

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Двоеглазов Семен Иванович
Должность: Директор
Дата подписания: 30.06.2025 15:27:54
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): $1 \text{ эв} = 1.6 \cdot 10^{-12} \text{ эрг (СГС)} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж (СИ)}$.

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 – н/м^3 (н/см^3).

Плотность потока частиц (γ -квантов) Φ – это число частиц (γ -квантов), падающих в 1 секунду на единичную площадку, перпендикулярную направлению параллельного потока частиц (γ -квантов). $\Phi = n v$, где v – скорость частиц (γ -квантов) в среде. Единица измерения $\text{н/(\text{м}^2 \cdot \text{с})}$ или $\text{н/(\text{см}^2 \cdot \text{с})}$.

Интенсивность излучения I – это энергия излучения, падающая в единицу времени на единичную площадь, которая измеряется в $\text{Вт/(\text{м}^2 \cdot \text{с})}$. Для моноэнергетического пучка частиц с кинетической энергией E : $I = \Phi E$.

Если на мишень падает перпендикулярно поток частиц (γ -квантов), то число взаимодействий N_v , происходящих в единицу времени на единице площади мишени, оказывается равным $N_v = \sigma \Phi N$, где N – число атомов на 1 см^2 площади мишени, σ – коэффициент, характеризующий вероятность взаимодействия, 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 $n \rightarrow p + e^- + \gamma\text{-квант}$ 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

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

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 ($\approx 0,025$ 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 ÷ 500 КэВ), 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 излучения. 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 определенные 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 $2 \div 2,5$ 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 подразделить 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, ультрафиолетового излучения – процессы, происходящие 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 электронов 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 (характеристического) 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 электронами атомов. Наиболее вероятны: фотоэлектрическое поглощение (фотоэффект) на электронах внутренних оболочек атома; поглощение γ -кванта в процессе образования пары электрон – позитрон в кулоновском поле электронов 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 (E_γ) равняется энергии гамма-кванта после взаимодействия ($E_{\gamma'}$), т.е. процесс идет без потери энергии γ -кванта ($E_\gamma = E_{\gamma'}$).

Комптоновское рассеяние соответствует случаю неупругого рассеяния γ -кванта на свободном электроне, когда в результате взаимодействия рассеянный γ -квант имеет меньшую энергию, чем первичный ($E_\gamma > E_{\gamma'}$). Возникает в тех случаях, когда энергия γ -квантов значительно превосходит энергию связи электрона в атоме ($E_\gamma > \epsilon_e$), в области энергий $0.05 < E_\gamma < 10$ МэВ Комpton эффект является преобладающим видом взаимодействия γ -квантов с веществом. Разность энергий $E_\gamma - E_{\gamma'}$ уносится электроном, который получает кинетическую энергию P_e .

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 $E_e = E_\gamma - I_i$ где E_γ – энергия γ -кванта; I_i – 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 основные свойства 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 E_γ сечение фотоэффекта возрастает. Рост σ_ϕ продолжается до тех пор, пока E_γ не станет равной потенциалу ионизации I_K (энергии связи) K -оболочки. Начиная с $E_\gamma > I_K$, фотоэффект на K -оболочке становится невозможным и сечение фотоэффекта определяется только взаимодействием γ -квантов с электронами L -оболочки, далее M -оболочки и т.д. Но электроны этих оболочек связаны с атомом слабее, чем электроны K -оболочки. Поэтому при равных E_γ вероятность фотоэффекта электрона с L -оболочки (а тем более с M -оболочки) существенно меньше, чем с K -оболочки. В связи с этим на кривой сечений фотоэффекта наблюдается резкий скачок при переходе с K -оболочки на L -оболочку.

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

$$\text{при } E_\gamma > I_K \quad \sigma_\phi \approx 1/$$

$$E_\gamma^{3.5}; \text{ при } E_\gamma \gg I_K$$

$$\sigma_\phi \approx 1/ E_\gamma.$$

Вероятность (сечение) фотоэффекта очень резко зависит от вещества (заряда Z атома), на котором происходит фотоэффект: $\sigma_\phi \approx Z^5$. 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).

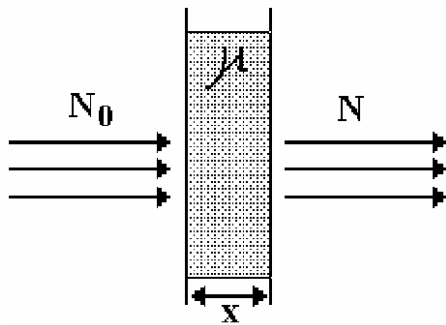
Образование (рождение) электронно-позитронных пар (РЭП). Процесс образования пар состоит в том, что вся энергия кванта в кулоновском поле ядра или электрона передается образующей паре электрон-позитрон. Энергия покоя пары равна $2m_e c^2 = 1022 \text{ КэВ}$, которая совпадает с пороговой энергией γ -кванта,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

образовании пары в кулоновском поле электрона пороговая энергия γ -кванта повышается до $4m_e c^2 = 2044$ 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: $\mu = \sigma_k + \sigma_t + \sigma_f$, 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.

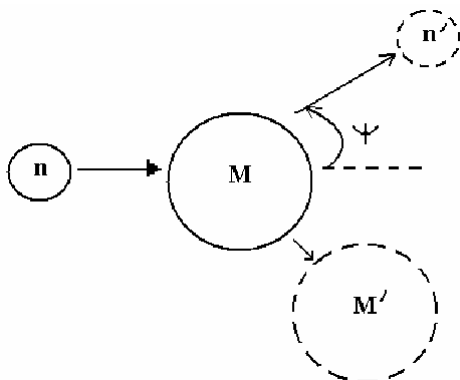
Взаимодействие нейтронов с веществом.

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_r для большинства ядер в области энергий до 100 эв остается постоянной. Исключением является водород, имеющий наибольшее σ_r среди основных породообразующих элементов.



n - нейтрон до взаимодействия; M - ядро-мишень до взаимодействия; n' - положение нейтрона после взаимодействия; 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 $E_{\text{пор}}$ 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 $E_{\text{пор}}$, 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 ${}_{10}\text{B}$ и ${}_6\text{Li}$. 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 ядром, 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 элементов. 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: $\sigma_t = \sigma_{pz} + \sigma_{ур} + \sigma_{нр} \approx \sigma_{pz} + \sigma_{ур}$, где индексы означают: t – суммарное сечение, ур – упругое рассеяние, нр – неупругое рассеяние, pz – 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 - высокая эффективность, обусловленная высокой плотностью и большим эффективным атомным номером $Z_{\text{эфф}}$, а также высокое энергетическое разрешение. Недостатком NaI(Tl) является их высокая гигроскопичность, приводящая к помутнению кристаллов при попадании влаги. Поэтому кристаллы NaI (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 изготавливают 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 первый 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 р-п – 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:

$$I_{\gamma} = \frac{k_{\gamma} A}{r^2}, \quad k_{\gamma} - \text{ионизационная постоянная, } A - \text{активность источника (Табл.2)}.$$

Табл. 2

Вариант	Источник	k_{γ} , мкЗв/ч	A, Бк
1, 2	60Co	370	1•10 ⁸
4, 3	99mTc	33	1•10 ¹⁰
4, 5	131I	77	1•10 ⁷
6, 7	137Cs	103	1•10 ¹¹
8, 9	192Ir	160	1•10 ⁸

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:

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

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:

$I_{\text{экв}} = I_n Q$, 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.