешеходная гамма-съемка;
- шпуровая гамма-съемка;
- гамма-профилирование горных выработок (прежде всего поверхностных);
- спектрометрические наблюдения с переносными приборами (гамма-спектрометрическая съемка)..

В ряде случаев возможно надежное выделение слабых геофизических аномалий ( $J_a \geq \bar{J}_{\text{нор}} + \sigma$ ), т.е. аномалий соизмеримых по интенсивности с уровнем помех ( $\bar{a} = \sigma$ ), при использовании вероятностно-статистических методов обработки геологического информации (последние работы А.А.Никитина и др.).

## I.2. Методика полевых работ

Пешеходная гамма-съемка заключается в измерении переносными радиометрами гамма-излучения на поверхности земли и в выявленииadioактивных аномалий.

Ввиду относительно малой проникающей способности гамма-излучения в горных породах глубинность гамма-метода небольшая и оставляет несколько десятков сантиметров ( и зависит от энергии  $\gamma$ -квантов, образующихся при распаде различных радионуклидов ). Поэтому измерения целесообразно проводить на обнажениях коренных пород или наносах небольшой мощности.

При поисках месторождений радиоактивных руд выполняют обычно маршрутную ( профильную ) или площадную гамма-съемку, а при геологическом картировании – преимущественно маршрутную.

Поисковые геолого-радиометрические маршруты проводятся с целью уточнения геологического строения района, изучения радиоактивности слагающих район пород и предварительной оценки площади по признаку доступности для описывания её гамма-методом.

Поисковые маршруты прокладываются вкрест простирания пород с учетом геологических признаков, наиболее благоприятных для локализации оруденения. Маршрут ведется геологом в сопровождении оператора ( техник-геофизик ). По ходу маршрута оператор непрерывно прослушивает радиоактивности горных пород, обязательно исследует естественные и искусственные обнажения горных пород. При этом особое внимание уделяется зонам тектонических нарушений, дробления, окварцевания, гематитизации, лимонитизации, контактов пород.

При составлении маршрутов в районах с резкорасчлененным рельефом; кроме того, учитывают направление гидросети и основных форм рельефа. Тут съемку проводят по сети криволинейных маршрутов, проходимым по наиболее обнаженным частям рельефа – водоразделам, тальвегам ручьев и т.п.

Плотность точек наблюдений по маршруту зависит от масштаба поисков и сложности геологического строения участка. В пределах участка с частым чередованием пород и в пределах зон тектонических нарушений расстояние между точками измерений ( шаг съемки ) уменьшается / более подробно [В. с. 442-447, I. с. 170-173 и др.] /

При маршрутных исследованиях сеть наблюдений, как правило, предварительно не разбивается. Маршруты проходятся с помощью

горного компаса. На топографической карте отмечается начало маршрута и его азимут. Конкретное направление маршрута определяется геолого-геоморфологической обстановкой на участке и выбирается в процессе съемки. В подавляющем большинстве случаев реальный маршрут - это ломаная, волнистая или зигзагообразная линия, обязанная заходами на обнажения, обходами крутых скал, болот и резкому изменению простирации горных пород.

Привязка точек наблюдений гамма-активности ( а также гамма-аномалий, геологических точек и др. ) обычно выполняется на топографической карте, фотосхеме или контактной печати.

Площадные гамма-съемки проводятся в масштабе 1:50 000 и крупнее. Поиски масштаба 1:50 000 проводятся для выявления промышленных месторождений, приуроченных к определенным продуктивным горизонтам, в районах развития пологопадающих осадочных и метаморфических пород. Масштаб 1:25 000 применяется для поисков месторождений урана магматического генезиса.

Площадные гамма-съемки масштабов 1:10 000 и 1:5000 проводятся с целью тщательного опоискования геологических структур, непосредственно прилегающих к известным месторождениям или рудопроявлениям урана. Работы в более крупном чем 1:5 000 масштабе проводятся с целью оконтуривания выявленных при поисках аномалий, изучения характера распределения гамма-поля на аномальных участках, выяснения связи аномальных значений с теми или иными породами, а также выбора места заложения выработок для вскрытия рудных тел в коренном залегании.

Проведению полевых наблюдений предшествуют подготовительные работы, которые сводятся к следующему:

- для качественного проведения поисковых работ необходимо иметь крупномасштабные геологические карты района с хорошей топографической основой ( желательно масштабов 1:25 000 и 1:10 000 ). /Геологическая карта, на которую наносят результаты радиометрических измерений, служит основой геолого-геофизической интерпретации радиометрических данных / ;
- производится подготовка аппаратуры ( настройка приборов на энергетический порог регистрации импульсов, градуирование радиометров, определение их чувствительности и т.д. ) ;
- выполняется рекогносцировочное обследование района работ для уточнения природных условий ведения поисковых работ, осуществляется предварительная оценка величины нормального гамма-поля и т.д.

## I.2.1 Подготовка аппаратуры к работе

Основными подготовительными операциями, предшествующими проведению полевых наблюдений, проводимых с радиометрическими приборами являются следующие :

- а) градуировка радиометров с помощью радиоактивных образцовых источников ;
- б) определение инерционности показаний интенсиметра прибора ;
- в) определение интенсивности рабочего образцового источника, служащего для контроля работы аппаратуры и оценки поисковых качеств радиометра ( определение чувствительности и порога чувствительности прибора );
- г) определение радиационного фона радиометра.

### Градуировка радиометров

Сущность градуировки заключается в установлении зависимости показания прибора от величины мощности экопозиционной дозы ( интенсивности ) гамма-излучения. Эта зависимость выражается в виде графика градуировки ( рис. I.1 )

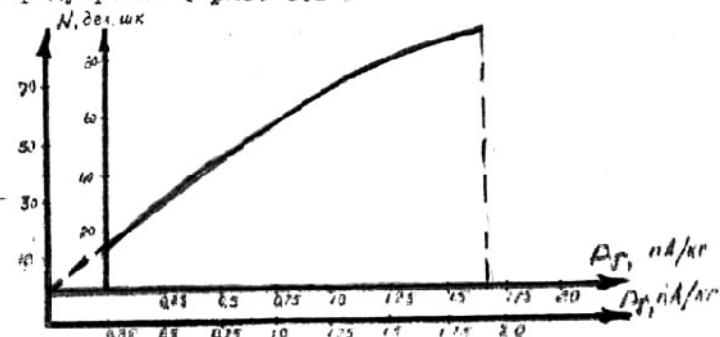


Рис. I.1. График градуирования радиометра

Радиометры градируют для того, чтобы измерения различных приборов или измерения одного и того же прибора, выполненные в разное время, или измерения приборов разных типов выразить в одинаковых единицах и получить истинное значение зарегистрированной и интенсивности гамма-излучения в ( А / кг или его производных ). В радиометрической практике единицы экопозиционной дозы широко используются для оценки интенсивности гамма-излучения, однако при этом допускается несоответствие физической сущности по-

нятий мощности дозы и интенсивности излучения.

Интенсивность пучка гамма-лучей определяется количеством энергии, проходящей в единицу времени через площадь поперечного сечения в ( $1 \text{ см}^2$ ) перпендикулярно к направлению пучка.

Мощность экспозиционной дозы характеризуется количеством энергии, поглощенной в данном объеме в единицу времени.

Однозначной связи между этими величинами в общем случае не наблюдается. Пользоваться единицами мощности дозы для измерения интенсивности гамма-излучения можно только при условии, если спектральный состав исследуемого излучения строго соответствует спектру эталонного (образцового) источника, при помощи которого градуировалась аппаратура. В ряде случаев, например, при пользовании радиометрами с газоразрядными счетчиками (с катодами из легких металлов) в диапазоне энергий 80 - 352 фэж ( $0,5 - 2,2 \text{ МэВ}$ ) интенсивность гамма-излучения с точностью до 10 % пропорциональна мощности дозы. Результаты измерений в этом случае могут быть выражены в  $\text{nA}/\text{кг}$  ( $\text{мкР/ч}$ ). При использовании сцинтилляционных детекторов выражение результатов измерений интенсивности гамма-излучений в единицах  $\text{МкР/ч}$  физического смысла не имеет - и может быть применено только для относительных сопоставлений приборов одного и того же типа.

В связи с повсеместным переходом на Международную систему единиц (СИ) представление значений мощности экспозиционной дозы в внесистемных единицах типа  $\text{мкР/с}$  (или  $\text{Р/с}$ ) с 1 января прекращается. В системе СИ единицами для выражения этой физической величины служат  $\text{А/кг}$  (и производные от неё).

Однако почти во всей литературе (в т.ч. и в последних изданиях) по радиометрическим и ядерно-физическим методам параметр интенсивности (мощности экспозиционной дозы) гамма- и рентгеновского излучения представлен в устаревших внесистемных единицах.

С целью сопоставления и понимания значений величин измеряемых параметров (в старых и новых единицах) в данной работе для удобства будут даваться они одновременно в двух системах (в системе единиц СИ и внесистемной). Последнее обстоятельство крайне важно для быстрейшего усвоения (переобучения) студентами новой общепринятой в мировом масштабе системе единиц.

Разница в показаниях радиометров вызывается тем, что нет абсолютно одинаковых детекторов, транзисторов и любых других радиотехнических деталей, из которых собрана схема присоров. Кроме того, эти детали имеют свойство с течением времени "стареть" и их параметры меняются.

Градуирование радиометров производится с помощью радиевых образцовых источников определенных серий ( чаще всего серий № 1 и № 2 ) на специальных стендах, расположенных на открытых площадках и удаленных от стен зданий не менее чем на 5 м. Например, с помощью поверочных установок типа УПРД-1 / 7, с. 137 / .

При градуировании сцинтилляционных приборов, чувствительных к мягкому рассеянному излучению, для защиты детектора от рассеянного излучения применяют экранирование его листом свинца, и устанавливают образцовый источник и блок детектирования на высоте 2-2,5 м от дневной поверхности, т.е. поверхности земли.

При градуировке образцовый источник помещают последовательно на различных ( $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ ) расстояниях относительно детектора радиометра. При каждом  $r_i$  снимается отчет по шкале прибора на разных диапазонах. Каждому расстоянию  $r_i$  соответствует определенная интенсивность гамма-излучения от радиоактивного источника, которая рассчитывается по формуле

$$P_{\gamma \text{ ми } J\gamma} = \frac{K\gamma A}{r_i^2} \quad (1.3)$$

где:

$P(J\gamma)$  - интенсивность излучения, в  $\text{пА} / \text{кг}$  (  $\mu\text{Р/ч}$  ),

$K\gamma$  - гамма-постоянная радионуклида, находящегося в образцовом источнике ( в  $\text{А} \times \text{м}^2 / (\text{кг} \times \text{Бк})$  ),

$A$  - активность источника, в  $\text{Бк}$

Для исключения случайных ошибок при снятии показаний прибора берется несколько отсчетов ( с учетом инерционности прибора ) и вычисляется среднее значение показания. Для повышения надежности снимаемых показаний при градуировке производятся контрольные замеры ( в виде обратного хода - удаления источника излучения от детектора прибора ).

Одновременно с записью показаний прибора в специальном журнале производится построение градуировочных графиков ( для каждого диапазона ) на масштабной бумаге.

Градуировочный график строится по результатам прямого и обратного (контрольного) ходов. По вертикальной оси откладываются отсчеты по микроамперметру в условных делениях, а по горизонтальной оси - значения интенсивности гамма-излучения в А/кг (мкР/ч). Графики вычерчиваются в масштабе, удобном для пользования, т.е. должны располагаться к осям координат под углом, близким к  $45^{\circ}$  (в этом случае ошибки, связанные с экстраполяцией градуировочных графиков, будут минимальны); для каждого диапазона прибора выбираются свои вертикальный и горизонтальный масштабы.

При градуировании диапазонов по точкам прямого и обратного ходов проводят осредняющую линию, характеризующую общую закономерность изменения отсчетов в зависимости от интенсивности регистрируемого гамма-излучения. Некоторый разброс точек относительно выделяемой средней линии вполне нормальное явление. Если одна или несколько точек не подчиняются плавному ходу градуировочной кривой (осредненной линии), то измерения на них следует повторить.

Для практического использования градуировочного графика осредненную кривую экстраполируют (продолжают) влево до пересечения с осью абсцисс. Данная точка пересечения является новым, истинным началом осей координат градуировочного графика, пригодного теперь для переведения любых показаний стрелочного индикатора в А / кг (мкР/ч). Расстояние между новым и старым началом координат (в масштабе абсцисс) определяет величину натурального фона на месте градуирования прибора / рис. I.I /.

Градуировочная кривая в видоизмененной системе координат / горизонтальная ось "смещена" в новое начало (нуль - в точке пересечения кривой с осью абсцисс) / позволяет перевести показания прибора, представленные в дел. шкалы, в абсолютные значения интенсивности гамма-излучения в единицах А/кг (мкР / ч).

В случае, когда градуировочный график представляет собой прямую линию (на первых, наиболее чувствительных диапазонах) по нему можно определять цену деления ( $j$ ) прибора:

$$j = \frac{P_2 - P_1}{N_2 - N_1} \quad (\text{nA / кг}) / \text{дел.шк.} \quad (I.4)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  - значения мощности дозы (интенсивности) в двух произвольных точках 1 и 2 графика,  
 $N_1$  и  $N_2$  - показания прибора (в делениях шкалы) в этих же точках.

При криволинейном характере градуировочного графика ( для наиболее грубых диапазонов ) цена деления прибора меняется для различных участков кривой ( шкалы ), поэтому по градуировочному графику составляют таблицу перевода показаний прибора ( в делениях шкалы ) в единицы интенсивности ( на / кг ).

Таблица I.I

ГРАДУИРОВОЧНАЯ ТАБЛИЦА

Радиометра типа СРП - 68 - ОI № 81

Оператор О.П.Мордвинцев

п.п.	Отчеты, в дел. шкалы	Интенсивность гамма-излучения, в на / кг	Примечание
1	10	0,1	
2	15	0,13	
3	20	0,17	

Градуировка является обязательным элементом подготовки радиометра к полевым измерениям и должна производиться 2-3 раза в месяц, а также независимо от этого после замены кристалла или ФЭУ, после ремонта, связанныго с заменой резисторов, конденсаторов и других деталей, и при резком изменении чувствительности прибора ( более чем на  $\pm 10\%$  ).

Определение инерционности  
радиометра

Инерционность прибора - время, за которое отсчет по стрелочному индикатору достигает наиболее вероятного значения, после чего стрелка токоизмерительного прибора начинает колебаться за счет флуктуаций.

Инерционность показаний прибора связана с запаздыванием зарядки накопительных конденсаторов, соединенных со стрелочным индикатором, её значение зависит от постоянной времени ( $\tau = RC$ ) регистрирующего блока радиометра и тем больше, чем больше величина  $RC$ . В современных радиометрах возможна установка двух

различных значений постоянной времени интегратора регистрирующего узла прибора. Так, в сцинтилляционном радиометре СРП-68 - ОI они принимают значения, равные  $\tau - RC = 2,5$  с и  $\tau = 5$  с. Величина  $RC$  изменяется также при переходе с одного диапазона на другой в связи с изменением емкости дозирующих конденсаторов.

От инерционности радиометра зависит скорость производства измерений и точность, снимаемых отсчетов. При большей инерционности прибора ниже производительность работ, но выше точность (надежность) отсчетов.

Взятие отсчетов без учета инерционности прибора приводит к искажению характера измеряемого аномального гамма- поля и к ошибкам при градуировке радиометра.

Практическое определение инерционности радиометра производится следующим образом: к детектору радиометра подносится рабочий радиоактивный источник, а затем по секундомеру фиксируется время (инерционность), за которое стрелка достигает некоторого среднего значения при данной мощности экспозиционной дозы источника гамма-излучения.

Работы (операция) по определению инерционности радиометрического прибора могут быть оформлены в виде вспомогательных исследований и внесены в следующую таблицу.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНЕРЦИОННОСТИ

радиометра типа СРП - 68 - ОI № 1378

Таблица I.2

п.п.	Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в А / кг	Постоянная времени $\tau - RC$ , в сек	Инерционность (время), в сек	Примечание
1.	3 пА / кг	2,5	9,3	
2.	23,7 пА/кг	5	15,7	

Оператор : А.Петров

/ подпись /

Помимо аномальных участков инерционность радиометров должна учитываться и в условиях спокойного гамма- поля, если поиски ориентированы на выделение аномалий низкой интенсивности.

## Контроль работы аппаратуры и оценка поисковых качеств прибора

Перед выходом в маршрут и по возвращении из него производят специальные измерения, позволяющие контролировать работу измерительной аппаратуры. Контрольные операции осуществляются утром и вечером путем измерения мощности дозы  $\gamma$  - излучения с рабочим радиоактивным источником ( $\text{Сe}^{60}$ ) и без него на контрольном пункте (КП), а также путем замеров этих параметров в маршруте (3-4 раза в день).

Измерения на контрольном пункте позволяют судить о постоянстве радиационного фона и стабильности работы прибора. КП выбирается вблизи лагеря на ровной площадке и на неактивных породах. Положение КП отмечается колышком с надписью. Не допускаются контрольные измерения на разных пунктах, расположенных на территории лагеря. Все измерения на КП выполняются с очень высокой точностью (фиксируется 5-10 отсчетов по шкале радиометра).

В маршруте контрольные замеры с рабочим контрольным источником выполняются через каждые 2-3 часа, а также при резком изменении температуры и фона излучения.

Результаты контрольных замеров на КП и в маршруте записываются в специальный журнал (таблица I.3)

### КОНТРОЛЬ РАБОТЫ РАДИОМЕТРА

Тип прибора С Р П - 6 8 - 0 1 № 81

Таблица № I.3

Дата	Мощность дозы в пА/кг (мкР/ч)		Примечание
	без источника	с источником	
18.11.83	1,15	1,13	утро      вечер      утро      вечер      КП № 3805
	1,45	25,8	ЛК 102 Р 2

Оператор: А.В.Сидоров

/ подпись /

По данным многодневных измерений, занесенных в специальный полевой журнал, строят графики измерений на КП.

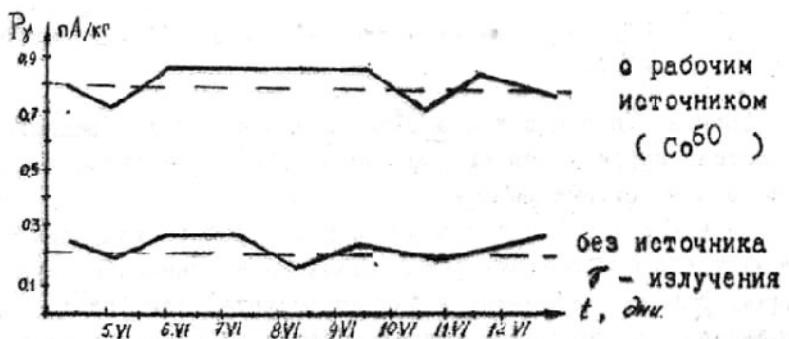


Рис. I.2 График показаний радиометра типа СРП-68-ОИ № 81 на контрольном пункте

Колебания показаний, определяемые как среднеквадратичные отклонения от значения, зафиксированного в день градуировки по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n-1}} \quad (I.5)$$

где  $P_i$  - отдельное значение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (с учтенным фоном) в определенный день, выраженное в  $\text{nA}/\text{кг}$  ( $\text{мкР/ч}$ );

$\bar{P}$  - среднее значение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения от контрольного источника, за вычетом фонового (без источника) значения, или значение мощности дозы, зафиксированное в день градуировки, представленное в  $\text{nA}/\text{кг}$  ( $\text{мкР/ч}$ );

$n$  - число измерений (усредненных), произведенных на КП.

не должны отклоняться от допустимых погрешностей, установленных техническими данными для определенного типа радиометра. Для прибора СРП-68-ОИ допустимая погрешность для каждой точки рассчитывается по формуле

$$\sigma_{\text{доп.}} = \pm (10\% \text{ от } P + 1,5\% \text{ от } P_k) \quad (I.6)$$

где  $P$  - расчетное значение измеряемой мощности экспозиционной дозы,

$P_k$  - верхнее значение мощности дозы установленного поддиапазона.

Оценка поисковых качеств радиометра достигается определением его основных параметров: чувствительности и порога чувствительности.

Чувствительность радиометра, под которой понимают его способность реагировать на изменения измеряемой величины, рассчитывается по величине отсчета, взятого по токоизмерительному прибору. Этот отсчет берется по величине мощности дозы излучения, избыточного над натуральным фоном. Чувствительность определяют по формуле

$$\eta = \frac{N_u - N_{u\phi}}{P_{f,u}} \quad (1.7)$$

где  $\eta$  - чувствительность радиометра, в деления шкалы  $\text{пА} / \text{кг}$

$N_u$  - величина отсчета ( с источником ), в дел. шкалы

$N_{u\phi}$  - величина отсчета натурального фона, в дел. шкалы

$P_{f,u}$  - мощность дозы гамма-излучения от контрольного источника, в  $\text{пА} / \text{кг}$ .

Определение чувствительности производится, как правило, на первых диапазонах, причем её значение должно составлять не менее 0,6 - 0,7 величины, указанной в паспорте прибора.

Порог чувствительности ( изменение измеряемой величины, вызывающее наименьшее перемещение его указателя, которое можно заметить при нормальном для данного прибора способе отсчета ) рассчитывается приближенно по максимальному отклонению стрелки индикатора от значения средней величины натурального фона и по чувствительности радиометра.

Расчет производится по формуле

$$L = \frac{\Delta N}{\eta} \quad (1.8)$$

где  $L$  - порог чувствительности прибора, в  $\text{пА} / \text{кг}$ ,

$\Delta N$  - максимальное отклонение от среднего значения натурального фона, в делениях шкалы,

$\eta$  - чувствительность радиометра, определенная по (1.7).

Чувствительность радиометра проверяется ежедневно и результаты проверки стабильности работы приборов изображают графически (рис. 1.3).

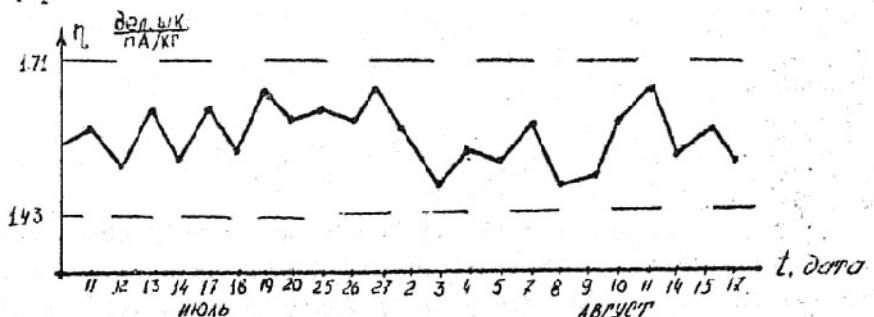


Рис. 1.3 График изменения чувствительности радиометра типа СРП - 68 - 01 № 46

Если чувствительность прибора изменилась более чем на  $\pm 10\%$  по сравнению с той, которую он имел в день градуирования, то производится внеочередная настройка и градуировка прибора.

#### Определение радиационного фона радиометра

Для обработки данных гамма-съемки требуется знать уровень радиационного фона (натурального), состоящего из космического ( $P_k$ ) и приборного ( $P_p$ ) фона (радиоактивное загрязнение прибора) :

$$P_{n.f.} = P_k + P_p \quad (I.9)$$

Учет (вычитание) радиационного фона необходим при количественных измерениях радиоактивности, особенно в тех случаях, когда измеряемый эффект излучения близок к фоновой скорости счета.

Для определения натурального фона гамма-радиометров применяются следующие способы:

##### 1. Измерения мощности дозы на поверхности водных бассейнов

Этот способ определения натурального фона  $P_{n.f.}$  является основным для пешеходных радиометров с газонаполненными и сцинтилляционными детекторами. Для определения фона можно использовать водоемы сравнительно небольших размеров, глубиной около 1,5-2,0 м.

и шириной 10-15 метров. При измерении мощности дозы на поверхности такого бассейна можно пренебречь излучением пород, слагающих дно и берега водоема. Концентрация радиоактивных элементов в водах рек и озер порядка  $10^{-12} \%$ , т.е. ниже концентрации радиоактивных элементов в горных породах и почвах на 2-3 порядка (в 100-1000 раз).

## 2. Измерение мощности дозы на поверхности пород с минимальным содержанием радиоактивных элементов

При измерениях используют обнажения чистых кварцевых песков, известняков, каменной соли (без примесей калия) и т.д. достаточно больших размеров. Так как радиоактивность таких пород мала, то измеренная мощность дозы будет фактически определять натуральный фон.

## 3. Измерения $P_{\text{н.ф.}}$ с помощью экранов.

Сущность этого способа состоит в том, что на одной точке производят измерения мощности дозы с экраном ( $P_{\text{з.}}$ ) и без экрана ( $P_{\text{б.з.}}$ ). По полученным при этом значениям вычисляют  $P_{\text{н.ф.}}$  по формуле

$$P_{\text{н.ф.}} = P_{\text{б.з.}} - \frac{P_{\text{б.з.}} - P_{\text{з.}}}{1 - \exp -M d} \quad (1.10)$$

используя для этого исходные уравнения:

$$P_{\text{б.з.}} = P_{\text{пор.}} + P_{\text{н.ф.}} \quad (1.11)$$

$$P_{\text{з.}} = P_{\text{пор.}} \exp -M d + P_{\text{н.ф.}}$$

где,  $M$  - коэффициент ослабления гамма-лучей в свинцовом экране,  $\text{см}^{-1}$ ;

$d$  - толщина экрана, см.

Величину  $\exp - M d$  для применяемого экрана можно определить опытным путем.

Если работы ведутся в высокогорных районах, то одним из перечисленных способов необходимо определить радиационный (натурализм) фон на различных высотах и по полученным данным построить кривую изменения фона с абсолютной высотой. По этой кривой можно получить значения фона для любых промежуточных высот.

По окончании подготовительных работ приступают к полевым наблюдениям.

## 1.2.2. П о л е в ы е    н а б л ь д е н и я

Работа в маршруте при пешеходных гамма-поисках ( съемка ) состоит в непрерывном и тщательном прослушивании активности пород в телефон радиометра и измерении мощности дозы (  $\mu\text{A}/\text{кг}$  ) в фиксированных точках. Густота точек наблюдений по маршруту зависит от сложности геологического строения изучаемой площади. При частой смене пород фиксированные точки берутся через 5-10 м, а при однородном составе пород шаг наблюдений может быть увеличен до 40-50 м. Зоны тектонических нарушений, перспективные горизонты, зоны контактов разнородных пород должны обследоваться в более крупных масштабах, чем основной масштаб поисков, и с большей густотой пунктов наблюдений по профилю.

При прослушивании гамма-активности пород в маршруте оператор перемещается со скоростью 1-2 км / ч. При измерениях на обнажениях блок детектирования радиометра прикладывают торцом вплотную к поверхности породы. При поисковых работах во время переходов от точки к точке прибор оставляют включенным и держат зонд на расстоянии 5-10 см от земной поверхности, увеличивая тем самым зону обхвата измерениями. Кроме измерений в фиксированных точках наблюдений оператор может отклоняться от основного направления маршрута в полосе шириной до 100 м для обследования всех обнажений пород, свалов, ссыпей и т.д.

Снятие показаний прибора в фиксированных точках должно проводиться с учетом инерционности радиометра. Результаты измерения гамма-активности в фиксированных точках, а также аномальные значения их в стороне от маршрута ( на обнажениях, свалах и других пунктах ) заносятся в полевой журнал радиометрических наблюдений.

В полевом журнале ( перед началом маршрута ) оператор указывает название участка, номер маршрута, масштаб поисков, дату проведения работ, фамилию геолога ( сопровождающего его в маршруте ), тип и номер прибора, а также схему расположения поисковых маршрутов. На топографической карте отмечает начало профиля ( маршрута ) и его азимут. При работах масштаба 1:10 000 и крупнее маршруты прокладывают по предварительно разбитой инструментально сети. При масштабах мельче, чем 1:10 000, сеть наблюдений, как правило, не разбивается - расстояния между точками измерений отмеряются шагами.

При проведении измерений гамма-активности в маршруте рисует-

ся абрис местности, по которой проходит маршрут, делаются зарисовки обнажения и точками отмечаются места фиксированных замеров. На абрисе отражают характерные ориентиры местности ( дороги, вершины, отдельные строения, рощи, изгибы рек, перевалы, устья и истоки рек и т.д. ).

Форма записи результатов наблюдений в полевом журнале следующая ( таблица I.4 ).

Таблица I.4

Участок работ "Бричмуллинский"

Маршрут ( профиль ) № IV

Масштаб работ 1:10 000

Дата 26 июня 1983 г.

Прибор СРП-68-01 № 476

Оператор: Гулямкадыров Б.А.

Геолог: Марова Н.В.

№ №	Номера	Расстояние между точек	Диапазон измерений	Показания прибора, дел.шкал	Интенсивность прибора, дел.шкал	Геологическая картина	Геология	Примечание
I	1	2	3	4	5	6	7	8
II	.	.	.	.	.	.	.	.
III	46	39	10	30	27	2,1	+	Гранит

В случае обнаружения участков с повышенной  $\gamma$  - активностью ( аномалии ) оператор прекращает маршрут и обследует окрестности аномалии с целью предварительного определения размеров аномальной площади и характера изменения в её пределах интенсивности гамма-излучения ( детализация аномалий ). Если аномалия небольших размеров ( первые десятки квадратных метров ), то осуществляется сплошное прослушивание всей площади ( промежуточные профили с выходом в нормальные поля ); в точках с максимальной интенсивностью  $\gamma$  - излучения производится расчистка почвенного слоя или рыхлых отложений геологическим молотком для измерения активности на глубине с целью возможного обнаружения рудного образца. Аномальные точки на местности закрепляются временным репером ( кол, тур из камней ).

Аномалии больших размеров на этом этапе работ не оконтуриваются, а оставляются для последующих детальных съемок, а оператор продолжает маршрут.

Детальное обследование аномалий и их предварительная оценка

( определение её происхождения и установление связи с кореннымрудным телом ) является одним из самых ответственных этапов поисковых работ. Эти работы проводятся в более крупных масштабах, например, 1:2000 и крупнее, и сводятся к проведению спектрометрических и глубинных наблюдений ( шпуровая  $\gamma$ -съемка, гамма-каротаж и др. ).

После оконтуривания аномалий и установления их природы они вскрываются горными и буровыми работами.

Качество результатов съемки оценивается путем проведения повторных наблюдений. Особенность пешеходной гамма-съемки является то, что линии маршрутов ( в большинстве случаев ) не закрепляются на местности, и поэтому контрольный маршрут не может повторить первоначальный ( т.е. если первичное значение  $B_{\gamma}$  в точке с № (  $i$  ) было измерено на коренных породах, то повторное наблюдение в точке с таким же номером может быть выполнено на наносах и при другом телесном угле ).

В силу специфики работ оценку качества выполнения поверхностной пешеходной  $\gamma$ -съемки следует проводить следующим образом:

#### 1. Выявление надежности исследования территории

Для этого другими лицами повторяются первичные маршруты ( или проходятся дополнительные - между первичными ). Критерий надежности изучения территории является отсутствие пропусков аномалий, интересующих исследователей при том или ином масштабе изучения.

#### 2. Определение размера ошибки средней или наиболее вероятной интенсивности $\gamma$ -излучения пород вдоль всего маршрута или внутри отдельных разновидностей пород

Для этого оператор, пользуясь картой, на которую был нанесен первичный маршрут, проходит его вторично. По результатам первичных и повторных наблюдений по нескольким маршрутам вычисляется ошибка средней или наиболее вероятной ( по вариационным кривым ) интенсивности  $\gamma$ -излучения отдельных разностей пород.

#### 3. Определение размера ошибки величины измеряемой интенсивности гамма-излучения на точке

Для этого выполняется совместный маршрут со всеми имеющимися ( в полевом отряде ) радиометрами. На каждой точке замер интенсивности всеми приборами выполняется независимо и одновременно / сеть наблюдений, условия измерений, система отсчетов остаются такими

как при обычной съемке.

По значениям  $P_j$ , полученным на данной точке с различными приборами, вычисляется средняя интенсивность ( мощность дозы ) гамма-излучения:

$$P_j = \frac{P_{j1} + P_{j2} + P_{j3} + P_{j4} + P_{jn}}{n} \quad (I.12)$$

где  $n$  - число приборов в маршруте;

$j$  - номер точки наблюдений.

Из осреднения исключаются приборы, показания которых резко отличаются от других. Далее, для каждой точки определяется  $\Delta P_{ji}$  - отклонение показаний каждого  $i$ -го прибора от средней  $\bar{P}_j$  на этой точке:

$$\Delta P_{ji} = P_{ji} - \bar{P}_j, \text{ пА/кг} \quad (I.13)$$

Затем анализ погрешности определения интенсивности  $\gamma$ -излучения на точке ведут вариационным методом. Для чего по полученным разностям на всех точках совместного маршрута строится общая вариационная кривая погрешности для всех приборов в целом и затем для каждого прибора в отдельности [ 8 с. 453-455 ].

### I.3 Обработка и интерпретация данных гамма-съемки

Обработку результатов гамма-съемки начинают с перевода показаний радиометра ( в делениях шкалы, имп/с или имп/мин ) в единицы мощности дозы ( интенсивности )  $\gamma$ -излучения по градуировочному графику ( рис. I.1 ) и таблице ( табл. I.1 ) или, при линейном характере градуировочного графика, по формуле

$$P_{изм.} = Nxj, \text{ в пА/кг} \quad (I.14)$$

Зная ( по различным способам определения ) величину радиационного ( натурального ) фона, можно определить мощность дозы излучения горной породы

$$P_{пор.} = P_{изм.} - P_{н.ф.}, \text{ в пА/кг} \quad (I.15)$$

По исправленным ( за величину радиационного фона ) результатам гамма-съемки осуществляют их графическое изображение, которые затем используют для геологической интерпретации.

Результаты пешеходной гамма-съемки изображают:

а) в виде графиков мощности дозы ( интенсивности )  $\gamma$ -излуче-

- ния по профилю (маршруту) ;
- в виде карт графиков (корреляционная схема), выполняемых на прозрачной основе и накладываемых на геологическую карту ;
  - в виде изолиний интенсивности при площадном характере проведенных наблюдений ;
  - в виде цветных или заштрихованных кружочков, соответствующих положению одной или нескольких точек по маршруту ;
  - в виде цветных отрезков по линии маршрута, раскрашенных в соответствии с принятой легендой;
  - в виде обобщенных карт гамма-активности.

Последний способ представления материалов используется в целях широких обобщений данных пешеходной гамма-съемки. Результаты здесь представляются в виде карты гамма-активности. Для составления используются геологическая карта и вариационные кривые интенсивности  $\gamma$ -излучения пород. Такая карта выполняется в более мелком масштабе, чем масштабы съемок, после составления карт в кружках или цветных отрезках. / более подробно в § 8 с. 463-466 /.

Чаще всего по данным  $\gamma$ -съемки строят графики изменения гамма-активности пород по маршруту. Отдельно строится план маршрута на топооснове, на которой отмечается направление маршрута, номера обнажений и значение  $\gamma$ -активности на них. При проведении площадной гамма-съемки строят планы графиков или карты изолиний гамма-активности. Маршрутную и (или) площадные карты выполняют на кальке и накладывают на геологическую карту.

В зависимости от целей гамма-съемки дальнейшую обработку ведут различными способами:

а) производят статистическую обработку данных - если основной задачей гамма-съемки является изучение радиактивности горных пород. Цель статистической обработки - получение объективных количественных характеристик гамма-активности горных пород (среднего вероятного значения (меди), дисперсии и т.д.).

Статистическая обработка материалов состоит из двух этапов: предварительной обработки (составление исходной документации) и математической обработки данных (установление основных закономерностей изменения физических параметров исследуемых пород).

Первый этап обработки - построение гистограмм и вариационных кривых распределения гамма-активности для одновозрастных пород одного и того же состава. По данным измерений составляется ряд распределения, в котором все значения  $\gamma$ -активности в порядке их возрастания (неубывания).

После намечаются интервалы разбиения ряда с учетом вычисления разности максимальным и минимальным значением ряда, их число должно быть не менее 5-7. Выбор длины интервалов и их числа производится таким образом, чтобы были видны особенности характера распределения. Далее подсчитывают частоту (число измерений, попадающих в каждый интервал) и сумму всех измерений. / Примечание : значение, точно равное пограничному двух соседних интервалов, относят к нижнему интервалу /. Для частоты на сумму всех измерений, получают относительные частоты (частоты попадания измеренных значений в каждый интервал), которые выражают в долях единицы или процентах. Накопленные частоты для каждого интервала вычисляют как сумму частостей по всем предшествующим и данному интервалам. Результаты вычислений заносят в таблицу I.5.

Таблица I.5

№	Интервал	Число измерений	Относительная частота (частота)	Накопленная частота	Исправленная частота
п.п.	интенсивно-стей, $\mu\text{A}/\text{kg}$	(частота)	(частота)	(частота)	(частота)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

По результатам вычислений, отраженным в табл. I.5, строят гистограмму (вариационную кривую - при большом числе измерений) и коммюляту (накопленных частот) распределения.

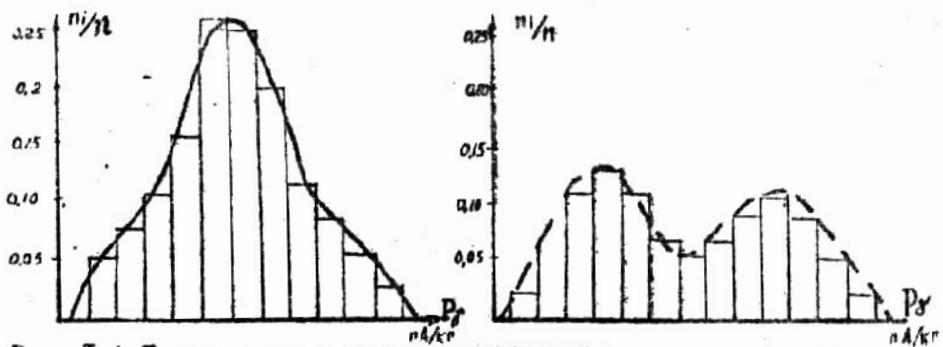


Рис. I.4 Гистограммы и вариационные кривые распределения

Гистограмма (вариационная кривая) / рис. I.4 / определяет степень изменчивости распределения радионуклидов в горной породе. Так, симметричная и узкая гистограмма отвечает более однородному составу породы, нежели асимметричная. В отдельных случаях гистограмма (вариационная кривая) может быть многовершинной, что, как правило, имеет место при объединении в одну группу пород различного состава.

Максимум гистограммы ( вариационной кривой ) дает важную характеристику гамма-активности пород - наиболее вероятное значение.

Гистограмма дает представление о статистическом законе распределения измеряемых величин. Знание закона распределения позволяет более точно определять среднее значение, дисперсию, величину размаха колебаний, долю значений гамма-активности в любом интересующих нас интервале значений, количественную характеристику степени асимметрии и т.д.

Законы распределения являются исходным материалом для дальнейших статистических исследований. Например, с помощью статистических критериев может быть решен вопрос о существенности расхождений между средними значениями гамма-активности горных пород и возможности на основании этого заключения литологического расчленения пород в скважинах по данным гамма-зондирования ( каротаж ).

По результатам статистических исследований выделяют нормальные и аномальные поля, устанавливают стахистические ( вероятностные ) связи физических параметров с различными геолого-петрографическими факторами. Решение этих и других геолого-геофизических задач с использованием вероятностно-статистических методов обработки информации рассматривается в [ 7. с. 288-295, 9. с. 206-208, II. с.33-38 ].

При поисках месторождений радиоактивных руд в задачу обработки входит:

- выделение зон повышенной радиоактивности,
- оценка перспективности этих зон,
- определение целесообразности проведения дальнейших поисково-разведочных работ.

Для этого на выявленных аномалиях производится их предварительная оценка, при которой учитывается размеры и форма аномалии, геологическое строение участка, околорудные изменения, наличие рудоконтролирующих структур и т.д. На точках с максимальной активностью определяют природу радиоактивности, для чего отбирают образцы и анализируют их на уран и радий, а также на элементы-спутники урана: молибден, свинец, олово и др.

При поисках урановых месторождений в отдельных благоприятных случаях можно приближенно оценить концентрацию урана в породе. В этом случае коренные отложения должны выходить на поверхность, их радиоактивность обусловлена только элементами урано-радиевого ряда, участок повышенной радиоактивности должен занимать площадь в  $1-2 \text{ м}^2$ .

Содержание урана (  $C_u$  ) в породе рассчитывается по формуле

$$C_u = \frac{P_f}{K} , (\%) \quad (I.16)$$

где  $P_f$  - мощность дозы гамма-излучения, в  $\mu\text{A}/\text{кг}$  ;

$K$  - пересчетный коэффициент от мощности дозы гамма-излучения к содержанию урана в породе, в  $\mu\text{A}/\text{кг} / \%$  ( определяется на специальных моделях ).

Более подробно вопросы обработки и геологического истолкования результатов гамма-съемки отражены в [ 6 ; В с. 455, 463-466 ; и др ].

#### I.4. Задание

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия полевого радиометра / СРИ-68-О1, "Прогноз" и др. /.

2. Подготовить радиометр к работе:

- провести основные настроочно-проверочные работы,
- определить его основные метрологические характеристики ( цену деления, инерционность, погрешности измерений и т.д.)
- осуществить оценку поисковых качеств прибора ( чувствительность, порог чувствительности ).

3. Проградуировать прибор по образцовому радиевому источнику, построить градуировочные кривые на масштабной бумаге для всех диапазонов. По графикам построить градуировочные таблицы.

4. Произвести инструментальную разбивку сети наблюдений для детальных исследований.

5. Выполнить гамма-съемку по маршруту и ( или ) по сети профилей / по заданию преподавателя /.

6. Обработать результаты измерений по маршрутам ( профилям ), по сети профилей, на обнажениях и т.д. ; построить графики изменения гамма-активности пород по маршруту ( профилю ) и геологический разрез к нему, карты графиков и изолиний гамма- поля и т.п.

7. Произвести статистическую обработку результатов массовых измерений ( определить значения величин нормального и аномального гамма-полей,  $\gamma^1$  - активности горных пород ). Построить гистограммы и вариационные кривые исследуемых параметров. Оценить качество полевых измерений ( по различным методикам ).

8. Дать геологическое истолкование результатам гамма-съемки.

## 2. ШПУРОВАЯ ГАММА-СЪЕМКА

Шпуровая гамма-съемка является разновидностью пешеходной гамма-съемки и применяется при изучении перспективных на уран и торий площадей, покрытых элювиально-делювиальными (до 3 м) и дальнеприносными отложениями небольшой мощности (до 1 м). Этот вид работ производится там, где по природным условиям остаточные ореолы рассеяния перекрыты чужими отложениями (в 0,8 - 1 м) или ореолы выходят на поверхность, но сильно ослаблены и не фиксируются обычной гамма-съемкой. Глубина шпуров (мелких скважин), в которых проводятся исследования, должна достигать представительного горизонта (достаточного поискового уровня). Под представительным горизонтом понимают глубину измерения, достаточную для уверенного выявления ореола рассеяния радиоэлементов.

Неблагоприятными для проведения шпуровой съемки являются плавни, перекрытие мощными ледниками, золовыми и аллювиальными отложениями, а также участки с грубообломочными и глыбовыми отложениями (каменные потоки).

Чувствительность шпуровой гамма-съемки выше поверхностной. Это связано с тем, что измерения при шпуровой съемке в геометрии, близкой к  $\sqrt{H}$ , кроме того, в шпуре измеряют излучение нижних слоев ореолов, в которых содержание радиоэлементов выше (как правило), чем на поверхности.

### 2.1. Методика полевых работ

Шпуровая гамма-съемка производится в шпурах глубиной 0,8-1 м / наблюдения в мелких скважинах от 2 до 25 м относят к группе глубинных поисков / чаще всего по заранее разбитой сети наблюдений, которая определяется масштабом съемки (таблица 2.1).

#### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЕТИ ШПУРОВОЙ ГАММА-СЪЕМКИ

Таблица 2.1

Масштаб съемки	Расстояния между профилями, м	Расстояния между шпурами на профиле, м
1:25 000	250 - 200	20 - 10
1:10 000	100	20 - 10
1: 5 000	50	10 - 5
1: 2 000	25 - 20	5 - 2
1: 1 000	10	2 - 1

Шпуры готовятся, как правило, вручную с помощью лома и кувалды, диаметром около 3 см.

Основными приборами, которые применяются при пешеходной шпуровой съемке являются радиометры СРП-2 ( с гильзой ШГ-25, СРП -2К и СРП-68-03. Перед началом работ приборы настраивают на высокую чувствительность, тщательно градуируют, определяют величину фона-вого излучения. Работа аппаратуры контролируется замерами гамма-излучения без и с контрольным рабочим источником утром и вечером на КП, а также через каждые 2 часа в течение рабочего дня и всякий раз, когда работа радиометра вызывает сомнение.

Измерения мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения производят на забое шпера ( участки спокойного гамма- поля ). В шперах с аномальной гамма-активностью измерения  $R_{\gamma}$  выполняются в нескольких точках при подъеме гильзы. В промежутке между шпераами и при опускании гильзы в шпур  $\gamma$ -активность прослушивается в телефон. На площадях с встречающейся обнаженностью коренных пород исследуются выходы пород как по линии профиля, так и в стороне от него.

Результаты наблюдений записываются в журнал ( форма его - таблица 2.2 ).

#### Шпуровая гамма-съемка

Участок Каратуз - Башк

Дата 27 июня 1983 г.

Прибор СРП-68-03 № 183

Таблица 2.2

Профиль	Расстояние	Глубина	Диапазон измерений	Отчет в	Примечание
Пикет	ниже ме-	измерений	измере-	дел. инкал	ные
п.п.	ду точки	ний	ний	неп/о	ные
Пикет	ими	1 в и	1 в и	1 в и	1 в и
I..	17 / 40	5	50	100	17
			30	100	18
			10	100	19
			0	100	15

Оператор: А.Шатохин

/ подпись /

При выполнении шпуровой  $\gamma$ -съемки с радиометром типа СРП-68-03 результаты съемки лучше представлять в единицах (  $\text{с}^{-1}$  ), так как их представление в единицах мощности экспозиционной дозы (  $\text{nA}/\text{kg}$  или в  $\text{мкР/ч}$  ) будет довольно условными, из-за попадания излучения в детектор с геометрией  $4\pi$ .

В графе "Примечание" следует привести сведения, которые мо-

гут пригодиться при оценке аномалий – характер рыхлых отложений, изменение активности с глубиной, схема предварительной детализации аномалии и другие сведения, характеризующие отклонение от принятых условий наблюдений.

Контроль за качеством шуповых гамма-поисков необходимо осуществлять регулярно путем повторных измерений мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения в пределах нормальных и аномальных полей (при соблюдении всех условий измерений: в тех же шпурах и на одинаковой глубине). При этом обращать внимание на качественную сходимость результатов съемки в пределах аномалий и на количественную – в пределах спокойного гамма- поля. Среднее квадратическое отклонение (формула I.2) мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения основных измерений от контрольных не должно превышать 20 %. Число контрольных точек должно составлять 3-5 % от числа основных.

## 2.2 Обработка и изображение результатов шуповой гамма-съемки

Измеренные значения  $\gamma$ -активности в шпурах на разных глубинах, полученные в делениях шкалы прибора, переводят по градуировочному графику (или выполненной по нему таблице I.I) в единицы мощности дозы (нА/кг) в соответствии с диапазоном, на котором они измерены. Однако при шуповых (скважинных) измерениях правильнее представлять величину наблюдаемой гамма-активности в единицах нмп / с (из-за влияния на конечный результат 4% геометрии).

Затем значения мощности дозы в нА/кг (нмп/с) для каждой глубины измерений (для аномальных участков) заносят на графики гамма-активности шуповой  $\gamma$ -съемки по профилю. При отсутствии аномальных значений в шпуре – графики  $\gamma$ -активности шуповой съемки по профилю строят по уровням забоя шпуря.

В ряде случаев, когда съемкой охвачен весь участок по густой сети наблюдений, составляется план графиков шуповой  $\gamma$ -съемки. Итоговым документом площадной съемки является карта изолиний гамма-активности.

## 2.3. Задание

1. Разбить профили на участки выполнения шуповой гамма-съемки.
2. Подготовить радиометр к работе (произвести основные наладочно-проверочные работы, осуществить проверку основных метрологических характеристик прибора и т.п.).

3. Программировать радиометр, построить градуировочные графики ( таблицы ) для всех диапазонов.
4. Подготовить шпуры для производства наблюдений, выполнить измерения на профилях / с учетом задания преподавателя / .
5. Провести контрольные измерения на КП и на отдельных профилях.
6. Осуществить обработку результатов полевых измерений, оценить качество выполненных работ.
7. По результатам измерений построить графики шуповой гамма-съемки по профилям для определенных глубин ( по заданию руководителя ), составить карты изолиний гамма-активности для конкретных участков.
8. Провести геологическую интерпретацию результатов съемки.

### 3. ГАММА - ПРОФИЛИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Гамма-профилирование горных выработок является частью геологической документации. Канавы, шурфы, расчистки, подземные горные выработки по мере проходки или после окончания её, параллельно с геологическим описанием, тщательно обследуются с помощью переносных радиометров.

Гамма-профилирование ( съемка ) в горных выработках, пройденных при поисково-разведочных работах, производится с целью выявления и оконтуривания рудных тел, вскрытых выработкой.

#### 3.1. Методика полевых работ

При изучении  $\gamma$ -активности пород, вскрытых выработками, стеки их вначале прослушивают в телефоне радиометра, а после этого выбирается определенная сеть наблюдений с последующим замером мощности, дозы  $\gamma$ -излучения в фиксированных точках.

При выборе сети следует учитывать геологическое строение участков, пересеченных выработкой ( ми ). Сеть наблюдений может быть геометрически неправильной. Точки измерений радиоактивности нужно располагать таким образом, чтобы были обследованы все вскрытие разновидности пород, зоны контактов, зоны дробления, гидротермальной переработки пород, минерализации.

При регистрации повышенной  $\gamma$ -активности сеть наблюдений склоняют таким образом, чтобы выяснить размеры, конфигураций аномального участка и наметить линии, по которым необходимо произвести радиометрическое опробование или отобрать бороздовые пробы.

При отсутствии повышенной активности в канавах точки измерений обычно располагаются по одной из стенок и дну канавы. Средняя плотность измерений - одна точка на 1 м<sup>2</sup> стенки и (или) 1 м длины канавы.

В шурфах измерения проводятся по двум смежным стенкам (реже по четырем) и забоя. Документацию следует вести через 1-1.5 м проходки шурфа. Число фиксированных точек - одна на каждой стенке на 1 м углубки и одна в центре забоя.

В подземных выработках (штолни, штреки, квершлаги, рассечки) измерения выполняют по периметру выработки, по П-образным профилям, расстояние между которыми (в зависимости от геологического строения) изменяется от 2 до 10 м. Число точек на профиле зависит от сечения выработки (3-5 до 8). В качестве обязательного - документация забоя горной выработки.

Во всех случаях при обнаружении аномалии расстояние между фиксированными точками измерений сгущается до 20-10 см.

Для качественной оценки  $\gamma$ -и  $\beta$ -активности вскрытых выработкой пород применяются пешеходные и переносные радиометры типа СРП-68-О1, "Прогноз" и др., а при количественной оценки концентрации урана в породах применяются приборы направленного приёма (например, ПРН4-О1, РГН-2А и др.).

Результаты измерений записываются в журнал (таблица 3.1), где отмечается местоположение горной выработки, делается зарисовка её в плане и разрезе (канавы, расчистки), указывается ориентировка по странам света и т.п.

#### ЖУРНАЛ ГАММА-ПРОФИЛИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Участок Солнечный

Выработка Канава № 13-б

Дата 6 июля 89г.

Прибор СРП-68-О1 № 29

Оператор: М.И.

Таблица 3.1

№ п.п.	Выработка,	Расстоя- ние между пикетами	Диапазон изме- рения	Показания датчика	Мощность дозы	Приложение
4	13-6/ 04	I	100	32	2.7	дно, лимони- тизация

Оператор:

/ подпись /

Номер точки, под которым она занесена в журнал, должен соответствовать номеру этой точки на геологической зарисовке выработки. В разделе "Примечание" необходимо указать все дополнительные сведения - где проводятся измерения в выработке ( кровля, стенка и т.п. ), название породы, наличие измененных зон, их характер и т.п.

В процессе измерений радиометр контролируется с помощью рабочего образцового источника, с ним проводят градуировку, определяют у него основные метрологические характеристики.

### 3.2 Обработка результатов документации горных выработок

Полученные данные наносятся на зарисовку горной выработки. Чтобы не загромождать план выработки, значения наносят на прозрачную основу ( кальку ), на котором выполнена вся геологическая зарисовка / тушью вычерчены контуры с наиболее существенными элементами ( контакты пород, жилы, зоны дробления и т.д. ), нанесены условные обозначения пород, контуры вторичной минерализации / .

На кальке ( совмещенной с зарисовкой ) отмечаются точки измерений радиоактивности. Если результаты измерений записываются в журнал, то возле каждой точки : в числителе ставят её номер, а в знаменателе дроби - результат измерений в ( пА/кг ). Если запись результата измерений в журнале не ведется, то возле точки записывается значение в пА/кг.

Дальнейшая обработка зависит от распределения радиоактивности и геологического характера вскрытых выработкой пород.

Если аномальные участки не имеют четко выраженных границ и явной приуроченности к геологическим элементам, то на кальке проводят изолинии ( обычно через 1 пА/кг ).

В случае приуроченности радиоактивных аномалий к наблюдаемым геологическим элементам, изолинии не проводят, а закрашивают аномальные участки условно выбранными цветами ( ярко-красный - наибольшие значения ).

По результатам съемки намечают линии для радиометрического и бороздового опробования. / Более подробно рассмотрены вышеизложенные вопросы в [7. с. 223-225 и 299-310; 9. с. 168-170, 214-215].

### 3.3. Задание

- а) подготовить прибор к работе, б) произвести настроочно-наладочные работы в) выполнить измерения в выработках, г) обработать материалы исследования и дать геологическое истолкование.

Номер точки, под которым она занесена в журнал, должен соответствовать номеру этой точки на геологической зарисовке выработки. В разделе "Примечание" необходимо указать все дополнительные сведения - где проводятся измерения в выработке ( кровля, стенка и т.п. ), название породы, наличие измененных зон, их характер и т.п.

В процессе измерений радиометр контролируется с помощью рабочего образцового источника, с ним проводят градуировку, определяют у него основные метрологические характеристики.

### 3.2 Обработка результатов документов горных выработок

Полученные данные наносятся на зарисовку горной выработки.

Чтобы не загромождать план выработки, значения наносят на прозрачную основу ( кальку ), на котором выполнена вся геологическая зарисовка / тушью вычерчены контуры с наиболее существенными элементами ( контакты пород, жилы, зоны дробления и т.д. ), нанесены условные обозначения пород, контуры вторичной минерализации / .

На кальке ( совмещенной с зарисовкой ) отмечаются точки измерений радиоактивности. Если результаты измерений записываются в журнал, то возле каждой точки : в числителе ставят её номер, а в знаменателе дроби - результат измерений в (  $\mu\text{A}/\text{kg}$  ). Если запись результата измерений в журнале не ведется, то возле точки записывается значение в  $\mu\text{A}/\text{kg}$ .

Дальнейшая обработка зависит от распределения радиоактивности и геологического характера вскрытых выработкой пород.

Если аномальные участки не имеют четко выраженных границ и явной приуроченности к геологическим элементам, то на кальке проводят изолинии ( обычно через 1  $\mu\text{A}/\text{kg}$  ).

В случае приуроченности радиоактивных аномалий к наблюдаемым геологическим элементам, изолинии не проводят, а закрашивают аномальные участки условно выбранными цветами ( ярко-красный - наибольшие значения ).

По результатам съемки намечают линии для радиометрического и бороздового опробования. / Более подробно рассмотрены вышеизложенные вопросы в [ 7. с. 223-225 и 308-310, 9. с. 168-170, 214-215 ].

### 3.3. Задание

а) подготовить прибор к работе, б) произвести настроочно-наладочные работы в) выполнить измерения в выработках, г) обработать материалы исследований и дать им геологическое истолкование.

## 4. АППАРАТУРА и ОБОРУДОВАНИЕ

В настоящее время основными переносными радиометрическими приборами, применяемыми при выполнении работ гамма- ( гамма + бета ) - методом, являются высокочувствительные радиометры ( СРП-68 "Одиссей", ПРН4-01 "Дедал", УПИИИ-1 "Прогноз" ).

### 4.1. СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ ПРИБОРЫ

СРП - 68 - 01 - 02 - 03 "Одиссей"

Сцинтилляционные радиометры типа СРП-68-01-02-03 предназначены для поисков рудопроявлений радиоактивных элементов по гамма-излучению на земной поверхности, в горных выработках и буровых скважинах.

Приборы типа СРП-68-01+03 изготавливаются в трех вариантах: СРП-68-01 ( для измерения радиоактивного излучения на поверхности ), СРП-68-02 ( для измерений в буровых скважинах ), СРП-68-03 ( для измерений в неглубоких скважинах ( шпурах ) и меньшего диаметра ).

Длина кабеля между пультом управления и блоком детектирования у радиометров СРП-68-01 и СРП-68-03 составляет 1,5 м, а у радиометра СРП-68-02 - 25 метров.

Каротажные приборы СРП-68-02 и СРП-68-03 могут работать с кабелем типа КРТ-3 длиной до 170 м.

#### Краткое описание устройства радиометров типа СРП - 68 - 01 - 02 - 03

В рабочий комплект радиометра входят: пульт управления, блок детектирования ( датчик ), соединенные друг с другом специальным кабелем ( трехжильный - в СРП-68-01 и одножильный коаксиальный в каротажных приборах СРП-68-02 и СРП-68-03 ), головной телефон и контрольный препарат ( источник ) - Со<sup>60</sup>.

В комплекте прибора предусмотрен специальный держатель, одеваемый на блок детектирования и позволяющий осуществить жесткую фиксацию контрольного источника при проверке работоспособности радиометрического прибора и других измерениях.

Пульт управления радиометра является универсальным измерителем скорости счета ( одинаков во всех вариантах прибора СРП-68 ). Он состоит из следующих узлов: верхней панели, толстостенного кожуха, а также неподвижной и откидной плат внутри корпуса, отсека для источников питания.

На верхней панели пульта прибора установлены: органы управления, окно микроамперметра, винт-заглушка арретира; сбоку панели

расположены гнезда головного телефона и ввод кабеля блока детектирования. В нижней части пульта расположен изолированный отсек для элементов питания.

Между панелью и кожухом проложено герметизирующее резиновое уплотнение. Прижим обеих частей пульта производится двумя винтами, к которым пристегивается ремень для ношения прибора.

Органы управления приборов имеют следующее назначение:

1. Переключатель диапазонов измерения - имеет 10 положений ( 5 по черному полю - соответствует градуировке прибора в имп/с ( $\text{с}^{-1}$ ) для каротажных радиометров. Поддиапазоны: 100, 300, 1000, 3000 и  $10^4$  имп/с.

5 по красному полю - соответствует градуировке в  $\mu\text{R}/\text{ч}$  ( для СРП-68-01 ). Поддиапазоны: 30, 100, 300, 1000 и 3000  $\mu\text{R}/\text{ч}$ .

В связи с повсеместным переходом в измерениях на систему единиц СИ, измеряемая мощность экспозиционной дозы гамма-излучения представляется в ( А / кг ). Теперь пределы измерений у прибора следующие: 2,37 ; 7,14 ; 23,7 ; 71,7 и 237  $\mu\text{A}/\text{кг}$  ).

2. Переключатель рода работ служит для включения прибора, проверки пригодности источников питания и напряжения в электрической схеме прибора. Рассчитан на 5 положений: "Выкл.", "Бат", "2,5", "5", "5в".
3. Кнопка "Контроль" служит для контроля плато счетной характеристики ФЭУ.

Элементы схемы радиометров смонтированы на неподвижно-закрепленной плате ( дозирующие конденсаторы ) и откидной плате ( интенсиметр и стабилизатор ). Интенсиметр собран на четырех микромодулях, стабилизатор на двух микромодулях этажерной конструкции / в связи с дальнейшим усовершенствованием конструкции прибора в ближайшее время предполагается перейти на интегральные микросхемы /.

Стрелочный прибор крепится к панели на амортизаторах. С внутренней стороны, на панели, установлены потенциометры подстройки градуировки. Индикатором установленной градуировки служит переключатель поддиапазонов.

Блок детектирования у различных видов прибора СРП-68 отличается формой и размерами, связанными с назначением каждого типа радиометра: у СРП-68-01 он равен ( 60 x 500 ), у СРП-68-02 он равен ( 35 x 150 ), а у СРП-68-03 - ( 25 x 1315 ).

Блок детектирования СРП-68-01 снабжен удлинителем, с меняющейся длиной; с торцевой стороны блока детектирования имеется ок-

но из тонкого ( 0,5 мм ) алюминия, предохраняемое съемным резиновым колпачком.

В блоки детектирования приборов СРП-68-02 и СРП-68-03 заделан каротажный кабель, длиной соответственно в 25 м и 1.5 м.

Для всех видов прибора СРП-68 блок детектирования состоит из:

1. Блока сцинтилляционного счетчика, состоящего из кристалла йодистого натрия  $\text{NaJ}(\text{Tl})$  и ФЭУ.
2. Монтажного лотка, в котором размещены блок усилителя-дискриминатора ( собран на трёх микромодулях ), залитый пенопластом блок высоковольтного выпрямителя, высоковольтный трансформатор и преобразователь. На монтажной плате помещен многооборотный потенциометр регулировки высокого напряжения для питания ФЭУ.

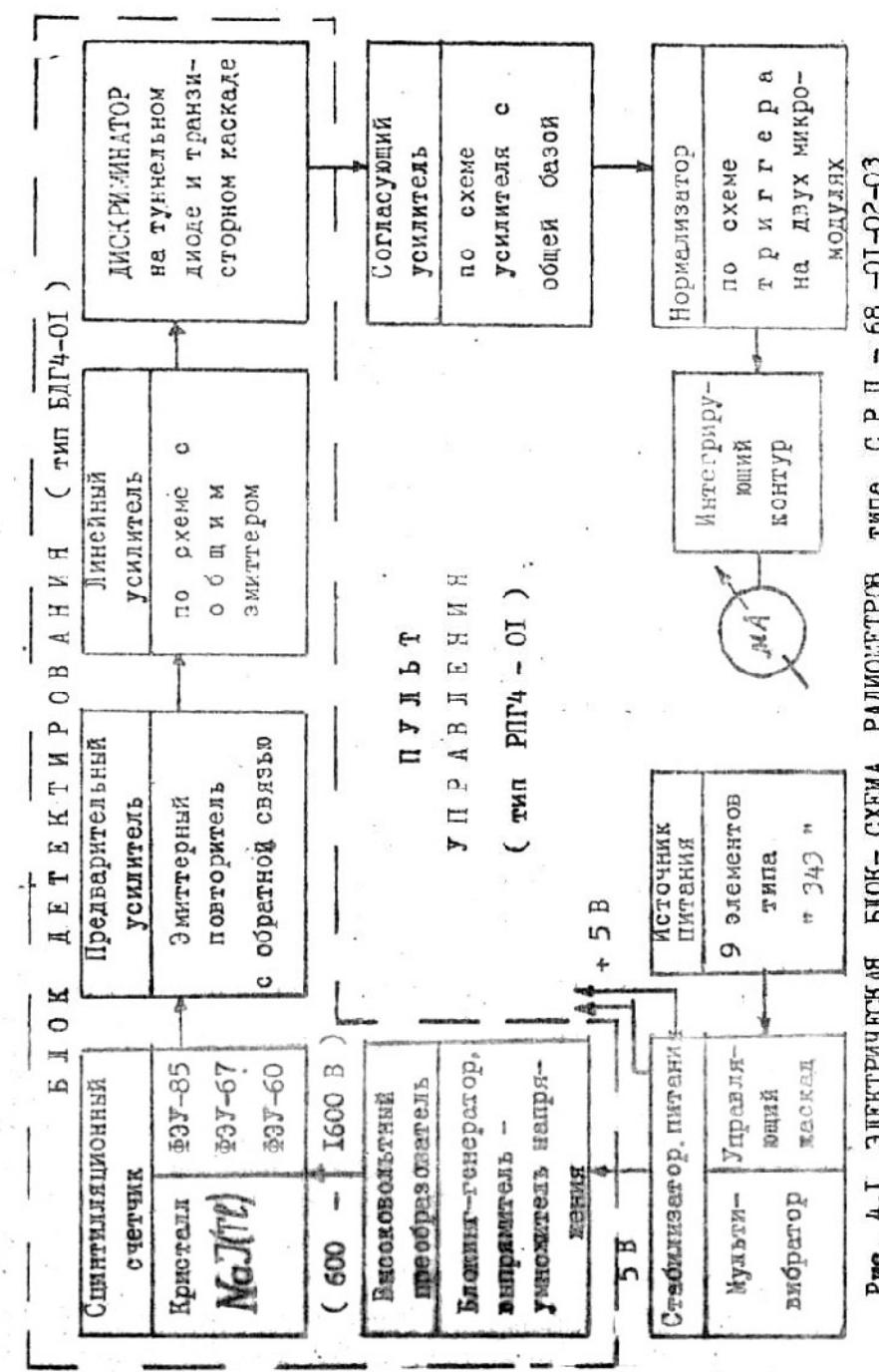
Блок сцинтилляционного счетчика состоит из кристалла йодистого натрия  $\text{NaJ}(\text{Tl})$  и фотоэлектронного умножителя ( ФЭУ ) с панелью высоковольтного делителя напряжения. Размеры кристаллов  $\text{NaJ}(\text{Tl})$  у радиометров различных типов следующие: 30 x 25 у СРП-68-01, ( 18 x 30 ) у СРП-68-02, ( 10 x 40 ) у СРП-68-03 - благодаря чему они обеспечивают чувствительность приборов в имп / с на 1 пА/кг соответственно не менее 33,6 ; 18,2 ; 8,4.

В приборах используются такие типы фотоэлектронных умножителей ( ФЭУ ) : в СРП-68-01 - ( ФЭУ-85 ), в СРП-68-02 - ( ФЭУ-67 ), в СРП-68-03 - ( ФЭУ-60 ).

Кристалл  $\text{NaJ}(\text{Tl})$  и ФЭУ амортизированы резиновым кольцом и прижимной пружиной, расположенными внутри разборного светозащитного кожуха, являющегося одновременно магнитным экраном. Кристалл крепится на ФЭУ резиновой манжетой. Оптический контакт между кристаллом и ФЭУ обеспечивается смазкой вазелиновым маслом.

Приборы имеют электрическую схему измерения, которая собрана почти полностью на микромодулях этажерной конструкции, представляющих собой набор дискретных плоских элементов одинаковой формы, собранных в столбик, и соединенных по граням столбика соединительными проводами, с последующей герметизацией. Микромодульная конструкция схемы позволяет эксплуатировать прибор в тяжелых режимах работы с сохранением стабильности и чувствительности радиометра, и позволяет увеличить срок работоспособности прибора при соблюдении соответствующих мер предосторожности.

Электрическая блок-схема радиометров СРП-68-01-02-03 приведена на рис. 4.1.



Основным элементом схемы прибора является детектор радиоактивного излучения, представленный сцинтилляционным счетчиком. Детектирование гамма-излучения с помощью сцинтилляционного счетчика основано на эффекте преобразования энергии радиоактивного излучения в электрические сигналы.

Так при взаимодействии гамма-квантов с кристаллом  $\text{NaJ}(\text{TC})$  в нем возникают световые вспышки (сцинтилляции), средняя частота которых пропорциональна интенсивности измеряемого излучения, а яркость вспышки зависит от энергии падающих гамма-квантов.

Кванты света действуют на фотокатод ФЭУ и вырывают из него электроны, число которых значительно возрастает в результате вторичной эмиссии при прохождении их через умножающую систему динодов ФЭУ. Поток электронов, вызванный вспышкой в кристалле  $\text{NaJ}(\text{TC})$ , умноженный динодной системой, при попадании на анод ФЭУ вызывает в его цепи появление отрицательного импульса тока, а на анодной нагрузке ФЭУ - отрицательного импульса напряжения.

Современно с "полезными" сигналами, обусловленными попаданием на сцинтилятор излучения, в анодной нагрузке ФЭУ возникают "шумовые" импульсы, связанные, главным образом, с термоэлектронной эмиссией фотокатода и динодов ФЭУ. Самые большие "шумовые" импульсы образуются электронами, вылетевшими из фотокатода; для каждого из последующих динодов коэффициент усиления будет убывать и соответствующие им шумовые импульсы будут иметь всё меньшую величину. Так как амплитуда "шумов", в большинстве случаев, меньше амплитуды импульсов, вызываемых гамма-излучением, то их разделение и подавление "шумов" можно осуществлять с помощью амплитудного дискриминатора. В радиометре СРП-68 эту роль выполняет блок усилителя-дискриминатора, размещенный в выносном зонде (блок детектирования). Блок усилителя-дискриминатора состоит из эмиттерного повторителя, усилителя и дискриминатора, каждый из этих узлов собран на одном (своём) микромодуле.

Эмиттерный повторитель предназначен для согласования высокомного сопротивления выхода ФЭУ с низкоомным входным сопротивлением усилителя. Собран он по схеме составного эмиттерного повторителя с обратной связью (через конденсатор), наличие которого вместе с шунтирующим вход каскада постоянным резистором повышает стабильность усилительного каскада.

Дальнейшее усиление сигналов производится усилителем, собранным по схеме с общим эмиттером.

Дискриминатор импульсов тока собран на туннельном диоде ( АИ - 301А ) и транзисторном каскаде ( микромодуль ). Дискриминация от "шумов" производится на уровне энергий около 5 фдж ( 30 кэв ), что соответствует максимальной чувствительности устройства. Пороговое значение тока, поступающего с выхода усилителя через разделительный диод, переводит рабочую точку туннельного диода на высоковольтную ветвь характеристики. Транзистор каскада насыщается и туннельный диод пропускает ток, пиковое значение которого равно 2 мА. Длительность генерируемого импульса определяется током разряда конденсатора ( общего с усилителем ). Импульс тока в коллекторной цепи транзистора дискриминатора является выходным сигналом блока детектирования, который передается затем по кабелю на измеритель скорости счета, находящийся в пульте управления.

Согласующий каскад является входным в измерителе скорости счета, собран он на транзисторе по схеме усилителя с общей базой, причем входное сопротивление каскада согласовано с волновым сопротивлением коаксиального кабеля величиной в 40-50 ом, входной сигнал на него подается с разделительного дросселя, необходимого для однопроводной связи с блоком детектирования.

Затем усиленные импульсы подаются на нормализатор, который стандартизует сигналы по амплитуде и длительности, и собран по схеме триггера ( на 2-х микромодулях ). Триггер состоит из двух одинаковых плеч-клапанов диодно-транзисторной логики ( ДТЛ ), т.е. имеет два устойчивых состояния и одновременно переходящих из одного состояния в другое при каждом поступлении входного сигнала. К первому плечу триггера подключен через резистор источник питания, а параллельно этому же резистору-головной телефон.

Амплитуда перепада напряжения со второго плеча триггера может быть подрегулирована двумя потенциометрами для подстройки одной из градуировок в имп/с (  $\text{с}^{-1}$  ) и другой в микр/ч ( мА/кг ); перепады напряжения с коллектора плеча триггера поступают на дозирующие ёмкости, заряжают их. Интегрирующий контур ( интенсиметр ) получает заряд с определенных дозирующих ёмкостей и преобразует его в непрерывный ток, величина которого измеряется микроамперметром ( токоизмерительным прибором ).

Внутри пульта управления расположены стабилизатор питания, собранный на двух микромодулях, назначение которого в поддержании постоянного напряжения (  $5,0 \pm 0,1$  В ), подаваемого на элементы

Дискриминатор импульсов тока собран на тунNELЬНОМ диоде ( АИ - 301А ) и транзисторном каскаде ( микромодуль ). Дискриминация от "шумов" производится на уровне энергий около 5 фдж ( 30 кэв ), что соответствует максимальной чувствительности устройства. Пороговое значение тока, поступающего с выхода усилителя через разделительный диод, переводит рабочую точку тунNELЬНОГО диода на высоковольтную ветвь характеристики. Транзистор каскада насыщается и тунNELЬНЫЙ диод пропускает ток, пиковое значение которого равно 2 мА. Длительность генерируемого импульса определяется током разряда конденсатора ( общего с усилителем ). Импульс тока в коллекторной цели транзистора дискриминатора является выходным сигналом блока детектирования, который передается затем по кабелю на измеритель скорости счета, находящийся в пульте управления.

Согласующий каскад является входным в измерителе скорости счета, собран он на транзисторе по схеме усилителя с общей базой, причем входное сопротивление каскада согласовано с волновым сопротивлением коаксиального кабеля величиной в 40-50 ом, входной сигнал на него подается с разделительного дросселя, необходимого для однопроводной связи с блоком детектирования.

Затем усиленные импульсы подаются на нормализатор, который стандартизует сигналы по амплитуде и длительности, и собран по схеме триггера ( на 2-х микромодулях ). Триггер состоит из двух одинаковых плеч-клапанов диодно-транзисторной логики ( ДТЛ ), т.е. имеет два устойчивых состояния и одновременно переходящих из одного состояния в другое при каждом поступлении входного сигнала. К первому плечу триггера подключен через резистор источник питания, а параллельно этому же резистору-головной телефон.

Амплитуда перепада напряжения со второго плеча триггера может быть подрегулирована двумя потенциометрами для подстройки одной из градуировок в имп/с (  $s^{-1}$  ) и другой в микр/ч ( пА/кг ); перепады напряжения с коллектора плеча триггера поступают на дозирующие ёмкости, перезаряжая их. Интегрирующий контур ( интенсиметр ) получает заряд с определенных дозирующих ёмкостей и преобразует его в непрерывный ток, величина которого измеряется микроамперметром ( токоизмерительным прибором ).

Внутри пульта управления расположены стабилизатор питания, собранный на двух микромодулях, назначение которого в поддержании постоянного напряжений (  $5,0 \pm 0,1$  В ), подаваемого на элементы

электрической схемы ( эмиттер-коллектор ), при постоянной разрядке элементов питания. Стабилизатор питания включает в себя: пропускающий каскад на двух транзисторах, мультивибратор и управляющий каскад.

Назначение управляющего каскада в изменении скважности колебаний ( 4 мин ) мультивибратора, которая обеспечивает возрастание выходного напряжения при уменьшении напряжения источника питания до уровня, при котором срабатывает туннельный диод и происходит запасание энергии дросселем.

Энергия дросселя возвращается в нагрузку в течение периода, когда пропускающий каскад выключен. Этим достигается постоянство напряжения, подаваемого на элементы электрической схемы. В схеме стабилизатора предусмотрен диод, который предохраняет схему прибора от напряжений обратной полярности при ошибочном включении элементов питания.

Для получения высокого напряжения, необходимого для питания ФЭУ, в радиометре предусмотрен высоковольтный преобразователь ( расположжен он в блоке детектирования ), состоящий из двухтактного генератора с самовозбуждением на двух транзисторах ( блокинг-генератор ), а также высоковольтного выпрямителя, собранного по схеме умножения напряжения.

С выхода выпрямителя отрицательное высокое напряжение через фильтр RC поступает на высоковольтный делитель ФЭУ. С помощью многооборотного переменного резистора осуществляется регулировка выходного напряжения высоковольтного преобразователя в пределах от 600 до 1 600 вольт ( для СРП-68-01 ) и от 900 до 1300 вольт ( для СРП-68-02-03 ).

Комплект питания прибора состоит из 9 сухих элементов типа "343" ( 1,6 ФМЦ-у-1,8 ), обеспечивающих нормальную работу в течение 200 часов.

Головной телефон подключается для контроля работы радиометра и примерной оценки мощности дозы ( интенсивности ) гамма-излучения при полевых наблюдениях.

#### 4.1.1 Принцип работы прибора

Прибором измеряется скорость следования электрических импульсов, возникающих в сцинтилляционном счётчике под действием гамма-излучения.

Детектором регистрируемого радиоактивного излучения в приборе служит оптически чистый кристалл  $\text{NaJ}(\text{TF})$  ( люминафор )

с фотозелектронным умножителем.

Величина средней скорости следования импульсов ( в имп/с ) в данных условиях определяется параметром чувствительности прибора.

Электрические сигналы, возникающие в детекторе, усиливаются, затем дискриминируются от "шумов" на уровне энергии около 5 фДж ( 30 кэв ), что соответствует максимальной чувствительности устройства.

Отсчет в  $s^{-1}$  ( имп/с ) или в единицах мощности экспозиционной дозы  $\mu A/kg$  (  $\mu R/\text{ч}$  ) производится по стрелочному прибору, включенному в интегрирующий контур интенсиметра.

Из-за статистического характера измеряемых импульсов во времени стрелка прибора совершает флуктуационные колебания, величина которых определяется постоянной времени интегрирующего контура. Большой постоянной времени ( $T = RC$ ) контура соответствует меньшая флуктуация стрелки и, наоборот, при малой величине постоянной времени отмечаются заметные колебания стрелки токоизмерительного прибора.

Наличие стабилизатора питания в радиометре обеспечивает независимость показаний от напряжения батареи в процессе её разрядки.

#### 4.1.2. Порядок подготовки прибора к работе

Перед началом работы с прибором необходимо в его батарейном отсеке установить комплект источников питания:

- для этого переключатель рода ( режима ) работ поставить в положение "Выкл" ;
- проверить, чтобы стрелка токоизмерительного прибора находилась на нуле. Если не находится, то установить её ретиром прибора, предварительно отвернув винт-заглушку ретира ;
- затем отвинтив винты, открыть крышку батарейного отсека, расположенного в нижней части пульта управления, и вставить туда комплект источников питания ( 9 элементов типа "Э43" ), обращая особое внимание на полярность подсоединения элементов(схема подсоединения источников питания приведена на нижней поверхности пульта управления ).

После этого закрыть крышку отсека и затянуть винты.

Работу с радиометром следует начинать в такой последовательности:

- a) переключатель диапазонов измерений установить в одно из положений, соответствующему минимальной чувствительности прибора; при работе с полевым вариантом радиометра - на красное поле, соответствующее градуировке прибора в  $\mu\text{А}/\text{кг}$  (  $\text{мкР/ч}$  ), а при работе с картотажными приборами - на черное поле, что соответствует градуировке в  $\text{s}^{-1}$  ( имп/с ). При этом переключатель рода работ должен находиться в положении "Выкл";
- b) перевести переключатель режима работ из положения "Выкл" в положение "Бат", в этом положении стрелочный прибор контролирует величину напряжения источника питания и должен показывать  $8 \pm 15 \text{ В}$  ( полная шкала соответствует 15 вольтам );
- c) после этого переключатель режима работ устанавливают в последнее положение "5В" - здесь стрелочный индикатор прибора контролирует стабилизированное напряжение питания - 5 В ( полная шкала равна 10 вольтам ). При вставлении в батарейный отсек разряженных ( непригодных ) элементов питания стрелка индикатора не достигнет положения 5 вольт, чаще всего не отклонится от нулевого положения ;

\* Примечание : Однако такой способ проверки пригодности источников питания радиометра является необходимым, но явно недостаточным видом контроля, так как схема запуска имеет недостатки, связанные с самопроизвольным отключением импульсного стабилизатора, который работает от выходного напряжения, создаваемого генератором управляющего каскада и мультивибратора.

Для запуска используется конденсатор  $C_2$  / смотри электрическую схему в инструкции прибора /, включенный между входом стабилизатора и базой транзистора ПП I в блоке управляющего каскада. В момент включения, импульс тока заряда этого конденсатора кратковременно открывает транзистор ПП I, который, в свою очередь, открывает транзисторы ПП2 и ПП3, на выходе появляется напряжение и генератор начинает работать. После выключения стабилизатора пусковой конденсатор  $C_2$  разряжается через резистор  $R_1$ . Если напряжение питания исчезло на короткое время ( вследствие нарушения контакта между выводами элементов в батарее питания при толчках и ударах ), то пусковой конденсатор не успевает разрядиться, разряд батареи приводит к увеличению её внутреннего сопротивления. При этом стабилизатор не запускается при включении или прекращает работать через некоторое время.

- г) контроль плато счетной характеристики ФЭУ осуществляется в положении "5" переключателя режима измерений и при нажатой кнопке "контроль". В этот момент к специальной отметке на блоке детектирования приложен контрольный источник ( $\text{Co}^{60}$ ) прибора. Показания стрелочного индикатора должны сохраняться в пределах 90 % от показаний прибора при отжатой кнопке "контроль" (нажатием этой кнопки осуществляется изменение коэффициента усиления усилителя ФЭУ на 20-30 %);
- д) контрольный источник  $\text{Co}^{60}$  служит также для проверки стабильности работы прибора. Для этого источник прикладывают к отметке на блоке детектирования - показания стрелочного прибора должны соответствовать паспортным (до указанного там срока) или величине, полученной во время последней градуировки радиометра, с учетом распада радиоактивного источника  $\text{Co}^{60}$ ;
- е) в положениях "2,5" и "5" переключателя режима работы радиометр включен для измерений мощности экспозиционной дозы гаммаизлучения с постоянной времени интегрирующей ячейки, равными 2,5 и 5 секунд.

Выбор постоянной времени интегрирующей ячейки диктуется с одной стороны точностью производимых измерений и скоростью взятия отсчетов по измерительному прибору с другой стороны. Большой величине ( $\tau = RC = 5 \text{ с}$ ) соответствует меньшая величина статистических флуктуаций стрелки индикаторного прибора, чем в случае с малой величиной ( $\tau = RC = 2,5 \text{ с}$ ), а отсюда и выше точность взятия отсчетов. Правда, повышение точности отсчетов приводит к увеличению продолжительности одного измерения за счет возрастания инерционности прибора.

При градуировке радиометра целесообразно устанавливать посто-

\* Так как ЭДС батареи, которые уже не обеспечивают работы из-за большого внутреннего сопротивления, уменьшается незначительно, а незапущившийся стабилизатор не потребляет тока, то по показаниям индикаторного прибора разряженную батарею невозможно отличить от пригодной, т.е. новой.

Этих недостатков лишены радиометры СРП-68-01-02-03, выпущенные в последние годы, т.е. модернизированные.

В ранних моделях этот недостаток можно избежать за счет относительно простой переделки схемы запуска.

янную времени, равную 5 с, так как при выполнении этой операции требуется более высокая точность измерений и надежность полученных значений измеряемой величины.

При производстве полевых наблюдений, в большинстве случаев, можно устанавливать переключатель рода работ в положение "2,5", что значительно увеличивает производительность исследований при заданной точности наблюдений.

При полевых наблюдениях переключатель диапазонов устанавливается в положение, соответствующее нужному диапазону измерений, который выбирают, исходя из того, чтобы показания прибора были бы не менее 30 % шкалы, кроме самого чувствительного диапазона.

Для удобства взятия отсчетов шкала стрелочного индикатора разбита как бы на две шкалы: верхнюю - с предельным значением 100 и нижнюю - со значением 30. При установке переключателя диапазонов в положениях 30, 300, 3 000 ( мкР/ч ) и 300, 3000 ( имп/с ) отсчеты берутся по нижней части шкалы, а при положении переключателя в 100, 1000 ( мкР/ч ) и 100, 1000,  $10^4$  ( имп/с ) - по верхней части шкалы. В системе единиц СИ предельные значения мощности экспозиционной дозы в радиометрах типа СРП-68 для 5 диапазонов равны : 2,37 ; 7,14 ; 23,7 ; 71,7 и 237 пА / кг. В связи с этим шкалы индикатора с предельными значениями (30 и 100) имеют чисто символическое значение. Перевод показаний в единицы м.з.д.  $\gamma$ -излучения ( пА / кг ) осуществляется с помощью переводных множителей, приводимых в паспорте прибора. Точные значения переводных множителей можно определить после градуировки прибора образовыми источниками гамма-излучения.

#### 4.1.3 Основные настроечно-проверочные операции

В процессе эксплуатации радиометров типа СРП-68 в полевых условиях прибор ( прежде всего блок детектирования ) подвергается частому воздействию неблагоприятных факторов: встряски, удары, meteorологические причины и т.д., которые могут привести к различного рода неисправностям в приборе и ( или ) изменению тех или иных метрологических характеристик ( параметров ) радиометра.

Работа с аппаратурой включает в себя действия, не только связанные с её подготовкой к наблюдениям и их производство, но и рассчитана на целый ряд операций по регулировке, настрой-

ке и проверке ( поверке ) основных метрологических характеристик прибора, способствующих повышению качества измерений.

В процессе эксплуатации прибора периодически ( не реже 1 раза в 12 месяцев ) проверяется следующие характеристики:

- плато счетная характеристика ФЭУ и энергетический уровень дискриминации ;
- основная погрешность прибора и чувствительность блока детектирования ;
- основная погрешность устройства измерителя скорости счета.

В процессе настройки энергетического уровня дискриминации производится проверка работы аттенюатора ( радиотехническое устройство, уменьшающее выходной сигнал в заданное число раз; делитель напряжения ) сигнала и снятие плато-счетной характеристики ФЭУ.

### 1) ПРОВЕРКА РАБОТЫ АТТЕНЮАТОРА СИГНАЛА

Для проверки работы аттенюатора сигнала необходимо:

- выключить прибор ;
- разобрать блок детектирования, вынуть оттуда кристалл  $N_3(Tl)$  и ФЭУ ;
- с помощью генератора импульсов на вход эмиттерного повторителя в блоке детектирования ( ДИ-О1 ) подать через емкость 0,01 мкФ отрицательный импульс длительностью 2 мкс и амплитудой, соответствующей порогу срабатывания прибора ( по отклонению стрелки интенсиметра ) ;
- нажать кнопку В1 аттенюатора сигнала и повторить измерение пороговой амплитуды сигнала. Пороговая амплитуда должна при этом увеличиться в 2,6 - 3,7 раз.

### 2) СНЯТИЕ ПЛАТО СЧЕТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЭУ

Счетная характеристика ФЭУ представляет собой зависимость показаний прибора от напряжения, подаваемого на ФЭУ. На плате преобразователя блока детектирования находится переменное сопротивление регулировки высокого напряжения. При изменении сопротивления меняется напряжение питания преобразователя ( в пульте ), что ведет к изменению усиления ФЭУ. При малом усиении импульсы с малой амплитудой не будут проходить через дискриминатор, следовательно, не будут регистрироваться прибором.

В определенном интервале усиления все полезные сигналы отмечаются радиометром. Показания прибора в этой области будут постоянными. Эту область называют плато счетной характеристикой ФЭУ. Дальнейший рост усиления приводит к резкому возрастанию показаний прибора (при постоянной интенсивности регистрируемого излучения), за счет увеличения амплитуды "шумовых" сигналов и регистрации их вместе с полезными.

При снятии счетной характеристики ФЭУ необходимо произвести следующие действия:

- вставить ФЭУ и кристалл № 7(7L) на свои места (ПРИ ВЫКЛЮЧЕННОМ ПРИБОРЕ !), установить светозадиные кожухи в блоке детектирования ;
- подключить электростатический вольтметр к высоковольтному выводу выпрямителя преобразователя блока детектирования;
- подключить ламповый вольтметр на измерение положительного напряжения до + 5 В к эмиттерным выводам транзисторов ПП1 и ПП2, расположенных на плате преобразователя блока детектирования ;
- включить прибор ;
- установить контрольный источник ( $\text{Co}^{60}$ ) вблизи детектора ;
- с помощью переменного резистора регулировки высокого напряжения установить по статическому вольтметру высокое напряжение, указанное в паспорте ФЭУ, соответствующее интегральной чувствительности ФЭУ в 10 А / лм ;
- найти плато ФЭУ, для чего с помощью переменного резистора плавно изменять величину высокого напряжения, следя за показаниями прибора пульта и лампового вольтметра. За плато принимают тот участок напряжений, в котором показания прибора изменяются не более, чем на 5 %. Результаты наблюдений записать в таблицу 4.1.

#### ПЛАТО - СЧЕТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЭУ

Дата 17 июня 1983 г.

Радиометр типа СРП-68-03 № 183

Оператор : В.А. Крючин

Таблица 4.1

Показания электростатического вольтметра У, в В	Показания радиометра, в делениях шкалы	Показания лампового вольтметра 24 , В

Оператор:

/ подпись /

- отметить показания лампового вольтметра, соответствующие начальному  $U_1$  и конечному  $U_2$  напряжению области плато;
- установить рабочее напряжение ( $U_{раб.}$ ), соответствующее середине плато, т.е.

$$U_{раб.} = \frac{U_1 + U_2}{2} \quad (4.1)$$

Затем необходимо осуществить контроль настройки энергетического уровня дискриминации. Правильность регулировки усиления с точки зрения дискриминации шумовых импульсов необходимо проконтролировать с помощью источника мягкого гамма-излучения таллия ( $Tl^{204}$ ) /  $E_{\gamma} = 45-200$  кэв / для чего необходимо:

- убрать контрольный источник  $Co-60$ ;
- установить контрольный источник  $Tl-204$  по отношению к торцу блока детектирования таким образом, чтобы показания прибора были в середине шкалы (на диапазоне 1000 или 3000 имп/с);
- нажать кнопку аттенюатора сигнала, при этом показания прибора должны снизиться до уровня 0.7 от начального;
- при необходимости подстроить высокое напряжение с помощью регулятора высокого напряжения.

#### ПРОВЕРКА ОСНОВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИБОРА И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЛОКОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

Для проверки чувствительности блока детектирования в одной из проверяемых точек, на 60-80 процентов шкалы, прибор переключают на измерение в имп/с, и производят отсчет показаний прибора. Чувствительность прибора определяется следующим соотношением:

$$L = \frac{A_i}{P_i} \text{ (имп/с) / (пА/кг)} \quad (4.2)$$

где  $A_i$  и  $P_i$  - показания прибора в имп/с и пА/кг.

Чувствительность должна быть не меньше 2,4 имп/с на 0,07 пА/кг  
Для настройки чувствительности необходимо проделать следующие операции:

- выключить радиометр;
- разобрать детектор, вынуть кристалл  $NaJ(Tl)$  и ФЭУ;
- переключатель диапазонов поставить в положение для измерения в имп/с;
- подключить генератор импульсов на вход эмиттерного повторителя в блоке детектирования через емкость 0,01 мкФ;

- включить прибор ;
- подать отрицательный импульс амплитуды порядка 100 мВ, длительностью  $2 \pm 0,5$  мкс и частотой, равной 0,3 , 0,6 , 0,9 конечного значения шкалы каждого поддиапазона. Частоту генератора необходимо установить с точностью 0,5 %, контролируя её с помощью частотомера ( 43 -ИЗ и др. ) ;
- произвести отсчеты показаний прибора ( не менее 5 ) в каждой точке.

По результатам наблюдений вычисляют основную погрешность измерителя скорости счета.

По техническим данным прибора допустимая погрешность устройства скорости счета не более

$$\delta_{\text{доп.}} = \pm ( 2,5 \% \text{ от } A + 1,5 \% \text{ от } A_k ) \quad ( 4.3 )$$

где  $\bar{A}$  - число имп/с в проверяемой точке, контролируемое прибором,

$A_k$  - конечное значение предела ( диапазона ) измерения.

Относительные допустимые погрешности, а также погрешности измерителя скорости счета вычисляют для каждой точки по формулам

$$\delta_{\text{доп.}} = \frac{\sigma_{\text{доп.}}}{A} \cdot 100; \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2} \quad ( 4.4 )$$

где  $A_i$  - наблюдаемые значения скорости счета.

Если погрешность измерения выходит за пределы допусков, то необходимо произвести укладку диапазона с помощью резистора - регулятора подстройки градуировки в имп/с .

Результаты наблюдений и вычислений заносят в таблицу 4.2

#### ОСНОВНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ СКОРОСТИ СЧЕТА

Таблица 4.2

№	Диапа-	Контролиро-	Наблюдае-	Допустимая	Погрешность
п.п.	зон	в	ние	значе-	прибора
				ние	
				$\delta_{\text{доп.}}$	$\sigma$
				имп/с	имп/с
				%	%

Оператор: В.Н.Смирнов

/ подпись /

## 5. ПОЛЕВАЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ Общие положения

Радиоактивность горных пород и руд определяется наличием в них урана, тория с продуктами их распада и калия. В общем случае вклад  $U$ ,  $Th$ ,  $K$  в суммарное гамма-излучение пород примерно одинаков. Так над гранитами, содержащими  $3 \cdot 10^{-4} \%$  урана,  $1.5 \times 10^{-3}$  тория и  $4 \%$  калия, примерно 50 % гамма-излучения приходится на долю калия, около 35 % на торий и около 15 % на уран (радий). Таким образом гамма-аномалии, создаваемые некоторыми породами, бывают в ряде случаев соизмеримыми по интенсивности излучения с гамма-полями над рудными объектами. Это обстоятельство (особенно при наличии смещения радиоактивного равновесия в урано-радиевых рудах) определяет необходимость раздельного определения урана (радия), тория и калия в гамма-аномалиях, выявленных при проведении аэро-, авто и пешеходных гамма-съемок.

В последние годы работы по раздельному определению концентраций урана, тория и калия в породах и рудах (в естественном залегании) ознаменовались широким развитием и внедрением в практику поисковых исследованием на уран спектрометрического гамма-метода.

Определенных успехов достигла гамма-спектрометрия в аэроварианте не только при поисках радиосырья, но и при поисках нерадиоактивных элементов таких как олово, золото, вольфрам, молибден, редкие металлы и др. Широко сейчас используется гамма-спектрометрия в самых различных вариантах (автомобильный, пешеходный, скважинный, лабораторный) при решении поисково-разведочных и других геологических задач.

Основными достоинствами спектрометрического гамма-метода являются: оперативность в получении необходимых сведений без отбора проб, большая по сравнению с обычным опробованием представительность данных, возможность заметного удешевления и повышения эффективности опробования и др. за счет получения дополнительной информации.

Особое место среди других методов радиометрических исследований занимает наземная гамма-спектрометрическая съемка, с помощью которой решаются следующие задачи: а) определяется природа радиоактивных аномалий, выявленных другими поисковыми методами; б) выделяются слабые урано-радиевые аномалии на фоне переменных полей тория и калия; в) определяются пути миграции радиоактивных изотопов в зоне гипергенеза; г) выявляется характер распределения  $K$ ,  $Th$ ,  $U$  ( $Ra$ ) в горных породах.

## 5. ПОЛЕВАЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ Общие положения

Радиоактивность горных пород и руд определяется наличием в них урана, тория с продуктами их распада и калия. В общем случае вклад  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $\text{K}$  в суммарное гамма-излучение пород примерно одинаков. Так над гранитами, содержащими  $3 \cdot 10^{-4} \%$  урана,  $1.5 \times 10^{-3}$  тория и 4 % калия, примерно 50 % гамма-излучения приходится на долю калия, около 35 % на торий и около 15 % на уран (радий). Таким образом гамма-аномалии, создаваемые некоторыми породами, бывают в ряде случаев соизмеримыми по интенсивности излучения с гамма-полями над рудными объектами. Это обстоятельство (особенно при наличии смещения радиоактивного равновесия в урано-радиевый рудах) определяет необходимость раздельного определения урана (радия), тория и калия в гамма-аномалиях, выявленных при проведении аэро-, авто и пешеходных гамма-съемок.

В последние годы работы по раздельному определению концентраций урана, тория и калия в породах и рудах (в естественном залегании) ознаменовались широким развитием и внедрением в практику поисковых исследованием на уран спектрометрического гамма-метода.

Определенных успехов достигла гамма-спектрометрия в аэроварианте не только при поисках радиосырья, но и при поисках нерадиоактивных элементов таких как олово, золото, вольфрам, молибден, редкие металлы и др. Широко сейчас используется гамма-спектрометрия в самых различных вариантах (автомобильный, пешеходный, скважинный, лабораторный) при решении поисково-разведочных и других геологических задач.

Основными достоинствами спектрометрического гамма-метода являются: оперативность в получении необходимых сведений без отбора проб, большая по сравнению с обычным опробованием представительность данных, возможность заметного удешевления и повышения эффективности опробования и др. за счет получения дополнительной информации.

Особое место среди других методов радиометрических исследований занимает наземная гамма-спектрометрическая съемка, с помощью которой решаются следующие задачи: а) определяется природа радиоактивных аномалий, выявленных другими поисковыми методами; б) выделяются слабые урано-радиевые аномалии на фоне переменных полей тория и калия; в) определяются пути миграции радиоактивных изотопов в зоне гипергенеза; г) выявляется характер распределения  $\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  в горных породах.

## 5.1. Методика полевых работ

Спектрометрическая гамма-съемка заключается в измерении величин гамма-полей горных пород и руд в определенных интервалах энергетического спектра  $\gamma$ -излучения. Интервалы выбираются таким образом, чтобы в каждом из них выделялся фотопик одного из определяемых изотопов. Так для калия интервал энергетического спектра составляет 216 - 248 фДж ( 1,35 - 1,55 МэВ ), для радия, по которому рассчитывается содержание урана, - 264-296 фДж ( 1,65 - 1,85 МэВ ) и для тория - 440-448 фДж ( 2,5 - 2,8 МэВ ). По результатам измерений вычисляется концентрация  $U$  ( по  $Ra$  ),  $Tb$ ,  $K$  в породах, на месте их естественного залегания и без отбора проб.

Методика и техника выполнения гамма-спектрометрических работ при решении разнообразных задач практически одинаковы, за исключением сети наблюдений и времени регистрации, необходимого для обеспечения заданной точности.

При решении различных задач ( прежде всего определения природы, выявленных радиоактивных аномалий ) расстояния между профилями и точками наблюдений зависят от размеров самой аномалии, геологической обстановки и характера гамма- поля. Обычно съемки производятся в масштабах 1:2000, 1:1000 ( иногда крупнее ) и реже в масштабе 1: 5 000. Число профилей, пересекающих аномальную зону, должно быть не менее трех. Число точек на профиле 10-12 ( в зависимости от ширины аномалии ), причем замеры должны быть проведены, как на аномальном участке, так и за его пределами ( в нормальном поле ). Профили наблюдений задаются, как правило, вкруг от большой оси аномалии. Сеть должна быть закреплена на местности.

На каждой точке профиля или вблизи её выбирается ( расчищается ) ровная площадка размеров около ( 1 x 1 ) м, чтобы обеспечить одинаковые условия ( геометрические ) измерений, т.е. чтобы они были такими же, как и при градуировании гамма-спектрометра на баковых моделях. При гамма-спектрометрических измерениях на участке с неровной поверхностью ( телесный угол более  $2\pi$  ) и в горных выработках на результаты определения концентраций  $U$ ,  $Tb$  и  $K$  оказывает влияние геометрия измерений, учесть которую очень трудно. В таких случаях используют плоский свинцовый экран или цилиндрический экран с вкладышем, и определяют концентрации радиоэлементов по разностному эффекту.

Перед началом полевых работ с каждым прибором ( в зависимо-

оти от его типа ) производят соответствующие настроочно-проверочные операции : настраивается усиление, определяется энергетическое разрешение, калибруется прибор, выбираются рабочие интервалы и определяется остаточный фон. Все эти операции хорошо описаны для прибора СП - ЗМ ( СП-З ) в / 3. с. 91-103, и 9. с. 108-114 / и для гамма-спектрометра СП - 4М в / 7. с. 144-148 /.

В процессе непосредственных измерений за профилях наблюдений выполняют следующие требования:

- прибор включают за 20-30 минут до начала измерений ( это обстоятельство связано с "утомляемостью" ФЭУ, которое обычно проявляется в первые минуты работы, без учета этого фактора надежность проведенных измерений уменьшается ),
- на каждой точке профиля производится корректировка усиления с помощью калибровочного источника  $Zn - 65$  ( $E_{\gamma} = 179,88$  фэв или  $1,12$  Мэв ) и ( или )  $Cs - 137$  ( $E_{\gamma} = 106$  фэв или  $0,662$  Мэв ). Данная операция необходима в связи с тем, что рабочая точка фотопика от измеряемых изотопов с течением времени "смещается" в другую область ( точку ) интервала энергетического спектра излучения, а посему её нужно возвращать в "первоначальное" положение, путем изменения коэффициента усиления усилителей ( находящихся в блоке детектирования и в пульте управления ). В противном случае точность измеряемых параметров  $\gamma$  - поля может быть значительно снижена, т.е. окончательные результаты могут быть значительно искажены.

Эту весьма важную настроочную операцию следует проводить периодически ( практически на каждой точке измерения ).

После выполнения указанных выше условий приступают к измерению скорости счета в выбранном интервале спектра ( калиевом, урановом и ториевом ).

Время измерения скорости счета ( экспозиция ) в выбранных энергетических интервалах зависит от спектрометра ( его энергетического разрешения ), содержания радиоактивных изотопов в породе и требуемой точности определения концентраций урана, тория и калия.

Время измерений ( экспозиции ) на калиевом канале меньше, чем на урановом и особенно на ториевом. Так для гамма-спектрометра СП-ЗМ время измерений составляет: для "Калия" - 2-3 мин; на "Урановом" диапазоне - 4-5 мин ; на "Ториевом" - 5-6 мин. Для спектрометра СП-4М экспозиции составляют соответственно 12,5 ; 50 и 100 секунд.

По результатам измерений скорости счета в рабочих интервалах определяются концентрации урана, тория и калия по рабочим формулам, найденным при градуировании гамма-спектрометров на баковых моделях размерами (I x I)м с определенными (известными) содержаниями  $U$ ,  $Th$ ,  $K$ . К каждой из трех баковых моделей предъявляются определенные требования: так в урановой модели концентрация тория не должна превышать 0.001 %, в ториевой - концентрация урана должна быть минимальной. Так как руды урана всегда содержат торий и калий, а ториевые руды - уран и калий, мешающее влияние примесей обязательно учитывается путем регистрации скорости счета на каждой модели в трех рабочих интервалах и решения системы уравнений с тремя неизвестными. После решения системы уравнений получаются рабочие формулы для определения концентраций калия, урана, тория на точках наблюдений [Э. с. 100-103, 9. с 108-114].

При производстве полевых наблюдений результаты измерений пешеходной гамма-спектрометрической съемки заносятся в журнал (таблица 5.1)

#### ЖУРНАЛ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ГАММА - СЪЕМКИ

Участок Чимбулукут  
 Профиль X У  
 Прибор СП-4М № 201  
 Дата 17 июня 1983.

Таблица 5.1

№	Номера п.п.	Показа- ния при- бора,	Экспози- ция, в часах,	Скоро- сть счета, сек.	$x N_1$	$x N_2$	$x N_3$	Приме- чание		
								I	II	III
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Оператор: А.Султанходжаев

/ подпись /

В графе "Примечание" приводятся все сведения, которые несут дополнительную информацию, крайне необходимую при обработке данных съемки и их истолковании (породы, изменения на точке геологического характера / гидротермальная проработка и т.п./), отклонение от нормальных условий измерений.

## 5.2 Аппаратура и оборудование

В настоящее время пешеходные гамма-спектрометрические наблюдения производятся с помощью приборов СП-3М (снят с производства), СП-4М и РКП-305 (СП-5 "Карат"), "называемый концентрометром", - его шкала проградуирована в % и позволяет сразу, без лишних расчетов, определять содержания калия, урана, тория на исследуемой точке.

Описание спектрометра СП-3М хорошо дано в Г9. с.105-114, З. с. 89-107. /.

### 5.2.1. ГАММА-СПЕКТРОМЕТР СП-4М

Наземный пешеходный одноканальный гамма-спектрометр СП-4М предназначен для измерения энергетического распределения гамма-излучения горных пород и руд при геологических исследованиях с целью определения содержания радиоактивных элементов: урана (по радио), тория и калия. Прибор может быть использован для поисков радиоактивного сырья, а также для изучения радиохимических особенностей горных пород при крупномасштабном геологическом картировании и поисках месторождений различных полезных ископаемых.

По сравнению с гамма-спектрометром СП-3М имеет меньшую массу пульта (2,2 кг без источников питания), портативен, удобен в работе; в его схему внесены изменения, улучшившие метрологические характеристики прибора и упростили производство измерений и т.п.

### ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Конструктивно спектрометр СП-4М выполнен в виде двух блоков: детектирования и регистрации (рис. 5.1.)

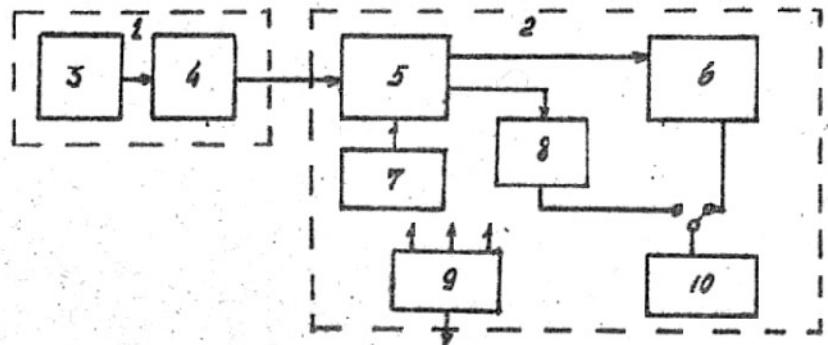


Рис. 5.1. Структурная схема гамма-спектрометра СП-4

В блоке детектирования ( 1 ) гамма-излучение преобразуется сцинтилляционным детектором ( 3 ) в импульсы напряжения ( тока ), пропорциональные по амплитуде - энергии гамма-квантов измеряемого  $\gamma$  - излучения.

Через согласующий усилитель ( 4 ) импульсы по кабелю поступают в регистратор ( 2 ) / пульт управления /, где разделяются по амплитуде анализатором импульсов ( 5 ), состоящим из дискриминаторов нижнего и верхнего уровней и схемы антисовпадений.

Импульсы, выделенные анализатором, регистрируются четырехкаскадным счетчиком ( 6 ). Результаты измерения представляются в цифровой форме на первой шкале стрелочного индикаторного прибора(10).

Необходимый интервал времени измерения ( 0,2 ; 12,5 ; 50 и 100,0 с ) обеспечивается таймером ( 7 ), состоящим из импульсного генератора и делителей частоты.

Проверка и настройка энергетической шкалы производится по контрольным источникам : цинк-65 и цезий-137. Источник  $Cs^{137}$  выбран взамен  $Zn^{65}$  в связи с его большим периодом полураспада (  $T_{1/2} = 26$  лет ), что позволяет использовать скорость счета от этого источника как показатель стабильности работы прибора. При воздействии гамма-квантов от контрольного источника, образующиеся при этом электрические импульсы с выхода схемы антисовпадений поступают на измеритель скорости счета ( 8 ).

Источником питания прибора является комплект из пяти батарей типа "Рубин-І", который обеспечивает нормальную работу в течении 80 часов.

Питание микросхем осуществляется от преобразователя напряжения ( 9 ), стабилизированного импульсным стабилизатором.

В ином ключе устройство и принцип работы гамма-спектрометра СП-4 описан в [ 7. с. 142-148 ].

### 5.2.2 ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ И РАБОТА С НИМ

К работе с гамма-спектрометром СП-4 допускаются лица, специально подготовленные и ознакомившиеся с его инструкцией.

Работу с прибором начинают с выполнения следующих операций:

- после извлечения прибора из ящика производят внешний осмотр, чтобы убедиться в отсутствии механических повреждений ;
- затем устанавливают органы ( ручки ) управления на панели пульта в положения: "Род работы" - "Выкл" ; "ВРЕМЯ" - "50" ; "УСИЛЕНИЕ" - среднее положение ;

- установить, соблюдая полярность, пять батарей типа "Э336" - "Рубин-І" или "Планета" в батарейный отсек и закрыть крышку отсека;
- соединить блок детектирования с регистратором ( пульт управления ) при помощи кабеля с разъемом / ВО ИЗБЕЖАНИЕ ПОРЧИ СХЕМЫ ПРИБОРА НЕ ВКЛЮЧАТЬ СПЕКТРОМЕТР БЕЗ ПОДСОЕДИНЕННОГО К ПУЛЬТУ - БЛОКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ( ДАТЧИКА ) ! / ;
- вставить штеккер головных телефонов в гнездо "ТЛФ" на передней панели регистратора;
- установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в одно из положений - любое, кроме положения "П", - "К"( калиевый канал ), "Т" (ториевый канал ), "Р" ( радиевый канал ), "С" ( спектральный канал ), и после этого нажать кнопку "ПУСК", придерживая её в нажатом положении, наблюдать установку стрелки индикаторного прибора, которая ДОЛЖНА УСТАНОВИТЬСЯ в пределах красного сектора. Если стрелка установится, не доходя красного сектора, то необходимо сменить источники питания, т.е. батареи;
- проверить НАСТРОЙКУ прибора по следующей методике:
  - а) установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в положение "П", а переключатель "ВРЕМ" в положение "со" ( переключатели "каналы" могут находиться в любом положении ),
  - б) поместить контрольный источник на определенном расстоянии от резиновой чашки блока детектирования ( $Zn^{65}$  на  $R_i = 5-10$  см), цезий-137 на несколько меньшем,
  - в) нажать и отпустить кнопку "ПУСК" и вращая ручку резистора "УСИЛЕНИЕ", добиться максимального отклонения стрелки индикаторного прибора; если стрелка прибора при регулировке уходит за пределы шкалы или отклонение её незначительно, то необходимо расстояние между источником и блоком детектирования изменить с таким расчетом, чтобы максимум отклонения стрелки индикаторного прибора находился в пределах 2/3 + 3/4 шкалы,
  - г) убрать источник - после указанной регулировки спектрометр готов к работе.

С ПОМОЩЬЮ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА СП-4 ПРОИЗВОДЯТ СЛЕДУЮЩИЕ ВИДЫ РАБОТ:

- 1) Снимают спектр  $\gamma$ -излучения в интервале энергий от 8 до 480 фдж . Для этого производят следующие действия:
  - переключатель "Род работ" ставят в положение "С",

- переключатель "Время" в положение ( 12,5 ; 50 или 100 ), чтобы набрать около 400 имп ( при меньшем числе-погрешность в измерении скорости счета будет больше 5 % ),
- переключатель "Каналы" поставить на минимальное значение ( нижний уровень дискриминации ),
- для измерения скорости счета в установленном канале: нажать и отпустить кнопку "ПУСК", дождаться броска стрелки к цифре 100, затем узнать результат, нажимая последовательно кнопки "х 1000" ; " х 100" ; "х10" ; "х1", и беря отсчеты по стрелочному индикатору; сумма импульсов получается простым суммированием импульсов в памяти всех четырех декад.

Переводя переключатель "Каналы" поочередно в другие точки ( цифры ) можно получить спектр энергий  $\gamma$ -излучения в нужном диапазоне.

2) Измеряют мощность экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения для этого:

- переключатель "Род работы" ставят в положение "С",
- переключатель "Время" в положение 0,2 , а переключатель каналов в положение "И" ( интегральное измерение ),
- нажав и отпустив кнопку "ПУСК" берут ( как выше ) отсчет по индикатору.

3) Полевые спектрометрические измерения выполняют в фиксированных рабочих интервалах:

- переключатель "Род работы" ставят последовательно в положения "К", "Р", "Т", а переключатель "Время" в положение, обеспечивающее нужную точность ( 12,5 ; 50 или 100 ),
- нажав и отпустив кнопку "ПУСК"( после броска стрелки к 100 ) берут отсчеты.

### 5.3 Обработка результатов

Определение содержания калия, урана, тория на точке измерений производится по формулам, рассчитанным для каждого конкретного прибора:

$$С_{К} = ( 0,358 N_2 - 0,246 N_3 ) \cdot 10^{-4} \%$$

$$С_{Т} = ( 0,794 N_3 ) \cdot 10^{-4} \% \quad ( 5.1 )$$

$$С_{У} = ( 0,416 N_1 - 0,463 N_2 + 0,051 N_3 ) \cdot 10^{-1} \%$$

где  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  - скорости счета ( в имп./с ) соответственно в "калиевом", "урановом", "ториевом" интервалах гаммаспектрометра.

Определение численных значений рабочих коэффициентов, входящих в формулы (5.1) производится путем градировки прибора на баковых моделях калиевой, урановой и ториевой руд.

Измерения на каждой из рудных моделей производят в трех каналах (интервалах) - калиевом, урановом, ториевом.

По измерениям на урановой рудной модели (без фона) можно получить "урановые" спектральные коэффициенты  $b_i$  на каждом  $i$ -канале ( $i = 1$  - калиевый канал,  $i = 2$  - урановый канал,  $i = 3$  - ториевый канал).

На ториевой модели аналогично получают спектральные коэффициенты ( $a_i$ ), а на калиевой модели - коэффициенты ( $c_i$ ).

Численные значения всех "девяти" спектральных коэффициентов можно рассчитать по формулам:

$$a_i = \frac{N_i}{C_u} ; \quad b_i = \frac{N_i}{C_{Th}} ; \quad c_i = \frac{N_i}{C_K} \quad (5.2)$$

$N_i$  - скорость счета в  $i$ -канале (в имп/с)

$C_u$ ,  $C_{Th}$ ,  $C_K$  - концентрации урана, тория, калия в соответствующих рудных моделях (в  $10^{-4}\%$ ,  $10^{-4}\%$ ,  $10^{-1}\%$ ).

Формулы, связывающие концентрации  $U$ ,  $Th$ ,  $K$  в горной породе (руде) и скорости счета  $N_i$  - в калиевом интервале,

$N_1$  - в урановом и  $N_3$  - в ториевом интервалах спектра гамма-лучей (в имп/с) имеют следующий вид:

$$C_u = \frac{c_2 b_3}{\Delta} N_1 + \frac{c_1 b_3}{\Delta} N_2 + \frac{c_1 b_2 - b_1 c_2}{\Delta} N_3$$

$$C_{Th} = \frac{c_2 a_3}{\Delta} N_1 + \frac{a_3 c_1}{\Delta} N_2 + \frac{c_2 a_1 - a_2 c_1}{\Delta} N_3 \quad (5.3)$$

$$C_K = \frac{b_2 a_3 - a_2 b_3}{\Delta} N_1 + \frac{a_1 b_3 - b_1 a_3}{\Delta} N_2 + \frac{b_1 a_2 - a_1 b_2}{\Delta} N_3$$

$$\Delta = c_1 (b_2 a_3 - a_2 b_3) + c_2 (a_1 b_3 - b_1 a_3)$$

При хорошем энергетическом разрешении прибора ( $\eta \leq 15\%$ ) коэффициенты  $a_3$ ,  $c_2$ ,  $c_1$  равны нулю. В этом случае формула (5.3) упрощается до (5.1).

## ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

Отчет по учебной геофизической практике должен включать в себя следующие разделы:

1. Введение ;
2. Краткое геологическое строение района практики ;
3. Физические основы ядерно-геофизических ( радиометрических ) методов ;
4. Методика и техника полевых работ ;
5. Обработка наблюдений, геолого-геофизическая интерпретация данных и результаты работ ;
6. Заключение;
7. Приложения ( графические ).
8. Список использованной литературы.

Во введении указывается район практики, сроки её проведения, цель и задачи практики, основные виды работ, выполненные бригадой и состав бригады.

В разделе краткое геологическое строение района даётся описание стратиграфии, тектоники, магматизма и полезных ископаемых. Приводятся сведения о физических свойствах пород и руд района.

В разделе физические основы методов приводятся общие теоретические положения ядерно-геофизических ( радиометрических ) методов, обуславливающие возможность решения конкретных геологических задач, условия применения метода.

Описание методики и техники полевых работ целесообразно проводить по разделам, включающим : а) аппаратуру и оборудование, применяющихся при проведении наблюдений, определение и характеристику их основных метрологических показателей и т.п. ; б) методику и технику проводимых наблюдений ( измерений ), включая подготовительные операции и градуировку приборов; тут же рассматриваются вопросы оценки качества работ и контроль работы, использующихся приборов.

При описании аппаратуры и оборудования необходимо дать общую характеристику приборов, которыми проводились измерения, привести блок-схемы приборов и результаты градуировки приборов.

В разделе обработка и интерпретация данных следует дать описание тех приемов, с помощью которых обрабатываются данные полевых наблюдений для дальнейшего их использования при построении

графиков, геофизических карт и планов, гистограмм ( вариационных кривых ), диаграмм, таблиц и т.п. Приводятся методы, используемые при геологическом истолковании результатов и итоговые данные, выполненных работ.

В заключении приводятся соображения о роли и месте радиометрических методов в общем комплексе поисковых и картировочных исследований в районе практики.

В приложениях указываются те материалы, которые получены в результате выполнения работ: полевые журналы, журналы определений основных метрологических характеристик приборов, а также карты, планы, схемы, графики, прилагаемые к отчету ( кроме тех, которые вклеены непосредственно в отчет и проходящих как рисунки и таблицы ).

. В список литературы включаются только те литературные источники, которыми студент пользовался при написании отчета по учебной практике.

Отчет подписывается студентом и утверждается руководителем практики.

Результаты наблюдений представляются в виде графических материалов: графика наблюдений изучаемого параметра геофизического поля по профилю ( маршруту ), плана графиков по площади и карт изолиний значений измеренной величины.

При построении графиков по оси абсцисс откладываются точки наблюдений в масштабе работ, а по оси ординат - значения наблюдаемой величины в соответствующих точках. Значения, наблюдаемые в отдельных точках, соединяются отрезками прямых.

Вертикальный масштаб графиков выбирается в зависимости от точности проведенных измерений. В том случае, когда значения наблюдаемой величины варьируют ( колеблются ) в широких пределах, масштаб по оси ординат может быть логарифмическим.

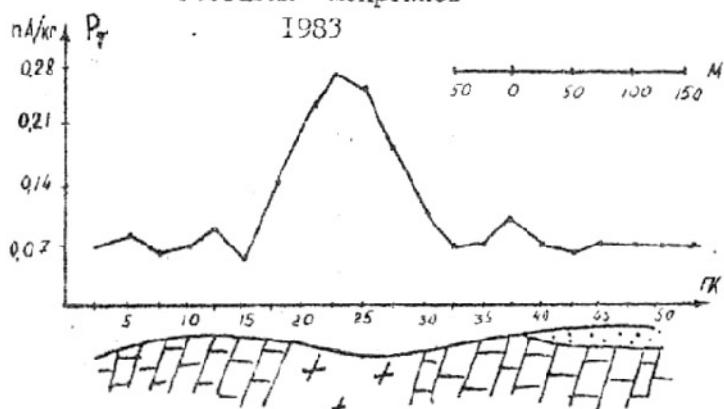
Под графиком вычерчивается рельеф дневной поверхности и геологический разрез вдоль профиля. Разрез под графиком строится по данным геологических наблюдений и описания пород при выполнении наблюдений по маршруту или по профилю. Пример построения графика гамма-активности по маршруту приведен на рис. 6.1.

При оформлении графиков обычно над ними приводят следующие необходимые сведения: название графика, масштаб его составления ( преимущественно - горизонтальный ), фамилию исполнителя и год составления.

График пешеходной гамма-съемки по профилю IY

Масштаб 1: 5 000

Составил Н.Артиков



#### Условные обозначения

- наносы      - известняки      - граниты

Рис. 6.1 График гамма-активности по профилю (маршруту)

При некоторых измерениях гамма-активности по маршруту необходимо вести абрис (рисунок), который в дальнейшем используется для составления схемы маршрута (рис. 5.2).

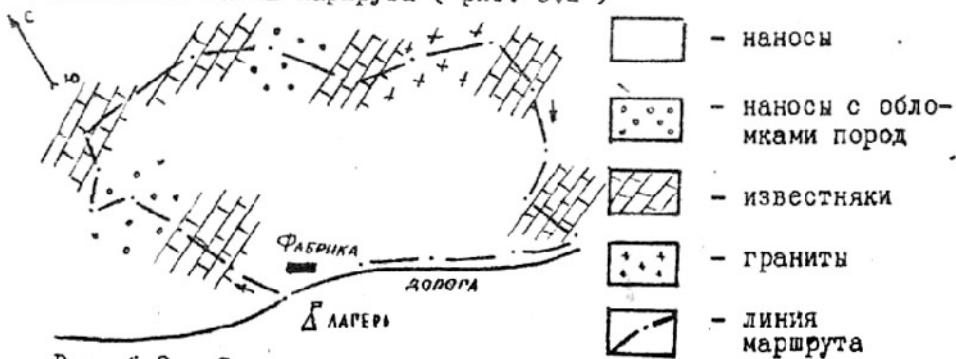


Рис. 6.2. Схема маршрута гамма-съемки

При построении плана графиков на топооснову наносятся профили в виде линий (абсциссы) и значения наблюдений величины (ординаты). При выборе вертикального масштаба – масштаб подбирается таким образом, чтобы графики соседних профилей практически не пересекались (рис. 6.3).

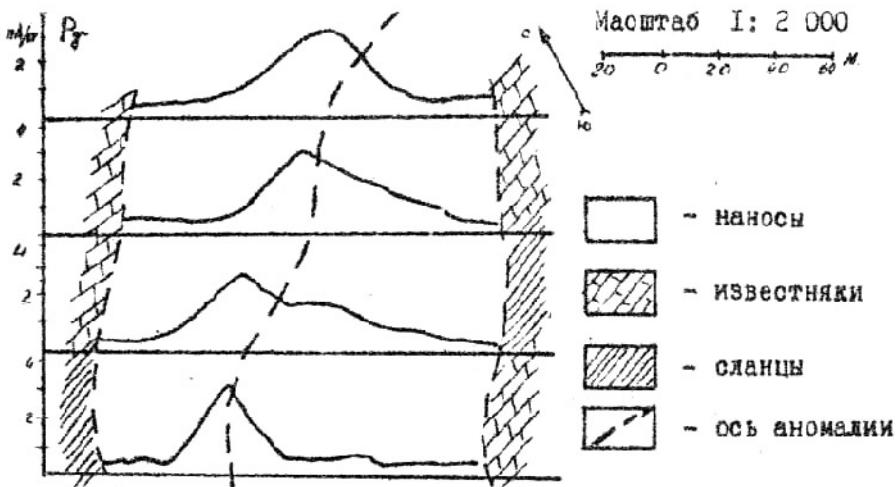


Рис. 6.3. План графиков мощности дозы гамма-излучения над тектоническим нарушением

При проведении съемки по площади строятся карты изолиний измеряемой величины. На топографический план наносятся профили, вписываются численное значение измеренной величины, затем линиями соединяются равные значения этой величины. Сечение изолиний выбирается в зависимости от точности измерений. Пример карты изолиний равных значений  $\gamma$ -активности шпуровой гамма-съемки по глубине 60 см приведен на рис. 6.4. Для большей наглядности зоны между изолиниями закрашиваются различными цветами.



Рис. 6.4. Карта изолиний гамма-активности в (  $\text{nA}/\text{кг}$  ) шпуровой гамма-съемки по глубине 60 см.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Горбушина Л.В., Зимин Д.Ф., Сердюкова А.С. Радиометрические и ядерно-геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. М., Атомиздат, 1970.
2. Демин В.М. Радиометрические методы поисков урановых руд (пешеходная съемка). Ростов, изд. РГУ, 1962.
3. Заяц А.П., Нагля В.В. Радиометрическая аппаратура и оборудование. М., "Недра", 1983.
4. Карлова Е.Н. Пешеходная гамма-съемка. М., изд. МГУ, 1976.
5. Ларинов В.В., Резванов Р.А. Ядерная геофизика и радиометрическая разведка. М., "Недра", 1976.
6. Методы поисков урановых месторождений. Ответственный редактор Суражский Д.Я. М., "Недра", 1969.
7. Нагля В.В. Овчинников Л.И. Радиометрические и ядерно-физические методы разведки. М., "Недра", 1982.
8. Новиков Г.Ф., Калков В.Н. Радиоактивные методы разведки. Л., "Недра", 1965.
9. Радиометрия и ядерная геофизика. Авт.: Л.В.Горбушина, Д.Ф.Зимин, В.В.Нагля, Л.И.Овчинников. М., "Недра", 1974.
10. Пруткина М.И., Шапкин В.Л. Справочник по радиометрической разведке и радиометрическому анализу. М., Атомиздат, 1975.
- II. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика. М., "Недра", 1976.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

I.	Пешеходный гамма-метод . . . . .	4
I.I.	Общие сведения . . . . .	4
I.2.	Методика полевых работ . . . . .	8
I.2.1.	Подготовка аппаратуры к работе . . . . .	10
I.2.2.	Полевые наблюдения . . . . .	21
I.3.	Обработка и интерпретация данных гамма-съемки . .	24
I.4.	Задание . . . . .	28
2.	Шпуровая гамма-съемка . . . . .	29
2.1.	Методика полевых работ . . . . .	29
2.2.	Обработка и изображение результатов шпуровой гамма-съемки . . . . .	31
2.3.	Задание . . . . .	31
3.	Гамма-профилирование горных выработок . . . . .	32
3.1.	Методика полевых работ . . . . .	32
3.2.	Обработка результатов документации горных выработок	34
3.3.	Задание . . . . .	34
4.	Аппаратура и оборудование . . . . .	35
4.1.	Сцинтилляционные геологоразведочные приборы СРП-68-01-02-03 "Одиссей" . . . . .	35
4.1.1.	Принцип работы прибора . . . . .	41
4.1.2.	Порядок подготовки прибора к работе . . . . .	42
4.1.3.	Основные настроочно-проверочные операции . . . . .	45
5.	Полевая гамма-спектрометрия ( общие положения ) . . .	50
5.1.	Методика полевых работ . . . . .	51
5.2.	Аппаратура и оборудование . . . . .	54
5.2.1.	Гамма - спектрометр СП - 4И . . . . .	54
5.2.2.	Подготовка прибора к работе и работа с ним . . . .	55
5.3.	Обработка результатов . . . . .	57
6.	Требования к отчету по учебной практике . . . . .	59
	Л и т е р а т у р а . . . . .	63