



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии климатологии и охраны атмосферы

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему: «Методы и средства оценки радиационного фона  
Красногвардейского района Санкт-Петербурга»

Исполнитель Соколова Дарья Сергеевна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
И.о.заведующий кафедрой

кандидат географических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Абанников Виктор Николаевич  
(фамилия, имя, отчество)

«30» мая 2021 г.

Санкт-Петербург  
2021

Содержание	
Введение .....	3
Глава I Общая характеристика ионизирующих излучений .....	6
1.1 Виды ионизирующих излучений .....	6
1.2. Единицы измерения ионизирующих излучений .....	8
1.3 Особенности воздействия радиации на человека .....	10
Глава II Источники ионизирующих излучений .....	18
2.1 Природные источники ионизирующих излучений .....	18
2.2 Космическая радиация .....	20
2.3.1. Аварии на радиационных опасных объектах .....	21
2.4. Потребительские товары, содержащие радионуклиды .....	23
Глава III Требования к обеспечению радиационной безопасности населения .....	25
3.1 Основные принципы обеспечения радиационной безопасности .....	25
3.2 Контроль техногенного облучения населения .....	27
3.3 Допустимые уровни излучений на объектах строительства .....	30
3.4. Требования к качеству питьевой воды .....	32
3.5 Требования к качеству продуктов питания .....	33
Глава IV Технические средства контроля радиационной обстановки (ТСКРО) .....	37
4.1 Приборы радиационного контроля .....	38
Глава V Анализ пространственно-временного распределения радиационного фона микрорайона. .....	44
5.1 Описание района исследований и методика измерений .....	44
5.2 Методы получения изолиний разными способами интерполяции в пакете «Surfer 9» .....	45
5.3 Анализ результатов измерения $\gamma$ -излучения дозиметром «Мастер-1» .....	48
5.4 Анализ результатов измерения $\beta$ -излучения дозиметром-радиометром ИРД-02Б1 .....	53
Заключение .....	59
Приложения .....	63

## Введение

Фоновое излучение нас окружает везде, и оно повсеместно встречается в нашей жизни. Источником данного явления значатся многие факты такие как: космическое излучение и земная радиоактивность в почве, строительные материалы, в воздухе, воде, пищевых продуктах и организме человека. Каждый из нас подтвержден воздействию ионизирующей радиации из природных источников на протяжении всей нашей жизни. Данное излучение называется естественным радиационным фоном. Фоновое излучение постоянно присутствует в природной среде Земли, которая излучается естественными и искусственными источниками. Широкое распространение в среде Земли имеет естественная радиоактивность, которая существует в почве, растениях.

Атмосфера Земли составляет в целом тонкий газообразный конверт, который окружает твердые и жидкие поверхности земли, состоит в основном из молекулярного азота и кислорода. Чистый сухой воздух содержит около 78% азота, 21% кислорода, 1% аргона и 0,33% углекислого газа. Кроме того, земная атмосфера содержит водяной пар и твердые частицы (аэрозоли), такие как капли воды, пыль, льда и копоти, которые сильно различаются [1]. Практически состав атмосферы изменяется в зависимости от географического положения, высоты и времени года.

Имеющий наибольшее значение источник природного фонового излучения представляет из себя радиоактивные элементы в земной коре, являющиеся выделением радиоактивного газа от Земли, космических лучей из вселенной, которые бомбардируют нашу планету, а также определенное количество радиоактивности в организме. Влияние излучения в основном происходит от естественного радиационного фона (85%). Оценка гамма доз облучения от природных источников обладает особенным значением, в частности, естественное излучение считается особо значимым источником наружного облучения в интересах населения во всем мире [2].

Организмы на протяжении (всей жизни человечества) всей истории жизни человечества на Земле постоянно подвергаются воздействию излучений от радионуклидов. В следствии чего, результат космических лучей в атмосфере и излучениях, которые встречаются в природе веществ пространственное распределены во все живые и неживые составляющие биосферы. [3]

Человек подвергается влиянию ионизирующего излучения, испускаемого самопроизвольно сталкивающимися в природе атомами. Три вида излучений, а непосредственно, альфа, бета и гамма, которые излучается разными радиоактивными веществами, которые различаются по собственной энергии и проникающей способности. Развитие ядерной энергетики создал иные источники воздействия, такие как осадки от испытаний оружия, радиоактивные выбросы от действия ядерных реакторов и аварий, влияние радиоактивных отходов, промышленное, медицинское и сельскохозяйственное эксплуатация радиоизотопов. Тем не менее, главный вклад в среднегодовое фоновое излучение вносится из естественных источников. Все воздействия, за исключением тех, который от прямого космического излучения, производятся радиоактивностью от естественных радионуклидов, присутствующих в окружающей сфере. Преобладающие наземные эффекты ионизирующего испускания, которые мы рассматриваем, наиболее существенное влияние носит косвенный характер - ионизация атмосферы, приводящая к истощению озоновой оболочки в стратосфере. Данное истощение приводит к биологическому дефекту из-за солнечного УФ-излучения (в частности, повышенной угрозой заболеванием раком, а также дефекты при рождении) [2].

Целью данной дипломной работы является в установлении зависимости сезонных изменений атмосферного бета и гамма фонового излучения на выделенном районе г. Санкт-Петербурга при снежном покрове и без него. Для решения поставленных целей исследования, необходимо решить некоторые задачи:

- Проанализировать литературные источники по проблеме фонового излучения в Санкт-Петербурге;
- Технические средства контроля радиационной обстановки;
- Выявление зависимостей  $\beta$ - и  $\gamma$ -фон от метеорологических величин;
- Статистическая обработка экспериментальных данных и анализ результатов.

Необходимо отметить, что расположение Санкт-Петербурга в зоне контакта Русской платформы и Балтийского щита, кристаллические породы которых содержат радиоактивные элементы, в том числе и уран. Кроме того, Санкт-Петербург — город, где зарождалась отечественная радиохимия и велись различные работы с радиоактивными элементами, при этом до 1960-ого года бесконтрольно, а также на территории Ленинградской области располагаются АЭС и теплоэлектростанции. В связи с этим актуальность данной работы заключается в том, что необходимо систематически проводить сбор данных и профилактические меры во избежание выделения большого числа радиоактивных веществ, а также паники среди населения, которые могут приводить к летальным последствиям.

# Глава I Общая характеристика ионизирующих излучений

## 1.1 Виды ионизирующих излучений

Переход друг в друга могут протоны и нейтроны – это атомное ядро, которые состоят из нуклонов. В таблице Менделеева заряд ядра ограничивается количеством протоном  $Z$ , которые принадлежат порядковому номеру. Массовое число  $A$  равно общему числу нуклонов – протонов  $Z$  и нейтронов  $N$

$$(A = Z + N).$$

Атомные ядра обозначаются символом химического элемента, к которому принадлежит данный атом.

Изотопы – нуклиды, имеющие одинаковое количество протонов. Они различаются массовым числом  $A$ . Все изотопы могут относиться к одному химическому элементу. Химические элементы могут принадлежат к разному нуклиду и иметь одинаковые массовые числа  $A$  и имеет название изобарами. Радионуклиды, имеющие одинаковое массовое число  $A$  и одинаковое количество протонов  $Z$ , однако находящихся в различном энергетическом состоянии, представляют ядерными изобарами.

У атомных ядер есть способность самопроизвольно преобразовываться в другие ядра и при этом они могут испускать разнообразные варианты различных излучения и элементарных частиц, так данное явление принято называть радиоактивность. Ионизирующее радиоизлучение предполагает собою течение элементов также квантов электромагнитного испускания, освоение коего посредством элемента приводит ко ионизации также возбуждению атомов также молекул сферы. Атомы отдают избыток энергии – это излучение.

Естественная радиоактивность изотопов, имеющих в природе, называют естественной, а активность изотопов, приобретенных в результате различных ядерных реакций- искусственной

Ионизирующее излучение бывает нескольких видов: корпускулярные и электромагнитные. Электромагнитные ИИ – это энергия, источником которой являются электроны (гамма – кванты, рентгеновские излучения). В своем роде корпускулярные ИИ – все остальные виды излучений, такие как: бета-частицы, протоны, альфа-частицы и др.

Рассмотрим виды ионизирующих излучений:

- Альфа-излучение — это тяжелые положительно заряженные частицы, состоящий из двух протонов и двух нейтронов, крепко связанных между собой. В нашей природе альфа-частицы возникают в результате распада атомов тяжелых элементов, таких как уран, торий и радий.

- Бета-излучение — это электроны, которые намного меньше альфа-частиц и могут проникать вглубь тела на несколько сантиметров.

- Гамма-излучение — представляют собой фотоны, т.е. электромагнитная волна, несущая энергию. В воздухе оно может проходить большие расстояния, но постепенно теряют скорость, в результате столкновений с атомами. Активное гамма-излучение может повредить как кожу, так и внутренние органы, если не защититься от него.

- Рентгеновское излучение похоже на гамма-излучение, испускаемому ядрами, но оно получается искусственно в рентгеновской трубке. В наше время в медицине, как правило, используются излучения с низшей энергией и кратковременно, именно поэтому данное излучение нашло себе место применения в диагностике различных заболеваний.

- Нейтроны – это некоторые частицы, которые воспроизводятся только искусственными источниками. Нейтроны попадают во ядра атомов также активизируют ядерные взаимодействия, в следствии чего же выходят искусственного происхождения радиоактивные изотопы. Под воздействием нейтронов элементы Na, K, C, N, P превращаются в радионуклиды – гамма-излучатели, т.е. создается наведенная радиоактивность, которая опасна для человека. Атомные реакции на тепловых нейтронах служат источником нейтронов.

## 1.2. Единицы измерения ионизирующих излучений

Результат воздействия ИИ на облучаемые объекты определяется количеством поглощенной энергии, приходящейся на единицу массы облучаемого вещества, и выражается поглощенной дозой (Д):

$$D = \frac{d\bar{E}}{dm},$$

где:  $d\bar{E}$  – средняя энергия, переданная ИИ веществу, находящемуся в элементарном объеме;

$dm$  – масса вещества в элементарном объеме.

Поглощенная доза является основной дозиметрической величиной.

В системе СИ за единицу поглощенной дозы принят грей (Гр):

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг.}$$

Рад (радиоактивная адсорбированная доза) – внесистемная единица, которая часто используется на практике.

$$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр} = 100 \text{ эрг/г.}$$

Поглощенная доза, отнесенная к единице времени, называется мощностью поглощенной дозы, которая измеряется в Гр/с, Гр/ч, рад/с, рад/ч.

Экспозиционная доза (X) может использоваться для характеристики дозы излучения по эффекту ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении, которая выражается энергией гамма– или рентгеновского излучения:

$$X = \frac{dQ}{dm},$$

где:  $dQ$  – энергия, переданная фотонным излучением элементарному объему воздуха;

$dm$  – масса воздуха в элементарном объеме.

За единицу экспозиционной дозы в системе СИ принят кулон/кг (Кл/кг). Внесистемная единица рентген (Р). ( $1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ ). Энергетический эквивалент рентгена для воздуха составляет примерно 88 эрг/г. Поэтому поглощенная доза излучения, равная 1 раду, будет равна 1,14 рентгена. Еще

меньше отличается это соотношение для биологической ткани человека (около 1,04 R). В дозиметрии величиной 0,04 пренебрегают и считают, что 1 рад = 1R.

Экспозиционная доза, отнесенная к единице времени, называется мощностью экспозиционной дозы или уровнем радиации, которая выражается в Р/ч (мР/ч, мкР/ч).

Раньше в медицине использовали, а именно в рентенодиагностике, экспозиционную дозу, но при переходе к высокоэнергетическим типам излучения, было установлено, что данная характеристика дает возможность только делать оценку поглощенной дозы, особенно в живых организмах. В следствие этого для определения взаимодействия ИИ со средой облучения используется поглощенная доза.

При воздействии на ткани организма человека другими видами излучений (бета-, альфа-частицы и нейтроны), то биологические эффекты не учитываются с помощью поглощенной и экспозиционной дозой. Не одинаковые поражающие действия при одних и тех же поглощенных дозах оказывают дозе альфа, бета и гамма-излучения. Именно для этого и применяется эквивалентная доза, чтобы учесть эту особенность.

Эквивалентная доза (H) представляет собой произведение поглощенной дозы (D) в органе или ткани (T) на соответствующий взвешивающий коэффициент  $W_R$  для данного вида излучения (табл. 1.1.):

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}.$$

Таблица 1.1

Взвешивающие коэффициенты  $W_R$  для отдельных видов излучений

Вид излучения	Взвешивающий коэффициент $W_R$
Рентгеновские и гамма-излучения	1
Электроны, позитроны, бета-частицы	1
Протоны	10
Нейтроны тепловые	3
Нейтроны быстрые	10
Альфа-частицы	20

Эквивалентная доза в системе СИ измеряется в зивертах (Зв). 1 Зв = Дж/кг. Бэр (биологический эквивалент рентгена) служит внесистемной единицей.

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} \cdot W_R = 100 \text{ рад} \cdot W_R = 100 \text{ бэр}.$$

Эквивалентная доза, отнесенная к единице времени, называется мощностью эквивалентной дозы, которая измеряется в Зв/с, Зв/ч, бэр/с, бэр/ч.

Эффективную эквивалентную дозу (Нэф), используют для того, чтобы определить меры риска возникновения отдаленных последствий облучения всего организма, а также отдельных органов человека, которые имеют различную радиочувствительность и представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органе или ткани (Т) на соответствующий взвешивающий коэффициент (W<sub>T</sub>) для данного органа или ткани (табл.1.3):

$$\text{Нэф} = \sum_T H_{tT} * W_T,$$

где: H<sub>tT</sub> – эквивалентная доза в органе или ткани Т за время t.

Таблица 1.3

Значения коэффициента W<sub>T</sub>

Органы, ткани организма	W <sub>T</sub>	Органы, ткани организма	W <sub>T</sub>
1. Гонады	0,20	8. Печень	0,05
2. Костный мозг	0,12	9. Пищевод	0,05
3. Толстый кишечник	0,12	10. Щитовидная железа	0,05
4. Легкие	0,12	11. Кожа	0,01
5. Желудок	0,12	12. Клетки костных поверхностей	0,01
6. Мочевой пузырь	0,05	13. Остальное	0,05
7. Грудная клетка	0,05	8. Печень	0,05

Организм в целом 1,00

### 1.3 Особенности воздействия радиации на человека

В связи с возрастающей модой на здоровый образ существования возникло все больше трудов об предполагаемых угрозах электромагнитных волн, а также заболеваниях, которые они вызывают. Благодаря открытию 20–столетия и огромного понимания качеств электромагнитного испусканию, также дали возможность увеличить интересы применения искусственных источников излучения у граждан во многих сферах науки и особенно в

медицине. Большие дозы или излишнее радиоизлучение опасны и даже смертельны для человеческого организма, но также его осмотнительное и контролируемое использование не сможет нанести опасность организму, так как зачастую необходимо в терапии.

Окружающая среда главным образом гасит энергию, которая излучается радиоактивными веществами.

В следствии этого воздействия ионизирующих излучений на организм человека в тканях имеют все шансы реализоваться сложные физические, химические также биологические движения. Следует выделить, то что сличных способностей организма также величины вобранной дозы испускания сформировывают во активный материи перемены, какие во собственную очередность имеют все шансы являться неконвертируемыми также реверсируемыми. Непоправимые проигрыша единичных организаций либо в целом организма во полном имеют все шансы вызвать длительные влияния больших доз излучений.

В основе первичных радиационно-химических изменений лежат несколько механизмов воздействия:

а) прямое действие – взаимодействие ионизирующих излучений с критическими молекулами, в свою очередь превращаются в свободные радикалы;

б) косвенное действие – существенным процесс радиолита полярной молекулы воды, которую в свою составляют основную массу вещества клетки.

В следствии распада химического соединения под влиянием ионизирующих излучений воды свободные радикалы, располагая высокую химическую активностью, входят в химические реакции с молекулами белка, ферментов, да вдобавок других структурных компонентов биологической ткани, который приводит к изменению биохимических действий в организме. Из-за сведений патологий обменных процессов тормозится и прекращается увеличение тканей, напротив кроме того возникают новые химические соединения, какие не свойственны живому организму. Образуются новые

химические соединения, которые никак не свойственны живому организму – токсины. В следствии данного угнетается активность ферментных систем, нарушаются обменные процессы, задерживается и прерывается рост тканей. Данное приводит к ряду нарушений жизнедеятельности отдельных функций либо систем организма в целом.

Всякий вид ионизирующего излучения приводит к биологическим изменениям в организме как при внешнем, так и при внутреннем облучении (см. рис 1.1).

Главные особенности действия ионизирующего излучения:

- высокая эффективность поглощенной энергии, в результате чего, малые количества этой энергии могут вызывать глубокие биологические изменения в организме;
- наличие скрытого появления действия ионизирующего излучения, продолжительность которого сокращается при облучении в больших дозах;
- накопление действия малых доз;
- воздействие излучения не только на данный живой организм, но и на его потомство;
- разная чувствительность к облучению различных органов живого организма;
- одноразовое облучение в большой дозе вызывает более глубокие последствия, чем многократные, в сумме составляющие ту же дозу.



Рис. 1.1. Классификация возможных последствий облучения

Примечания.

1. Соматические эффекты – патологические нарушения, возникающие в организме облученного при превышении определенного дозового порога.

2. Соматическо-стохастические эффекты – патологические нарушения, возникающие в организме облученного, которые не имеют дозового предела и носят вероятностный характер.

3. Генетические эффекты – патологические нарушения, возникающие в зародышевых клетках облученного, не имеют дозового предела и носят вероятностный характер.

Облучение организма отличают: острое также пролонгированное, единоразовое а также множественное. Под острым подразумевают временное облучение при значительной мощности дозы (0,1 Гр/мин и больше). Под пролонгированным – облучение при присутствии невысокой силы дозы (доли Гр/ч и ниже). Также резкое, таким образом также пролонгированное облучения имеют все шансы являться единоразовыми также неоднократными (малыми).

Из-за единоразовое облучение получают облучение, приобретенное во протяжении 1–4 дней (вне зависимости с кратности приобретенных доз). Помимо данного, имеются постоянное облучение, что оценивают равно как вариация неоднократного облучения, однако совершающегося весьма продолжительно также во небольших порциях. Первоочередные возможные последствия воздействия ионизирующих излучений на человека представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные возможные последствия воздействия ионизирующих излучений на человека.

Условия облучения	Доза, мощность дозы	Последствием
Однократное острое, пролонгированное, дробное, хроническое	Любая доза выше нуля	Увеличение риска отдаленных стохастических последствий – рака и генетических нарушений
Хроническое – в течение ряда лет	0,1 Зв (10 бэр) в год и более 0,5 Зв (50 бэр) в год и более	Снижение устойчивости организма, которое не выявляется у отдельных лиц, но может регистрироваться при эпидемиологических исследованиях. Хроническая лучевая болезнь, снижение иммунореактивности, катаракта (при дозе 30 бэр в год)
Острое однократное	1 Зв (100 бэр) в год и более 4,5 Зв (450 бэр) в год и более	Острая лучевая болезнь различной степени тяжести Острая лучевая болезнь со смертельным исходом у 50% облученных
Различные виды облучения	1 Зв (100 бэр) и более	Стохастические эффекты, возрастание которых может быть выявлено при эпидемиологических исследованиях
Пролонгированное в течение 1–2 месяцев на щитовидную железу от йода <sup>131</sup>	10 Зв (1000 бэр) и более	Гипофункция щитовидной железы. Возрастание риска возникновения злокачественных опухолей щитовидной железы

Таблица составлена на основании материалов [4]

По данным некоторых исследований [5], ориентировочные показатели радиационной безопасности людей могут составить:

- квартальная доза – 30 мЗв (3 бэр; 3,4 Р);
- годовая – 50 мЗв (5бэр; 5,7 Р);
- аварийная – 100 мЗв (10 бэр; 11,4 Р);
- катастрофическая – 250 мЗв (25 бэр; 28,4 Р);
- критическая – 1 Зв (100 бэр; 113,6 Р);
- полулетальная – 4 Зв (400 бэр; 454,5Р);
- летальная – 7 Зв (700 бэр; 795,4 Р);

Немаловажно отметить, что биологическое действие ионизирующего излучения находится в зависимости от некоторых факторов: периода воздействия, суммарной дозы, типа излучения, а также объемов облучаемой поверхности. А также, немаловажно отметить, последствия влияния радиации на человека обуславливаются различными обстоятельствами: образа и качества жизни (социально-экономического благополучия, доступности и качества медицинского сервиса, наличия вредных привычек и т.п.), наследственности, состоянием среды обитания.

От скорости выведения радиоактивных веществ из организма зависит степень опасности поражения. Не задерживаются на длительное время вещества, быстро обращающиеся в организме (вода, натрий, хлор) и вещества, входящих в состав тканей (аргон, ксенон, криптон и др.), не образующие соединений. Некоторые вещества плохо выводятся и накапливаются в организме, но при этом, одни из них (рутений, ниобий и др.) равномерно распределяются в организме, а другие сосредотачиваются в определенных органах: в печени – торий, лантан, актиний; в костной ткани – стронций, уран, радий.

По данным исследований [6], облученный организм ежедневно восстанавливается после лучевого поражения на 1,5–3%, в течение одного месяца – на 50%, в течение двух месяцев – на 85%. Необратимая часть лучевого поражения составляет в среднем 15% от полученной дозы.

Один из методов для понижения воздействия радиации на организм человека является способ приема антиоксидантов. Антиоксиданты – биохимические элементы, содержащиеся в продуктах питания, препаратах, которые имеют все шансы помочь организму обезвреживать свободные радикалы до того, как они уничтожат живую клетку. В небольших количествах организм сам может производить свои антиоксиданты. Во всех продуктах питания, присутствуют естественные антиоксиданты, и попадая в организм, защищают клетки от уничтожения. Максимальной инициативностью владеют бета-каротин (витамин А), витамин С, витамин Е и селен. Стоит отметить, что

для создания личных антиоксидантов, организму необходимо достаточное количество цинка, меди, марганца, но содержание их в продуктах относительно мало. Данные элементов можно найти в биологически действующих добавках (селен, иммуномакс и др.), состав которых должен подбираться экспертами.

В районе катастрофы на объектах ядерной энергетики в первую очередь проявляется высокое содержание радиоактивных элементов йода и цезия. Ключевым компонентом, который стремительно занимает щитовидная железа, представляет собой йод. Этот элемент составляет базу гормонов щитовидной железы. Гормоны щитовидной железы прорабатывают жизненно необходимые задачи: оказывают большое влияние на углеводный, жировой и белковый обмен, психическое развитие. При недостаточном поступлении йода с продуктами питания в 65% случаев сопровождаются заболеваниями щитовидной железы. Если в атмосфере повышается степень радиоактивного йода, в таком случае незанятое место обычного йода в организме захватывается радиоактивным йодом.

При дефиците устойчивых изотопов йода, кальция, калия, а также других составляющих в организме накапливаются радиоактивные изотопы – их «двойники», либо антагонисты жизненно значимых химических компонентов. Таким образом, при недостаточном поступлении кальция в организм поступает повышенное количество стронция и других химических элементов из окружающей среды, которые по текстуре напоминают кальций, например, свинец. Неоспорима и обратная взаимозависимость, получая достаточное для жизнедеятельности количество калия, человек будет меньше усваивать радиоактивного цезия-137 – «двойника» антагониста калия. Человек, подвергнувшийся воздействию радиации, мучается от недостатка главных микроэлементов – магния, калия, йода и др.

Существует понятие «банановый эквивалент», который используется для характеристики радиоактивного источника путем сравнения с активностью калия-40, содержащегося среди других изотопов калия в банане.

Средний банан содержит примерно 0,42 грамма калия. Радиоизотопы в бананах имеют активность на килограмм веса 130 Бк/кг, или примерно 19 Бк в 150-граммовом банане. Эквивалентная доза в 365 бананах (один банан в день) составляет 3,6 мбэр, или 36 мкЗв. Общее содержание калия в организме человека составляет около 2,5 грамма на килограмм массы тела, или 175 граммов (активностью 4–5 тыс. Бк) для человека весом 70 кг.

Природные источники йода: морская капуста (ламинария), рыбий жир, морская рыба, фейхоа, орехи, крыжовник, черноплодная рябина, хурма.

Для того чтоб снизить риск радиоактивных элементов в организме человека нужно в рационе употреблять продукты богатыми антиоксидантами.

## Глава II Источники ионизирующих излучений

Все источники ионизирующих излучений делятся на природные (естественные) и техногенные (искусственные). К естественным источникам относятся космическая и земная радиация, которая создает природный радиационный фон, составляющий для человека за год дозу около 1,4 мЗв (0,14 бэр).

К источникам техногенного характера принадлежат: медицинская аппаратура, использующая ИИ с целью диагностики и лечения; последствия радиационных аварий; промышленные предприятия ядерно-топливного комплекса; тестирований ядерного оружия и др. Среднегодовая порция техногенных излучений является приблизительно 0,9 мЗв (0,09 бэр). Среднее значение суммарной годовой дозы излучения естественных и техногенных источников составляет 2–3 мЗв (0,2–0,3 бэр).

По рекомендации МКРЗ и ВОЗ уровень радиации (радиационный фон) считается нормальным – 10–20 мкР/ч, допустимым – 20–60 мкР/ч, повышенным – 60–120 мкР/ч.

### 2.1 Природные источники ионизирующих излучений

Дольная излучение предполагает собою комплекс излучения радионуклидов, содержащихся в горных породах, воде, грунте, атмосфере. Максимальное их содержание в гранитовых породах и вулканических образованиях. Естественные радионуклиды делятся на 5 групп:

- долгоживущие (уран-238, уран-235, торий-232);
- короткоживущие (радий, радон);
- долгоживущие одиночные (не образующие семейств)
- калий-40;

– радионуклиды, возникающие в результате взаимодействия космических частиц с атомными ядрами вещества Земли (углерод-14).

Уровни земной радиации неодинаковы и зависят от концентрации радионуклидов в том или ином месте. По данным исследований [6] примерно

95% населения планеты проживает в местах, где мощность дозы облучения составляет от 0,3 до 0,6 мЗв в год.

Самыми распространенными и опасными являются радионуклиды уранорадиевого семейства: радий, радон и продукты распада, радиоактивный свинец и полоний. Наибольший вклад в облучение человека вносит радон – в среднем 55% годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы.

Радон – тяжелый газ без вкуса и запаха. В природе встречается в двух основных формах: радон-222 (продукт распада урана-238) и радон-220 (продукт распада тория-132). Период его полураспада – 3,8 суток. Радон представляет опасность при внутреннем облучении и является излучателем альфа-частиц. Вдыхая в помещении концентрированный радоном воздушное пространство, индивид облучает органы дыхания, в особенности в предоставленной условия страдают легкие. В легких содержание радона на 20–40% больше, нежели в иных органах. Главную долю дозы облучения общество приобретают, пребывая в замкнутом, непрветриваемом помещении, где повышена его концентрация.

Следует отметить, что газ радон выделяется из почв, которую в свою очередь содержат уран и торий, и может накапливаться в подвальных помещениях (если при строительстве не была предусмотрена достаточная изоляция), а вследствие этого способна поднимается по первому и второму этажам зданий. Также, данные вещества могут выделяться из строительных материалов, которые использовались при строительстве зданий – пемзы, глинозема, некоторых марок бетона, литоидного туфа и др.

Используемая вода для бытовых и пищевых целей, обычно содержит мало радона, однако глубоко залегающие водяные пласты могут иметь повышенную концентрацию загрязняющих веществ, именно поэтому вода из артезианских скважин должна подвергаться санитарному контролю. А также, в ваннных комнатах образуется высокое содержание радона, где он, в свою очередь, испаряясь из горячей воды попадает в организм человека.

Концентрация радона в помещениях зданий создается за счет поступления газа из следующих источников:

- почвы под зданием – 70%;
- наружного воздуха – 13%;
- строительных материалов – 7%;
- воды – 5%;
- природного газа в доме – 4%;
- других источников – 1%.

Когда в помещение плохо вентилируемое естественным или искусственным способом, то человек находящийся в данном здании подвергаются значительному облучению, и тем самым концентрация радона может увеличиваться до до 740 Бк/м<sup>3</sup> и более.

## 2.2 Космическая радиация

Космические излучения составляют три источника: галактическая радиация, радиационные пояса Земли и солнечная радиация. В магнитных слоях Земли радиация, поступающая из межзвездного пространства, имеет название галактическая радиация.

Солнечная радиация – электромагнитное и корпускулярное излучения, во время вспышек на Солнце проявляется особая активность по одиннадцатилетним циклам. На человека каждая из этих вспышек влияет достаточно разнообразно. По данным наблюдений [6], вспышки на Солнце могут вызывать следующие негативные последствия:

- в несколько раз увеличивать случаи убийств, самоубийств, приступов эпилепсии;
- вызывать до 80% всех внезапных смертей (смертность от инфаркта миокарда возрастает в 11–16 раз, в 4 раза чаще происходят автокатастрофы и т.п.);
- вызывать на Земле стихийные бедствия (ураганы, бури, тайфуны).

Годовая эффективная доза, получаемая жителями Земли от космического излучения, в среднем составляет 0,4 мЗв, хотя в зависимости от

высоты над уровнем моря она может меняться от 0,3 до 1 мЗв. Эта доза составляет примерно 17% суммарной дозы, получаемой людьми от всех естественных источников радиации.

## 2.3 Техногенные источники ионизирующих излучений

### 2.3.1. Аварии на радиационных опасных объектах

Катастрофы на атомная электростанция и иных предметах ядерно-топливного цикла вносят собственный вклад в усугубление радиационной ситуации в Нашей Планете. Атомный топливный цикл (рис. 2.3) начинается с добычи, а также обогащения урановой руды, потом совершается само ядерное горючее, но после отработки горючего в атомная электростанция допустимо повторное его применение посредством получения с него урана также плутония.

Завершающей стадией цикла является захоронение радиоактивных остатков. На каждом этапе происходит выделение радиоактивных веществ в окружающую среду, количество которых способно колебаться в зависимости от конструкции реактора и других условий. Тритий самый опасный из всех продуктов деятельности ядерных объектов. Вследствие своей возможности хорошо растворяться в воде и интенсивно улетучиваться, тритий накапливается в использованной в течении производства воде и затем действует в водоемы, подземные воды, приземный слой атмосферы.

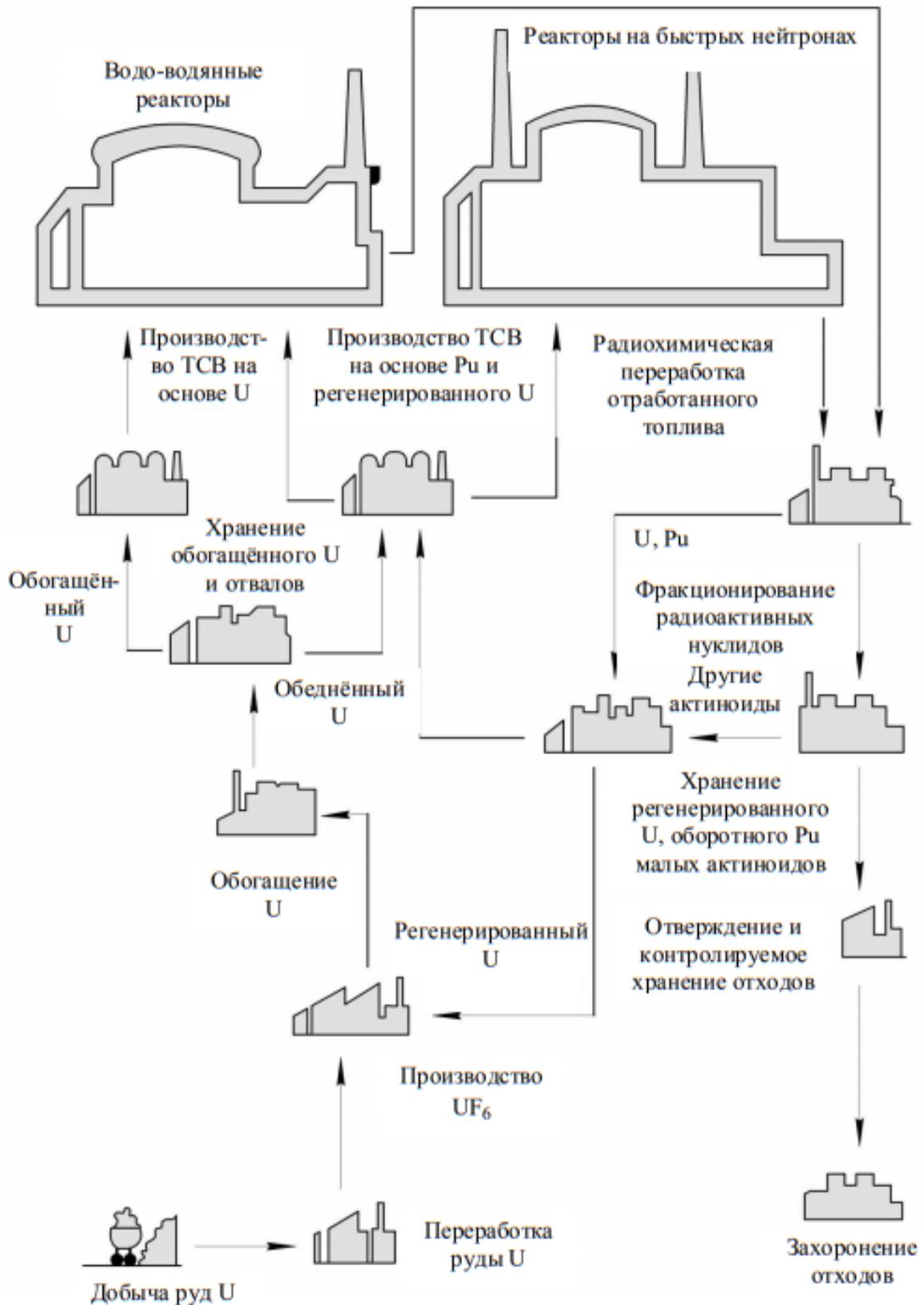


Рис. 2.3. Схема ядерного топливного цикла

Высокое содержание трития отмечено во естественных сферах множества атомная электростанция. Присутствие стандартной труде

предметов ядерной энергетики засорение естественной сферы несущественно, но, присутствие катастрофах в их общество имеют все шансы приобрести существенные дозы облучения также инфицированию имеют все шансы испытать на себе широкие местности. Хотелось бы привести пример, что в 1970 году в г. Горьком на заводе «Красное Сормово» произошла авария с атомной подводной лодкой, в результате которой более 800 человек получили различные дозы облучения, а 3 человека умерли от острой лучевой болезни. Данный пример доказывает, насколько важно быть осторожным и предусмотрительным в сферах, связанных с атомной энергетикой и которые сопровождаются распадом радиоактивных веществ.

#### 2.4. Потребительские товары, содержащие радионуклиды

Некоторые вещи бытового потребления, которые могут содержать радионуклиды:

- продукты питания, полученные на загрязненных территориях;
- бытовые приборы: часы со светящимся циферблатом (радий);
- светящиеся указатели, оптические прицелы, стрелки компаса;
- сканеры в таможенных терминалах, на вокзале, в аэропортах, и т.п.

Среднегодовая доза, обусловленная использованием изделий, содержащих радионуклиды, составляет примерно 0,01 мЗв.

Цветные компьютеры и телевизоры также являются источниками рентгеновских излучений и создают дополнительное облучение около 0,01 мЗв в год.

В наше период вклад в радиоактивное замусоривание земли вносят космические летательные аппараты. Сведения агрегаты применяются компактные ядерные реакторы со значительным обогащением естественного урана, в стремительных нейтронах, со жидкометаллическим теплоносителем гальванической мощностью ряд мВт.

Характерные особенности последствий радиационных аварий с ними в полете содержатся в разрушении и сжигании летательного агрегата при входе

во плотные пласты атмосферы. Выпадение его радиоактивных осадков происходит на значимом пространстве, исчисляемом десятками тыс. кв. километров.

Подобным способом, больше 90% облучения человек приобретает из-за результат природных ИИ и при медицинских обследованиях. В обстоятельствах стандартной радиационной эффективная доля облучения населения от абсолютно всех источников излучения в среднем по Российской Федерации составляет подходящий уровень – вплоть до 5 мЗв в год.

## **Глава III Требования к обеспечению радиационной безопасности населения**

### **3.1 Основные принципы обеспечения радиационной безопасности**

В соответствии с российским законодательством [7] граждане нашей страны имеют право на радиационную безопасность.

Государственная политика в области обеспечения радиационной безопасности в РФ в качестве одного из главных принципов определяет комплексную защиту опасных объектов (в первую очередь АЭС) от вероятных негативных воздействий природного, техногенного и антропогенного характера, в том числе от террористических угроз.

Радиационная безопасность – состояние безопасности нынешнего и последующего поколений людей от вредоносного для их здоровья действия ионизирующих излучений. Радиационная защищенность является беспроигрышной, в случае если соблюдены требования охраны населения, которые установлены законами РФ, нормами радиационной сохранности и санитарными предписаниями [7; 6; 5].

Радиационная безопасность населения обеспечивается:

- созданием условий жизнедеятельности людей, отвечающих требованиям норм и правил;
- разрешенных пределов на облучение от различных источников;
- организацией радиационного контроля;
- эффективностью планирования и проведения мероприятий по радиационной защите в нормальных условиях и в случае радиационной аварии;
- организацией системы информирования о радиационной обстановке.

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности населения при нормальной работе объектов ядерной энергетики [7]:

- Принцип нормирования – не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения;

- Принцип обоснования – запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает возможного вреда, причиненного дополнительным облучением;

- Принцип оптимизации – поддержание на возможно низком уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облученных лиц при использовании любого источника излучения.

Федеральная служба РФ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды осуществляет контроль за состоянием радиоактивного загрязнения, а органы Санэпиднадзора – за уровень безопасности населения.

В России создана база единой информационной системы по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения, которая объединяет информационные системы МЧС.

РФ, Росгидромета, Роспотребнадзора и Российской академии наук. Основные ее задачи:

- информирование населения о режимах природопользования, безопасном проживании и хозяйственной деятельности на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению;

- информирование о радиационной обстановке и мерах по обеспечению безопасности людей;

- пропаганда в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от ЧС;

- популяризация знаний в области обеспечения радиационной безопасности.

Радиационная безопасность населения достигается путем ограничения воздействия от основных видов облучения – техногенных и природных.

### 3.2 Контроль техногенного облучения населения

Для контроля техногенного облучения установлены две категории лиц.

1. Персонал радиационно-опасных объектов (группы А и Б).
2. Население, включая лиц из персонала вне их производственной деятельности.

Основные пределы доз их облучения установлены нормативными документами [6] и представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основные пределы доз

Нормируемая величина	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффектная доза	20 мЗв (2 бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв (0,1 бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв (0,5 бэр) в год
Эквивалентная доза за год: – в хрусталике глаза – в коже – в кистях и стопах	150 мЗв (15 бэр) 500 мЗв (50 бэр) 500 мЗв (50 бэр)	15 мЗв (1,5бэр) 50 мЗв (5бэр) 50 мЗв (5бэр)
Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе	До 100 мЗв (10 бэр) в год допускается с разрешения территориальных органов Госсанэпиднадзора До 200 мЗв (20 бэр) в год допускается только с разрешением Госсанэпиднадзора РФ	

Примечания.

1. Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также радиационных аварий.

2. Основные пределы доз персонала группы Б составляют  $\frac{1}{4}$  значений для персонала группы А.

3. Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение, годовые дозы не должны превышать значения, установленные для персонала группы Б.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв (100 бэр), а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв (7 бэр).

Предполагаемое высокое облучение персонала группы А выше определенных границ доз (табл. 4.1) возможно быть допустимо только лишь в случае потребности спасения людей или же устранения их облучения при ликвидации результатов катастрофы. Немаловажно то, что допускаются к данной работе только мужчины старше 30 лет, которые ознакомлены с рисками для здоровья и с добровольным посменным согласием

Для уменьшения излучения техногенными источниками облучения жителей следует контролировать технологических процессов и небольших выбросов радионуклидов в окружающую среду, но также и другими способами, например, в стадии проектирования, эксплуатации и утилизации источников испускания.

Собственный вложение во облучение жителей с промышленных ключей записывают мед операции, какие никак не введены во дозовые границы (табл. 4.1). Результативные равносильные дозы с мед также иных промышленных ключей излучений презентованы во табл. 4.2.

Таблица 4.2

Эффективные эквивалентные дозы от технических источников излучений

№ п/п	Вид облучения	Эффективная эквивалентная доза (облучение всего тела), мЗв
1	Флюорография	0,1–0,5
2	Рентгеноскопия грудной клетки	2–4
3	Рентгенография одного зуба	0,03–0,3
4	Рентгеновская томография	5–10
5	Рентгеноскопия желудка, кишечника	0,1–0,25
6	Лучевая гамма-терапия после операции	0,2–0,25
7	Прием радоновой ванны	0,01–1
8	Облучение за счет радиоактивных выбросов вблизи АЭС (за год)	0,2–1
9	Облучение за счет дымовых выбросов теплоэлектростанций на угле (за год)	2–5
10	Просмотр кинофильма по цветному телевизору на расстоянии 2 м от экрана	0,01
11	Ежедневные 3-часовые просмотры телепрограмм (в течение года)	0,5–7
12	Полет в течение 1 часа на сверхзвуковом самолете на высоте 20 км	10–30
13	Перелет по маршруту Москва – Нью-Йорк	50

Исходя из данных из табл.4.2, основными источниками техногенного облучения при нормальной радиационной обстановке могут быть медицинские рентгенорадиологические процедуры.

В современной жизни существуют определенные заболевания при которых могут высокие дозы облучения. Одно из таких заболеваний– это онкологические заболевания, так как раковые клетки выдерживают несколько тысяч рентген, а здоровые клетки погибают от высоких доз от 100 до 400 рад.

При медицинском облучении радиационная защита больных обязана являться сформирована в необходимости извлечения нужных исследовательских сведений либо терапевтического итога с минимальным воздействием присутствия наименьших возможных степеней облучения. Во этом количестве также небольшая рентгенография, во случае в случае если никак не обеспечит видимого вреда организму, в таком случае может изменить генетическую конституцию также стать фактором ко свирепым результатам с целью отпрысков. Непосредственно согласно данной фактору во согласовании с федеральным законодательством Российской Федерации согласно спросу уроженца(пациента) должна даваться сведения об получаемой также ожидаемой им дозе облучения также возможных результатов с минимальными операциями. Присутствие проведения обоснованных рентгенорадиологических обследований почти крепких персон, совсем никак не получающих непосредственный выгоды с целью индивидуального самочувствия с операциями, сопряженных со облучением, годовая эффективная порция никак не обязана являться больше 1 мЗв. Штат рентгенорадиологических отделений совсем никак не должен становиться (объектом облучению во дозе, превышающей 5 мЗв в год.

От качества диагностической аппаратуры и методов лечения зависят дозы облучения населения и персонала медицинских учреждений. В учреждениях здравоохранения при проведении процедур, которые связаны с облучением, должны регистрироваться дозы у всех лиц, подвергающихся медицинскому облучения.

### 3.3 Допустимые уровни излучений на объектах строительства

На участке застройки мощность эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения (Н) на уровне 0,1 м от поверхности земли не должна превышать 0,15 мкЗв/ч. На участках, где  $0,15 < Н < 0,3$  мкЗв/ч, должны быть определены удельные активности техногенных радионуклидов в почве и по согласованию с органами Госсанэпиднадзора решен вопрос о необходимости проведения дезактивационных мероприятий по выполнению требований НРБ-99/2009.

Мероприятия по дезактивации ведутся только лишь в местах, где значения удельной активности радионуклидов во основе выше 370 Бк/кг.

При необходимости очистки участка (дезактивации) от радиоактивных загрязнений следует руководствоваться требованиями, приведенными в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Значения МЭД в пределах загрязненной площадки (мкЗв/ч)	Требования к работам по удалению загрязненной почвы
$0,3 < Н < 1,0$	Загрязненная почва может быть использована для засыпки ям, котлованов и т.п. с последующей рекультивацией этих мест. Не допускается использование загрязненных почв для устройства подсыпок под зданиями и вокруг фундаментов
$1,0 < Н < 3,0$	Загрязненная почва должна быть вывезена на специально выделенный участок на полигоне промышленных и бытовых отходов с последующей рекультивацией этого участка
$Н > 3,0$	Загрязнения должны быть вывезены на специализированный пункт захоронения радиоактивных отходов с соблюдением правил обращения с радиоактивными отходами

Примечание. На землях пригодных для сельского хозяйства уровень МЭД внешнего гамма-излучения не должен превышать 0,3 мкЗв/ч.

На участке, где значение плотности радона из грунта не превышает 80 мБк/кВ.м.с., допускается строительство зданий без средств

противорадиационной защиты. Если значение плотности радона превышает 80 мБк/кВ.м.с., предусматривается специальная противорадоновая защита зданий. Строительство дошкольных, общеобразовательных и лечебных учреждений следует производить на участках, где плотность потока радона не превышает 40 мБк/кВ.м.с.

При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность радона и торона в воздухе помещений не должна превышать 100 Бк/м, а мощность эффективной дозы гамма-излучения – не более 0,2 мкЗв/ч сверх мощности дозы на открытой местности.

В эксплуатируемых жилых и общественных зданиях среднегодовая объемная активность радона и торона должна быть не более 200 Бк/м. При более высоких значениях объемной активности необходимо выполнять защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений.

Защитные мероприятия также проводятся, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч. При невозможности снизить значения одного или обоих показателей до нормативного уровня рассматривается вопрос о переселении жильцов и перепрофилировании здания или его сносе.

На основании санитарно-эпидемиологического заключения органов Госсанэпиднадзора использованием материалов с удельной активностью 1,5–4 кБк/кг разрешено в каждом случае.

Материалы с удельной активностью более 4 кБк/кг не должны использоваться в строительстве.

Эффективная удельная активность природных радионуклидов в облицовочных изделиях и материалах, используемых для внутренней облицовки зданий, а также в санитарно-технических изделиях и предметах интерьера из керамики, керамогранита, природного и искусственного камня, глины, фаянса и фарфора, не должна превышать 740 Бк/кг. При

транспортировке строительных материалов и изделий, минерального сырья и материалов, а также производственных отходов, содержащих природные радионуклиды, мощность дозы на поверхности транспортного средства, но кроме того не превышать 1 мкЗв/ч, а на поверхности упаковки продукции – 2,5 мкЗв/ч.

На всех этапах проводится радиационный надзор: реконструкция, капитальный ремонт и эксплуатация, для контроля соответствия строений жилищного и общественного назначения [6,7]. Когда находятся превышения нормативных значений должны производиться защитные мероприятия, которые нацелены на уменьшения мощности дозы гамма-излучения, а также содержания радона в воздухе.

Производитель осуществляет контроль за содержанием природных радионуклидов в строительных материалах и изделиях. Применение этой продукции допускается при наличии санитарно-эпидемиологического заключения органов Госсанэпиднадзора.

#### 3.4. Требования к качеству питьевой воды

Требования по обеспечению радиационной безопасности населения при потреблении питьевой воды регламентированы НРБ-99/2009 и СП 2.6.1.1242-2003. Они включают следующие основные положения:

- \* при содержании природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде, создающих эффективную дозу облучения населения меньше 0,1 мЗв/год, не требуется проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности;

- \* критерием не превышения указанной дозы за счет питьевой воды является содержание отдельных радионуклидов в воде ниже уровня вмешательства (УВ) для стандартного водопотребления 730 кг в год.[16]

Сущность радионуклидов в воде находится в зависимости от типа воды, погодных обстоятельств, с помещающих пород, геологического состава также иных обстоятельств. Вода, погодных обстоятельств, с пород, геологического состава находится в зависимости сущность радионуклидов в воде. Тем самым

в доказательстве своих слов можно отметить тот факт, что наибольшее количество природных радионуклидов располагаются в подземных. Таким образом, в поверхностных водах концентрация элементов не превышает уровня вмешательства.

По удельной суммарной альфа- и бета-активности определяется радиационная безопасность, а после данных уже складывается качество питьевой воды. При значениях альфа-активности ниже 0,2 Бк/кг и бета-активности ниже 1,0 Бк/кг дальнейшие исследования воды не являются обязательными. Радионуклидов в воде присутствуют превышения указанных уровней в санитарные нормы. В организм человека радон, который содержится в воде попадает через дыхательные пути. Содержание радона в питьевой воде составляет 60 Бк/кг. Хотелось бы отметить, что высокое содержание преимущественно в артезианских скважинах и других подземных источниках. В этих источниках определение удельной активности радона является обязательным.

В любой ресурс концентрированного питьевого водоснабжения формируется санитарно-эпидемиологическое завершение в соотношении условиям радиационной защищенности. Надзор из-за вхождения радионуклидов во питьевой здесь реализовывает предприятие, обеспечивающая водопровод жителей (водоканал). Определены специализированные нормативы с целью минеральных также целебных вод, но их употребление их ограничивается советами мед сотрудников.

### 3.5 Требования к качеству продуктов питания

Продукты питания производимых на загрязненных территориях является главными дозовыми нагрузки на население. Для того, чтобы сократить поступление радионуклидов в организм человека, необходимо:

\* уменьшением доход радионуклидов во овощь, плоды, зерновые линией внесения во основу фосфорных также калийных удобрений, микроэлементов, но кроме того перекопкой также известкованием грунта;

\* уменьшением доход радионуклидов во тело звериных, но, таким образом, во молочко также говядина, линией перехода звериных со займищных пастбищ в сено искусственного происхождения покосов;

\* проведением дезактивации провиантских товаров автоматическим, химическим физиологическим также биологическим способами. Также путем кулинарной и технической обработки продуктов питания можно сократить поступление радионуклидов в организм человека в целом.

Техническая обработка рыбы, мяса, молока, овощей и других пищевых продуктов способствует уменьшению содержания в них радионуклидов в 2–50 раз и более, по сравнению с исходным (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Снижение содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции при переработке

Мероприятия	Кратность снижения накопления	
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
Помол зерна на муку	1,5–2,5	1,5–2,5
Производство крупы из зерна	1,5–2,5	1,5–2,5
Промывка овощей и картофеля	2–10	2–10
Срезание головок корнеплодов, удаление кроющих листьев	2–10	2–10
Производство осветленных соков	2,5–3	
Производство компотов, варений, джемов	2	2
Получение сахара из сахарной свеклы	700	500
Переработка картофеля на крахмал	50	
картофель отварной	20	2
Переработка зерна на крахмал	50	
Переработка зерна на спирт	1000	
Переработка молока на:		
обезжиренное молоко	1,2	1,1
сливки	7	10–15
творог обезжиренный	10	88
масло	40	70
масло топленое	>100	>100
Рыба отварная	10	2
Мясо отварное	3–6	1,5–2
Перетапливание сала	20	20

Радиационная безопасность продуктов питания регламентируется СанПиН 2.3.2.1078-01.

Допустимые уровни удельной активности радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Допустимые уровни удельной активности радионуклидов цезия-137 и стронция-90  
в пищевых продуктах

Пищевые продукты	Активность радионуклидов, Бк/кг	
	Цезий-137	Стронций-90
Мясо и мясные продукты	160	50
Оленина	320	100
Яйцо куриное	80	50
Молоко и молочные продукты	100	25
Консервы молочные	300	100
Рыба живая и мороженая	130	100
Рыба сушеная, вяленая	260	200
Водоросли морские	200	100
Зерно, фасоль, горох	50	60
Крупы	50	30
Мука пшеничная и др.	60	30
Хлеб и хлебобулочные изделия	50	30
Сахар	140	100
Кондитерские изделия	160	100
Какао-бобы и какао-продукты	100	80
Мучные кондитерские изделия	50	30
Картофель	120	40
Овощи, бахчевые	120	40
Фрукты, ягоды, виноград	40	30
Ягоды дикорастущие	160	60
Грибы	500	50
Сухие ягоды, фрукты, виноград	200	150
Сухие дикорастущие ягоды	800	300
Сухие грибы	2500	250

Примечание. Главными радионуклидами техногенного происхождения являются цезий-137 и стронций-90. В организм человека их доля в дозе внутреннего облучения, которые могут поступать с продуктами питания не должно превышать 1мЗв в год.

Возможное содержание радионуклидов во провиантских провиантах, питьевой воде также атмосфере рассчитывается в основе дозовых коэффициентов.

Уровень излучательной защищенности населения от абсолютно всех основных естественных источников ионизирующих излучений характеризуется смыслами результативных доз облучения также в соответствии с ОСПОРБ – 99/2010 является:

- менее 5 мЗв /год – приемлемый уровень облучения населения;
- от 5 до 10 мЗв/год – облучение населения является повышенным;
- более 10 мЗв/год – облучение населения является высоким.

Радиационно-гигиенический паспорт    заносятся сведения об уровнях облучения населения природными источниками излучения.

## Глава IV Технические средства контроля радиационной обстановки (ТСКРО)

При эксплуатации радиационных источников для количественного определения величины, которая характеризует состояние радиационной обстановки и степени радиационного воздействия на персонал, населения и окружающую среду используется ТСКРО. Требования к ТСКРО определены ГОСТ Р 22.9.12-2014.

В работе ТСКРО используются методы обнаружения ионизирующих излучений такие как:

- ионизационный, основанный на свойстве этих излучений ионизировать любую среду. Измеряя ионизационный ток, получают представление об интенсивности излучений;

- фотографический, основанный на свойстве ионизирующего излучения воздействовать на светочувствительный слой фотоматериалов;

- сцинтилляционный, при котором происходит свечение детектора из люминесцентных материалов под воздействием ионизирующих излучений.

Электрический ток получается из количества вспышек, которые пропорциональны мощности излучения, затем они регистрируются фотоэлементным умножителем.

- классический, данный способ основан на использованный на химических измерениях, протекавших в жидких и твердых веществах на которые воздействуют ионизирующие излучения, в следствие этого идет изменение структуры вещества, совместно с красителем дающая цветную реакцию.

- люминесцентный, основанный на эффектах радиофотолюминесцентной (ФЛД) и радиотермолюминесцентности (ТЛД).

В зависимости от измеряемых параметров источников ионизирующих излучений измерения делятся на три класса:

- радиометрические – измерение величин, характеризующих активность радионуклидов (радиометрия);

- дозиметрические – измерение поглощенной энергии ионизирующего излучения объектами окружающей среды (дозиметрия);
- спектрометрические – измерение энергии частиц (спектрометрия).

С учетом особенности приспособления и отрасли использования ТСКРО возможно относительно разбить на системы, оборудование, а также ресурсы с целью контролирования радиационной ситуации и приборы для дозиметрического контролирования облучения населения. Помимо этого, они имеют все шансы являться стационарными, портативными, а также передвижными (бортовыми), базирующимися в разных типах транспорта.

#### 4.1 Приборы радиационного контроля

Различные дозиметрические приборы используются для обнаружения и измерения радиоактивных излучений, которые обеспечивают:

- проведение радиационной разведки – определение уровня загрязнения радионуклидами местности и объектов окружающей среды;
- контроль радиоактивного загрязнения продовольствия, воды, техники, оборудования и т.п.;
- определение наведенной радиоактивности в облученных нейтронными потоками предметах, технических средствах, грунте;
- контроль облучения людей – измерение поглощенной или экспозиционной дозы излучения, полученной людьми.

Приборы радиационного контроля можно разделить на индикаторы – сигнализаторы, спектрометры, радиометры, дозиметры.

Индикаторы – сигнализаторы – обыкновенный измерительно-сигнальные устройства, разрешающие выявить радиоактивное засорение разных плоскостей (кожи человека, обуви, одежды и т.п.) также приблизительно дать оценку определенным свойствам излучений. Сенсорами во их больше в целом считаются газоразрядные счетчики (счетчики Гейгера).

Индикатор-сигнализатор СИЗ-03 предназначен для обнаружения внешнего гамма-излучения и оценки мощности эквивалентной дозы, для контроля радиационной обстановки.

Индикатор-сигнализатор СИГ-РМ 120 8 М способен осуществлять радиационный контроль в круглосуточном режиме, а также выполнен в виде наручных часов.

Радиометры – датчики радиоактивности с газоразрядными, сцинтилляционными либо иными детекторами, назначенные с целью выявления и установления степени загрязнения поверхностей объектов, автотранспорта, оборудования, кожных покровов человека путем установления величины густоты потока элементов или квантов также объемной активности жидких и сыпучих использованных материалов. (СРП-98, СРП-97, СРП-88).

Для определения уровня радиации на местностях, а также загрязненность радионуклидов различных поверхностей и объемов, называется рентгенометр.

Ионизирующая энергия, передаваемая облучаемая объекта, прибор, который используется для измерения называется дозиметр. Эти приборы состоят из трех основных частей: детектора, радиотехнической схемы и измерительного устройства. Легко доступные для измерений и служащие для преобразований явлений, которые вызванные ионизирующими излучениями, в электрический и другой сигнал, является детектор.

Высококласные дозиметры помимо измерения дозы имеют все шансы устанавливать динамичность радионуклида во котором-или стандарте: объекте, воды, газе и т.п. Дозиметры – радиометры готовы определять насыщенность струи ионизирующих излучений в радиоактивность разных объектов либо балла радиационной ситуации в территории. Нынешние высококласные дозиметры-радиометры дают возможность согласно нраву, также энергетическому диапазону испускания предоставлять данные об излучающем изотопе.

Для оценки населения радиационной обстановки местности и помещений различных предназначений используются бытовые дозиметрические приборы. Данные приборы могут определить загрязнение

продуктов и воды. Оценку радиоактивного загрязнения (удельной или объемной активности) проводят методом прямого измерения на расстоянии 1–5 см от поверхности исследуемого объекта массой не менее 1 кг или объемом не менее 1 литра по разности результатов измерений объекта и радиационного фона.

Бытовые дозиметры различаются по нескольким показателям:

- типу регистрируемых излучений – только гамма, или гамма и бета-излучений;
- типу блока детектирования – счетчик Гейгера или сцинтилляционный кристалл/ пластмасса;
- количеству газоразрядных счетчиков (1–4);
- размещению блока детектирования (встроенный или выносной);
- наличием цифрового или звукового индикатора;
- габаритам, весу и др. параметрам.

Дозиметрическое оборудование, как правило, считается комбинированными (радиометры-дозиметры, рентгенометры-радиометры, дозиметры-радиометры и т.п.), которые дают возможность определять разнообразные физические величины – радиометрические дозиметрические, а также спектро-метрические. Помимо этого, они имеют все шансы быть стационарными, домашними и портативными как для ведения радиационной разведки, так и с целью радиационного контролирования.

Существует единая система условных обозначений и правила их образования. Они используются для комфортного использования дозиметрического прибора. (ГОСТ 27451-87 «Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические требования»). Исходя из данного стандарта, то буквенные обозначения приборов должны состоять из 3-х элементов: первый элемент функциональное назначение прибора, второй – измеряемая физическая величина, третий – вид ионизирующих излучений (табл. 4.1). Указанные обозначения относятся к приборам, выпущенным с 1989 г. по 2000 г.

Условные обозначения дозиметрических приборов

Первый элемент буквенного обозначения (назначение прибора)	Второй элемент обозначения (измеряемая величина)	Третий элемент обозначения (вид излучения)
Д – дозиметры	Д – поглощенная доза	А – альфа
Р – радиометры	М – мощность поглощенной дозы	Б – бета
С – спектрометры	Э – экспозиционная доза фотонного излучения	Г – гамма
БД – блок детектирования	Р – мощность экспозиционной дозы фотонного излучения	Р – рентгеновское
УД – устройство детектирования	В – эквивалентная доза излучения	Н – нейтронное
М – комбинированные средства измерений (дозиметры-радиометры, дозиметры-спектрометры, радиометры-спектрометры)	Б – мощность эквивалентной дозы	П – протонное
	Ф – поток энергии ионизирующих частиц	Т – тяжелые частицы
	Н – плотность потока энергии ионизирующих частиц	С – смешанное излучение
	Т – перенос энергии ионизирующих частиц	Х – прочие излучения
	И – активность радионуклида в источнике	
	У – удельная активность радионуклида	
	Г – объемная активность РН в газе	
	Ж – объемная активность РН в жидкости	
	А – объемная активность аэрозоля	
	З – поверхностная активность РН	
	С – перенос ионизирующих частиц	
	Ч – временное распределение ионизирующего излучения	
К – две и более физических величин		

В данной выпускной квалификационной работе для выполнения измерения использовался радиометр Master-1. Прибор измеряет мощность эквивалентной дозы гамма-излучения.

Технические характеристики:

1) диапазон мощности экспозиционной полевой эквивалентной дозы от 0.10 до 9.99 мкЗв/ч (от 10 до 999 мкР/ч) с погрешностью  $\pm 30\%$  при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

2) диапазон энергии регистрируемого гамма-излучения от 0.05 до 1.5 МэВ.

3) нестабильность показаний за 6 часов непрерывной работы не более 10%.

4) время определения мощности дозы 36 секунд.

5) напряжение питания  $(6 \pm 0.3)$  В.

6) габариты не более 125\*45\*20 мм; масса не более 100 грамм.

7) температура окружающего воздуха при эксплуатации от  $-5$  до  $+40^\circ\text{C}$

[14].

ИРД-02Б1 дозиметр-радиометр бытовой предназначен для измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, а также для оценки плотности потока бета-излучения от загрязненных поверхностей и оценки загрязненности бета-гамма-излучающими нуклидами проб воды, почвы, пищи, продуктов растениеводства, животноводства и т. п.

Дозиметры-радиометры ИРД-02Б1 позволяют оперативно обнаружить загрязненность радионуклидами или найти источник радиоактивного излучения.

Сфера применения: контроль населением радиационной обстановки по гамма-излучению; оценка показаний по бета-излучению профессиональными работниками.

Технические характеристики ИРД-02Б1:

Диапазон энергий фотонов гамма-излучения при измерении МЭД - от 0,06 МэВ до 1,25 МэВ.

Энергетическая зависимость при измерении МЭД в диапазоне энергий -  $\pm 50\%$ .

Предел допускаемой основной погрешности измерения по гамма-излучению -  $\pm 40\%$ .

Диапазон измерения по гамма-излучению нуклида цезий-137:

- мощности эквивалентной дозы (экспозиционной дозы) - от 0,1 мкЗв/ч до 19,99 мкЗв/ч (от 10 мкР/ч до 1999 мкР/ч);

- загрязненности проб воды, продуктов питания, почвы и т. п. - от 10 кБк/л до 2 МБк/л (от  $2,7 \cdot 10^{-7}$  Ки/л до  $5,4 \cdot 10^{-5}$  Ки/л).

Диапазон оценки ИРД-02Б1 по бета-излучению:

- плотности потока бета-излучения от загрязненных поверхностей по стронцию-90 + иттрию-90 или цезию-137 - от 3 част/(мин·см<sup>2</sup>) до 1999 част/(мин·см<sup>2</sup>);

- загрязненности проб воды, продуктов питания, почвы и т. п. по стронцию-90 + иттрию-90 - от  $1 \cdot 10^3$  Бк/л, Бк/кг до  $6 \cdot 10^5$  Бк/л, Бк/кг (от  $2,7 \cdot 10^{-8}$  Ки/л, Ки/кг до  $1,6 \cdot 10^{-5}$  Ки/л, Ки/кг).

Нижний предел энергии регистрируемого бета-излучения - не менее 0,156 МэВ.

Погрешность оценки по бета-излучению - не нормируется.

Периодичность смены показаний значения измеряемой величины на цифровом табло - от 0,5 с до 1 с.

Время установления рабочего режима ИРД-02Б1 - не более 60 с.

Время установления показаний - не более 25 с.

Продолжительность непрерывной работы при естественном радиационном фоне от одного комплекта элементов А316 (6 шт.) - не менее 80 ч.

## Глава V Анализ пространственно-временного распределения радиационного фона микрорайона.

### 5.1 Описание района исследований и методика измерений

Для данной выпускной квалификационной работы был выбран район Красногвардейский и на территории ограниченной Зольной улицей, проспектом Шаумяна, Заневским проспектом и Малоохтинским проспектом были проведены измерения. Для проведения измерений было выбрано 64 точки, которые распределены по этой территории относительно равномерно. Карта микрорайона с точками измерения представлены на рисунке 5.1

Измерения проводились 11.04.2021 г. при отсутствии снежного покрова и 26.03.2021 г. при снежном покрове. Во время измерений наблюдались следующие погодные условия:

26.03.2021 температура воздуха от -2 до 3 °С, западный ветер 2 м/с, влажность 79%, слабый снег.

11.04.2021 температура воздуха от 8 до 11°С, юго-западный 3м/с, влажность 26 %, без осадков;

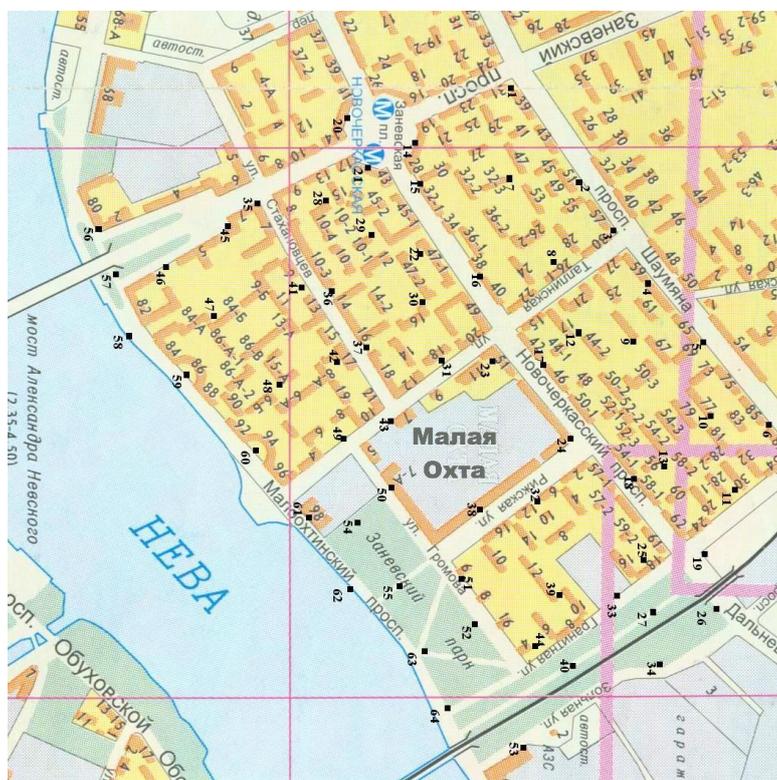


Рисунок 5.1 - Карта района проведения измерений.

Для исследования были выбраны приборы бытовой дозиметр «Мастер-1» и бытовой дозиметр-радиометр ИРД-02Б1 с помощью данных приборов проводились измерения. В каждой из выбранных точек на окружности радиусом один метр выполнялось 9 замеров. Дозиметром «Мастер-1» на высоте 10-15 см от поверхности 3 раза измерялось гамма излучение (мкЗв/ч) -  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ . Дозиметром ИРД-02Б1 проводилось по 3 замера плотности потока частиц (част/(мин×см<sup>2</sup>)) и при открытом детекторе -  $RB_1$ ,  $RB_2$ ,  $RB_3$  и при закрытом -  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ . Затем делается расчет среднего значения  $r_{ср}$ ,  $RB_{ср}$  и  $R_{ср}$ . Чтобы получить плотность потока  $\beta$ -частиц  $R_{ср}$  вычиталось из  $RB_{ср}$ . Результаты измерений представлены в приложениях 1-4

5.2 Методы получения изолиний разными способами интерполяции в пакете «Surfer 9»

Карта на рисунке 5.1 носит вспомогательный характер. Для автоматизации процесса визуализации данных наблюдений эта карта была интегрирована в программный пакет «Surfer 9».

Во-первых, для получения изолиний необходимо сделать оцифровку карты. Импорт изображения производится выбором в меню «file» команды «Import». Географическая привязка точек осуществляется с помощью функции «Digitize» в меню «Map». После этого отмечаем все точки по порядку появившимся курсором. Затем, когда все точки выбраны мы сохраняем файл «xy.blm», открываем его в Surfer и заносим в следующие столбцы измеренные значения. Готовый файл представлен на рисунке 5.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	0.5823503	0.8357358			0.123	1										
2	0.6631169	0.7280469			0.123	2										
3	0.7058757	0.6678679			0.18	3										
4	0.7422999	0.6045215			0.147	4										
5	0.8072299	0.5364242			0.153	5										
6	0.8879965	0.4334863			0.147	6										
7	0.5823503	0.7327979			0.1	7										
8	0.6346110	0.6314437			0.11	8										
9	0.7343816	0.5380078			0.153	9										
10	0.8230665	0.4477392			0.177	10										
11	0.8499887	0.3574707			0.073	11										
12	0.6615333	0.5427588			0.18	12										
13	0.7676384	0.3875602			0.15	13										
14	0.4683268	0.7708058			0.133	14										
15	0.4778288	0.7232960			0.15	15										
16	0.5475098	0.6156071			0.117	16										
17	0.6235254	0.5095020			0.133	17										
18	0.7296306	0.3717236			0.14	18										
19	0.8151482	0.2830387			0.417	19										
20	0.3923112	0.7993116			0.157	20										
21	0.4113151	0.7422999			0.18	21										
22	0.4794124	0.6393620			0.153	22										
23	0.5649300	0.5126393			0.223	23										
24	0.6567823	0.4208170			0.137	24										
25	0.7422999	0.2751204			0.153	25										
26	0.8294011	0.2149413			0.097	26										
27	0.7613038	0.2181086			0.097	27										
28	0.3685563	0.7011247			0.137	28										
29	0.4208170	0.6615333			0.17	29										
30	0.4825797	0.5823503			0.177	30										

Рисунок 5.2 - Файл с координатами и данными измерений

Здесь столбец А – долгота, В - широта, Е - измеренные значения  $\gamma$ -излучения за 23.03.2021, F- номера станций.

Пакет «Surfer 9» предоставляет несколько методов построения регулярной сетки, каждый из которых по-своему интерполирует данные. В предыдущих исследованиях было выяснено, что оптимальным методом интерполяции для этого вида данных является способ интерполяции Kriging.

Для построения изолиний в меню «Grid» нужно выбрать команду «Data» и файл «ху..bln». Во всплывшем окне выбираем метод Kriging и нужные столбцы. Полученный файл с данными сохраняется в формате grd. Далее последовательно выбрав в меню «Map»-«New»-«Contour Map» указывается файл в формате grd. Для наглядности к построенным изолиниям добавляется карта-основа, выбирая последовательно пункты меню «Map»-«Add»-«Base Layer» и файл с исходной картой. Полученная карта представлена на рисунке 5.3.

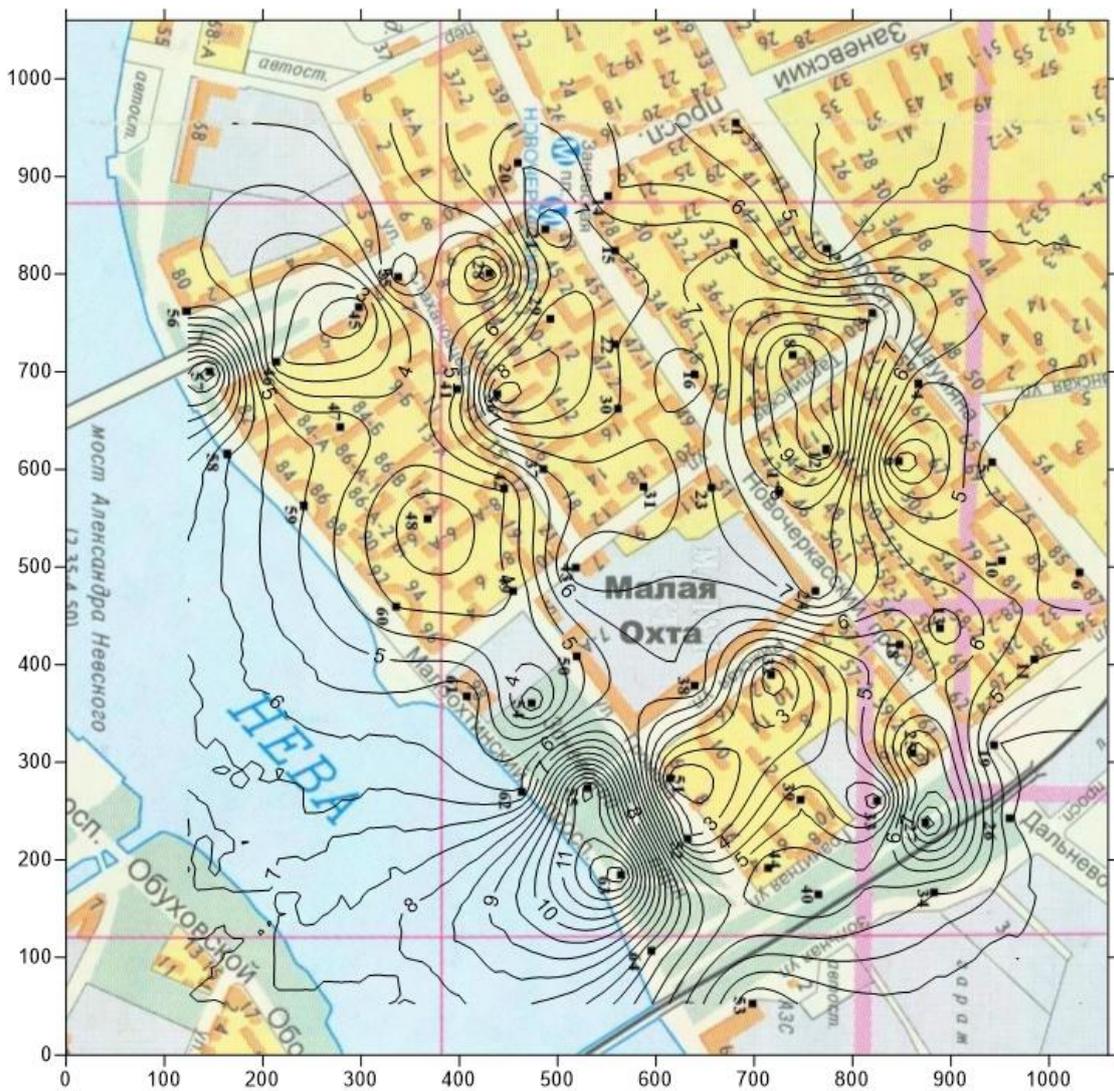


Рисунок 5.3 - Изолинии с подстилающей поверхностью

Для лучшего восприятия можно построить 3D поверхность с наложением изолиний. Для этого последовательно выбираются пункты меню «Map»-«New»-«3D Surface» и файл в формате grd. Накладываем изолинии, выбирая последовательно пункты меню «Map»-«Add»-«Contour Layer». Результат представлен на рисунке 5.4.

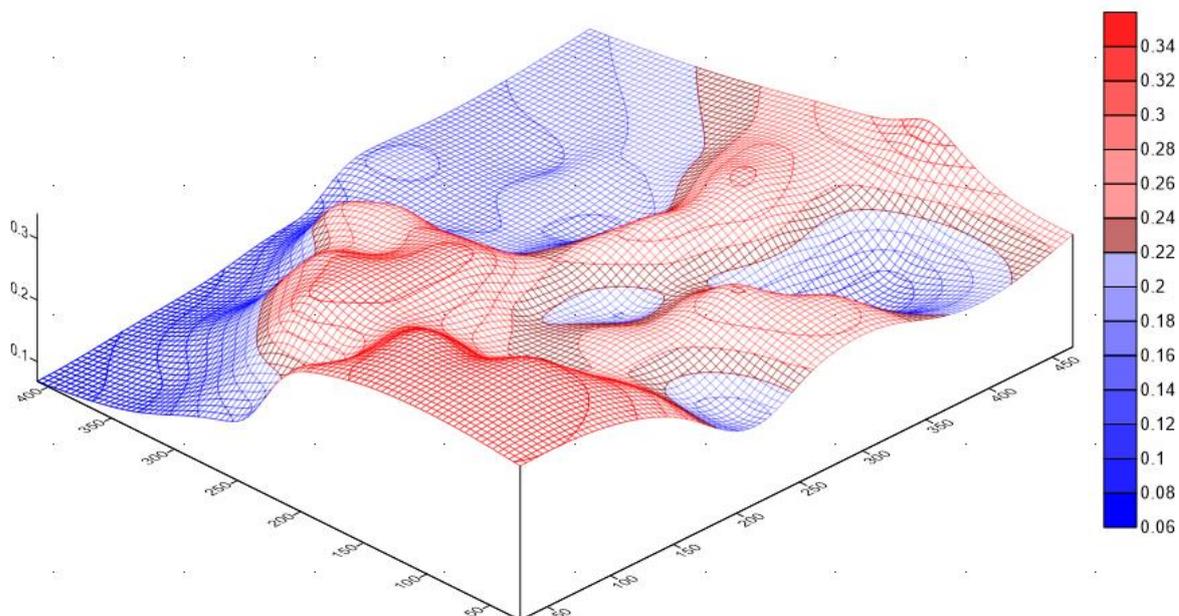


Рисунок 5.4 – Трёхмерное изображение радиационного поля

### 5.3 Анализ результатов измерения $\gamma$ -излучения дозиметром «Мастер-1»

Карты радиационного фона  $\gamma$ -излучения, полученные с помощью интерполяции алгоритма Kriging за 26.03.2021, 11.04.2021 представлены на рисунках 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10. Расположение точек максимумов и их значения представлены в таблице 5.1 и 5.2.

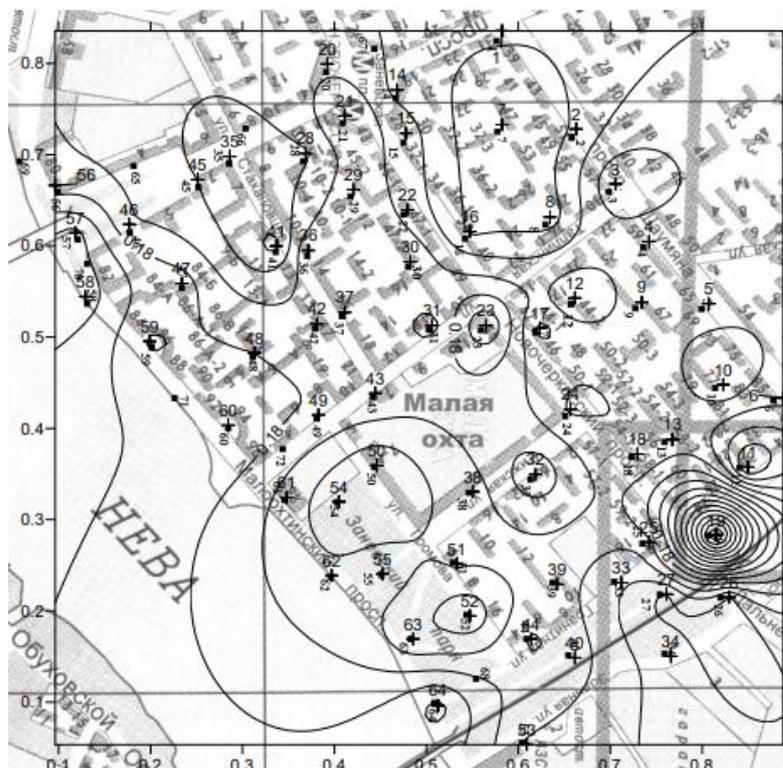


Рисунок 5.5 - Изолинии  $\gamma$ -излучения с подстилающей поверхностью 23.03.2021 г.

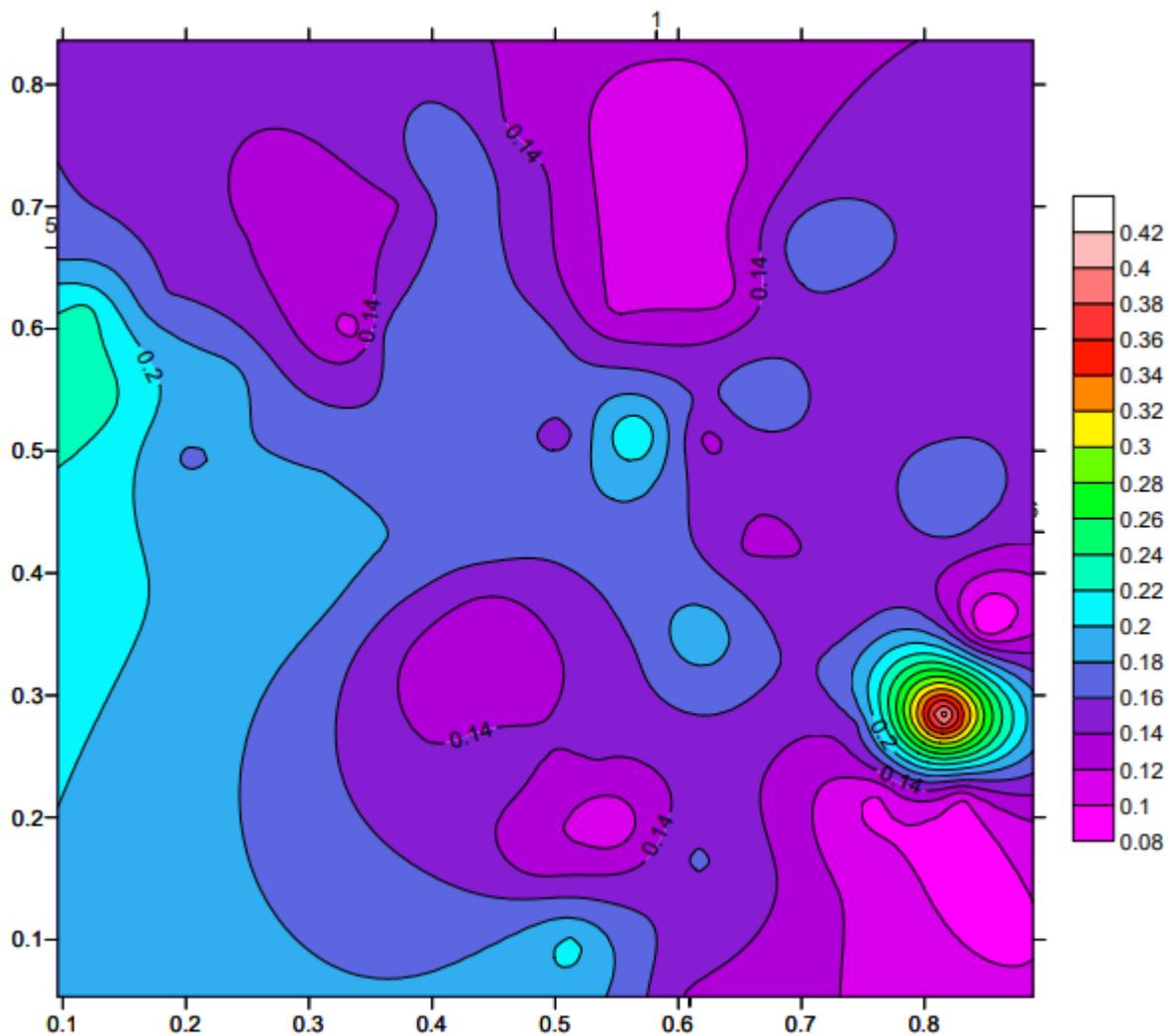


Рисунок 5.6 - Изолинии  $\gamma$ -излучения в цвете 23.03.2021

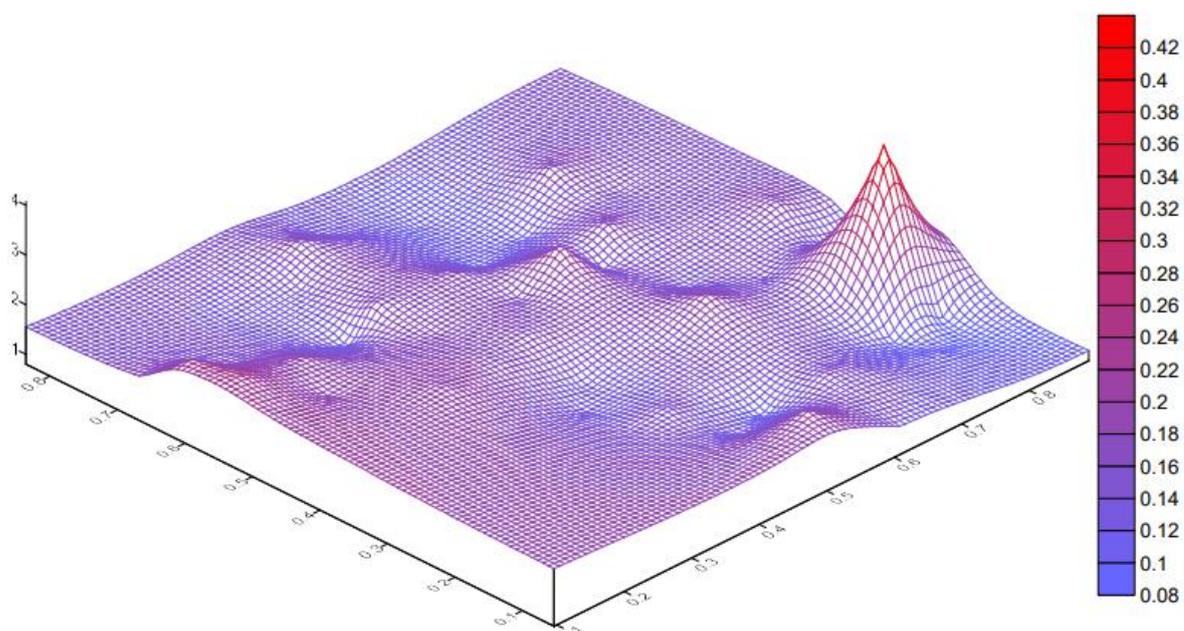


Рисунок 5.7 – Трёхмерное изображение радиационного поля  $\gamma$ -излучения 23.03.2021

## Локальные максимумы за 23.03.2021

№ Локального максимума	№ Точки измерения	φ, град	λ, град	Рср. (мкЗв./час)	Положение на карте
1	19	59°92'04"	30°42'29"	0.41	Новочеркасский проспект, 64
2	23	59°92'42"	30°41'57"	0.22	Новочеркасский проспект, 51

Анализ данных представленных в таблице 5.1, приложение 1 и на рисунках 5.5, 5.6, 5.7 показывает, что уровень радиационного фона в пределах выбранного района колеблется от 0.10 мкЗв/час (точка 7) до 0.41 мкЗв/час (точка 19). Среднее значение  $\gamma$ -излучения в пределах данного микрорайона составило 0.16 мкЗв/час.

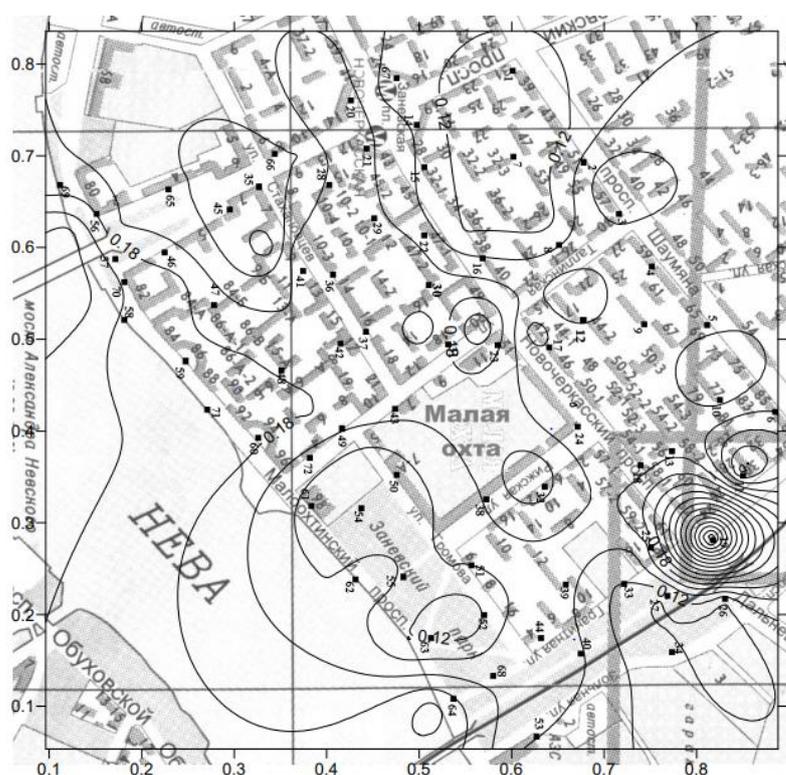


Рисунок 5.8 - Изолинии  $\gamma$ -излучения с подстилающей поверхностью 11.04.2021

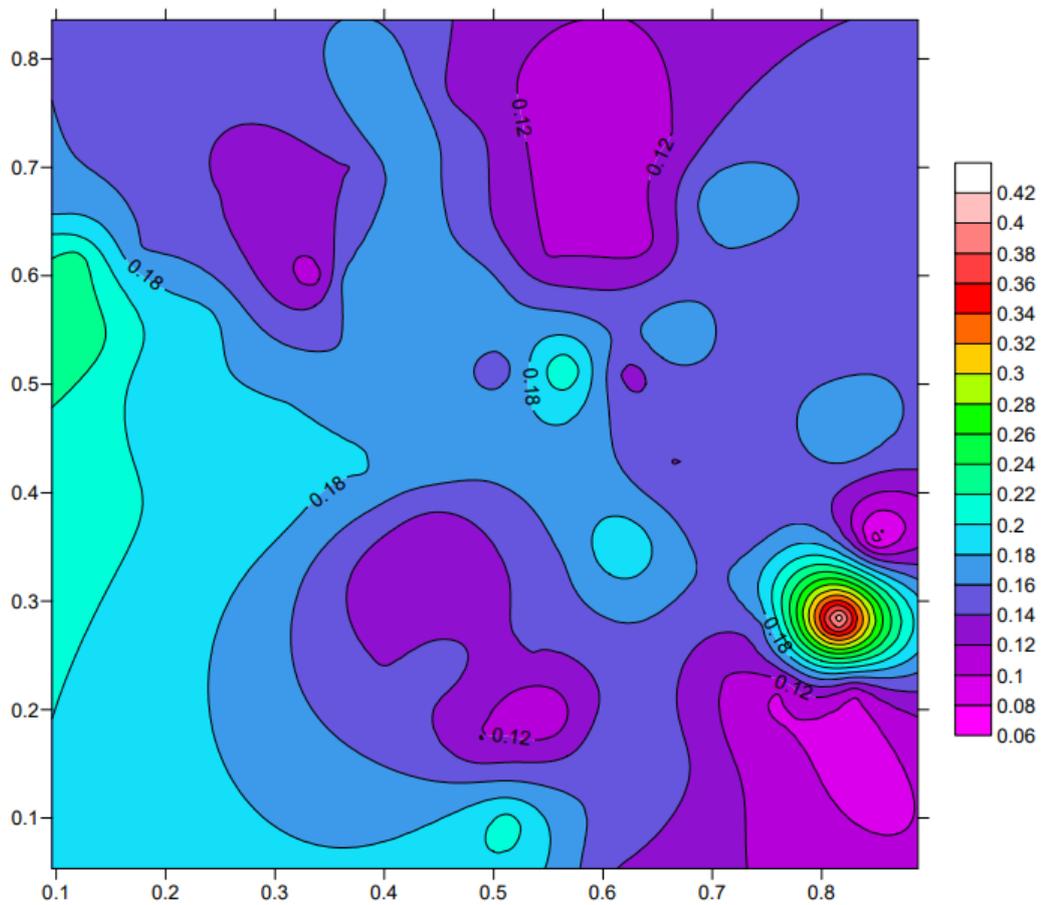


Рисунок 5.9 - Изолинии  $\gamma$ -излучения в цвете с подстилающей поверхностью 11.04.2021

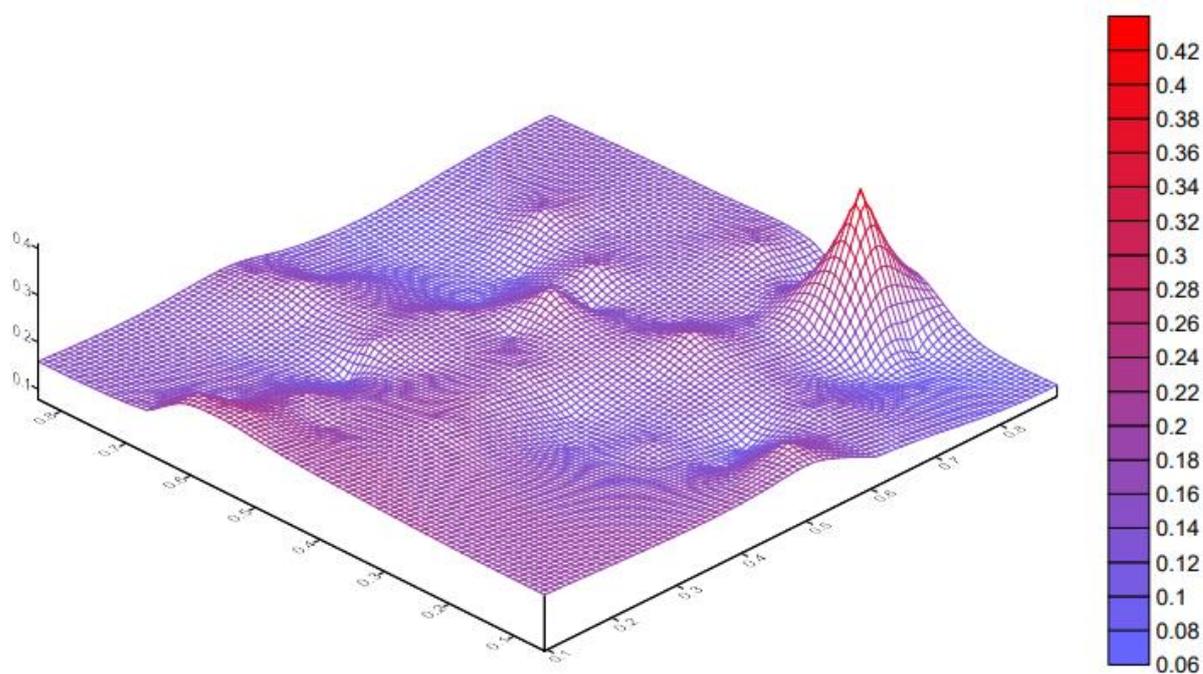


Рисунок 5.10 - Трёхмерное изображение радиационного поля  $\gamma$ -излучения 11.04.2021

Таблица 5.2 – Локальные максимумы  $\gamma$ -излучения 11.04.2021

№ Локального максимума	№ Точки измерения	$\varphi$ , град	$\lambda$ , град	Рср. (мкЗв./час)	Положение на карте
1	23	59°92'42"	30°41'57"	0.23	Малоохтинский, 98
2	58	59°92'45"	30°40'24"	0.25	Заневский пр., 7/7

Анализируя данные из таблиц 5.1, 5.2 и рисунков 5.8, 5.9, 5.10 показывает, что уровень радиационного фона в данном района колеблется от 0.08 мкЗв/час (точка 8) до 0.25 мкЗв/час (точки 23 и 58). Среднее значение  $\gamma$ -излучения составило 0.15 мкЗв/час.

На рисунке 5.11 представлены данные измерений радиационного фона 23.03.2021 г. при снежном покрове и 11.04.2021 г. при отсутствии снежного покрова в виде гистограммы.



Рисунок 5.11 Значения  $\gamma$ -излучения со снежным покровом и без

Исходя из предоставленных рисунков и гистограммы показывает, что при снежном покрове значение  $\gamma$ -излучения уменьшилось в среднем на 0,02 мкЗв/час, что составляет около 10% от среднего значения. Максимальная разница наблюдалась в точках 19 и 41 (0.20 мкЗв/час), что можно объяснить максимальной толщиной снежного покрова в период измерений.

#### 5.4 Анализ результатов измерения $\beta$ -излучения дозиметром-радиометром ИРД-02Б1

Карты распределения  $\beta$ -излучения за 23.03.2021 и 11.04.2021 представлены на рисунках 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17. Расположение точек максимумов и их значения представлены в таблице 5.3 5.4.

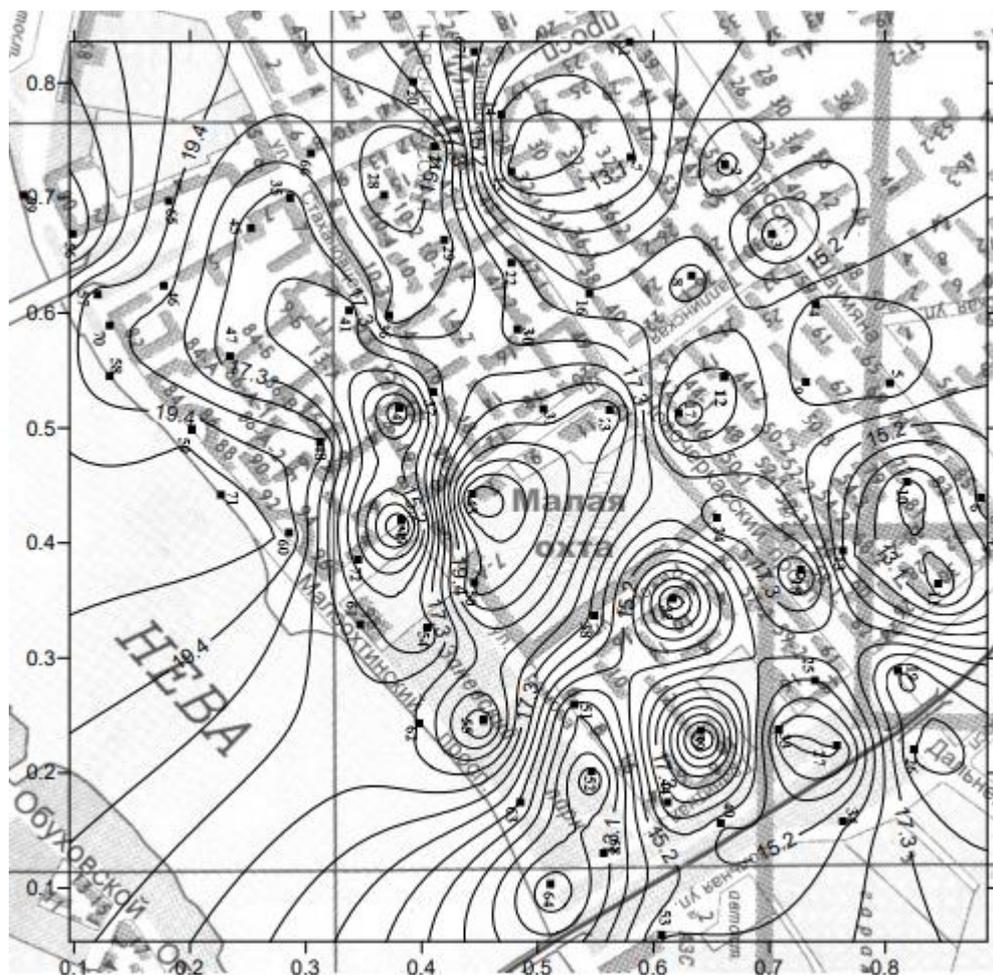


Рисунок 5.12 - Изолинии  $\beta$ -излучения с подстилающей поверхностью 23.03.2021

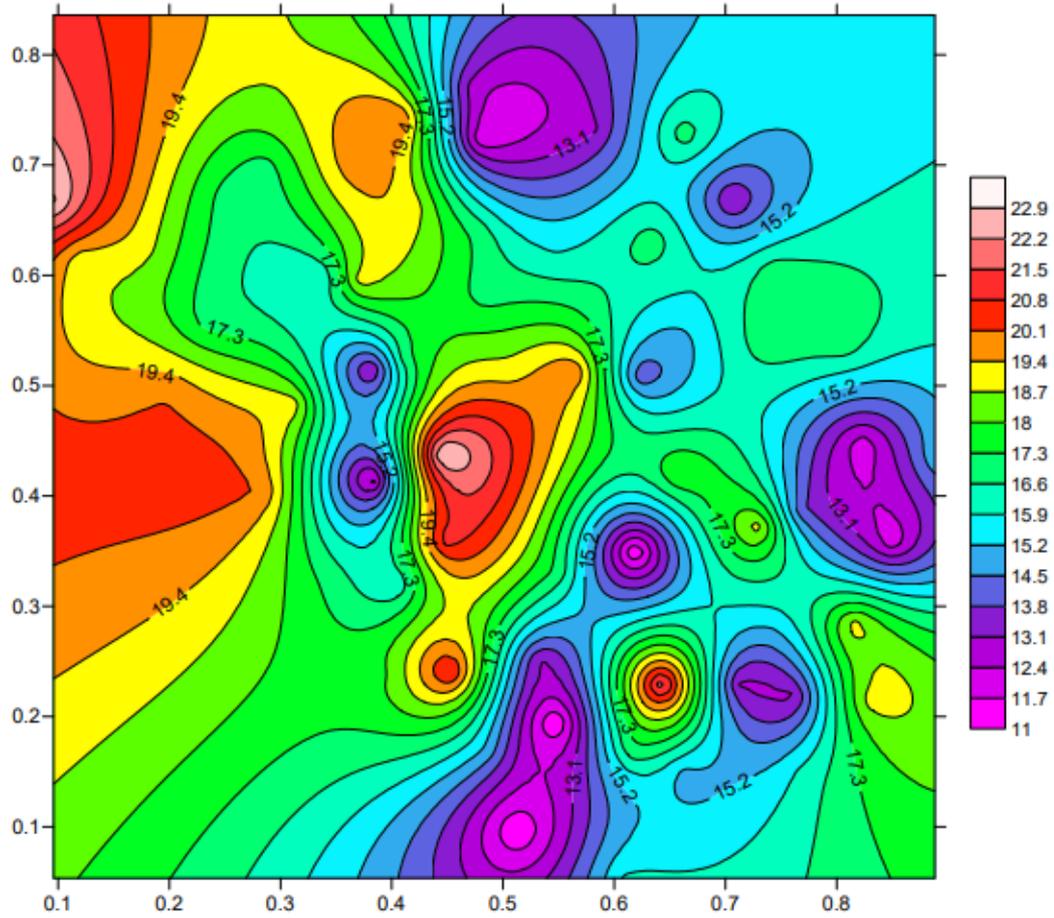


Рисунок 5.13 - Изолинии  $\beta$ -излучения в цвете 23.03.2021

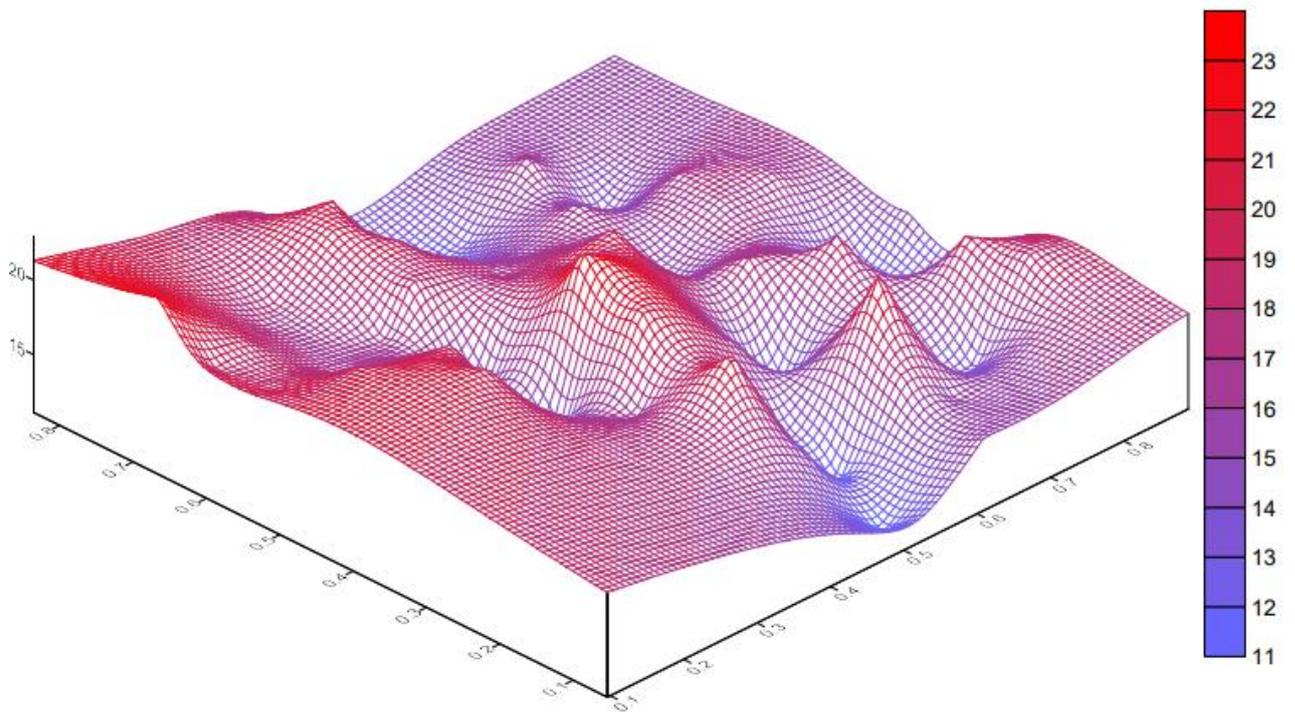


Рисунок 5.14 – Трёхмерное изображение радиационного поля  $\beta$ -излучения 23.03.2021

Таблица 5.3– Локальный максимум  $\beta$ -излучения 23.03.2021.

№ Точки измерения	$\phi$ , град	$\lambda$ , град	Вср. (част/(мин $\times$ см <sup>2</sup> ))	Положение на карте
39	59°91'95"	30°41'76"	22	Гранитная улица, 10
56	59°92'73"	30°40'03"	23	Малоохтинский проспект, 80/2
50	59°92'19"	30°41'24"	21	Заневский парк

Анализируя данные представленных в приложение 2 и рисунков 5.12, 5.13, 5.14 показывает, что уровень  $\beta$ -излучения в пределах выбранного района колеблется от 11 част/(мин $\times$ см<sup>2</sup>) (точка номер 64 и 10) до 23 част/(мин $\times$ см<sup>2</sup>) (точка номер 56). Среднее значение  $\beta$ -излучения в пределах данного микрорайона составило 16 част/(мин $\times$ см<sup>2</sup>).

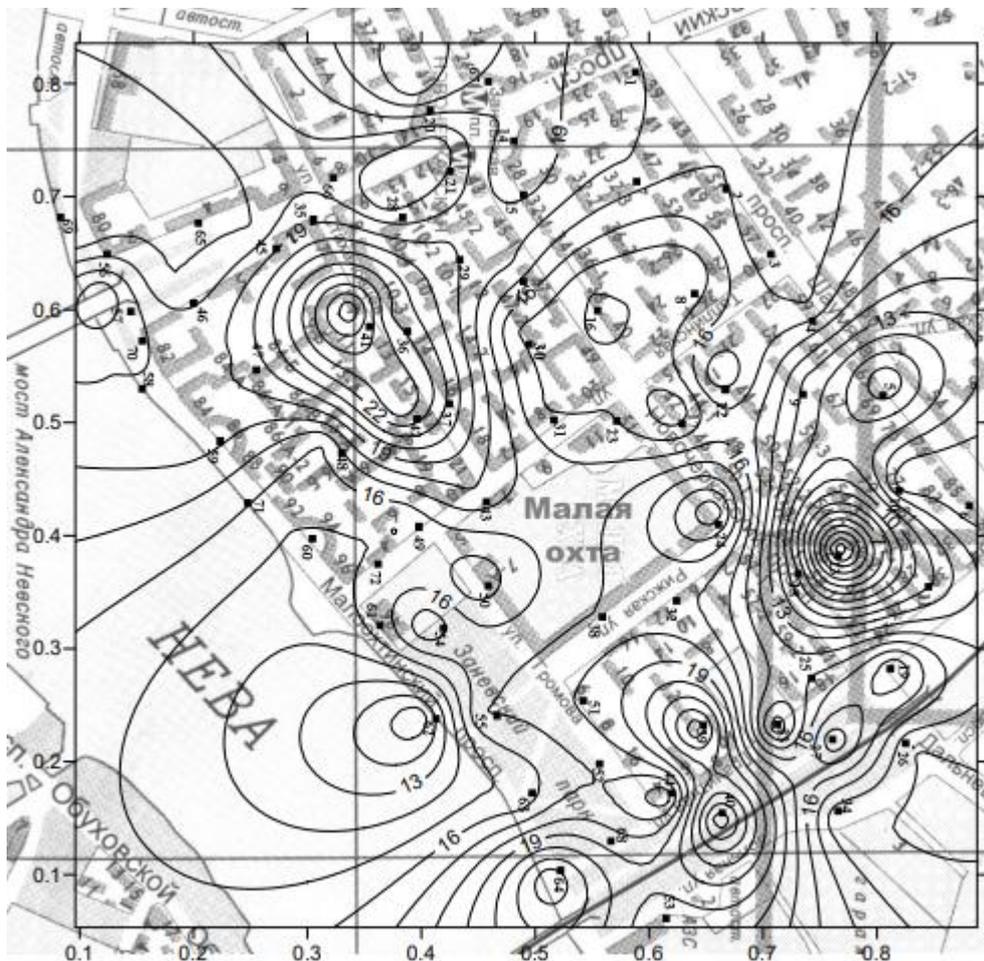


Рисунок 5.15 - Изолинии  $\beta$ -излучения с подстилающей поверхностью 11.04.2021

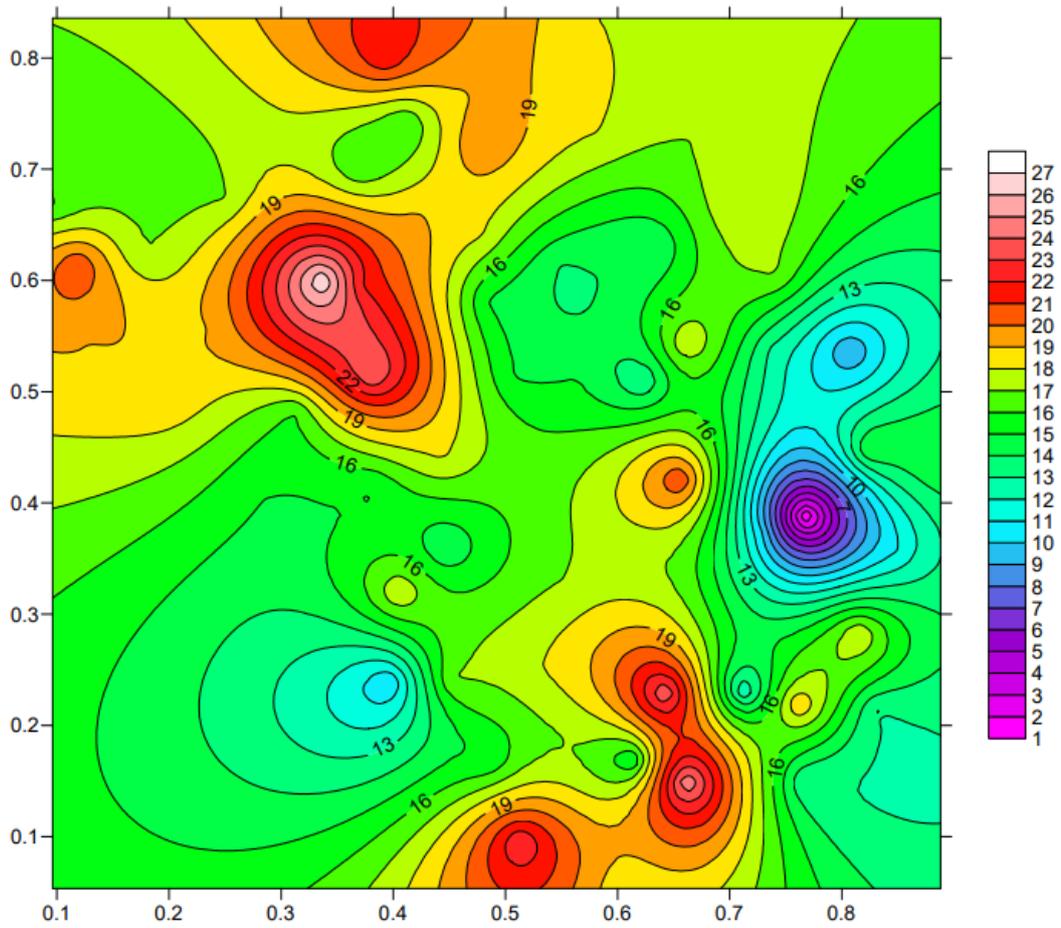


Рисунок 5.16 - Изолинии  $\beta$ -излучения в цвете с подстилающей поверхностью  
11.04.2021

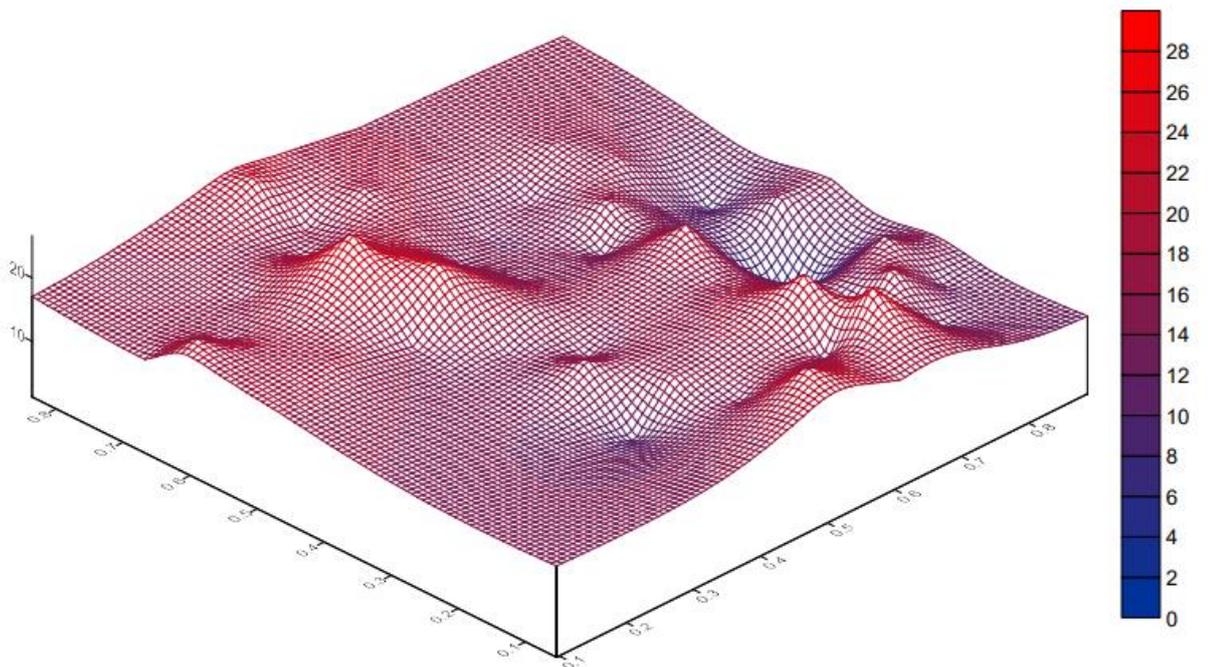


Рисунок 5.17 - Трёхмерное изображение радиационного поля β-излучения 11.04.2021

Таблица 5.4 – Локальные максимумы β-излучения 11.04.2021

№ Локального максимума	№ Точки измерения	φ, град	λ, град	Вср. (част/(мин×см <sup>2</sup> ))	Положение на карте
1	41	59°92'61"	30°40'85"	27	Улица Стахановцев 9
2	40	59°91'85"	30°41'84"	25	Гранитная улица, 8
3	64	59°91'73"	30°41'24"	23	Заневский парк

Анализируя данные представленных в таблице 5.4 и рисунков 5.15, 5.16, 5.17 показывает уровень β-излучения в пределах выбранного района колеблется от 1 част/(мин×см<sup>2</sup>) (точки 5, 13) до 27 част/(мин×см<sup>2</sup>) (точка 41). Среднее значение β-излучения в пределах данного микрорайона составило 17 част/(мин×см<sup>2</sup>).

На рисунке 5.18 представлены данные измерений радиационного фона 11.04.2021 г. при отсутствии снежного покрова и 23.03.2021г. при снежном покрове в виде гистограммы.

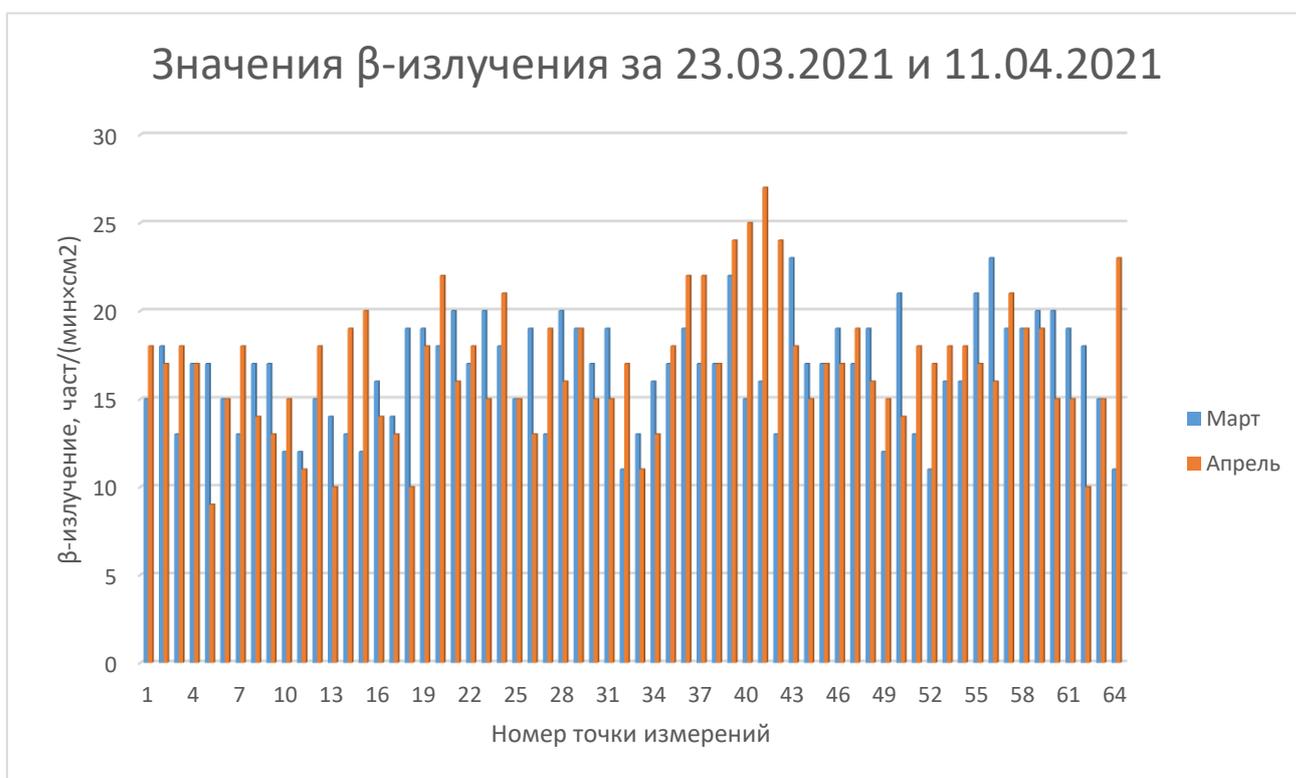


Рисунок 5.18 Значения β-излучения со снежным покровом и без

Проанализировав данные гистограммы, можно сделать вывод о том, что наличие снежного покрова уменьшает значение  $\beta$ -излучения в среднем на 4 част/(мин $\times$ см<sup>2</sup>), что составляет около 21% от среднего значения. Максимальная разница наблюдалась в точке 41 (11 част/(мин $\times$ см<sup>2</sup>)).

Радиационный фон в данном микрорайоне не равномерен, такой вывод можно сделать из анализа табличных данных и построенный карт. Хотелось бы отметить тот факт, что за пределы санитарных норм значения не выходят, но можно отметить различные превышения средних уровней. Большая часть этих максимумов расположена на набережной. По данным наблюдений можно сделать вывод, что 11.04.2021 г., концентрация больше на набережной, т.к. набережная состоит из мрамора. В 23.04.2021 большую концентрацию можем наблюдать около оживленной дороге.

В любом месте, даже для неосвоенных территорий, радиационный фон изменяется от точки к точке, а также в каждой конкретной точке со временем. Эти колебания фона могут быть весьма значительными. В обжитых местах дополнительно накладываются факторы деятельности предприятий, работы транспорта и т.д.

## **Заключение**

В завершение хотелось бы отметить, собственно программный пакет «Surfer 9» представляет собой технически разнообразным и многофункциональным инструментом для интерполяции, а также визуализации данных. Таким образом, полученные картированием, крайне наглядны равно как для изыскателя, так и для обычного человека, так как могут посодействовать населению в оперативном предотвращении результатов отрицательного влияния радиации на организм человека.

Последующее изучение радиационного фона и окружающей среды, но и усовершенствование аппаратных измерений и самих устройств, сможет помочь получать наиболее обширные сведения об радиационной ситуации на любой территории. Следует отметить то, что радиационная защищенность играет важную роль в архитектуре и ее планирования. При выборе стройматериалов и подборе места сооружения строители уделяют огромное внимание радиационную защищенность.

В результате исследования были выполнены все поставленные цели и задачи. В ходе работы в Красногвардейском районе было измерено  $\gamma$ -излучение с помощью дозиметра «Мастер-1», ИРД-02Б1 и  $\beta$ -излучение с помощью дозиметра-радиометра ИРД-02Б1 23.03.2021 г. со снежным покровом и 11.04.2021 г. без снежного покрова. По измеренным значениям были построены гистограммы и поля радиационного фона с помощью программного пакета «Surfer 9».

В заключение проделанной работы можно сформулировать следующие выводы, что в Красногвардейском районе уровень радиационного фона приемлем и это подтверждает анализ карт и гистограмм. Сравнивая измерения при двух видов покрова можно сделать вывод, что снег уменьшает уровень радиационного фона приблизительно на 10%.

При выполнении дипломной работы были получены следующие результаты:

- 1) Исследованы главные виды радиации, источниками, действия на человеческий организм, а также предельно допустимые дозы.
- 2) Изучены приборы, которые измеряют радиационный фон, а так же приборы использованные в данной работе
- 3) Изучены способности программного пакета «Surfer 9» с целью обрабатывания и представления итогов замеров.
- 4) Были проведены натурные измерения радиационного фона в Красногвардейский район г. Санкт-Петербурга с использованием Дозиметра «Master-1» и дозиметра-радиометра ИРД-02Б1. Для географической привязки координат использовался навигатор. Измерения проводились 23.03.2021.
- 5) Был разработан алгоритм картирования радиационного фона с помощью пакета «Surfer 9».
- 6) Проведена интерполяция измеренных данных методом Кригинга (Kriging), так как он считается самым оптимальным для данного типа измерений при картировании.
- 7) Представлена анализ радиационного фона исследуемой части Красногвардейского района, обнаружены и аргументированы максимумы значений с использованием программно-аппаратурных средств.

#### Список использованных источников

1. Aiyeola Oluwafemi Victor. Investigation of impacts of meteorological weather conditions on concentration of particulate matters in an iron smelting plant, in Ile-Ife, South Western Nigeria; Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Osun-State, Nigeria. 2013.
2. Adrian L. Melott<sup>1</sup> and Brian C. Thomas Astrophysical Ionizing Radiation and the Earth: A Brief Review and Census of Intermittent Intense Sources
3. Hötzl H., Winkler R. Long-term variation of outdoor radon equilibrium equivalent concentration // Radiat. Environ. Biophys, 1994. – P. 381
4. Основы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / под ред. В. В. Тарасова. – Москва : Изд-во МГУ, 1998. – 192 с.
5. Шаптала, В. Г. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций : учеб. пособие / В. Г. Шаптала [и др.]. – Белгород : БГТУ, 2010. – 166 с.
6. Мархоцкий, Я. Л. Основы радиационной безопасности населения : учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. – Минск : Высш. шк., 2011. – 224 с.
7. О радиационной безопасности населения [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 09.01.1996 № 3-ФЗ : [ред. от 19.07.2011]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.
8. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс] : федер. закон Рос. Федерации от 30.03.1999 № 52-ФЗ : [ред. от 04.07.2016]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.
9. ГОСТ Р 42.4.42-2015. Гражданская оборона. Режимы радиационной защиты на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению. – Москва : Изд-во стандартов, 2015. – 20 с.
10. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Москва : Роспотребнадзор, 2009. – 100 с. 7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). – Москва : Минстрой : Роспотребнадзор, 2010. – 83 с. 8. Инженерно-технические мероприятия по

гражданской обороне (СП 165.1325800.2014). – Москва : Минстрой России, 2014. – 76 с.

11. Шаптала, В. Г. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций : учеб. пособие /

В. Г. Шаптала [и др.]. – Белгород : БГТУ, 2010. – 166 с.

12. Основы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / под ред. В. В.

Тарасова. – Москва : Изд-во МГУ, 1998. – 192 с

13. Мархоцкий, Я. Л. Основы радиационной безопасности населения : учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. – Минск : Высш. шк., 2011. – 224 с.

Katarzyna Miłowska, Katarzyna Grabowska, Teresa Gabryelak / Applications of electromagnetic radiation in medicine

14. Руководство по эксплуатации ИМСК.412112.001 РЭ Дозиметр бытовой ИРД-02Б1

15. Руководство по эксплуатации еН2.809.000 РЭ Дозиметр-радиометр бытовой ИРД-02Б1, 1991 г.

16. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010):

Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. N 40

## Приложения

### Приложение 1

Результаты измерений  $\gamma$ - излучения за 26.03.2021 г.

№ точ ки	$\varphi$ , град	$\lambda$ , град	R1 <sub>м</sub> , мкЗВ /ч	R2 <sub>м</sub> , мкЗВ /ч	R3 <sub>м</sub> , мкЗВ /ч	R <sub>срм</sub> , мкЗВ /ч	R1 <sub>ирд</sub> мкЗВ /ч	R2 <sub>ирд</sub> мкЗВ /ч	R3 <sub>ирд</sub> мкЗВ /ч	R <sub>срирд</sub> , мкЗВ /ч
1	59°92'92"	30°41'76"	0,18	0,11	0,08	0,12	0,15	0,14	0,17	0,15
2	59°92'72"	30°42'02"	0,16	0,12	0,09	0,12	0,15	0,09	0,2	0,15
3	59°92'66"	30°42'11"	0,17	0,16	0,21	0,18	0,1	0,22	0,14	0,15
4	59°92'57"	30°42'27"	0,14	0,13	0,17	0,15	0,14	0,13	0,17	0,15
5	59°92'42"	30°42'42"	0,19	0,15	0,12	0,15	0,12	0,21	0,18	0,17
6	59°92'26"	30°42'61"	0,16	0,08	0,2	0,15	0,16	0,12	0,15	0,14
7	59°92'73"	30°41'55"	0,11	0,07	0,12	0,10	0,14	0,12	0,13	0,13
8	59°92'59"	30°41'84"	0,1	0,12	0,11	0,11	0,18	0,14	0,16	0,16
9	59°92'43"	30°42'15"	0,2	0,14	0,12	0,15	0,1	0,14	0,13	0,12
10	59°92'28"	30°42'39"	0,13	0,25	0,15	0,18	0,14	0,17	0,1	0,14
11	59°92'12"	30°42'52"	0,09	0,05	0,08	0,07	0,12	0,15	0,14	0,14
12	59°92'45"	30°41'89"	0,12	0,12	0,3	0,18	0,18	0,15	0,12	0,15
13	59°92'21"	30°42'24"	0,13	0,14	0,18	0,15	0,12	0,14	0,17	0,14
14	59°92'86"	30°41'29"	0,14	0,11	0,15	0,13	0,22	0,16	0,25	0,21
15	59°92'79"	30°41'32"	0,17	0,13	0,15	0,15	0,16	0,2	0,22	0,19
16	59°92'59"	30°41'50"	0,13	0,13	0,09	0,12	0,22	0,1	0,17	0,16
17	59°92'40"	30°41'77"	0,11	0,13	0,16	0,13	0,16	0,12	0,13	0,14
18	59°92'11"	30°42'14"	0,12	0,16	0,14	0,14	0,21	0,15	0,08	0,15
19	59°92'04"	30°42'29"	0,45	0,62	0,18	0,42	0,27	0,25	0,19	0,24
20	59°92'94"	30°41'08"	0,15	0,17	0,15	0,16	0,26	0,24	0,17	0,22
21	59°92'84"	30°41'11"	0,22	0,13	0,19	0,18	0,14	0,19	0,23	0,19
22	59°92'67"	30°41'24"	0,15	0,15	0,16	0,15	0,2	0,19	0,12	0,17
23	59°92'42"	30°41'57"	0,24	0,18	0,25	0,22	0,2	0,18	0,23	0,20
24	59°92'23"	30°41'89"	0,1	0,15	0,16	0,14	0,16	0,18	0,23	0,19
25	59°92'01"	30°42'14"	0,15	0,12	0,19	0,15	0,2	0,16	0,19	0,18
26	59°91'90"	30°42'36"	0,14	0,25	0,19	0,1	0,14	0,16	0,19	0,17
27	59°91'96"	30°42'23"	0,12	0,06	0,11	0,1	0,14	0,2	0,18	0,17
28	59°92'75"	30°40'97"	0,12	0,12	0,17	0,14	0,16	0,14	0,13	0,14
29	59°92'75"	30°41'11"	0,18	0,15	0,18	0,17	0,18	0,2	0,19	0,19
30	59°92'54"	30°41'36"	0,2	0,21	0,12	0,18	0,19	0,12	0,15	0,15
31	59°92'44"	30°41'44"	0,14	0,17	0,15	0,15	0,16	0,12	0,14	0,14
32	59°92'16"	30°41'69"	0,22	0,17	0,2	0,20	0,2	0,19	0,15	0,18
33	59°91'97"	30°92'03"	0,15	0,07	0,15	0,12	0,09	0,05	0,07	0,07
34	59°91'76"	30°42'00.9"	0,13	0,07	0,14	0,11	0,13	0,1	0,09	0,11
35	59°92'78"	30°40'70"	0,11	0,15	0,13	0,13	0,14	0,12	0,16	0,14

36	59°92'59'	30°40'94"	0,16	0,2	0,18	0,18	0,19	0,25	0,18	0,21
37	59°92'47'	30°41'07"	0,2	0,16	0,15	0,17	0,16	0,18	0,19	0,18
38	59°92'15"	30°41'59"	0,18	0,15	0,12	0,15	0,07	0,17	0,21	0,15
39	59°91'95"	30°41'76"	0,15	0,15	0,14	0,15	0,13	0,1	0,14	0,12
40	59°91'85"	30°41'84"	0,14	0,16	0,15	0,15	0,16	0,19	0,14	0,16
41	59°92'61"	30°40'85"	0,14	0,12	0,08	0,11	0,12	0,1	0,08	0,10
42	59°92'45"	30°40'96"	0,16	0,18	0,15	0,16	0,14	0,17	0,11	0,14
43	59°92'31'	30°41'12"	0,21	0,15	0,17	0,18	0,15	0,2	0,17	0,17

Продолжение приложения 1

44	59°91'85"	30°41'67"	0,2	0,17	0,12	0,16	0,19	0,12	0,11	0,14
45	59°92'73"	30°40'56"	0,1	0,17	0,15	0,14	0,15	0,13	0,19	0,16
46	59°92'73"	30°40'29"	0,17	0,14	0,18	0,16	0,15	0,13	0,19	0,16
47	59°92'55"	30°40'48"	0,21	0,19	0,17	0,19	0,14	0,17	0,2	0,17
48	59°92'41'	30°40'71"	0,21	0,18	0,15	0,18	0,15	0,13	0,14	0,14
49	59°92'29"	30°40'95"	0,19	0,2	0,14	0,18	0,2	0,17	0,18	0,18
50	59°92'19"	30°41'24"	0,12	0,1	0,15	0,12	0,09	0,1	0,18	0,12
51	59°91'97"	30°41'39"	0,09	0,15	0,19	0,14	0,13	0,19	0,17	0,16
52	59°91'91"	30°41'47"	0,12	0,1	0,09	0,10	0,07	0,1	0,08	0,08
53	59°91'67"	30°41'68"	0,16	0,14	0,11	0,14	0,15	0,17	0,13	0,15
54	59°92'15"	30°40'99"	0,11	0,1	0,16	0,12	0,1	0,06	0,15	0,10
55	59°92'00"	30°41'24"	0,17	0,15	0,14	0,15	0,15	0,1	0,16	0,14
56	59°92'73"	30°40'03"	0,12	0,18	0,21	0,17	0,19	0,24	0,19	0,21
57	59°92'73"	30°40'10"	0,2	0,25	0,23	0,23	0,24	0,26	0,22	0,24
58	59°92'45"	30°40'24"	0,23	0,21	0,25	0,23	0,18	0,25	0,26	0,23
59	59°92'24"	30°40'95"	0,15	0,2	0,18	0,18	0,13	0,16	0,18	0,16
60	59°92'27"	30°40'60"	0,22	0,2	0,18	0,20	0,16	0,21	0,22	0,20
61	59°92'13"	30°40'78"	0,09	0,19	0,18	0,15	0,17	0,2	0,24	0,20
62	59°91'97"	30°40'97"	0,11	0,15	0,17	0,14	0,15	0,14	0,2	0,16
63	59°91'93"	30°41'10"	0,12	0,15	0,1	0,12	0,1	0,15	0,14	0,13
64	59°91'73"	30°41'24"	0,27	0,18	0,17	0,21	0,14	0,17	0,21	0,17

Приложение 2

Результаты измерений измерений  $\beta$ -излучения за 26.03.2021 г.

№ точки	$\phi$ , град	$\lambda$ , град	B1, част/ (мин $\times$ см <sup>2</sup> )	B2, част/ (мин $\times$ см <sup>2</sup> )	B3, част/ (мин $\times$ см <sup>2</sup> )	Вср, част/ (мин $\times$ см <sup>2</sup> )
1	59°92'92'	30°41'76"	15	12	17	15
2	59°92'72'	30°42'02"	18	15	20	18
3	59°92'66"	30°42'11"	13	14	12	13
4	59°92'57"	30°42'27"	18	20	14	17
5	59°92'42"	30°42'42"	15	18	17	17
6	59°92'26"	30°42'61"	15	12	19	15
7	59°92'73"	30°41'55"	14	13	12	13

8	59°92'59"	30°41'84"	18	19	15	17
9	59°92'43'	30°42'15"	19	13	18	17
10	59°92'28"	30°42'39"	14	10	11	12
11	59°92'12"	30°42'52"	10	14	13	12
12	59°92'45"	30°41'89"	14	16	15	15
13	59°92'21"	30°42'24"	13	10	19	14
14	59°92'86"	30°41'29"	14	11	15	13

Продолжение приложения 2

15	59°92'79"	30°41'32"	10	13	14	12
16	59°92'59"	30°41'50"	13	14	20	16
17	59°92'40"	30°41'77"	14	16	13	14
18	59°92'11"	30°42'14"	19	16	22	19
19	59°92'04"	30°42'29"	17	18	21	19
20	59°92'94"	30°41'08"	10	19	26	18
21	59°92'84"	30°41'11"	23	18	20	20
22	59°92'67"	30°41'24"	14	18	19	17
23	59°92'42"	30°41'57"	24	17	20	20
24	59°92'23"	30°41'89"	21	15	19	18
25	59°92'01"	30°42'14"	12	16	18	15
26	59°91'90"	30°42'36"	21	17	19	19
27	59°91'96"	30°42'23"	10	13	15	13
28	59°92'75"	30°40'97"	19	21	20	20
29	59°92'75"	30°41'11"	15	21	20	19
30	59°92'54"	30°41'36"	15	17	19	17
31	59°92'44"	30°41'44"	21	20	16	19
32	59°92'16"	30°41'69"	10	12	11	11
33	59°91'97"	30°92'03"	15	11	13	13
34	59°91'76"	30°42'00.9"	16	19	14	16
35	59°92'78"	30°40'70"	21	16	15	17
36	59°92'59'	30°40'94"	15	19	24	19
37	59°92'47'	30°41'07"	14	17	19	17
38	59°92'15''	30°41'59"	14	19	17	17
39	59°91'95''	30°41'76"	19	21	26	22
40	59°91'85''	30°41'84"	16	13	17	15
41	59°92'61''	30°40'85"	17	16	14	16
42	59°92'45''	30°40'96"	10	13	15	13
43	59°92'31'	30°41'12"	25	20	23	23
44	59°91'85"	30°41'67"	18	19	13	17

Продолжение приложения 2

45	59°92'73"	30°40'56"	19	17	15	17
46	59°92'73"	30°40'29"	14	24	18	19

47	59°92'55"	30°40'48"	20	15	17	17
48	59°92'41'	30°40'71"	19	20	18	19
49	59°92'29"	30°40'95"	12	10	13	12
50	59°92'19"	30°41'24"	17	20	27	21
51	59°91'97"	30°41'39"	10	12	17	13
52	59°91'91"	30°41'47"	10	9	14	11
53	59°91'67"	30°41'68"	12	18	19	16
54	59°92'15"	30°40'99"	20	12	17	16
55	59°92'00"	30°41'24"	23	22	17	21
56	59°92'73"	30°40'03"	27	20	22	23
57	59°92'73"	30°40'10"	22	16	20	19
58	59°92'45"	30°40'24"	18	20	19	19
59	59°92'24"	30°40'95"	22	19	20	20
60	59°92'27"	30°40'60"	22	18	19	20
61	59°92'13"	30°40'78"	20	18	19	19
62	59°91'97"	30°40'97"	20	21	13	18
63	59°91'93"	30°41'10"	17	12	16	15
64	59°91'73"	30°41'24"	10	8	16	11

Приложение 3

Результаты измерений  $\gamma$ -излучения за 11.04.2021 г.

№ точ-ки	$\phi$ , град	$\lambda$ , град	R1 <sub>м</sub> , мкЗв /ч	R2 <sub>м</sub> , мкЗв /ч	R3 <sub>м</sub> , мкЗв /ч	R <sub>срм</sub> , мкЗв /ч	R1 <sub>ирд</sub> , мкЗв /ч	R2 <sub>ирд</sub> , мкЗв /ч	R3 <sub>ирд</sub> , мкЗв /ч	R <sub>срИРД</sub> , мкЗв /ч
1	59°92'92'	30°41'76"	0,18	0,11	0,08	0,15	0,15	0,14	0,17	0,16
2	59°92'72'	30°42'02"	0,16	0,12	0,09	0,14	0,15	0,09	0,2	0,11
3	59°92'66"	30°42'11"	0,17	0,16	0,21	0,17	0,1	0,22	0,14	0,14
4	59°92'57"	30°42'27"	0,14	0,13	0,17	0,15	0,14	0,13	0,17	0,13
5	59°92'42"	30°42'42"	0,19	0,15	0,12	0,17	0,12	0,21	0,18	0,15
6	59°92'26"	30°42'61"	0,16	0,08	0,2	0,10	0,16	0,12	0,15	0,10
7	59°92'73"	30°41'55"	0,11	0,07	0,12	0,12	0,14	0,12	0,13	0,11
8	59°92'59"	30°41'84"	0,1	0,12	0,11	0,18	0,18	0,14	0,16	0,15
9	59°92'43'	30°42'15"	0,2	0,14	0,12	0,10	0,1	0,14	0,13	0,10
10	59°92'28"	30°42'39"	0,13	0,25	0,15	0,11	0,14	0,17	0,1	0,09

Продолжение приложения 3

11	59°92'12"	30°42'52"	0,09	0,05	0,08	0,11	0,12	0,15	0,14	0,08
12	59°92'45"	30°41'89"	0,12	0,12	0,3	0,13	0,18	0,15	0,12	0,09
13	59°92'21"	30°42'24"	0,13	0,14	0,18	0,20	0,12	0,14	0,17	0,20
14	59°92'86"	30°41'29"	0,14	0,11	0,15	0,11	0,22	0,16	0,25	0,15
15	59°92'79"	30°41'32"	0,17	0,13	0,15	0,16	0,16	0,2	0,22	0,12
16	59°92'59"	30°41'50"	0,13	0,13	0,09	0,18	0,22	0,1	0,17	0,15
17	59°92'40"	30°41'77"	0,11	0,13	0,16	0,16	0,16	0,12	0,13	0,15

18	59°92'11"	30°42'14"	0,12	0,16	0,14	0,14	0,21	0,15	0,08	0,17
19	59°92'04"	30°42'29"	0,45	0,62	0,18	0,16	0,27	0,25	0,19	0,15
20	59°92'94"	30°41'08"	0,15	0,17	0,15	0,19	0,26	0,24	0,17	0,15
21	59°92'84"	30°41'11"	0,22	0,13	0,19	0,18	0,14	0,19	0,23	0,18
22	59°92'67"	30°41'24"	0,15	0,15	0,16	0,18	0,2	0,19	0,12	0,13
23	59°92'42"	30°41'57"	0,24	0,18	0,25	0,12	0,2	0,18	0,23	0,12
24	59°92'23"	30°41'89"	0,1	0,15	0,16	0,14	0,16	0,18	0,23	0,14
25	59°92'01"	30°42'14"	0,15	0,12	0,19	0,10	0,2	0,16	0,19	0,13
26	59°91'90"	30°42'36"	0,14	0,25	0,19	0,18	0,14	0,16	0,19	0,16
27	59°91'96"	30°42'23"	0,12	0,06	0,11	0,15	0,14	0,2	0,18	0,12
28	59°92'75"	30°40'97"	0,12	0,12	0,17	0,16	0,16	0,14	0,13	0,15
29	59°92'75"	30°41'11"	0,18	0,15	0,18	0,10	0,18	0,2	0,19	0,12
30	59°92'54"	30°41'36"	0,2	0,21	0,12	0,11	0,19	0,12	0,15	0,16
31	59°92'44"	30°41'44"	0,14	0,17	0,15	0,15	0,16	0,12	0,14	0,14
32	59°92'16"	30°41'69"	0,22	0,17	0,2	0,18	0,2	0,19	0,15	0,12
33	59°91'97"	30°92'03"	0,15	0,07	0,15	0,07	0,09	0,05	0,07	0,09
34	59°91'76"	30°42'00,9"	0,13	0,07	0,14	0,18	0,13	0,1	0,09	0,13
35	59°92'78"	30°40'70"	0,11	0,15	0,13	0,15	0,14	0,12	0,16	0,17
36	59°92'59'	30°40'94"	0,16	0,2	0,18	0,13	0,19	0,25	0,18	0,13
37	59°92'47'	30°41'07"	0,2	0,16	0,15	0,15	0,16	0,18	0,19	0,11
38	59°92'15''	30°41'59"	0,18	0,15	0,12	0,12	0,07	0,17	0,21	0,09
39	59°91'95''	30°41'76"	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,1	0,14	0,13
40	59°91'85''	30°41'84"	0,14	0,16	0,15	0,14	0,16	0,19	0,14	0,17
41	59°92'61''	30°40'85"	0,14	0,12	0,08	0,42	0,12	0,1	0,08	0,14
42	59°92'45''	30°40'96"	0,16	0,18	0,15	0,16	0,14	0,17	0,11	0,10
43	59°92'31'	30°41'12"	0,21	0,15	0,17	0,18	0,15	0,2	0,17	0,23
44	59°91'85"	30°41'67"	0,2	0,17	0,12	0,15	0,19	0,12	0,11	0,18
45	59°92'73"	30°40'56"	0,1	0,17	0,15	0,22	0,15	0,13	0,19	0,18
46	59°92'73"	30°40'29"	0,17	0,14	0,18	0,14	0,15	0,13	0,19	0,12
47	59°92'55''	30°40'48"	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,17	0,2	0,14
48	59°92'41'	30°40'71"	0,21	0,18	0,15	0,15	0,15	0,13	0,14	0,13
49	59°92'29"	30°40'95"	0,19	0,2	0,14	0,18	0,2	0,17	0,18	0,17
50	59°92'19"	30°41'24"	0,12	0,1	0,15	0,15	0,09	0,1	0,18	0,15
51	59°91'97"	30°41'39"	0,09	0,15	0,19	0,16	0,13	0,19	0,17	0,12
52	59°91'91"	30°41'47"	0,12	0,1	0,09	0,10	0,07	0,1	0,08	0,11
53	59°91'67"	30°41'68"	0,16	0,14	0,11	0,13	0,15	0,17	0,13	0,14
54	59°92'15"	30°40'99"	0,11	0,1	0,16	0,14	0,1	0,06	0,15	0,13
55	59°92'00"	30°41'24"	0,17	0,15	0,14	0,17	0,15	0,1	0,16	0,17
56	59°92'73"	30°40'03"	0,12	0,18	0,21	0,17	0,19	0,24	0,19	0,14
57	59°92'73"	30°40'10"	0,2	0,25	0,23	0,19	0,24	0,26	0,22	0,20
58	59°92'45"	30°40'24''	0,23	0,21	0,25	0,16	0,18	0,25	0,26	0,16

59	59°92'24"	30°40'95"	0,15	0,2	0,18	0,15	0,13	0,16	0,18	0,12
----	-----------	-----------	------	-----	------	------	------	------	------	------

продолжение приложения 3

60	59°92'27"	30°40'60"	0,22	0,2	0,18	0,16	0,16	0,21	0,22	0,14
61	59°92'13"	30°40'78"	0,09	0,19	0,18	0,18	0,17	0,2	0,24	0,18
62	59°91'97"	30°40'97"	0,11	0,15	0,17	0,15	0,15	0,14	0,2	0,15
63	59°91'93"	30°41'10"	0,12	0,15	0,1	0,17	0,1	0,15	0,14	0,19
64	59°91'73"	30°41'24"	0,27	0,18	0,17	0,14	0,14	0,17	0,21	0,12

Приложение 4

Результаты измерений  $\beta$ - излучения за 11.04.2021 г

№ точки	$\varphi$ , град	$\lambda$ , град	V1, част/ (мин $\times$ см <sup>2</sup> )	V2, част/ (мин $\times$ см <sup>2</sup> )	V3, част/ (мин $\times$ см <sup>2</sup> )	Вср, част/ (мин $\times$ см <sup>2</sup> )
1	59°92'92'	30°41'76"	20	18	15	18
2	59°92'72'	30°42'02"	24	15	11	17
3	59°92'66"	30°42'11"	18	22	14	18
4	59°92'57"	30°42'27"	14	18	20	17
5	59°92'42"	30°42'42"	6	8	14	9
6	59°92'26"	30°42'61"	13	15	18	15
7	59°92'73"	30°41'55"	18	20	16	18
8	59°92'59"	30°41'84"	10	11	21	14
9	59°92'43'	30°42'15"	11	12	15	13
10	59°92'28"	30°42'39"	15	17	12	15
11	59°92'12"	30°42'52"	9	12	11	11
12	59°92'45"	30°41'89"	17	20	16	18
13	59°92'21"	30°42'24"	12	10	8	10
14	59°92'86"	30°41'29"	18	20	19	19
15	59°92'79"	30°41'32"	20	14	25	20
16	59°92'59"	30°41'50"	11	13	17	14
17	59°92'40"	30°41'77"	15	14	11	13
18	59°92'11"	30°42'14"	10	12	9	10
19	59°92'04"	30°42'29"	16	17	22	18
20	59°92'94"	30°41'08"	22	25	19	22
21	59°92'84"	30°41'11"	19	15	14	16
22	59°92'67"	30°41'24"	15	19	20	18
23	59°92'42"	30°41'57"	13	15	17	15
24	59°92'23"	30°41'89"	19	21	23	21
25	59°92'01"	30°42'14"	14	15	17	15
26	59°91'90"	30°42'36"	10	14	15	13
27	59°91'96"	30°42'23"	23	19	16	19
28	59°92'75"	30°40'97"	15	17	16	16
29	59°92'75"	30°41'11"	17	21	20	19
30	59°92'54"	30°41'36"	14	13	17	15

31	59°92'44"	30°41'44"	17	15	12	15
32	59°92'16"	30°41'69"	18	16	17	17
33	59°91'97"	30°92'03"	10	9	13	11
34	59°91'76"	30°42'00.9"	11	15	13	13
35	59°92'78"	30°40'70"	18	17	19	18
36	59°92'59'	30°40'94"	19	20	26	22
37	59°92'47'	30°41'07"	22	18	27	22
38	59°92'15''	30°41'59"	9	19	24	17
39	59°91'95''	30°41'76"	25	20	28	24

Продолжение приложения 4

40	59°91'85''	30°41'84"	26	28	20	25
41	59°92'61''	30°40'85"	22	26	32	27
42	59°92'45''	30°40'96"	23	26	22	24
43	59°92'31'	30°41'12"	20	16	17	18
44	59°91'85"	30°41'67"	17	19	9	15
45	59°92'73"	30°40'56"	20	13	18	17
46	59°92'73"	30°40'29"	13	19	20	17
47	59°92'55''	30°40'48"	19	17	22	19
48	59°92'41'	30°40'71"	16	20	12	16
49	59°92'29"	30°40'95"	12	15	18	15
50	59°92'19"	30°41'24"	11	13	17	14
51	59°91'97"	30°41'39"	18	20	17	18
52	59°91'91"	30°41'47"	18	15	17	17
53	59°91'67"	30°41'68"	14	18	23	18
54	59°92'15"	30°40'99"	16	19	20	18
55	59°92'00"	30°41'24"	15	17	19	17
56	59°92'73"	30°40'03"	17	16	15	16
57	59°92'73"	30°40'10"	17	24	23	21
58	59°92'45"	30°40'24''	20	21	15	19
59	59°92'24"	30°40'95"	18	19	20	19
60	59°92'27"	30°40'60"	15	13	17	15
61	59°92'13"	30°40'78"	13	12	20	15
62	59°91'97"	30°40'97"	12	10	9	10
63	59°91'93"	30°41'10"	13	17	14	15
64	59°91'73"	30°41'24"	23	25	20	23