Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Двоеглазов Семен Иванович
Должность: Директор
Дата подписания: 30.06.2025 15:30:11
Уникальный программный ключ:
2cc3f5fd1c09cc1a69668dd98bc3717111a1a535

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

СТАРООСКОЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
СОФ МГРИ

Кафедра прикладной геологии, технологии поисков и разведки МПИ

Радиометрия и ядерная геофизика

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

для студентов СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.03 ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

Рекомендовано Ученым советом СОФ МГРИ

Старый Оскол, 2022 г.

УДК 549(075.8)

Составитель: преп. Березнева С.И.
Рецензент: канд. геол.- мин. наук Воронова Т.А.

Радиометрия и ядерная геофизика: методические указания к выполнению курсового проекта (работы) / сост.: С.И. Березнева, – Старый Оскол: СОФ МГРИ, 2022 г.– 20 с.

Методические указания к выполнению курсового проекта (работы) по дисциплине «Радиометрия и ядерная геофизика» для студентов, обучающихся по специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки».

Главная цель дисциплины «Радиометрия и ядерная геофизика» - изучение особенностей распределения радиоактивных элементов в земной коре, их

Методические указания содержат необходимую теоретическую информацию для выполнения курсового проекта (работы), методику и порядок их выполнения.

Утверждено и рекомендовано к изданию Ученым советом СОФ МГРИ (протокол № 10 от 29 августа 2022 г.)

© Старооскольский филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ» 2022

Содержание курсового проекта:

Введение

1. Теоретическая основа изучения радиоактивных полей и радиоактивных элементов.
2. Построение карт распределения радиационных полей над возмущающими объектами.
3. Расчет экспозиционной, поглощенной и эквивалентной доз.

Заключение

Список используемой литературы

Приложение

Тема курсового проекта:

Изучение радиационных полей над возмущающими объектами (породами).

1. Теоретическая основа изучения радиоактивных полей и радиоактивных элементов.

Важнейшей характеристикой ядерных излучений является энергия частицы (γ-кванта), выражаемая внесистемной единицей электрон-вольт (эв): 1 эв = $1.6*10^{-12}$ эрг (СГС) = $1.6*10^{-19}$ Дж (СИ).

Поле ядерных излучений характеризуется плотностью, плотностью потока и интенсивностью излучения.

Плотность частиц (γ-квантов) N – это число частиц (γ-квантов), находящихся в данный момент времени в единице объема среды N = n /V, где n – число частиц (γ-квантов). Единица измерений – $n/м^3$ ($n/см^3$).

Плотность потока частиц (γ-квантов) Ф – это число частиц (γ-квантов), падающих в 1 секунду на единичную площадку, перпендикулярную на- правлению параллельного потока частиц (γ-квантов). Ф = nv, где v – скорость частиц (γ-квантов) в среде. Единица измерения $n/(м^2*с)$ или $n/(см^2*с)$.

Интенсивность излучения I – это энергия излучения, падающая в единицу времени на единичную площадь, которая измеряеися в $Вт/(м^2*с)$. Для моноэнергетического пучка частиц с кинетической энергией E: I = ФE.

Если на мишень падает перпендикулярно поток частиц (γ-квантов), то число взаимодействий Nв, происходящих в единицу времени на единице пло- щади мишени, оказывается равным Nв = σФN, где N – число атомов на 1 $см^2$ площади мишени, σ – коэффициент, характеризующий вероятность взаимо- действия, т.е. среднее число взаимодействий, приходящихся на один атом при единичном потоке частиц (квантов). Коэффициент σ имеет размерность площади и измеряется в $см^2$ ($м^2$). σ можно представить как поперечное сечение шара, при попадании частицы в который происходит взаимодействие между частицей и атомом, поэтому σ называют

эффективным сечением взаимодействия. Величина 10^{-24} $см^2$ называется барн и принята в качестве внесистемной единицы сечения взаимодействия.

Нейтронное излучение.

Нейтрон представляет собой нейтральную по заряду элементарную частицу, которая совместно с протоном входит в состав ядер атомов. Масса нейтрона примерно равна массе протона, в свободном состоянии неустойчив и распадается по схеме n → p + e- + γ-квант с периодом полураспада 11,7 минут. Поскольку, в целом, нейтроны электронейтральны, они в сравнении с другими элементарными частицами, проходят значительные расстояния в веществе.

Энергия нейтрона обусловлена его кинетической энергией и связана со скоростью движения нейтрона в вакууме эмпирическим соотношением

$$E = \frac{V^2}{2 * 10^8}$$

где: E – энергия нейтрона, эВ; V – скорость движения, м/сек.

В зависимости от энергии, нейтроны подразделяются на: холодные (с энергией менее 0,025 эв), тепловые (≈0,025 эв), надтепловые (0,03 ÷ 100 эв). Эта классификация принята в ядерной энергетике. В физике высоких энергий принята следующая классификация нейтронов: резонансные нейтроны (1 ÷ 100 эв), медленные (0,1 ÷ 1000 эв), промежуточные (1 ÷ 500Кэв), быстрые (0,5 ÷ 10 Мэв) и очень быстрые (более 10 Мэв).

В силу электронейтральности, нейтроны в веществе взаимодействуют только с ядрами атомов. С электронами атомов нейтроны практически не взаимодействуют потому, что масса нейтрона на три порядка больше массы электрона.

Гамма-излучение.

γ-излучение - самопроизвольный процесс перехода ядра из возбужденного состояния в основное, или менее возбужденное, сопровождающееся испусканием кванта коротковолнового электромагнитного излуче- ния. α – и β-распады сопровождаются испусканием γ-квантов.

Кинетическая энергия α – и β-частиц очень велика (Мэв), а энергетические уровни в ядре – квантованы (т.е. имеют строго определенные значения) и маловероятно, чтобы ядро пришло в стабильное состояние после испускания элементарной частицы. Поэтому при α – и β-распадах, для того чтобы ядро пришло в стабильное энергетическое состояние, распады сопровождаются испусканием γ-квантов. Энергия γ-квантов определяется разностью энергий между уровнем энергии после испускания частицы и стабильным энергетическим уровнем ядра. Следовательно, энергетический спектр гамма-излучения для каждого изотопа строго индивидуален (характерен) и имеет строго опреде- ленные энергии. Для естественных радиоактивных элементов после α – распада обычно испускаются γ-кванты с энергией не выше 0,5 Мэв, после β- распада, энергия γ-кванта может быть больше и достигает 2 ÷ 2,5 Мэв.

Нет принципиальной разницы между квантами видимого света (оптических) и γ-квантами – это кванты электромагнитного излучения. Различие между ними только в частоте излучения, т.е. в энергии. Можно условно подразде- лить кванты по энергии на следующие типы: оптические (до 1 эв), ультра- фиолет (до 1 Кэв), рентгеновские (до 100 Кэв) и гамма-кванты (свыше 100 Кэв). Источником оптических квантов являются процессы, происходящие в валентных электронах атома, ульрафиолетового излучения – процессы, прои- сходящие на электронных уровнях, следующими за валентными.

Происхождение рентгеновского излучения обусловлено процессами, происходящими на наиболее близко расположенных к ядру атома внутренних электронных оболочках. Энергия этих трех излучений (оптического, ультрафиолетового и рентгеновского) определяется энергией связи электро- нов с ядром атома, т.е. потенциалом ионизации данной электронной оболочки. Источником γ-квантов являются процессы, происходящие в самом ядре.

Энергетические уровни электронных оболочек и ядра строго определены для каждого атома (или кристаллической решетки вещества). Говорят, что они характерны для каждого вещества. Следовательно, изучая энергетические спектры вышеперечисленных излучений, можно точно определить тип вещества, а по интенсивности излучения можно перейти к количественным определениям этого вещества (определить концентрацию данного вещества). С этой целью в ядерной геофизике, помимо изучения гамма-излучения, очень широко применяется исследование рентгеновского (характеристичес- кого) излучения.

Взаимодействие γ-излучения с веществом.

Распространяясь в веществе, γ-кванты взаимодействуют с электронами ядрами атомов, а также с кулоновским полем, окружающим электроны и ядра атомов. Имеется возможность осуществления более десятка элементарных процессов взаимодействия γ-излучения с веществом, завершающееся рассеянием или поглощением γ-квантов. Вероятность протекания каждого из этих процессов зависит от энергии γ-кванта, атомного номера Z элемента вещества.

В ядерной геофизике используется γ-излучение с максимальной энергией до 3 Мэв. Для такого γ-излучения характерно взаимодействие с электро- нами атомов. Наиболее вероятны: фотоэлектрическое поглощение (фотоэф- фект) на электронах внутренних оболочек атома; поглощение γ-кванта в процессе образования пары электрон – позитрон в кулоновском поле элек- тронов и ядра (рождение электрон - позитрона РЭП); неупругое рассеяние γ- кванта на электронах (эффект Комптона); упругое рассеяние γ-кванта на электронах (эффект Томсона).

Рассеяние γ-квантов свободными электронами

Считать электроны свободными, т.е. пренебречь связью электронов в атоме, можно лишь для энергий фотонов, значительно превышающей энергию связи электрона ε_e. Энергия связи валентных электронов – величина порядка единиц электрон-вольта (эВ), для электронов внутренних оболочек

это значение возрастает, достигая максимума для электронов К-оболочки - от единиц до десятков Кэв (в зависимости от Z – заряда ядра).

При томсоновском рассеянии энергия гамма-кванта до взаимодействия (Eγ) равняется энергии гамма-кванта после взаимодействия (Eγ’), т.е. процесс идет без потери энергии γ-кванта (Eγ = Eγ’).

Комптоновское рассеяние соответствует случаю неупругого рассеяния γ-кванта на свободном электроне, когда в результате взаимодействия рассеянный γ-квант имеет меньшую энергию, чем первичный (Eγ > Eγ’). Возникает в тех случаях, когда энергия γ-квантов значительно превосходит энергию связи электрона в атоме (Eγ > ε_e), в области энергий 0.05 < Eγ < 10 Мэв Комптон эффект является преобладающим видом взаимодействия γ-квантов с веществом. Разность энергий Eγ - Eγ’ уносится электроном, который получает кинетическую энергию Ре.

Поглощение γ-квантов электронами атомов

Фотоэффект. Фотоэффектом называется такой процесс взаимодействия γ-кванта с электроном, при котором электрону передается вся энергия γ- кванта. При этом электрон выбрасывается за пределы атома с кинетической энергией Ее = Eγ – Ii где Eγ – энергия γ-кванта; Ii – потенциал ионизации i- оболочки атома. Освободившийся в результате фотоэффекта место на электронной оболочке заполняется электронами с вышерасположенных орбит. Этот процесс сопровождается испусканием характеристического рентгеновского излучения, либо испусканием электронов тоже.

Чем меньше энергия связи электрона с атомом, по сравнению с энергией γ-кванта, тем менее вероятен фотоэффект. Это обстоятельство определяет все основныесвойства фотоэффекта: ход сечения в зависимости от энергии γ-кванта; соотношение вероятности (сечения) фотоэффекта разных электронных оболочках атома; зависимость сечения от Z вещества.

Вероятность фотоэффекта тем больше, чем меньше разность энергий потенциала ионизации i-оболочки и энергией γ-кванта. Для γ-кванта с энергией, значительно превышающей энергию связи электрона с атомом, электрон оказывается свободным и фотоэффект становится маловероятным, более вероятно комптоновское рассеяние. По мере убывания Eγ сечение фотоэффекта возрастает. Рост $\sigma_ф$ продолжается до тех пор, пока Eγ не станет равной потенциалу ионизации I_K (энергии связи) К-оболочки. Начиная с Eγ > I_K, фотоэффект на К-оболочке становится невозможным и сечение фотоэффекта определяется только взаимодействием γ-квантов с электронами L-оболочки, далее М-оболочки и т.д. Но электроны этих оболочек связаны с атомом слабее, чем электроны К-оболочки. Поэтому при равных Eγ вероятность фотоэффекта электрона с L-оболочки (а тем более с М- оболочки) существенно меньше, чем с К-оболочки. В связи с этим на кривой сечений фотоэффекта наблюдается резкий скачок при переходе с К-оболочки на L-оболочку.

Для одного и того же вещества для К-оболочки ход сечения фотоэффекта приблизительно оценивается:

при $E_\gamma > I_K$ $\sigma_ф \approx 1/ E_\gamma^{3.5}$; при $E_\gamma >> I_K$ $\sigma_ф \approx 1/ E_\gamma$.

Вероятность (сечение) фотоэффекта очень резко зависит от вещества (заряда Z атома), на котором происходит фотоэффект: $\sigma_ф \approx Z^5$. Это объясняется различной энергией связи электрона в различных веществах. В легких элементах , при Z < 25, электроны связаны кулоновскими силами относительно слабее, чем в элементах с Z > 50 (тяжелые элементы).

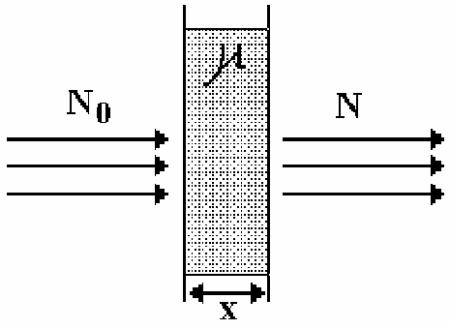
Образование (рождение) электронно-позитронных пар (РЭП). Процесс образования пар состоит в том, что вся энергия кванта в кулоновском поле ядра или электрона передается образующей паре электрон-позитрон. Энергия покоя пары равна $2m_ec^2$ = 1022 Кэв, которая совпадает с пороговой энергией γ-кванта, при которой начинается РЭП в поле ядра. При

образовании пары в кулоновском поле электрона пороговая энергия γ-кванта повышается до $4m_ec^2 = 2044$ Кэв. Учитывая, что в ядерной геофизике используются γ-кванты с энергией до 3 Мэв, роль РЭП при поглощении γ-квантов пренебрежимо мала.

Поглощение γ-кванта в процессе РЭП сопровождается вторичным процессом. Возникший при поглощении γ-кванта позитрон замедляется и, соединяясь с одним из электронов среды, аннигилирует. При этом образуются два аннигиляционных γ-кванта с энергией 511 Кэв каждый, разлетающиеся в противоположные стороны.

Полное сечение взаимодействия γ-излучения с веществом.

Элементарные процессы взаимодействия γ-квантов с веществом не



зависят друг от друга, поэтому полное сечение взаимодействия равно сумме трех сечений: $\mu = \sigma_к + \sigma_т + \sigma_ф$, где индексы к, т, ф относятся, соответственно, к комптоновскому и томсоновскому рассеяниям и фотоэффекту. μ называют коэффициентом ослабления γ- излучения. Его размерность равна обратной
длине ($см^{-1}$).

Для плоскопараллельного пучка γ-квантов, испытывающих однократное взаимодействие, справедливо выражение $N=N_0\exp(-\mu x)$, где N_0 – кол-во γ-квантов до взаимодействия, N – после взаимодействия, μ – коэффициент ослабления, характеризующий поглощающие свойства среды, x - толщина поглотителя.

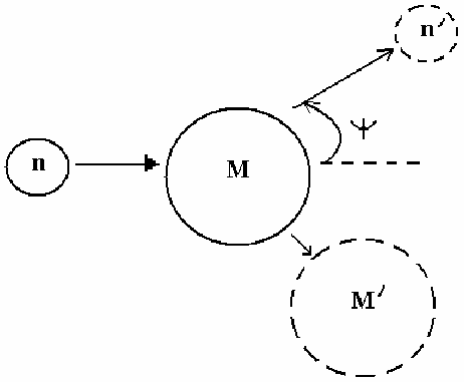
Взаимодействие нейтронов с веществом.

Не обладая электрическим зарядом, нейтроны не испытывают действия зарядов электронов и ядер, поэтому характеризуются большой проникающей способностью. Взаимодействуют, в основном с ядрами атомов. В ядерной

геофизике используются, в подавляющем большинстве, тепловые и надтепловые нейтроны с энергией до 100 эв. Для таких нейтронов характерны реакции: поглощения (радиационный захват нейтронов) и рассеяния (упругое и неупругое).

Упругое рассеяние

Аналогично столкновению двух идеально упругих шаров: сумма энергий до и после рассеяния остается постоянной. Сечение упругого рассеяния σ_p для большинства ядер в области энергий до 100 эв остается постоянной. Исключением является водород, имеющий наибольшее σ_p среди основных породообразующих элементов.



n - нейтрон до взаимдойствия; M – ядро-мишень до взаимодействия; n'- положение нейтрона после взаимдойствия; M'- положение ядра-мишени после взаимодействия; Ψ – угол рассеяния нейтрона. Часть энергии нейтрона при соударении расходуется на создание импульса отдачи ядра-мишени.

Потеря энергии нейтрона при упругом рассеянии зависит от массы ядра-мишени M и угла рассеяния нейтрона.

При лобовом соударении с водородом возможна полная потеря энергии нейтрона. Для сравнения: потеря энергии нейтрона при соударении с ядром кислорода составляет 11%; при соударении с ядром кремния – 6%. Благодаря высокому сечению рассеяния и большой потере энергии нейтрона, водород является аномальным замедлителем нейтронов.

В теории чаще употребляется среднелогарифмическая потеря энергии на одно соударение, так называемый параметр замедления.

Неупругое рассеяние нейтронов.

При этом взаимодействии кинетическая энергия нейтрона расходуется не только на создание отдачи ядра-мишени, но и на повышение его внутренней энергии, т.е. на возбуждение ядра. Энергия возбуждения в последующем высвобождается в виде γ-кванта. Спектр излучения γ-квантов для каждого элемента характерен, т.е. строго определен по энергиям γ-квантов. Неупругое рассеяние – поровая реакция, энергия порога $E_{пор}$ уменьшается с ростом массы ядра - от нескольких тысяч Кэв для легких ядер до 100 Кэв для тяжелых. Поэтому неупругое рассеяние происходит только с быстрыми нейтронами и преимущественно на тяжелых ядрах. Сечение неупругого рассеяния становится больше 0 при достижении нейтроном энергии выше $E_{пор}$, при энергии 10-15 Мэв достигает максимального значения.

Поглощение нейтронов

Для ядерной геофизики, из всех реакций поглощения нейтрона веществом, наиболее важны: реакция радиационного захвата нейтрона ядром (n, γ); а также реакция (n, α) на изотопах $_{10}B$ и $_{6}Li$. Эти реакции идут при любых энергиях нейтронов, но максимум сечения приходится на область низких энергий. Сечение реакции захвата в тепловой области убывает обратно

пропорционально энергии нейтрона, для тяжелых элементов ($Z > 45$) в области промежуточных энергий существуют интервалы резкого роста сечения поглощения – резонансные интервалы. Остальные реакции поглощения, т.е. реакции типа (n, p) и (n, α) для большинства элементов, являются реакциями пороговыми и начинаются при энергии нейтронов более 2 – 5 Мэв. В результате поглощения нейтрона яд- ром, образуются изотопы, отличные от ядра-мишени, большинство из них являются радиоактивными. Спектр γ-излучения радиационного захвата нейтронов, т.е. число квантов,

образующихся по реакции (n, γ) при поглощении 100 нейтронов, различен для разных эле- ментов. Это различие может быть использовано для определения элементного состава породы. Необходимо отметить, что энергия γ-квантов, образующихся в результате радиационного захвата нейтронов, достаточно большая – до 8 Мэв, что облегчает регистрацию их в полевых и скважинных условиях.

Полное сечение и пробеги нейтронов в веществе.

Нейтроны, испускаемые источником и попавшие в горную породу, относительно быстро (за $10^{-4} \div 10^{-5}$ сек) замедляются в результате упругих и, частично, неупругих соударений. Большая часть нейтронов избегает поглощения в области высоких энергий, и захватывается ядрами по реакции радиационного захвата (n, γ), уже имея очень малую энергию (0.025эв). Распределение нейтронов в среде определяется нейтронными свойствами среды, главным образом массой ядер и сечением различных процессов. Полное сечение равно сумме сечений элементарных процессов: $\sigma_t = \sigma_{рз} + \sigma_{ур}$

$+ \sigma_{нр} \approx \sigma_{рз} + \sigma_{ур}$, где индексы означают: t – суммарное сечение, ур – упругое рассеяние, нур – неупругое рассеяние, рз – радиационный захват. С целью уменьшения числа величин, характеризующих распределение нейтронов, вводится относительно небольшое число параметров, называемых

нейтронными параметрами среды.

Детекторы излучений. Основные характеристики детекторов

Детектор ионизирующих излучений – это устройство, преобразующее энергию излучения в другие виды энергии, удобные для регистрации, чаще всего в электрическую энергию.

Детекторы, применяемые в радиометрах, различают:

1. По принципу действия, т.е. по эффекту, используемому для преобразования энергии излучения. Подразделяются на ионизационные и сцинтилляционные: ионизационные детекторы основаны на

ионизирующей способности излучения; сцинтилляционные – на преобразовании фотоэлектрическим умножителем световых вспышек (сцинтилляций), возникающих в люминофорах от воздействия излучения, в электрические сигналы.

2. По состоянию среды, в которой происходит эффект от действия излучения. По этому признаку сцинтилляционные детекторы относятся к твердотельным (хотя в геохронологии используются и жидкие сцинтилляторы). По состоянию среды ионизационные детекторы подразделяются на газовые (счетчики Гейгера-Мюллера, пропорциональные счетчики и др.), жидкостные (некоторые типы ионизационных камер) и твердотельные (полупроводниковые детекторы).
3. По возможности регистрировать энергетическое распределение излучения детекторы подразделяются на интегральные и спектрометрические.

В радиометрической аппаратуре, в основном, используются детекторы:

1. Для регистрации γ-квантов - кристаллы NaI (Tl). Их преимущество - высо- кая эффективность, обусловленная высокой плотностью и большим эффективным атомным номером $Z_{эфф}$, а также высокое энергетическое разрешение. Недостатком Nal(Tl) является их высокая гигроскопичность, приводящая к помутнению кристаллов при попадании влаги. Поэтому кристаллы Nal (Tl) упаковывают в герметичные контейнеры. Конструктивно сцинтилляторы выполняются в герметичном тонком алюминиевом цилиндре, одна торцевая сторона цилиндра – прозрачное стекло, которое присоединяется к фотокатоду ФЭУ.
2. Для регистрации α-частиц применяют ZnS (Ag);
3. Для регистрации тепловых нейтронов смесь борной кислоты с ZnS (Ag). При поглощении нейтрона B^{10} образуются α-частицы, вызывающие сцинтилляцию в ZnS (Ag). Поскольку такая смесь мало прозрачна,

сцинтиллятор обычно изготовляют в виде тонких слоев с большой удельной поверхностью.

Фотоэлектронные умножители состоят из фотокатода, умножающих электродов (динодов) и анода. Потенциал каждого последующего электрода на некоторую величину (≈ 100 В) превышает потенциал предыдущего, что обеспечивает ускорение электронов между ними. Фотоны, поступающие из сцинтиллятора на фотокатод, в результате фотоэффекта на валентных электронах вещества фотокатода, выбивают из последнего несколько десятков или сотен электронов. Электроны, фокусируясь и ускоряясь электрическим полем, бомбардируют пер- вый динод. Тормозясь в диноде, каждый ускоренный электрон выбивает до 5- 10 вторичных электронов. Такой процесс, повторяясь на каждом последующем диноде. Количество динодов в ФЭУ колеблется от 8 до 12, тем самым обеспечивая коэффициент усиления $10^5 \div 10^8$. Вторичные электроны собираются на аноде, в результате на выходе ФЭУ от каждого зарегистрированного кванта образуется ток от 0.03 до 30 миллиампер (в зависимости от энергии γ–кванта).

При попадании в сцинтилляционный детектор моноэнергетического γ-излучения, на выходе счетчика возникает распределение импульсов, называемое аппаратурной линией.

При фотоэффекте энергия вторичного электрона равна энергии γ-кванта E_0. Пунктирной линией показано реальное распределение импульсов на выходе ФЭУ вследствие энергетического разрешения детектора.

При комптоновском рассеянии вторичному электрону передается лишь часть энергии кванта. При комптон-эффекте, в зависимости от угла рассеяния γ- кванта, энергия вторичного электрона может меняться в широких пределах.

Полупроводниковые детекторы **(**ППД**).** В твердых телах, как и в газах, энергия заряженных частиц расходуется на ионизацию и возбуждение атомов, причем пробег частиц в них в 10^3 раз меньше, чем в газе, а плотность ионизации соответственно выше. Поэтому возможно резкое уменьшение

размеров ионизационных камер при сохранении или даже увеличении их эффективности, если газ в камере заменить твердым наполнителем. Основной проблемой при этом является выбор твердых тел с подходящей электропроводностью. Перспективным оказалось создание полупроводниковых детекторов. Для использования полупроводника в качестве детектора ионизирующего излучения в нем создают некоторую область, называемую p-n – переходом и обладающую большим удельным сопротивлением.

Радиометры

Для обнаружения и измерения интенсивности ядерных излучений применяются приборы, называемые радиометрами. Радиометры подразделяются:

1. Интегральные – измеряют суммарную интенсивность γ-излучения (или потока частиц) вне зависимости от их энергии.
2. Спектрометрические – измеряют распределение γ-квантов (частиц) по энергиям.

Интегральные радиометры.

Полевые радиометры состоят из двух блоков: блока детектирования и блока регистратора. Источником питания полевых радиометров являются батареи (аккумуляторы), находящиеся в блоке регистратора.

Спектрометрический радиометр (спектрометр).

В отличие от радиометров, к высоковольтному блоку питания спектрометров предъявляются более жесткие требования к стабильности выходного напряжения. Это связано с тем, что ФЭК сцинтилляционного детектора имеет узкое плато со значительным наклоном, и нестабильность напряжения ФЭУ искажает амплитуду импульса, что приводит к ухудшению энергетического разрешения детектора.

Погрешности при радиометрических измерениях. Чувствительность и фон радиометров.

Основными источниками погрешностей при радиометрии являются:

1. Нестабильность параметров аппаратуры.
2. Неточность эталонирования.
3. Статистический характер радиоактивного распада и взаимодействия излучений.

Погрешности первых двух типов сходны с погрешностями других измерений. При тщательной работе они могут быть менее 1—2% от измеряемой величины.

3. Построение карт распределения радиационных полей над возмущающими объектами.

По данным (Табл. 1), в соответствии со своим вариантом строится карта распределения радиационного поля. Масштаб карты и изолиний выбирается таким образом, чтобы как можно более точно отобразить аномальный объект. В случае необходимости карту поля непосредственно над аномальным объектом строят в более крупном масштабе.

Таблица 1. Данные распределения радиационного поля.

Вариант 1.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
2	2,1	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1
3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
4	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3
5	2,1	2,5	2,5	2,5	2,1	2,1	2,5	2,1	2,1	2,1
6	2,5	2,9	2,9	2,9	2,5	2,1	2,9	2,5	2,5	2,5
7	3,3	3,9	3,9	3,3	2,5	2,1	3,3	3,3	3,3	3,3
8	2,1	3,7	4,7	3,7	2,5	2,1	3,7	2,1	2,1	2,1
9	2,3	3,3	3,5	3,5	2,3	2,1	3,5	2,3	2,3	2,3
10	2,1	2,5	2,9	2,9	2,1	2,1	2,9	2,1	2,1	2,1
11	2,1	2,5	2,7	2,7	2,1	2,1	2,7	2,1	2,1	2,1
12	2,3	2,3	2,9	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
13	2,3	2,3	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
14	2,1	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1
15	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
16	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3
17	2,1	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1
18	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
19	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3
20	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
21	2,1	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1

22	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1
23	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3
24	2,1	2,3	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
24	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
26	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3
27	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
28	2,1	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1
29	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
30	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
31	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
32	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3
33	2,3	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3
34	2,1	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1
35	2,5	2,1	2,1	2,1	2,1	2,5	2,1	2,3	2,5	2,5
36	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,9	2,1	2,3	2,1	2,1
37	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,9	2,1	2,5	2,1	2,1
38	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,9	2,1	3,3	2,3	2,3
39	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	3,3	2,1	2,9	2,1	2,1
40	2,1	2,3	2,3	2,1	2,1	3,7	2,1	3,3	2,1	2,1
41	2,3	2,3	2,3	2,3	3,3	5,3	2,3	3,3	2,9	2,3
42	2,3	2,1	2,1	2,1	3,1	25,9	2,1	11,3	4,1	2,3
43	2,1	2,1	2,1	2,1	2,5	21,7	2,1	7,9	2,9	2,1
44	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	5,1	2,1	3,3	2,5	2,1
45	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	3,3	2,1	2,9	2,3	2,3
46	2,1	2,1	2,1	2,3	2,1	2,5	2,3	2,1	2,1	2,1
47	2,1	2,3	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
48	2,3	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3
49	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3
50	2,1	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1

Вариант 2.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
2	2,9	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
4	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
5	2,9	3,7	3,7	3,7	2,9	2,9	3,7	2,9	2,9	2,9
6	3,7	4,5	4,5	4,5	3,7	2,9	4,5	3,7	3,7	3,7
7	5,3	6,5	6,5	5,3	3,7	2,9	5,3	5,3	5,3	5,3
8	2,9	6,1	8,1	6,1	3,7	2,9	6,1	2,9	2,9	2,9
9	3,3	5,3	5,7	5,7	3,3	2,9	5,7	3,3	3,3	3,3
10	2,9	3,7	4,5	4,5	2,9	2,9	4,5	2,9	2,9	2,9
11	2,9	3,7	4,1	4,1	2,9	2,9	4,1	2,9	2,9	2,9
12	3,3	3,3	4,5	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
13	3,3	3,3	3,7	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
14	2,9	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
15	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
16	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
17	2,9	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
18	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
19	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
20	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3

21	2,9	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
22	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9	2,9
23	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
24	2,9	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
24	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
26	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
27	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
28	2,9	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
29	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
30	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
31	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
32	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
33	3,3	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
34	2,9	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
35	3,7	2,9	2,9	2,9	2,9	3,7	2,9	3,3	3,7	3,7
36	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	4,5	2,9	3,3	2,9	2,9
37	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	4,5	2,9	3,7	2,9	2,9
38	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	4,5	2,9	5,3	3,3	3,3
39	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	5,3	2,9	4,5	2,9	2,9
40	2,9	3,3	3,3	2,9	2,9	6,1	2,9	5,3	2,9	2,9
41	3,3	3,3	3,3	3,3	5,3	9,3	3,3	5,3	4,5	3,3
42	3,3	2,9	2,9	2,9	4,9	50,5	2,9	21,3	6,9	3,3
43	2,9	2,9	2,9	2,9	3,7	42,1	2,9	14,5	4,5	2,9
44	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	8,9	2,9	5,3	3,7	2,9
45	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	5,3	2,9	4,5	3,3	3,3
46	2,9	2,9	2,9	3,3	2,9	3,7	3,3	2,9	2,9	2,9
47	2,9	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
48	3,3	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3
49	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3
50	2,9	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9

Вариант 3.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
2	1,8	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
3	2,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
4	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
5	1,8	3,7	3,7	3,7	2,9	2,9	3,7	2,9	2,9	2,9
6	2,6	4,5	4,5	4,5	3,7	2,9	4,5	3,7	3,7	3,7
7	4,2	6,5	6,5	5,3	3,7	2,9	5,3	5,3	5,3	5,3
8	1,8	6,1	8,1	6,1	3,7	2,9	6,1	2,9	2,9	2,9
9	2,2	5,3	5,7	5,7	3,3	2,9	5,7	3,3	3,3	3,3
10	1,8	3,7	4,5	4,5	2,9	2,9	4,5	2,9	2,9	2,9
11	1,8	3,7	4,1	4,1	2,9	2,9	4,1	2,9	2,9	2,9
12	2,2	3,3	4,5	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
13	2,2	3,3	3,7	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
14	1,8	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
15	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
16	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
17	1,8	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
18	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
19	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3

20	2,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
21	1,8	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
22	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9	2,9
23	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
24	1,8	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
24	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
26	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
27	2,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
28	1,8	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
29	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
30	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
31	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
32	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
33	2,2	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	3,3
34	1,8	3,3	3,3	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9
35	2,6	2,9	2,9	2,9	2,9	3,7	2,9	3,3	3,7	3,7
36	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	4,5	2,9	3,3	2,9	2,9
37	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	4,5	2,9	3,7	2,9	2,9
38	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	4,5	2,9	5,3	3,3	3,3
39	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	5,3	2,9	4,5	2,9	2,9
40	1,8	3,3	3,3	2,9	2,9	6,1	2,9	5,3	2,9	2,9
41	2,2	3,3	3,3	3,3	5,3	9,3	3,3	5,3	4,5	3,3
42	2,2	2,9	2,9	2,9	4,9	50,5	2,9	21,3	6,9	3,3
43	1,8	2,9	2,9	2,9	3,7	42,1	2,9	14,5	4,5	2,9
44	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9	8,9	2,9	5,3	3,7	2,9
45	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	5,3	2,9	4,5	3,3	3,3
46	1,8	2,9	2,9	3,3	2,9	3,7	3,3	2,9	2,9	2,9
47	1,8	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
48	2,2	3,3	3,3	2,9	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3
49	2,2	2,9	2,9	2,9	3,3	3,3	2,9	2,9	2,9	3,3
50	1,8	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	3,3	2,9	2,9	2,9

Вариант 3.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
2	2,84	3,16	3,16	3,16	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	2,84
3	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
4	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	3,16
5	2,84	3,48	3,48	3,48	2,84	2,84	3,48	2,84	2,84	2,84
6	3,48	4,12	4,12	4,12	3,48	2,84	4,12	3,48	3,48	3,48
7	4,76	5,72	5,72	4,76	3,48	2,84	4,76	4,76	4,76	4,76
8	2,84	5,4	7	5,4	3,48	2,84	5,4	2,84	2,84	2,84
9	3,16	4,76	5,08	5,08	3,16	2,84	5,08	3,16	3,16	3,16
10	2,84	3,48	4,12	4,12	2,84	2,84	4,12	2,84	2,84	2,84
11	2,84	3,48	3,8	3,8	2,84	2,84	3,8	2,84	2,84	2,84
12	3,16	3,16	4,12	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
13	3,16	3,16	3,48	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
14	2,84	3,16	3,16	3,16	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	2,84
15	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
16	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	3,16

17	2,84	3,16	3,16	3,16	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	2,84
18	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
19	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	3,16
20	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
21	2,84	3,16	3,16	3,16	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	2,84
22	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	2,84	2,84
23	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	3,16
24	2,84	3,16	3,16	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
24	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
26	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	3,16
27	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
28	2,84	3,16	3,16	3,16	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	2,84
29	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
30	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
31	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
32	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	3,16
33	3,16	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	3,16
34	2,84	3,16	3,16	3,16	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	2,84
35	3,48	2,84	2,84	2,84	2,84	3,48	2,84	3,16	3,48	3,48
36	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	4,12	2,84	3,16	2,84	2,84
37	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	4,12	2,84	3,48	2,84	2,84
38	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	4,12	2,84	4,76	3,16	3,16
39	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	4,76	2,84	4,12	2,84	2,84
40	2,84	3,16	3,16	2,84	2,84	5,4	2,84	4,76	2,84	2,84
41	3,16	3,16	3,16	3,16	4,76	7,96	3,16	4,76	4,12	3,16
42	3,16	2,84	2,84	2,84	4,44	40,92	2,84	17,56	6,04	3,16
43	2,84	2,84	2,84	2,84	3,48	34,2	2,84	12,12	4,12	2,84
44	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	7,64	2,84	4,76	3,48	2,84
45	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	4,76	2,84	4,12	3,16	3,16
46	2,84	2,84	2,84	3,16	2,84	3,48	3,16	2,84	2,84	2,84
47	2,84	3,16	3,16	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84	2,84
48	3,16	3,16	3,16	2,84	3,16	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16
49	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16	3,16	2,84	2,84	2,84	3,16
50	2,84	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	3,16	2,84	2,84	2,84

Вариант 4.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
2	2,6	2,75	2,75	2,75	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,6
3	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
4	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,75
5	2,6	2,9	2,9	2,9	2,6	2,6	2,9	2,6	2,6	2,6
6	2,9	3,2	3,2	3,2	2,9	2,6	3,2	2,9	2,9	2,9
7	3,5	3,95	3,95	3,5	2,9	2,6	3,5	3,5	3,5	3,5
8	2,6	3,8	4,55	3,8	2,9	2,6	3,8	2,6	2,6	2,6
9	2,75	3,5	3,65	3,65	2,75	2,6	3,65	2,75	2,75	2,75

10	2,6	2,9	3,2	3,2	2,6	2,6	3,2	2,6	2,6	2,6
11	2,6	2,9	3,05	3,05	2,6	2,6	3,05	2,6	2,6	2,6
12	2,75	2,75	3,2	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
13	2,75	2,75	2,9	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
14	2,6	2,75	2,75	2,75	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,6
15	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
16	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,75
17	2,6	2,75	2,75	2,75	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,6
18	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
19	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,75
20	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
21	2,6	2,75	2,75	2,75	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,6
22	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,6	2,6
23	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,75
24	2,6	2,75	2,75	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
24	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
26	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,75
27	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
28	2,6	2,75	2,75	2,75	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,6
29	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
30	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
31	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
32	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,75
33	2,75	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,75
34	2,6	2,75	2,75	2,75	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,6
35	2,9	2,6	2,6	2,6	2,6	2,9	2,6	2,75	2,9	2,9
36	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	3,2	2,6	2,75	2,6	2,6
37	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	3,2	2,6	2,9	2,6	2,6
38	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	3,2	2,6	3,5	2,75	2,75
39	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	3,5	2,6	3,2	2,6	2,6
40	2,6	2,75	2,75	2,6	2,6	3,8	2,6	3,5	2,6	2,6
41	2,75	2,75	2,75	2,75	3,5	5	2,75	3,5	3,2	2,75
42	2,75	2,6	2,6	2,6	3,35	20,45	2,6	9,5	4,1	2,75
43	2,6	2,6	2,6	2,6	2,9	17,3	2,6	6,95	3,2	2,6
44	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	4,85	2,6	3,5	2,9	2,6
45	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	3,5	2,6	3,2	2,75	2,75
46	2,6	2,6	2,6	2,75	2,6	2,9	2,75	2,6	2,6	2,6
47	2,6	2,75	2,75	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
48	2,75	2,75	2,75	2,6	2,75	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75
49	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75	2,75	2,6	2,6	2,6	2,75
50	2,6	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,75	2,6	2,6	2,6

Вариант 5.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31

2	3,31	3,39	3,39	3,39	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,31
3	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
4	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,39
5	3,31	3,47	3,47	3,47	3,31	3,31	3,47	3,31	3,31	3,31
6	3,47	3,63	3,63	3,63	3,47	3,31	3,63	3,47	3,47	3,47
7	3,79	4,03	4,03	3,79	3,47	3,31	3,79	3,79	3,79	3,79
8	3,31	3,95	4,35	3,95	3,47	3,31	3,95	3,31	3,31	3,31
9	3,39	3,79	3,87	3,87	3,39	3,31	3,87	3,39	3,39	3,39
10	3,31	3,47	3,63	3,63	3,31	3,31	3,63	3,31	3,31	3,31
11	3,31	3,47	3,55	3,55	3,31	3,31	3,55	3,31	3,31	3,31
12	3,39	3,39	3,63	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
13	3,39	3,39	3,47	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
14	3,31	3,39	3,39	3,39	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,31
15	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
16	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,39
17	3,31	3,39	3,39	3,39	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,31
18	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
19	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,39
20	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
21	3,31	3,39	3,39	3,39	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,31
22	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,31	3,31
23	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,39
24	3,31	3,39	3,39	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
24	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
26	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,39
27	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
28	3,31	3,39	3,39	3,39	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,31
29	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
30	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
32	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,39
33	3,39	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,39
34	3,31	3,39	3,39	3,39	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,31
35	3,47	3,31	3,31	3,31	3,31	3,47	3,31	3,39	3,47	3,47
36	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,63	3,31	3,39	3,31	3,31
37	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,63	3,31	3,47	3,31	3,31
38	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,63	3,31	3,79	3,39	3,39
39	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,79	3,31	3,63	3,31	3,31
40	3,31	3,39	3,39	3,31	3,31	3,95	3,31	3,79	3,31	3,31
41	3,39	3,39	3,39	3,39	3,79	4,59	3,39	3,79	3,63	3,39
42	3,39	3,31	3,31	3,31	3,71	12,83	3,31	6,99	4,11	3,39
43	3,31	3,31	3,31	3,31	3,47	11,15	3,31	5,63	3,63	3,31
44	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	4,51	3,31	3,79	3,47	3,31
45	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,79	3,31	3,63	3,39	3,39
46	3,31	3,31	3,31	3,39	3,31	3,47	3,39	3,31	3,31	3,31
47	3,31	3,39	3,39	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
48	3,39	3,39	3,39	3,31	3,39	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39
49	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39	3,39	3,31	3,31	3,31	3,39
50	3,31	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,39	3,31	3,31	3,31

Вариант 6.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10

1	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
2	4,66	5,86	5,86	5,86	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	4,66
3	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86
4	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	5,86
5	4,66	7,06	7,06	7,06	4,66	4,66	7,06	4,66	4,66	4,66
6	7,06	9,46	9,46	9,46	7,06	4,66	9,46	7,06	7,06	7,06
7	11,86	15,46	15,46	11,86	7,06	4,66	11,86	11,86	11,86	11,86
8	4,66	14,26	20,26	14,26	7,06	4,66	14,26	4,66	4,66	4,66
9	5,86	11,86	13,06	13,06	5,86	4,66	13,06	5,86	5,86	5,86
10	4,66	7,06	9,46	9,46	4,66	4,66	9,46	4,66	4,66	4,66
11	4,66	7,06	8,26	8,26	4,66	4,66	8,26	4,66	4,66	4,66
12	5,86	5,86	9,46	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86
13	5,86	5,86	7,06	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86
14	4,66	5,86	5,86	5,86	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	4,66
15	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
16	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	5,86
17	4,66	5,86	5,86	5,86	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	4,66
18	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
19	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	5,86
20	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86
21	4,66	5,86	5,86	5,86	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	4,66
22	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	4,66	4,66
23	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	5,86
24	4,66	5,86	5,86	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
24	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
26	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	5,86
27	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86
28	4,66	5,86	5,86	5,86	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	4,66
29	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
30	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
31	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
32	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	5,86
33	5,86	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	5,86
34	4,66	5,86	5,86	5,86	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	4,66
35	7,06	4,66	4,66	4,66	4,66	7,06	4,66	5,86	7,06	7,06
36	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	9,46	4,66	5,86	4,66	4,66
37	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	9,46	4,66	7,06	4,66	4,66
38	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	9,46	4,66	11,86	5,86	5,86
39	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	11,86	4,66	9,46	4,66	4,66
40	4,66	5,86	5,86	4,66	4,66	14,26	4,66	11,86	4,66	4,66
41	5,86	5,86	5,86	5,86	11,86	23,86	5,86	11,86	9,46	5,86
42	5,86	4,66	4,66	4,66	10,66	147,46	4,66	59,86	16,66	5,86
43	4,66	4,66	4,66	4,66	7,06	122,26	4,66	39,46	9,46	4,66
44	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	22,66	4,66	11,86	7,06	4,66
45	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	11,86	4,66	9,46	5,86	5,86
46	4,66	4,66	4,66	5,86	4,66	7,06	5,86	4,66	4,66	4,66
47	4,66	5,86	5,86	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
48	5,86	5,86	5,86	4,66	5,86	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86
49	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86	5,86	4,66	4,66	4,66	5,86
50	4,66	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	5,86	4,66	4,66	4,66

Вариант 7.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
2	16,4	22,55	22,55	22,55	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	16,4
3	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55
4	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	22,55
5	16,4	28,7	28,7	28,7	16,4	16,4	28,7	16,4	16,4	16,4
6	28,7	41	41	41	28,7	16,4	41	28,7	28,7	28,7
7	53,3	71,75	71,75	53,3	28,7	16,4	53,3	53,3	53,3	53,3
8	16,4	65,6	96,35	65,6	28,7	16,4	65,6	16,4	16,4	16,4
9	22,55	53,3	59,45	59,45	22,55	16,4	59,45	22,55	22,55	22,55
10	16,4	28,7	41	41	16,4	16,4	41	16,4	16,4	16,4
11	16,4	28,7	34,85	34,85	16,4	16,4	34,85	16,4	16,4	16,4
12	22,55	22,55	41	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55
13	22,55	22,55	28,7	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55
14	16,4	22,55	22,55	22,55	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	16,4
15	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
16	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	22,55
17	16,4	22,55	22,55	22,55	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	16,4
18	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
19	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	22,55
20	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55
21	16,4	22,55	22,55	22,55	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	16,4
22	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	16,4	16,4
23	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	22,55
24	16,4	22,55	22,55	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
24	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
26	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	22,55
27	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55
28	16,4	22,55	22,55	22,55	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	16,4
29	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
30	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
31	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
32	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	22,55
33	22,55	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	22,55
34	16,4	22,55	22,55	22,55	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	16,4
35	28,7	16,4	16,4	16,4	16,4	28,7	16,4	22,55	28,7	28,7
36	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	41	16,4	22,55	16,4	16,4
37	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	41	16,4	28,7	16,4	16,4
38	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	41	16,4	53,3	22,55	22,55
39	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	53,3	16,4	41	16,4	16,4
40	16,4	22,55	22,55	16,4	16,4	65,6	16,4	53,3	16,4	16,4
41	22,55	22,55	22,55	22,55	53,3	114,8	22,55	53,3	41	22,55
42	22,55	16,4	16,4	16,4	47,15	748,25	16,4	299,3	77,9	22,55
43	16,4	16,4	16,4	16,4	28,7	619,1	16,4	194,75	41	16,4
44	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	108,65	16,4	53,3	28,7	16,4
45	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	53,3	16,4	41	22,55	22,55
46	16,4	16,4	16,4	22,55	16,4	28,7	22,55	16,4	16,4	16,4
47	16,4	22,55	22,55	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
48	22,55	22,55	22,55	16,4	22,55	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55
49	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55	22,55	16,4	16,4	16,4	22,55
50	16,4	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	22,55	16,4	16,4	16,4

Вариант 8.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
2	11,34	17,49	17,49	17,49	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	11,34
3	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49
4	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	17,49
5	11,34	23,64	23,64	23,64	11,34	11,34	23,64	11,34	11,34	11,34
6	23,64	35,94	35,94	35,94	23,64	11,34	35,94	23,64	23,64	23,64
7	48,24	66,69	66,69	48,24	23,64	11,34	48,24	48,24	48,24	48,24
8	11,34	60,54	91,29	60,54	23,64	11,34	60,54	11,34	11,34	11,34
9	17,49	48,24	54,39	54,39	17,49	11,34	54,39	17,49	17,49	17,49
10	11,34	23,64	35,94	35,94	11,34	11,34	35,94	11,34	11,34	11,34
11	11,34	23,64	29,79	29,79	11,34	11,34	29,79	11,34	11,34	11,34
12	17,49	17,49	35,94	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49
13	17,49	17,49	23,64	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49
14	11,34	17,49	17,49	17,49	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	11,34
15	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
16	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	17,49
17	11,34	17,49	17,49	17,49	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	11,34
18	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
19	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	17,49
20	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49
21	11,34	17,49	17,49	17,49	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	11,34
22	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	11,34	11,34
23	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	17,49
24	11,34	17,49	17,49	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
24	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
26	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	17,49
27	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49	17,49
28	11,34	17,49	17,49	17,49	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	11,34
29	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
30	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
31	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
32	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	17,49
33	17,49	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	17,49
34	11,34	17,49	17,49	17,49	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	11,34
35	23,64	11,34	11,34	11,34	11,34	23,64	11,34	17,49	23,64	23,64
36	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	35,94	11,34	17,49	11,34	11,34
37	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	35,94	11,34	23,64	11,34	11,34
38	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	35,94	11,34	48,24	17,49	17,49
39	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	48,24	11,34	35,94	11,34	11,34
40	11,34	17,49	17,49	11,34	11,34	60,54	11,34	48,24	11,34	11,34
41	17,49	17,49	17,49	17,49	48,24	109,74	17,49	48,24	35,94	17,49
42	17,49	11,34	11,34	11,34	42,09	743,19	11,34	294,24	72,84	17,49
43	11,34	11,34	11,34	11,34	23,64	614,04	11,34	189,69	35,94	11,34
44	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	103,59	11,34	48,24	23,64	11,34
45	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	48,24	11,34	35,94	17,49	17,49
46	11,34	11,34	11,34	17,49	11,34	23,64	17,49	11,34	11,34	11,34
47	11,34	17,49	17,49	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34	11,34
48	17,49	17,49	17,49	11,34	17,49	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49
49	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49	17,49	11,34	11,34	11,34	17,49
50	11,34	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	17,49	11,34	11,34	11,34

Вариант 9.

ПК	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	ПР7	ПР8	ПР9	ПР10
1	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
2	4,4	4,55	4,55	4,55	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,4
3	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
4	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,55
5	4,4	4,7	4,7	4,7	4,4	4,4	4,7	4,4	4,4	4,4
6	4,7	5	5	5	4,7	4,4	5	4,7	4,7	4,7
7	5,3	5,75	5,75	5,3	4,7	4,4	5,3	5,3	5,3	5,3
8	4,4	5,6	6,35	5,6	4,7	4,4	5,6	4,4	4,4	4,4
9	4,55	5,3	5,45	5,45	4,55	4,4	5,45	4,55	4,55	4,55
10	4,4	4,7	5	5	4,4	4,4	5	4,4	4,4	4,4
11	4,4	4,7	4,85	4,85	4,4	4,4	4,85	4,4	4,4	4,4
12	4,55	4,55	5	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
13	4,55	4,55	4,7	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
14	4,4	4,55	4,55	4,55	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,4
15	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
16	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,55
17	4,4	4,55	4,55	4,55	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,4
18	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
19	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,55
20	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
21	4,4	4,55	4,55	4,55	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,4
22	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,4	4,4
23	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,55
24	4,4	4,55	4,55	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
24	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
26	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,55
27	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
28	4,4	4,55	4,55	4,55	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,4
29	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
30	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
31	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
32	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,55
33	4,55	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,55
34	4,4	4,55	4,55	4,55	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,4
35	4,7	4,4	4,4	4,4	4,4	4,7	4,4	4,55	4,7	4,7
36	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5	4,4	4,55	4,4	4,4
37	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5	4,4	4,7	4,4	4,4
38	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	5	4,4	5,3	4,55	4,55
39	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5,3	4,4	5	4,4	4,4
40	4,4	4,55	4,55	4,4	4,4	5,6	4,4	5,3	4,4	4,4
41	4,55	4,55	4,55	4,55	5,3	6,8	4,55	5,3	5	4,55
42	4,55	4,4	4,4	4,4	5,15	22,25	4,4	11,3	5,9	4,55
43	4,4	4,4	4,4	4,4	4,7	19,1	4,4	8,75	5	4,4
44	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	6,65	4,4	5,3	4,7	4,4
45	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	5,3	4,4	5	4,55	4,55
46	4,4	4,4	4,4	4,55	4,4	4,7	4,55	4,4	4,4	4,4
47	4,4	4,55	4,55	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
48	4,55	4,55	4,55	4,4	4,55	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55
49	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55	4,55	4,4	4,4	4,4	4,55
50	4,4	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,55	4,4	4,4	4,4

3. Расчет экспозиционной, поглощенной и эквивалентной доз.

Экспозиционная доза является мерой ионизации воздуха, подвергнувшегося воздействию фотонов, равная отношению образованного в результате ионизирующего излучения общего электрического заряда ионов одного знака к массе воздуха, в котором оно было поглощено. Измеряется экспозиционная доза в Кл/кг (кулон на килограмм, в соответствии с СИ), а также в рентгенах (внесистемная единица). Измерение экспозиционной дозы позволяет определить радиационную обстановку на местности, которая в данном случае будет характеризоваться количеством затраченной на ионизацию 1 кг воздуха энергии гамма-излучения. Эффект, наблюдаемый при экспозиционной дозе, принято сопоставлять с количеством поглощенной воздухом энергии или дозы радиации, поскольку этот процесс является первичным, и именно он дает начало цепи последовательно протекающих физико-химических преобразований в облученном объекте. Рассчитывается по формуле:

$I_э = \frac{k_\gamma A}{r^2}$, k_γ - ионизационная постоянная, А – активность источника (Табл.2).

Табл. 2

Вариант	Источник	k_γ, мкЗв/ч	А, Бк
1, 2	60Co	370	1•108
4, 3	99mTc	33	1•1010
4, 5	131I	77	1•107
6, 7	137Cs	103	1•1011
8, 9	192Ir	160	1•108

Поглощенная доза или доза излучения (применяется для определения количества ионизирующего излучения, поглощенного облучаемым веществом. Это одна из фундаментальных физических величин в дозиметрии, поскольку все изменения в объекте облучения происходят под воздействием ионизирующего излучения. Рассчитывается по формуле:

$I_n = \frac{c_\gamma A}{r^2}$, где c_γ - энергетическая постоянная $10{,}97 \cdot 10^5$.

Каждый вид излучений имеет свое биологическое действие на объект и разную повреждающую способность. Причина в том, что при условии одинаковой величины и времени воздействия, характер распределения поглощенной энергии в объекте будет отличаться, т.е. чем больше ионов создает одна проникнувшая в ткань частица радиоактивного вещества на единице пути, тем выше будет биологический эффект. Эквивалентная доза учитывает эти различия и является отражением биологического эффекта облучения. Рассчитывается по формуле:

$I_{экв} = I_n Q$, где Q – фактор количества, коэффициент указывающий воздействие на биологическую среду. Будем считать, что $Q = 1$, поскольку наш источник можно рассматривать как точечный.

По результатам расчетов сделать выводы о характере воздействия излучения и его интенсивности.