

Федеральное агентство по образованию

Дальневосточный государственный технический университет
(ДВПИ им. В.В. Куйбышева)

РАДИОМЕТРИЯ И ЯДЕРНАЯ ГЕОФИЗИКА

Расчет гамма-поля от геологических объектов произвольной формы

Методические указания к выполнению
курсовой работы для студентов специальности 130201

Владивосток
2006

Одобрено методическим советом института

УДК 550.835

P15

Радиометрия и ядерная геофизика. Расчет гамма-поля от геологических объектов произвольной формы: метод. указание/сост. В.П. Молев. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006 - 16 с.

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Радиометрия и ядерная геофизика» предназначены для студентов четвертого курса специальности 130201 – «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых». Студентами производится расчет гамма-поля от заданного объекта с использованием предварительно построенной палетки с целью изучения особенностей распределения гамма-поля в пространстве и анализа возможностей радиометрической съемки для решения геолого-поисковых задач. Основное внимание уделено физическим предпосылкам и способам решения прямой задачи радиометрии, являющихся базовыми при проектировании полевых радиометрических методов.

Указания составлены в соответствии с существующими нормативными документами и содержат единые требования по тематике, объему, структуре, методике составления и оформлению курсовой работы. Могут быть полезными при изучении дисциплины «Комплексирование геофизических методов» и дипломном проектировании.

Печатается с оригинал-макета, подготовленного автором.

ISBN

© В.П.Молев, 2006

© ДВГТУ, изд-во ДВГТУ, 2006

ВВЕДЕНИЕ

Радиометрические исследования геологической среды с целью попутного поиска месторождений уранового сырья широко применяются на всех стадиях геологоразведочных работ - от рекогносцировочных до эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Этому способствует простота как самой радиометрической аппаратуры, так и способов обработки и интерпретации данных. Кроме поиска месторождений урана, радиометрические методы эффективно применяются для решения следующих задач:

- поиска рудных месторождений, полезные компоненты которых связаны корреляционной зависимостью с распределением естественных радиоактивных изотопов;
- геологического картирования, основанного на дифференциации горных пород по естественной радиоактивности;
- определения абсолютного возраста образцов горных пород;
- радиационного контроля и мониторинга радиационно-опасных объектов и окружающей природной среды.

Широкое применение радиометрических методов обязывает каждого студента геолого-геофизического направления, независимо от специализации, знать физические и геохимические основы метода, аппаратуру, методику полевых работ, способы обработки и интерпретации результатов.

Целью данной курсовой работы является закрепление теоретических знаний студентов и их практических навыков в процессе выполнения индивидуального задания по расчету гамма-поля от конкретного геологического объекта и анализа особенностей распределения гамма-поля в пространстве. Для этого студенты должны:

- создать физико-геологическую модель аномалеобразующего объекта;
- построить палетку для заданных условий съемки;
- решить прямую задачу радиометрии с помощью палетки;
- построить карты графиков и изолиний мощности экспозиционной дозы;
- провести анализ гамма-поля.

В курсовой работе требуется рассчитать мощность экспозиционной дозы (МЭД) от двух выходящих на поверхность урансодержащих объектов произвольной формы (рекомендуемые горизонтальные размеры – 200-500 м, содержание урана – в диапазоне от $5 \cdot 10^{-4} \%$ до $50 \cdot 10^{-4} \%$) по пяти профилям на высоте 10-100 м (по выбору) не менее, чем в 10 точках на каждом профиле. Значение массового коэффициента поглощения гамма-излучения в воздухе принять равным $4,1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$. Для этого в масштабе палетки (1:1000 или 1:2000) вычерчиваются два контура рудных объектов, проводятся пять линий профилей через 10 или 20 м (центральный профиль проводится через эпицентры тел, а крайние – за пределами объекта).

Круговая палетка, вычерченная на кальке, накладывается центром в расчетную точку профиля и подсчитывается количество площадок, попавших в

контуры рудных тел и т.д., как описано в 3.2. В перечень обязательной графики входят:

1. Таблица функции $F(R,H)$, рассчитанной для заданных условий.
2. График функции $F(R,H)$.
3. Таблица определенных по графику $F(R,H)$ радиусов палетки.
4. Палетка, вычерченная на кальке.
5. Таблицы значений МЭД (в пА/кг) для каждого профиля.
6. Карта графиков МЭД и карта изолиний МЭД.

1. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Радиоактивность горных пород, вод, почв, атмосферы и биосферы определяется в основном содержанием в них естественных радиоактивных изотопов, в первую очередь урана, тория и продуктов их распада, а также одиночного радиоактивного изотопа калий-40. Средние (кларковые) концентрации радиоактивных элементов в земной коре составляют: для урана – $2,5 \cdot 10^{-4}$ %, тория – $1,3 \cdot 10^{-3}$ %, калия – 2,5%.

Уран и торий образуют три радиоактивных семейства, которые называются рядами урана, тория и актиноурана. Родоначальники каждого ряда имеют большой период полураспада, порядка $10^8 - 10^{10}$ лет. В состав каждого ряда входят радиоактивные газы (эманации) - радон, торон и актинон с периодами полураспада 3,85 сут., 54,5 и 3,92 с. соответственно. Конечными продуктами распада в каждом семействе являются стабильные изотопы свинца. Элементами ряда актиноурана в природе существуют совместно с нуклидами ряда урана и составляют около 0,7 %.

Из одиночных радиоактивных изотопов наибольший интерес представляет изотоп калий-40, составляющий 0,012% от общего количества изотопов калия. Урановый эквивалент калия по гамма-излучению составляет около $1,2 \cdot 10^{-4}$, поэтому при поисках урана необходимо учитывать влияние гамма-излучения калия на результаты измерений.

Предпосылками применения радиометрических методов для поисков некоторых видов нерадиоактивных полезных ископаемых являются постоянные или устойчивые парагенетические связи полезных ископаемых с ураном и торием. Такая связь характерна для редкометальных месторождений, редкоземельных пегматитов, некоторых месторождений молибдена, олова, вольфрама, бокситов, фосфоритов, углей и др. Применение радиометрических методов для геологического картирования основано на том, что для различных типов горных пород характерно закономерное распределение радиоактивных элементов (табл. 1).

Для магматических процессов характерно накопление урана и тория на завершающем этапе дифференциации магмы. Общая закономерность такова, что радиоактивность возрастает с увеличением щелочности и кислотности пород. При этом характерно постоянное торий-урановое отношение, равное 3-4.

Средние концентрации радиоактивных элементов
в различных породах и средах

№№ п/п	Горные породы, среды	Уран, 10^{-4} %	Торий, 10^{-4} %	Калий-40, %
1.	Ультраосновные (перидотиты, пироксениты)	0,03	0,08	0,02
2.	Основные (габбро, базальт)	0,6-0,7	1,8-2,3	1,4
3.	Средние (диориты, андезиты)	1,8	6,0	2,0
4.	Кислые (граниты, риолиты)	4,5-6,0	18,0-25,0	4,2
5.	Горючие сланцы	до 100	10,0-15,0	-
6.	Аргиллиты, глины, глинистые сланцы	4,0	11,5	2,6
7.	Песчаники, алевролиты	2,9	10,4	1,1
8.	Известняки	1,6	1,8	0,3
9.	Доломиты	3,7	2,8	0,4
10.	Каменная соль, галит	0,9-1,0	1,0	0,1
11.	Гипс, ангидрит	0,1	0,4	0,1
12.	Почвы	0,1	1,0	0,4
13.	Поверхностные воды	0,0004	0,001	0,01
14.	Подземные воды	0,003	0,001	0,03

Радиоактивность уменьшается от кислых к ультраосновным породам (содержание урана $(0,6-0,03) \cdot 10^{-4}$ %, тория - $(1,8-0,08) \cdot 10^{-4}$ %, калия - $(1,4-0,02)$ %). Наибольшими содержаниями радиоизотопов и соответственно повышенный радиоактивный фон имеют кислые изверженные породы (содержание урана $4,5 \cdot 10^{-4}$ %, тория - $18 \cdot 10^{-4}$ %, калия - 4,2 %). Эффузивы, как правило, более радиоактивны чем их интрузивные аналоги (в 0,5-1,5 раза).

Осадочные породы наследуют радиоактивность пород, из которых они образовались. Наиболее радиоактивными являются глины и глинистосодержащие осадки, хорошо адсорбирующие уран. Торий-урановое отношение в осадочных породах колеблется от 1 до 8. Карбонатные породы отличаются невысоким содержанием урана, тория и калия. Практически нерадиоактивными являются хемогенные породы, особенно соли, за исключением калийных.

Аномальными содержаниями отмечаются фосфориты и бокситы. Горючие сланцы и черные углистые сланцы, содержащие уран до 0,01 %, могут рассматриваться в качестве резерва атомного сырья. В метаморфических породах содержание урана, тория и калия зависит от их первичного содержания в материнских породах и от последующих процессов метаморфизма. В общем, метаморфические породы занимают промежуточное положение между изверженными и осадочными породами, причем в древних содержание радиоэлементов меньше, чем в молодых. Низкую радиоактивность имеют кварциты, мраморы.

ра, кремнистые сланцы, а повышенную - углистые и графитизированные сланцы, филлиты и гнейсы.

Радиоактивность почв зависит от радиоактивности почвообразующих пород, торий имеет тенденцию к накапливанию, а уран легко выносится, особенно в гумидных условиях. Концентрация радионуклидов в поверхностных и подземных водах варьирует на 5-6 порядков. В подземных водах наблюдаются более высокие концентрации радиоактивных элементов по сравнению с поверхностными, в целом содержание урана в них изменяется от $4 \cdot 10^{-3}$ до 0.003 %. За счет миграции радиоактивных элементов (в первую очередь урана и радона) повышенный радиоактивный фон могут иметь зоны эндо- и экзоконтактов плутонов, краевые части даек, тектонически ослабленные зоны, участки гидротермальных изменений.

Таким образом, дифференциация горных пород по естественной радиоактивности позволяет с помощью радиометрических методов картировать породы гранитного состава, основные и ультраосновные, осадочные, обогащенные глиной и органикой, а также с низким содержанием радиоактивных элементов.

Объектом радиометрических поисков являются ореолы рассеяния рудных элементов, которые больше размеров выхода тел, что облегчает их поиск. В зависимости от средней глубины залегания ореолов рассеяния применяют разные модификации гамма-метода. На участках выхода ореолов на земную поверхность применяют автомобильную или пешеходную гамма-съемку, при залегании активного горизонта на глубине 1-1,5 м проводят гамма-съемку в шпурах и закопушках, при глубине от 1,5 до 25 м применяется глубинная съемка с использованием механизированных средств проходки шпуров, при глубине свыше 25 м используется бурение скважин и гамма-каротаж.

Вероятность обнаружения ореолов рассеяния зависит от значения нормального фона и пределов его колебаний. Нормальный фон определяется излучением горных пород и значением натурального (остаточного) фона прибора, который складывается из космического излучения и загрязнения прибора радиоактивными элементами. Оценка нормального фона в районе работ позволяет установить нижний предел выделяемых аномалий. Чем больше значение фона и его колебания, тем меньше вероятность обнаружения участков с низкой гамма-активностью пород. В пределах однородной в геологическом отношении площади за аномальное значение принимают значение гамма-поля, превышающее уровень нормального гамма-поля на удвоенное (иногда утроенное) средне квадратичное значение его флуктуации. Выделение минимальных аномалий возможно только при тщательной статистической обработке данных измерений путем построения кривой накопленной частоты на вероятностном бланке и определения границ нормального фона, его среднего значения и стандартного отклонения (или стандартного множителя при использовании логнормального закона распределения радиоактивности на участке). При этом надо учитывать возможность существований в пределах участка съемки нескольких нормальных полей, связанных с разными типами пород.

2. РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ РАДИОМЕТРИИ

Под решением прямой задачи радиометрии понимается расчет радиационного поля в пространстве от объектов известной формы, размеров, условий залегания и содержания радиоактивных изотопов. Анализ гамма-полей, создаваемых источниками гамма-излучения различной геометрической формы, позволяет оценить ожидаемый аномальный эффект (форму, размеры и амплитуду аномалий) и выбрать рациональную методику проведения полевых работ. На основе решения прямой задачи можно оценить возможности гамма-метода по глубине исследования, обосновывать требования, предъявляемые к измерительной аппаратуре. Расчеты полей составляют основу количественной интерпретации результатов, при которой определяют размеры рудных тел и концентрацию в них радиоактивных элементов.

Точный расчет гамма-полей объемных источников представляет собой сложную математическую задачу из-за необходимости учета не только прямого (от источника), но и однократно- и многократно-рассеянного гамма-излучения. В некоторых случаях возможна аппроксимация реальных объектов набором простых тел (пласт, шар, конической диск и т.п.), для которых существуют относительно простые аналитические выражения. Вклад рассеянного излучения при расчетах учитывается фактором накопления или путем замены в расчетных формулах линейного коэффициента поглощения m на эффективный коэффициент поглощения m_{ϕ} , численная величина которого определяется экспериментально. Для большинства горных пород m_{ϕ} изменяется пропорционально изменению их плотности (s), а их отношение постоянно и составляет $m_{\phi}/s = 0,032$ см²/г. Эта величина используется при расчетах гамма-полей.

Универсальным способом расчета гамма-полей является использование палетки Р.Когана, которая строится для конкретных моделей и уникальных условий измерений. Для излучающих тел сложной конфигурации и неоднородного поглотителя расчет поля первичного гамма-излучения сводится к интегрированию эффектов от точечных источников. В расчет принимают полный коэффициент ослабления гамма-излучения по линии, соединяющей точечный источник и пункт наблюдения.

2.1. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПАЛЕТКИ

Гамма-поле в любой точке пространства над объектом произвольной формы, выходящим на поверхность, определяется с помощью палетки Р.Когана. Палетка представляет собой систему концентрических окружностей, разделенных радиальными линиями, на элементарные площадки (рис.1,а). Радиусы окружностей выбираются такими, чтобы любая из площадок оказывала одинаковое влияние относительно центральной точки палетки. Размеры радиусов находятся графическим путем, для чего по формуле (1) строится график функции $F(R, H)$ для заданной высоты измерения (H).

$$F(R) = \frac{H}{\sqrt{R^2 + H^2}} E_2\left(m_b \sqrt{R^2 + H^2}\right), \quad (1)$$

где H – высота расчетной точки, в см; m_b – эффективный коэффициент ослабления гамма-излучения в воздухе, равный $4,1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$; $E_2(x)$ - функция Кинга, значение которой по величине аргумента x определяется по табл. 2.

Таблица 2

Значения интегрально-показательной функции второго рода (функции Кинга), $E_2(x)$

Аргумент, x	Функция, $E_2(x)$	Аргумент, x	Функция, $E_2(x)$
0	1,0000	1,0	0,1485
10^{-5}	0,9999	1,1	0,1283
10^{-4}	0,9920	1,2	0,1111
$5 \cdot 10^{-4}$	0,9960	1,3	0,0964
0,001	0,9927	1,4	0,0339
0,005	0,9714	1,5	0,0731
0,01	0,9497	1,6	0,0638
0,02	0,9131	1,7	0,0558
0,03	0,8817	1,8	0,0488
0,04	0,8535	1,9	0,0428
0,05	0,8278	2,0	0,0375
0,06	0,8040	2,5	0,0198
0,07	0,7819	3,0	0,0107
0,08	0,7610	4,0	0,0032
0,09	0,7412	5,0	0,0010
0,10	0,7225	6,0	$3,18 \cdot 10^{-4}$
0,15	0,6410	7,0	$1,03 \cdot 10^{-4}$
0,20	0,5742	8,0	$3,41 \cdot 10^{-5}$
0,30	0,4691	9,0	$1,14 \cdot 10^{-5}$
0,40	0,3894	10,0	$3,83 \cdot 10^{-6}$
0,50	0,3266	20,0	$9,41 \cdot 10^{-7}$
0,60	0,2762	30,0	$2,93 \cdot 10^{-8}$
0,70	0,2349	40,0	$3,71 \cdot 10^{-9}$
0,80	0,2009	50,0	
0,90	0,1724		

Для построения графика достаточно вычислить 8-10 значений функций $F(R)$ для произвольно взятых значений аргумента (рекомендуется брать значения радиуса (R) в диапазоне от 0 до 250 м, с шагом 20-25 м). В качестве примера на рис.1,б изображён график $F(R)$ для $H = 50 м$. После построения графика его ординату делят на 25 частей и проводят 24 горизонтальные линии, абсциссы пересечения которых с графиком дадут значения искомых радиусов окружностей. Для получения 1000 площадок равного влияния из центра палетки проводят 40 радиусов через каждые 9 градусов. Цена одной площадки (пА/кг) определяется по формуле

$$P_i = 2p \cdot K_U q \sigma / N \cdot m_1 E_2(m_2 H), \quad (2)$$

где K_U – постоянная гамма-излучения, равная для урана 226; q – массовая доля радиоактивного вещества, в грамм на грамм породы; σ – плотность горных пород, слагающих рудное тело, г/см³; N – общее количество площадок, обычно равное 1000; $E_2(x)$ – функция Кинга; m_1, m_2 – коэффициенты поглощения гамма-лучей в породе и в воздухе, см⁻¹; H – высота расчетной точки, см.

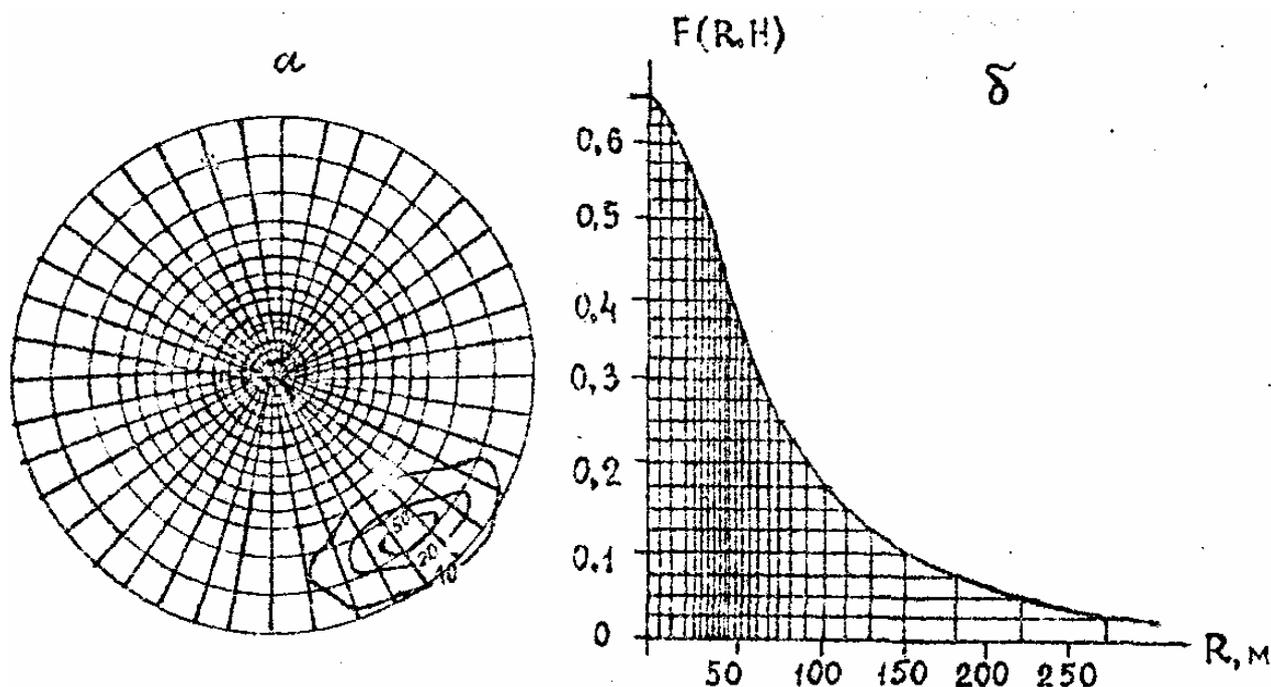


Рис.1. Круговая палетка для расчёта гамма-поля (а) и график функции $F(R, H)$ (б) для высоты полёта $H=50 м$. Изолинии даны в единицах $10^{-4} \% U$.

Палетка изображается на кальке в масштабе 1:1000, если по условиям задачи $H \leq 50 м$ или в масштабе 1:2000 для $H > 50 м$. Наибольший радиус рекомендуется выбирать, исходя из соотношения $R_{max} = 5 \cdot H$.

2.2. РАСЧЁТ ГАММА-ПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПАЛЕТКИ

Для однородного рудного тела с содержанием урана C (%) расчет гамма-поля в любой точке пространства производится в следующей последовательности. Сначала контур выходящего на поверхность тела вычерчивается в масштабе палетки. Затем центр палетки накладывается в расчетную точку и подсчитывается количество элементарных площадок, попавших в контур тела. При расчете гамма-поля от системы рудных тел количество площадок суммируется. Мощность дозы подсчитывается по формуле

$$P_n = 2p \cdot K \cdot q \cdot \sigma \cdot 10^2 \cdot n / m_1 \cdot N \cdot E_2(m_g H) = P_0 \cdot n / N \cdot E_2(m_g H), \quad (3)$$

где K_U – постоянная гамма-излучения, равная для урана 226; q – массовая доля радиоактивного вещества, в грамм на грамм породы; σ – плотность горных пород, слагающих рудное тело, г/см³; n – количество площадок в пределах контура рудного тела; N – общее число площадок; $E_2(x)$ – функция Кинга; m_1, m_g – коэффициенты поглощения гамма-лучей в породе и в воздухе, см⁻¹; H – высота расчетной точки, см; P_0 – мощность экспозиционной дозы гамма-излучения у земной поверхности, пА/кг.

Если расчетная точка находится на поверхности земли, то $H=0$, $E_2(m_g H)=1$ и формула упрощается. При неравномерном распределении радиоактивных элементов в рудном теле подсчитывается число площадок, попадающих в промежутки между соседними изолиниями содержания. После подсчета площадок для всех интервалов изолиний определяется интенсивность гамма-поля:

$$P_n = E_2(m_g H) / N \cdot \sum_{i=1}^n P_{0i} \cdot n_i = E_2(m_g H) \cdot 2p \cdot K \cdot \sigma \cdot 10^2 / N / m_1 \sum_{i=1}^n q_i \cdot n_i, \quad (4)$$

где P_{0i} – мощность дозы гамма-излучения полубесконечного пространства с содержанием радиоактивных веществ, равным среднему содержанию двух соседних изолиний q_i ; n_i – число площадок, попадающих в i -интервал изолиний.

Пусть необходимо рассчитать интенсивность гамма-излучения в точке, расположенной в стороне от рудного тела на высоте $H=50$ м. Круговая диаграмма и контур рудного тела изображены на рис. 1, а. Изолинии даны в единицах содержания $10^{-4}\%$ урана. Подсчитываем число площадок (n), попавших соответственно между изолиниями 10-20, 20-50 и > 50 , получим соответственно: $n_1=16$, $n_2=4,5$, $n_3=1,5$. Находим значение аргумента функции Кинга $x = m_g H = 4,1 \cdot 10^{-5} \cdot 5000 = 2,05 \cdot 10^{-1}$ и по табл. 2 определяем функцию $E_2(2,05 \cdot 10^{-1}) = 0,55$. Подставляя в выражение (4) значения $K_U=226$, $N=1000$,

$m_1/r = 0,032$, а также под знак суммы произведения $\bar{q}_i n_i = 15 \cdot 16 = 240$, $\bar{q}_i n_i = 35 \cdot 4,5 = 157,5$, $\bar{q}_i n_i = 50 \cdot 1,5 = 75$ и $E_2(m_g H) = 0,55$ получим

$$P = 6,28 \cdot 226 \cdot 10^{-6} \cdot 0,55 / 1000 \cdot 0,032 \cdot (240 + 157,5 + 75) = 0,524 \cdot 0,55 \cdot 4725 \cdot 10^{-4} = 0,014 \text{ пА/кг}$$

Итак, в расчетной точке мощность экспозиционной дозы будет равна 0,014 пА/кг или 0,2 мкР/ч.

Палетку можно использовать для пересчета гамма-поля, известного на поверхности земли, на любую высоту. Для этого палетку накладывают на план изолиний и подсчитывают число площадок между каждыми двумя соседними изолиниями. Заменяя в формуле (4) P_{0i} на P (среднее значение интенсивности гамма-излучения между двумя соседними изолиниями), рассчитывают мощность экспозиционной дозы в точке на интересующей высоте наблюдения.

После построения карт гамма-поля производится их краткое описание. Указываются размеры аномалии, диапазон изменения поля, особенности морфологии.

2.3. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Все вычисления по каждому профилю представляются в виде таблицы с указанием: номера пикета; количества площадок палетки, попавших в контуры объектов и МЭД (в пА/кг). Результаты представить в виде двух карт: карты графиков МЭД и карты изолиний МЭД, построенных в масштабе 1:1000-1:2000. При выборе вертикального масштаба изображения графиков руководствоваться следующими требованиями. Во-первых, в одном миллиметре графика должно помещаться не менее двух погрешностей съемки, т.е. для условий курсовой работы не менее 1 мкР/ч (0,1 пА/кг). Во-вторых, он должен быть таким, чтобы соседние графики пересекались не более, чем на 5-10 %, т.е. соответствовали удобству «чтения» карты. Для этого при необходимости можно в качестве относительного нуля (линии профиля) принимать удобное для изображения значение гамма-поля. Графики раскрашиваются в красно-коричневый цвет, ниже приводятся условные обозначения.

Для построения карты изолиний в плане возле каждой точки подписывается значение гамма-поля и в полученном поле цифр путем интерполирования проводятся сначала хорошо прослеживаемые изолинии, а затем их количество увеличивается до необходимого (чтобы была отчетливо видна структура гамма-поля). Карта изолиний штрихуется или раскрашивается: фоновые значения в желтый цвет, пониженные значения — в оттенки зеленого цвета, а повышенные — в соответствие с ростом значений от светло-красного до коричневого, согласно шкале интенсивности, которая изображается в виде линейки ниже карты. Разрешается компьютерная графика с использованием Excel, SERFER, CorelDraw или другого программного обеспечения, допускающего, однако, возможность проверки правильности построения карт преподавателем, т.е. с

соблюдением масштаба, наличия условных обозначений и соответствующей оцифровки линий и т.п.

Машинописный текст набирается на компьютере в текстовом редакторе Microsoft Word на листах формата А4, кегль 12-14, межстрочный интервал – одинарный. Размеры полей: слева - 25 мм, сверху и внизу - 20, справа - 10 мм. Страницы нумеруются подряд, включая рисунки и таблицы, внизу по центру, начиная со второй страницы. Части, разделы и подразделы должны иметь единую нумерацию: 1; 1.1; 1.2; 2; 2.1; 2.2 и т.д. Уравнения и формулы следует помещать отдельными строками с нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Также нумеруются таблицы и рисунки. Сокращения, термины, буквенные и графические обозначения должны быть стандартными.

Карты гамма-поля выполняются тушью или темными чернилами. Наименование рисунка помещают над ним, а пояснения - под ним. Таблицы должны иметь тематический заголовок. Ссылки в тексте на формулы, рисунки и таблицы приводятся в круглых скобках, на литературные и фондовые источники - в косых. Топографические, геологические и геофизические обозначения на графических приложениях должны быть общепринятыми. Подписи на чертежах нужно делать стандартными шрифтами.

3. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из пояснительной записки, содержащей следующие разделы (в скобках указан примерный объем в страницах машинописного текста).

1. Введение (до 1стр.).
 2. Техническое задание и описание физико-геологической модели (до 1,5 стр., включая рисунок).
 3. Построение палетки (3-5 стр., включая таблицы и рисунки).
 4. Решение прямой задачи (6-8 стр., включая таблицы и рисунки).
 5. Описание гамма-поля (1-1,5 стр.).
- Библиографический список (до 1 стр.).
Приложения.

Во *введении* указывается конкретная цель и геологические задачи курсовой работы; обосновывается эффективность использования радиометрических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

В *техническом задании* указываются: геометрические размеры и условия залегания предполагаемых поисковых объектов, концентрация радиоактивных изотопов, задается высота, на которой рассчитывается измерения гамма-поля. После аппроксимации объектов набором простых тел создается физико-геологическая модель участка исследований.

В разделе *«Построение палетки»* приводятся используемые формулы, а также результаты расчетов: таблицы, рисунки и палетка.

При *решении прямой задачи* обосновывается необходимость её решения; приводятся используемые формулы, цифровой материал промежуточных и окончательных расчетов помещается в таблицах. Так как основная цель решения прямой задачи является выбор рационального радиометрического метода съемки и оптимальной методики полевых работ, то, возможно, потребуется провести целый ряд определений аномального эффекта. Все варианты расчетов изображаются в виде карты графиков и карты изолиний гамма-активности (мощности экспозиционной дозы) в том же масштабе, что и физико-геологическая модель (рекомендуемый масштаб 1:1000 - 1:2000).

В результате анализа распределения гамма-поля в пространстве, учета чувствительности и точности радиометра, уровня помех и аномальных значений, выбирается вид съемки (поверхностная, шпуровая или глубинная), тип и масштаб съемки, сеть и необходимая точность полевых измерений, направление профилей. Выбирается тип прибора, перечисляются операции по обеспечению необходимой точности измерений (эталонирование, проверка стабильности работы приборов и т.п.). Описываются условия, методические приемы и техника наблюдений, способы контроля и оценка качества съемки, детализационные и дополнительные (топогеодезические, петрофизические, геохимические, горные и др.) работы.

В библиографическом списке приводится перечень источников, использованных во всех разделах проекта: материалы периодической печати, учебники, монографии, сборники, стандарты и другие нормативно-технические документы, справочники и т.п.

В приложении помещаются все промежуточные расчеты в табличной форме, графические результаты вычислений, распечатки программ и расчетов на ЭВМ и другие вспомогательные материалы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие геологические задачи решаются радиометрической съемкой ?
2. От чего зависит радиоактивность горных пород, вод и почв ?
3. Назовите кларковые содержания радиоактивных элементов в земной коре.
4. Какой период полураспада у урана ?
5. Как изменяется радиоактивность горных пород от кислых к основным ?
6. Какие осадочные породы являются наиболее радиоактивными ?
7. Какие породы являются практически нерадиоактивными ?
8. Чему равна глубинность исследования в гамма-съемке ?
9. Что считается нормальным радиоактивным фоном ?
10. В чем заключается основное отличие радиометров от спектрометров ?
11. Как распределяются гамма-излучатели в урано-радиевом ряду ?
12. Что является основанием применения гамма-съемки для геологического картирования ?
13. Что такое решение прямой задачи радиометрии ?
14. С какой целью решается прямая задача радиометрии ?
15. Какие существуют методы решения прямой задачи радиометрии ?
16. В каких единицах измеряется мощность экспозиционной дозы ?
17. Как выбирается вертикальный масштаб графиков МЭД ?
18. Как раскрашиваются графики и карты изолиний МЭД ?
19. Напишите формулу МЭД от бесконечного излучающего пространства.
20. Назначение круговой палетки Р.Когана, принцип ее построения.

Библиографический список

1. Ларионов Б.В., Резванов Р.А. Ядерная геофизика и радиометрическая разведка. - М., Недра, 1976. - 435 с.
2. Молев В.П. Радиометрия и ядерная геофизика: Метод. указ. по курсовому проектированию. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1988. - 20 с.
3. Молев В.П. Радиометрия и ядерная геофизика. В 2 ч. Ч. 1: Полевые радиометрические приборы: Метод. указ. к лабораторным работам. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1994. - 24 с.
4. Молев В.П. Радиометрия и ядерная геофизика. В 2 ч. Ч. 2: Радиоактивные изотопы и излучения: Метод. указ. к лабораторным работам. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1994. - 24 с.
5. Молев В.П. Радиометрическая разведка: Учеб. пособие. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1996. - 108 с.
6. Молев В.П. Радиометрия и ядерная геофизика. Расчет гамма-полей: Метод. указ. к лабораторным работам. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 1999. - 20с.
7. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка: Учебник. - Л.: Недра, 1989. - 440 с.
8. Пруктина М.И., Шашкин В.Л. Справочник по радиометрической разведке и радиометрическому анализу. - М.: Атомиздат, 1975. - С. 126-145.

