



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

На тему «Анализ точечных измерений радиационного фона на
УБП Даймище»

Исполнитель Алексеев Евгений Викторович
(фамилия, имя, отчество)

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

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

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

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«23» июля 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

СОКРАЩЕНИЯ

УБП	- учебная база практик
РФ	- Российская Федерация
ФГУП	- Федеральное государственное унитарное предприятие
РГЭЦ	- Региональный геоэкологический центр
РВ	- радиоактивные вещества
РАО	- радиоактивные отходы
АСКРО	- автоматизированная система контроля радиационной обстановки
НРБ	- Нормы Радиационной безопасности
СИЗ	- средства индивидуальной защиты
ГО	- гражданская оборона
АЭС	- атомная электростанция
СИ	- Система интернациональная (System International)
ПДД	- предельно допустимая доза
ПД	- предел дозы
ООН	- Организация Объединенных Наций
ЧАЭС	- Чернобыльская атомная электростанция
МЧС	- Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

ВЕДЕНИЕ

При планировании хозяйственной деятельности человечество давно использует информацию о состоянии окружающей природной среды и о происходящих в ней изменениях. Расширяется число измеряемых параметров, сгущается сеть измерительных станций [1].

Экологическая обстановка характеризуется целым комплексом различных параметров: состояние атмосферного воздуха, оценка качества вод, химический состав почв и радиационный фон. В выпускной квалификационной работе уделяется особое внимание последнему параметру – радиации, являющемуся наиболее опасным для здоровья. [2].

В современных условиях функционирования народного хозяйства информация о состоянии природной среды особенно важна.

В выпускной квалификационной работе рассматривается возможность применения пакета «Surfer 9» для обработки данных измерения радиации, которая включает в себя построение карт, создание баз данных, нанесение и пространственный анализ представленных измерений [17].

Население необходимо информировать о состоянии радиационного фона в местах проживания и работы, а что, как ни наглядная информация в виде карт поможет в полной мере ознакомиться с данным вопросом.

С появлением мощных искусственных источников радиации фактор техногенного усиления радиационного фона приобрёл особо важное значение, поскольку от него стала зависеть сама возможность жизни человека [3].

Поэтому очень важно осуществлять постоянный мониторинг радиационного фона. Исходя из этого, в выпускной квалификационной работе рассмотрено:

- виды радиации, единицы измерения, дозы;
- приборы для измерения радиационного фона;
- программные средства, позволяющие интерпретировать и картировать радиационный фон (на примере пакета «Surfer 9»).

Актуальность выпускной квалификационной работы обусловлена необходимостью постоянного мониторинга радиационного фона для обеспечения безопасной жизнедеятельности. Современные программные средства облегчают анализ собранных данных, обеспечивают их полноценную обработку и визуализацию.

В данной ВКР с помощью программного пакета «Surfer 9» была произведена оценка пространственной изменчивости радиационного фона на УБП Даймище.

Для этого были решены следующие задачи:

- 1) Изучены методы измерения радиационного фона, единицы его измерения, влияние радиации на здоровье человека.
- 2) Изучены приборы для измерения радиационного фона.
- 3) Освоена методика измерения радиационного фона с помощью дозиметров «Master 1» и ИРД-02Б1.
- 4) Измерено гамма-излучение и гамма плюс бета-излучение с помощью радиометра Master-1 и ИРД 02Б1 в 61 точке на УБП Даймище 23.03.2023г., 15.06.2023 г., со снежным покровом и без.
- 5) Освоен пакет «Surfer 9» и имеющиеся в нем методы интерполяции результатов измерений, в частности Kriging.
- 6) Построено поле радиационного фона на основании полученных данных с помощью пакета «Surfer 9».
- 7) Проведен анализ измеренных данных.

Дипломный проект состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемых источников, содержит 49 рисунков и 16 таблиц.

1 РАДИАЦИЯ, КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1 Радиационная безопасность

Радиационный фон – ионизирующее излучение, обусловленное совместным действием природных (естественных) и техногенных радиационных факторов. Все живые организмы нашей планеты постоянно испытывают на себе воздействие ионизирующего излучения . [4].

На нашей планете не существует понятие "нормальный фон", это постоянно меняющаяся характеристика, требующая большого количества. Различные материалы, например гранит, имеют фон выше, чем на окружающей местности.

Типичные значения фон для Санкт-Петербурга составляют 20-23 мкР/час (0.20-0.23 мкЗв/час) на открытой местности и 23-25 мкР/час (0.23-0.25 мкЗв/час) в помещении. Безопасная допустимая мощность дозы облучения для человека - 100 мкР/час (1 мкЗв/час) [5].

Природные источники в общую дозу вносят 70%, доля от медицинских процедур - приблизительно 30 %, вклад же техногенных источников около 0,2 % [6].

Природные источники ионизирующего излучения. Из всех природных источников ионизирующего излучения наибольшую долю в облучении населения вносят радон и продукты его распада, концентрирующиеся в воздухе помещений. Поступление радона в воздух помещений зависит от следующих факторов:

а) содержания радона в почве и подстилающих породах, а также их эманацирующей (испускание лучей радиоактивными веществами) способности;

б) содержания естественных радионуклидов в строительных материалах самого здания и их эманацирующей способности;

в) конструктивных особенностей здания, влияющих на скорость вентиляционных потоков и общий воздухообмен [7].

Содержание естественных радионуклидов в почвах и горных породах контролируются особенностями геологического строения.

Облучение населения от медицинских процедур. Второе место по вкладу в общую дозу облучения населения занимает медицинское облучение [8].

В медицинских учреждениях при диагностике и лечении многих заболеваний широко применяется различное рентгенографическое оборудование, использующее в основном рентгеновское излучение. Также распространены сложные методы диагностики, опирающиеся на использование радиоизотопов. При лечении некоторых тяжелых заболеваний (рака) лучевая терапия является одним из основных используемых методов. Сведения о дозах облучения населения при прохождении медицинских процедур учитываются в создаваемой Единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан. В настоящее время отмечается тенденция к снижению медицинского облучения населения путем усовершенствования аппаратуры и методов диагностики и лечения заболеваний [9].

Облучение населения техногенными источниками ионизирующего излучения. Вклад техногенных источников ионизирующего излучения в общую дозу облучения населения города постоянно снижается и составляет не более 0.2%. Однако, применительно к отдельным людям при непосредственном контакте такие источники могут оказать значительное негативное воздействие. В связи с этим выявление и ликвидация участков техногенного радиоактивного загрязнения по-прежнему является одной из приоритетных задач в деле обеспечения радиационной безопасности населения.

1.2 Виды излучений

Очень разнообразные источники радиоактивного излучения, тем не менее, можно объединить в две группы: естественные и искусственные, естественный фон при этом преобладает (более 75% годовой эффективной эквивалентной дозы) [10].

Облучение может быть внешним - если радиоактивные вещества облучают организм снаружи, и внутренним, если радионуклиды попадают в организм с пищей, водой, воздухом.

1.2.1 Естественные источники радиации

На поверхность Земли разные виды излучения попадают либо из космоса, либо поступают от радиоактивных веществ, находящихся в земной коре. Наибольший вклад (5/6 от годовой эффективной эквивалентной дозы) вносят именно земные источники и в основном вследствие внутреннего облучения [11].

Можно принимать какие-то меры по защите, но полностью освободиться от воздействия естественных источников радиации практически невозможно.

Первичное космическое излучение порождает вторичное при взаимодействии с атмосферой.

Излучение неравномерно, оно зависит от солнечной активности, от широты места, от высоты над уровнем моря (чем выше, тем интенсивнее излучение). Сильнее излучение на полюсах, слабее - в экваториальной зоне. из-за магнитного поля Земли, которое отклоняет заряженные частицы.

На поверхности Земли значения фона распределены неравномерно в зависимости от состава и концентрации радиоактивных элементов в земной коре. Некоторые типы земных пород содержат большое количество урана,

тория. Техногенное воздействие на биосферу приводит к проникновению радиоактивных веществ в поверхностные и подземные воды [12].

Известно, что радон - самый опасный из всех естественных источников радиации, так как не имеет вкуса и запаха. Повсеместно он просачивается из земной коры, но концентрация его различна в разных местностях. Больше всего излучение от радона человек может получить внутри помещения с редким проветриванием.

1.2.2 Радиация от источников, созданных человеком

Человек своей хозяйственной деятельностью добавляет в окружающую среду искусственные радионуклиды и дополнительные источники излучения.

Роль различных искусственных источников излучений в создании радиационного фона иллюстрируется в таблице 1.1 [8].

Таблица 1.1 – Среднегодовые дозы, получаемые от естественного радиационного фона и различных искусственных источников излучения.

Источник излучения	Доза, мбэр/год
Природный радиационный фон	200
Стройматериалы	140
Атомная энергетика	0.2
Медицинские исследования	140
Ядерные испытания	2.5
Полеты в самолетах	0.5
Бытовые предметы	4
Телевизоры и мониторы ЭВМ	0.1
Общая доза	500

Вновь созданные радиоактивные вещества увеличивают дозу облучения как отдельного человека, так и человечества в целом. Самая большая доза облучения может быть получена человеком, проходящим диагностику и лечение. Повышенной радиоактивностью обладают и строительные материалы (гранит, бетон, пемза).

Особняком по своему воздействию на человека стоят испытания ядерного оружия в атмосфере, аварии на АЭС и ядерных реакторах и результаты их работы, проявляющиеся в радиоактивных осадках и радиоактивных отходах.

Радиоактивные осадки, выпавшие в результате испытания ядерного оружия в атмосфере, до сих пор оказывают влияние на здоровье людей, несмотря на то, что основная часть взрывов была произведена еще в 1950-60-е годы. Особенно опасны цирконий-95, цезий-137, стронций-90 и углерод-14, периоды полураспада которых составляют соответственно 64 суток, 30 лет (цезий и стронций) и 5730 лет.

1.2.3 Ионизирующее излучение

Все виды излучения, имея электромагнитную природу, различаются длиной волны, частотой и энергией [11].

Существуют также излучения, которые имеют другую природу и представляют собой потоки различных частиц, например, α -частиц, β -частиц, нейтронов и т.д.

Каждый раз, когда на пути излучения возникает барьер, оно передает часть или всю свою энергию этому барьеру. И от того, насколько много энергии было передано и поглощено в организме, зависит конечный эффект облучения.

Для здоровья человека наиболее важны ионизирующие виды излучения. Ионизирующее излучение — излучение, которое создается при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образует при взаимодействии со средой ионы разных знаков.

Проходя через ткань, ионизирующее излучение переносит энергию и ионизирует атомы в молекулах, которые играют важную биологическую роль. Поэтому облучение любыми видами ионизирующего излучения может, так или иначе, влиять на здоровье. К их числу относятся:

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

б) β -излучение представляет собой поток электронов или позитронов, которые образуются при β -распаде различных элементов от самых легких (нейтрон) до самых тяжелых, движущийся со скоростью, близкой к скорости света.

в) γ -излучение — это фотоны, т.е. электромагнитная волна, несущая энергию. В воздухе оно может проходить большие расстояния, постепенно теряя энергию в результате столкновений с атомами среды. Интенсивное γ -излучение, если от него не защититься, может повредить не только кожу, но и внутренние ткани. Плотные и тяжелые материалы, такие как железо и свинец, являются отличными барьерами на пути гамма-излучения.

г) Рентгеновское излучение аналогично γ -излучению, испускаемому ядрами, но оно получается искусственно в рентгеновской трубке, которая сама по себе не радиоактивна. Поскольку рентгеновская трубка питается электричеством, то испускание рентгеновских лучей может быть включено или выключено с помощью выключателя.

д) Нейтронное излучение образуется в процессе деления атомного ядра и обладает высокой проникающей способностью. Нейтроны можно остановить толстым бетонным, водяным или парафиновым барьером. Нейтроны образуются в ядерных реакциях (в ядерных реакторах и в других промышленных и исследовательских установках, а также при ядерных взрывах, поэтому в мирной жизни нигде, кроме как непосредственно вблизи ядерных реакторов, нейтронное излучение практически не существует.

1.3 Дозы излучения и единицы измерения

Облучение человека зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, объема поражения организма, вида излучения.

В таблице 1.2 перечислены единицы измерения радиологических величин.

Таблица 1.2 – Основные радиологические величины и единицы

Основные радиологические величины и единицы			
Величина	Наименование и обозначение единицы измерения		Соотношения между единицами
	Внесистемные	СИ	
Активность нуклида, А	Кюри (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)	1 Ки = 3.7*10 ¹⁰ Бк 1 Бк = 1 расп/с 1 Бк=2.7*10 ⁻¹¹ Ки
Экспозиционная доза, X	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)	1 Р=2.58*10 ⁻⁴ Кл/кг 1 Кл/кг=3.88*10 ³ Р
Поглощенная доза, D	Рад (рад, rad)	Грей (Гр, Gy)	1 рад=10 ⁻² Гр 1 Гр=1 Дж/кг
Эквивалентная доза, H	Бэр (бэр, rem) (биологический эквивалент рентгена)	Зиверт (Зв, Sv)	1 бэр=10 ⁻² Зв 1 Зв=100 бэр

Основные радиологические величины и единицы			
Величина	Наименование и обозначение единицы измерения		Соотношения между единицами
	Внесистемные	СИ	
Интегральная доза излучения	Рад-грамм (рад*г, <u>rad*g</u>)	Грей-кг (Гр*кг, <u>Gy*kg</u>)	1 рад*г=10 ⁻⁵ Гр*кг 1 Гр*кг=10 ⁵ рад*г

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ФОНА

Измерения радиационного фона должны проводиться сертифицированными приборами, внесенными в Государственный реестр средств измерений. Подобные приборы являются дорогостоящими и применяются в профессиональной среде. В данной работе радиационный фон измерялся с помощью приборов, используемых в учебных целях при выполнении лабораторных работ на кафедре экспериментальной физики атмосферы [13].

2.1 Радиометр Master-1

Для оценки радиационной обстановки в быту, на рабочих местах и в местах проживания существуют разнообразные недорогие портативные приборы. Если при измерениях наблюдается устойчивое превышение значений над уровнем естественного фона, то это может свидетельствовать об обнаружении радиоактивности.

Важно при измерениях делать серию отсчетов с последующим осреднением, так как показания приборов меняются в некотором диапазоне.

Приборы бытового назначения различаются по типу регистрируемого излучения, типу блока детектирования, его размещению, наличию цифровых или звуковых индикаторов, габаритам, весу и т.п.

Для своих исследований я использовал радиометр Master-1. Он представлен на рисунке 2.1. Он предназначен для использования населением и измеряет мощность эквивалентной дозы гамма-излучения [13].

Технические характеристики радиометра Master-1 представлены в таблице 2.1.

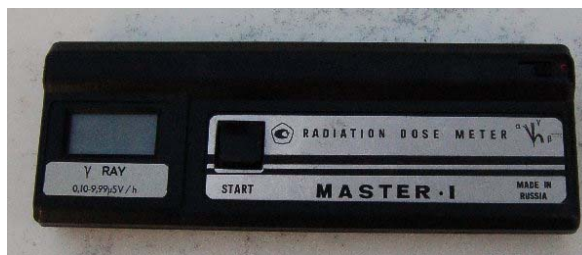


Рисунок 2.1 – Радиометр Master-1

Таблица 2.1 Технические характеристики радиометра Master-1 [13]

1	Диапазон мощности экспозиционной полевой эквивалентной дозы	от 0.10 до 9.99 $\mu\text{кЗв/ч}$ (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 ± 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 $+40^\circ\text{C}$

2.2 Дозиметр ИРД-02Б1

На рисунке. 2.2 представлен прибор, основанный на преобразовании ионизирующего излучения детектором (счетчиком СБТ-10) потока гамма - квантов или бета-частиц в электрические сигналы, число которых в единицу

времени пропорционально МЭД гамма-излучения или интенсивности потока бета-частиц от загрязненных поверхностей, пищевых продуктов и так далее. Эти сигналы формируются по длительности и амплитуде и подаются на схему регистрации и звуковой сигнализации. С выхода схемы регистрации информация об измеряемой величине поступает на цифровое табло прибора. Периодичность смены показаний значения измеряемой величины на цифровом табло прибора составляет (0,5—1,0) с. Центр чувствительного объема детектора находится по центру экрана в 10 мм от наружной поверхности экрана [14-16]. Данный прибор одобрен к применению Министерством здравоохранения РФ.

Таблица 2.2 Технические характеристики дозиметра ИРД-02Б1

<p>Диапазон измерения по гамма-излучению нуклида цезий-137</p> <p>— мощности эквивалентной дозы, $\mu\text{кЗв/ч}$ (экспозиционной дозы — $\mu\text{кР/ч}$)</p> <p>— загрязненности проб воды, продуктов питания, почвы и т. п., Бк/л (Ки/л)</p>	<p>0,1-19,9 (10—1999) $1 \cdot 10^4$—$2 \cdot 10^6$ ($2,7 \cdot 10^{-7}$— $5,4 \cdot 10^{-5}$)</p>
<p>Диапазон энергий фотонов гамма-излучения при измерении МЭД, МэВ</p>	<p>0,06—1,25 \pm50</p>
<p>Энергетическая зависимость при измерении МЭД в диапазоне энергий, %</p>	<p>\pm50</p>
<p>Предел допускаемой основной погрешности измерения по гамма-излучению, %</p>	<p>\pm40</p>
<p>Диапазон оценки бета - излучению:</p> <p>— плотности потока бета - излучения от загрязненных поверхностей по стронцию-90 + иттрию-90 или цезию-137, $\text{част}/(\text{мин} \times \text{см}^2)$</p>	<p>3—1999</p>
<p>Нижний предел энергии регистрируемого бета - излучения, не ниже, МэВ</p>	<p>0,156</p>

Погрешность оценки по бета - излучению не нормируется	
Время установления рабочего режима с, не более	60
Время установления показаний, секунд, не Более,	25
Продолжительность непрерывной работы при естественном радиационном фоне от одного комплекта элементов АЗ16 (6 штук), не менее , ч	80
Габаритные размеры, мм, не более	270X85X70
Масса, кг, не более	0,75



Рисунок 2.2 - Дозиметр ИРД-02Б1

3 КАРТИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ФОНА

3.1 Описание исследуемого района

Исследования радиационного фона осуществлялись 23 марта и 15 июня 2023 года. Измерения радиационного фона проводились на территории учебной базы практики РГГМУ в д. Даймище, находящейся в Рождественском сельском поселении Гатчинского района Ленинградской области. Территория базы располагается внутри лесного массива на берегу реки Оредеж. Выбранные точки измерения и спутниковый снимок исследуемого района представлены на рисунке 3.1.

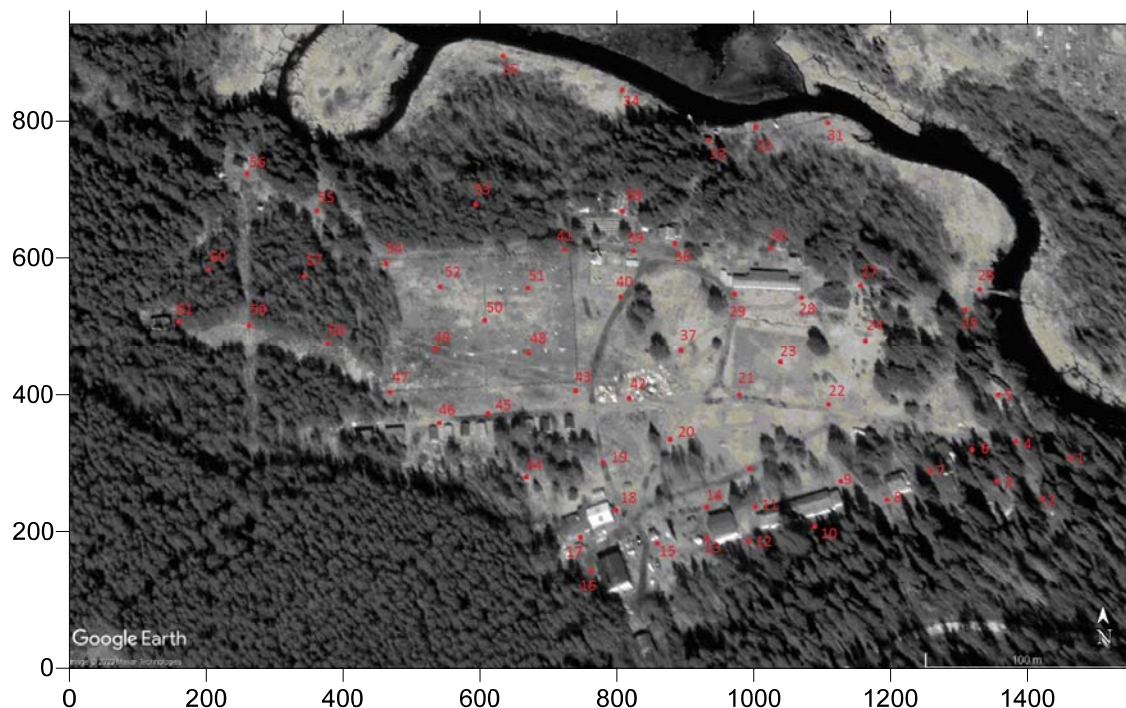


Рисунок 3.1 Территория УБП Даймище с точками измерения

Спутниковый снимок исследуемого района получен с помощью программы Google Earth Pro. Для автоматизации процесса визуализации данных в дальнейшем он был интегрирован в программный пакет "Surfer 9".

В пределах исследуемого микрорайона были выбраны всего 61 точка, распределенные относительно равномерно по территории базы практик.

С помощью программы "Google-карты" в момент измерений определялись географические координаты каждой точки.

Измерения были проведены при следующих погодных условиях:

При снежном покрове – 23 марта 2023 г. и без снежного покрова – 15 июня 2023 г.

23.03.2023 г. наблюдались: температура - 6 С⁰, влажность воздуха 88 %, давление 748 мм. рт. ст., ветер ЮВ 2 м/с, высота снежного покрова составляла 20-30 см, наблюдался слабый снег.

15.06.2023 г. наблюдались: температура 27 С⁰, влажность воздуха 33%, давление 752 мм. рт. ст., ветер ЗСЗ 3 м/с, без осадков, поверхность – сухая.

3.2 Методика проведения измерений радиационного фона

Для измерений γ -излучение и γ и β - излучения применялись радиометр "Master-1" и дозиметр ИРД-02Б1, одобренный Министерством здравоохранения РФ.

В заданных точках на высоте 10-15 см на окружности приблизительно в один метр проводились по девять замеров. С помощью радиометра Master-1 измерялось γ - излучение, дозиметром ИРД-02Б1 - γ -излучение и γ и β излучение в микрозивертах (мкЗв/час).

Измеренные значения радиационного фона записывались на бланке, а затем формировались файлы в Microsoft Excel, где рассчитывались средние по трем замерам значения. Данные результатов измерения радиационного фона представлены в таблицах 3.1 - 3.6

Таблица 3.1 – Результаты измерений γ - излучения за 23 марта 2023 г., радиометр Master-1

№ точк и	R1 (мкЗв /час)	R2 (мкЗв /час)	R3 (мкЗв /час)	R ^М _{СРЕД/зима} (мкЗв/час)	Широта	Долгота
1	0,07	0,11	0,09	0,09	59.31541234856	29.87500113612
2	0,11	0,10	0,08	0,10	59.31522345883	29.87485629684
3	0,09	0,11	0,13	0,11	59.31523988407	29.87408650287
4	0,11	0,11	0,11	0,11	59.31550953055	29.87423938878
5	0,06	0,11	0,05	0,07	59.31568473118	29.87418842680
6	0,07	0,09	0,14	0,10	59.31544246132	29.87397116789
7	0,05	0,08	0,06	0,06	59.31529737233	29.87348300586
8	0,05	0,08	0,06	0,06	59.31517007676	29.87303239471
9	0,07	0,17	0,14	0,13	59.31527273451	29.87254423268
10	0,03	0,10	0,17	0,10	59.31501677394	29.87204265961
11	0,11	0,13	0,11	0,12	59.31513859498	29.87175834544
12	0,07	0,09	0,08	0,08	59.31501403638	29.87172079451
13	0,05	0,06	0,10	0,07	59.31499076714	29.87131846317
14	0,09	0,09	0,11	0,10	59.31512490725	29.87129432329
15	0,07	0,14	0,08	0,10	59.31497297300	29.87086785205
16	0,08	0,04	0,10	0,07	59.31484156986	29.87028581271
17	0,12	0,11	0,07	0,10	59.31499350469	29.87018925319
18	0,07	0,04	0,06	0,06	59.31513448866	29.87053794035
19	0,10	0,08	0,06	0,08	59.31536717937	29.87038237222
20	0,08	0,11	0,08	0,09	59.31548763041	29.87102610236
21	0,09	0,03	0,10	0,07	59.31573948120	29.87158400185
22	0,08	0,10	0,08	0,09	59.31566283116	29.87260860569
23	0,09	0,07	0,10	0,09	59.31584898096	29.87218213447
24	0,09	0,08	0,09	0,09	59.31596943028	29.87299484377
25	0,06	0,07	0,08	0,07	59.31616105334	29.87398457891
26	0,05	0,09	0,07	0,07	59.31626781428	29.87416696912
27	0,04	0,06	0,04	0,05	59.31628287029	29.87294656404

28	0,06	0,08	0,08	0,07	59.31624043972	29.87238598236
29	0,08	0,07	0,09	0,08	59.31626097065	29.87168056141
30	0,12	0,14	0,12	0,13	59.31649365365	29.87209093936
31	0,08	0,07	0,07	0,07	59.31731350635	29.87283122903
32	0,07	0,09	0,06	0,07	59.31723001642	29.87197023996
33	0,05	0,08	0,06	0,06	59.31720264262	29.87147671349
34	0,07	0,07	0,08	0,07	59.31753660142	29.87063181765
35	0,09	0,06	0,06	0,07	59.31776516968	29.86928534875
36	0,10	0,11	0,10	0,10	59.31654577441	29.87115602627
37	0,07	0,09	0,05	0,07	59.31588330905	29.87111579314
38	0,08	0,04	0,10	0,07	59.31668264581	29.87059812680
39	0,10	0,12	0,07	0,10	59.31648418210	29.87070273295
40	0,07	0,12	0,09	0,09	59.31624465540	29.87057398692
41	0,12	0,13	0,13	0,13	59.31649239442	29.86997853654
42	0,08	0,10	0,13	0,10	59.31568117917	29.87063538633
43	0,12	0,10	0,11	0,11	59.31572361044	29.87008821571
44	0,07	0,11	0,11	0,10	59.31522675061	29.86963492239
45	0,08	0,10	0,11	0,10	59.31558947268	29.86928891742
46	0,09	0,11	0,10	0,10	59.31556072881	29.86885976400
47	0,12	0,11	0,09	0,11	59.31568391667	29.86821603384
48	0,09	0,11	0,10	0,10	59.31592207858	29.86966979109
49	0,11	0,10	0,07	0,09	59.31593987222	29.86876856889
50	0,11	0,10	0,10	0,10	59.31612054558	29.86921113337
51	0,08	0,12	0,11	0,10	59.31626289360	29.86962419354
52	0,10	0,11	0,11	0,11	59.31626973724	29.86875247564
53	0,09	0,12	0,10	0,10	59.31681585527	29.86910116280
54	0,07	0,13	0,06	0,09	59.31643535291	29.86805778351
55	0,04	0,09	0,14	0,09	59.31676102801	29.86739485268
56	0,07	0,12	0,09	0,09	59.31691985759	29.86664604000
57	0,14	0,09	0,08	0,10	59.31634898838	29.86736327624
58	0,10	0,09	0,10	0,10	59.31596226508	29.86769708432
59	0,12	0,10	0,12	0,11	59.31606585210	29.86684903141

60	0,09	0,13	0,11	0,11	59.31636279984	29.86639793942
61	0,12	0,07	0,11	0,10	59.31605204052	29.86618592620

Проанализировав результаты измерений, представленные в таблице 3.1, можно сделать следующие выводы: значения γ - излучения 23 марта 2023 г. изменяются от 0.05 мкЗв/час (точка номер 27) до 0.13 мкЗв/час (точки номер 9 и 30). Среднее значение γ -излучения составило 0.09 мкЗв/час, что не превышает предельно-допустимых норм для данной местности.

Таблица 3.2 – Результаты измерений γ - излучения за 23 марта 2023 г., дозиметр ИРД-02Б1

№ точки	R4 (мкЗв/час)	R5 (мкЗв/час)	R6 (мкЗв/час)	R ^{ИРД} СРЕД/зима (мкЗв/час)
1	0,08	0,10	0,09	0,09
2	0,11	0,10	0,09	0,10
3	0,10	0,11	0,14	0,12
4	0,12	0,10	0,11	0,11
5	0,11	0,08	0,05	0,08
6	0,08	0,09	0,13	0,10
7	0,06	0,11	0,06	0,08
8	0,06	0,10	0,10	0,09
9	0,06	0,08	0,08	0,07
10	0,07	0,10	0,18	0,12
11	0,10	0,12	0,09	0,10
12	0,07	0,08	0,07	0,07
13	0,05	0,07	0,10	0,07
14	0,07	0,09	0,09	0,08
15	0,07	0,11	0,07	0,08
16	0,07	0,04	0,07	0,06
17	0,10	0,09	0,12	0,10

18	0,11	0,08	0,06	0,08
19	0,07	0,10	0,10	0,09
20	0,10	0,08	0,09	0,09
21	0,11	0,09	0,11	0,10
22	0,07	0,09	0,09	0,08
23	0,07	0,10	0,08	0,08
24	0,10	0,07	0,07	0,08
25	0,07	0,06	0,08	0,07
26	0,08	0,07	0,07	0,07
27	0,07	0,04	0,05	0,05
28	0,10	0,05	0,08	0,08
29	0,08	0,09	0,07	0,08
30	0,10	0,12	0,14	0,12
31	0,08	0,08	0,06	0,07
32	0,07	0,09	0,05	0,07
33	0,06	0,07	0,06	0,06
34	0,10	0,06	0,07	0,08
35	0,06	0,06	0,08	0,07
36	0,09	0,11	0,11	0,10
37	0,08	0,09	0,12	0,10

38	0,10	0,07	0,11	0,09
39	0,11	0,12	0,14	0,12
40	0,07	0,12	0,08	0,09
41	0,11	0,12	0,14	0,12
42	0,10	0,13	0,09	0,11
43	0,11	0,10	0,13	0,11
44	0,10	0,10	0,08	0,09
45	0,09	0,08	0,12	0,10
46	0,10	0,09	0,11	0,10
47	0,12	0,13	0,09	0,11
48	0,11	0,09	0,09	0,10
49	0,10	0,07	0,13	0,10

50	0,09	0,10	0,13	0,11
51	0,10	0,09	0,10	0,10
52	0,10	0,11	0,09	0,10
53	0,12	0,13	0,10	0,12
54	0,09	0,12	0,10	0,10
55	0,09	0,04	0,13	0,09
56	0,10	0,09	0,08	0,09
57	0,12	0,09	0,13	0,11
58	0,09	0,11	0,09	0,10
59	0,09	0,11	0,14	0,11
60	0,12	0,08	0,13	0,11
61	0,10	0,13	0,11	0,11

Проанализировав результаты измерений, представленные в таблице 3.2, можно сделать следующие выводы: значения γ - излучения 23 марта 2023 г. изменяются от 0.05 мкЗв/час (точка номер 27) до 0.12 мкЗв/час (точки номер 3,10, 30, 39. 41. 53). Среднее значение γ -излучения составило 0.09 мкЗв/час, что не превышает предельно-допустимых норм для данной местности.

Таблица 3.3 – Результаты измерений γ и β - излучения за 23 марта 2023 г., дозиметр ИРД-02Б1

<u>№ точки</u>	<u>R7 (мкЗв/час)</u>	<u>R8 (мкЗв/час)</u>	<u>R9 (мкЗв/час)</u>	<u>R^{β} ИРД СРЕД/зима (мкЗв/час)</u>
1	0,09	0,08	0,10	0,09
2	0,10	0,13	0,09	0,11
3	0,11	0,14	0,09	0,11
4	0,13	0,11	0,13	0,12
5	0,12	0,13	0,11	0,12
6	0,14	0,11	0,13	0,13
7	0,10	0,11	0,12	0,11

8	0,09	0,13	0,10	0,11
9	0,10	0,09	0,10	0,10
10	0,15	0,17	0,18	0,17
11	0,14	0,14	0,12	0,13
12	0,10	0,13	0,15	0,13
13	0,10	0,12	0,10	0,11
14	0,09	0,10	0,13	0,11
15	0,09	0,08	0,09	0,09
16	0,12	0,14	0,16	0,14
17	0,16	0,15	0,12	0,14
18	0,13	0,16	0,14	0,14
19	0,16	0,16	0,13	0,15
20	0,14	0,12	0,11	0,12
21	0,14	0,12	0,11	0,12
22	0,12	0,15	0,13	0,13
23	0,13	0,15	0,13	0,14
24	0,13	0,10	0,12	0,12
25	0,10	0,13	0,11	0,11
26	0,11	0,14	0,11	0,12
27	0,14	0,11	0,10	0,12
28	0,17	0,12	0,15	0,15
29	0,15	0,11	0,10	0,12
30	0,13	0,15	0,17	0,15
31	0,12	0,13	0,15	0,13
32	0,17	0,13	0,11	0,14
33	0,12	0,14	0,12	0,13
34	0,15	0,12	0,12	0,13
35	0,12	0,14	0,16	0,14
36	0,13	0,12	0,15	0,13
37	0,15	0,18	0,13	0,15
38	0,12	0,16	0,17	0,15
39	0,15	0,15	0,13	0,14

40	0,18	0,14	0,15	0,16
41	0,18	0,23	0,19	0,20
42	0,14	0,17	0,15	0,15
43	0,16	0,15	0,17	0,16
44	0,14	0,15	0,12	0,14
45	0,12	0,12	0,15	0,13
46	0,13	0,14	0,12	0,13
47	0,14	0,10	0,13	0,12
48	0,13	0,15	0,19	0,16
49	0,13	0,18	0,15	0,15
50	0,15	0,19	0,17	0,17
51	0,17	0,14	0,15	0,15
52	0,12	0,14	0,20	0,15
53	0,19	0,16	0,12	0,16
54	0,15	0,12	0,13	0,13
55	0,11	0,13	0,13	0,12
56	0,13	0,11	0,18	0,14
57	0,17	0,13	0,14	0,15
58	0,13	0,15	0,14	0,14
59	0,16	0,12	0,19	0,16
60	0,15	0,17	0,16	0,16
61	0,17	0,18	0,17	0,17

Проанализировав результаты измерений, представленные в таблице 3.3, можно сделать следующие выводы: значения $\gamma + \beta$ - излучения 23 марта 2023 г. изменяются 0.09 мкЗв/час (точка номер 1) до 0.20 мкЗв/час (точка номер 41). Среднее значение $\gamma + \beta$ - излучения составило 0.14 мкЗв/час, что не превышает предельно-допустимых норм для данной местности.

Таблица 3.4 – Результаты измерений γ - излучения за 15 июня 2023 г., радиометр Master-1

<u>№ точки</u>	<u>R10 (мкЗв/час)</u>	<u>R11 (мкЗв/час)</u>	<u>R12 (мкЗв/час)</u>	<u>R^M СРЕД/лето (мкЗв/час)</u>
1	0,09	0,12	0,10	0,10
2	0,12	0,11	0,09	0,11
3	0,12	0,15	0,13	0,13
4	0,13	0,12	0,12	0,12
5	0,12	0,09	0,07	0,09
6	0,11	0,11	0,12	0,11
7	0,11	0,08	0,07	0,09
8	0,09	0,10	0,11	0,10
9	0,08	0,08	0,10	0,09
10	0,12	0,12	0,13	0,12
11	0,11	0,13	0,15	0,13
12	0,16	0,10	0,13	0,13
13	0,09	0,10	0,08	0,09
14	0,10	0,13	0,08	0,10
15	0,09	0,14	0,08	0,10
16	0,10	0,08	0,12	0,10
17	0,11	0,14	0,12	0,12
18	0,09	0,12	0,11	0,11
19	0,14	0,09	0,11	0,11
20	0,13	0,10	0,11	0,11
21	0,12	0,15	0,09	0,12
22	0,09	0,08	0,12	0,10
23	0,13	0,11	0,09	0,11
24	0,13	0,10	0,10	0,11
25	0,09	0,10	0,13	0,11
26	0,12	0,10	0,16	0,13
27	0,08	0,15	0,11	0,11

28	0,11	0,11	0,09	0,10
29	0,10	0,13	0,13	0,12
30	0,16	0,13	0,12	0,14
31	0,11	0,09	0,10	0,10
32	0,10	0,11	0,08	0,10
33	0,07	0,09	0,11	0,09
34	0,09	0,14	0,11	0,11
35	0,09	0,11	0,10	0,10
36	0,08	0,13	0,12	0,11
37	0,09	0,12	0,14	0,12
38	0,11	0,11	0,10	0,11
39	0,17	0,13	0,11	0,14
40	0,11	0,13	0,12	0,12
41	0,12	0,10	0,10	0,11
42	0,10	0,14	0,06	0,10
43	0,15	0,13	0,09	0,12
44	0,10	0,11	0,12	0,11
45	0,13	0,06	0,13	0,11
46	0,09	0,12	0,13	0,11
47	0,15	0,14	0,15	0,15
48	0,12	0,11	0,10	0,11
49	0,15	0,14	0,11	0,13
50	0,11	0,17	0,07	0,12

51	0,11	0,12	0,11	0,11
52	0,12	0,12	0,10	0,11
53	0,15	0,13	0,14	0,14
54	0,11	0,15	0,12	0,13
55	0,11	0,14	0,10	0,12
56	0,10	0,14	0,06	0,10
57	0,13	0,10	0,13	0,12
58	0,11	0,09	0,12	0,11
59	0,15	0,09	0,12	0,12
60	0,13	0,13	0,10	0,12
61	0,12	0,11	0,13	0,12

Проанализировав результаты измерений, представленные в таблице 3.4, можно сделать следующие выводы: значения γ - излучения 15 июня 2023 г. изменяются от 0.09 мкЗв/час (точки номер 5, 7, 13. 33) до 0.15 мкЗв/час (точка номер 47). Среднее значение γ -излучения составило 0.11 мкЗв/час, что не превышает предельно-допустимых норм для данной местности.

Таблица 3.5 – Результаты измерений γ - излучения за 15 июня 2023 г.,
дозиметр ИРД-02Б1

№ точки	R13 (мкЗв/час)	R14 (мкЗв/час)	R15 (мкЗв/час)	R _{ИРД-СРЕД/лето} (мкЗв/час)
1	0,13	0,08	0,10	0,10
2	0,13	0,10	0,09	0,11
3	0,13	0,16	0,11	0,13
4	0,12	0,13	0,11	0,12
5	0,08	0,13	0,07	0,09
6	0,12	0,15	0,08	0,12
7	0,10	0,07	0,09	0,09
8	0,15	0,12	0,11	0,13
9	0,09	0,08	0,09	0,09
10	0,14	0,10	0,12	0,12
11	0,15	0,10	0,11	0,12
12	0,14	0,13	0,15	0,14
13	0,10	0,10	0,09	0,10
14	0,12	0,12	0,09	0,11
15	0,15	0,09	0,10	0,11
16	0,13	0,16	0,11	0,13
17	0,09	0,12	0,13	0,11
18	0,10	0,12	0,11	0,11
19	0,10	0,13	0,08	0,10
20	0,10	0,13	0,12	0,12
21	0,16	0,10	0,11	0,12
22	0,08	0,10	0,12	0,10
23	0,12	0,13	0,09	0,11
24	0,11	0,12	0,11	0,11
25	0,11	0,12	0,09	0,11
26	0,08	0,10	0,14	0,11
27	0,09	0,12	0,14	0,12
28	0,08	0,13	0,10	0,10

29	0,11	0,12	0,09	0,11
30	0,13	0,11	0,17	0,14
31	0,12	0,09	0,10	0,10
32	0,10	0,09	0,11	0,10
33	0,10	0,12	0,09	0,10
34	0,13	0,10	0,09	0,11
35	0,10	0,10	0,12	0,11
36	0,09	0,13	0,11	0,11
37	0,12	0,10	0,12	0,11
38	0,09	0,12	0,13	0,11
39	0,10	0,12	0,18	0,13
40	0,11	0,11	0,15	0,12
41	0,09	0,11	0,15	0,12
42	0,13	0,11	0,09	0,11
43	0,09	0,13	0,13	0,12
44	0,10	0,10	0,13	0,11
45	0,14	0,10	0,17	0,14
46	0,11	0,11	0,12	0,11
47	0,16	0,13	0,12	0,14
48	0,14	0,09	0,09	0,11
49	0,10	0,12	0,13	0,12
50	0,10	0,11	0,12	0,11
51	0,11	0,13	0,09	0,11
52	0,09	0,13	0,10	0,11
53	0,14	0,13	0,13	0,13
54	0,10	0,12	0,11	0,11
55	0,12	0,09	0,14	0,12
56	0,12	0,10	0,16	0,13
57	0,12	0,09	0,15	0,12

58	0,11	0,12	0,10	0,11
59	0,16	0,11	0,11	0,13
60	0,17	0,09	0,12	0,13
61	0,14	0,08	0,12	0,11

Проанализировав результаты измерений, представленные в таблице 3.4, можно сделать следующие выводы: значения γ - излучения 23 марта 2023 г. изменяются от 0.09 мкЗв/час (точки номер 5, 7, 9) до 0.14 мкЗв/час (точки номер 12, 45, 47). Среднее значение γ -излучения составило 0.11 мкЗв/час, что не превышает предельно-допустимых норм для данной местности.

Таблица 3.6 – Результаты измерений γ и β - излучения за 15 июня 2023 г., дозиметр ИРД-02Б1

№ точки	R16 (мкЗв/час)	R17 (мкЗв/час)	R18 (мкЗв/час)	R ^{β} ИРД СРЕД/лето (мкЗв/час)
1	0,13	0,15	0,14	0,14
2	0,13	0,17	0,15	0,15
3	0,11	0,16	0,15	0,14
4	0,17	0,10	0,12	0,13
5	0,18	0,15	0,12	0,15
6	0,15	0,17	0,14	0,15
7	0,13	0,09	0,16	0,13
8	0,16	0,18	0,15	0,16
9	0,15	0,20	0,13	0,16
10	0,13	0,12	0,14	0,13

□

11	0,16	0,15	0,13	0,15
12	0,20	0,16	0,15	0,17
13	0,12	0,21	0,13	0,15
14	0,18	0,15	0,15	0,16
15	0,16	0,20	0,17	0,18
16	0,13	0,14	0,17	0,15
17	0,19	0,16	0,13	0,16
18	0,16	0,13	0,11	0,13
19	0,15	0,10	0,19	0,15
20	0,16	0,10	0,15	0,14
21	0,20	0,19	0,16	0,18
22	0,15	0,13	0,13	0,14
23	0,12	0,12	0,17	0,14
24	0,15	0,13	0,16	0,15

25	0,14	0,15	0,11	0,13
26	0,12	0,14	0,13	0,13
27	0,14	0,19	0,11	0,15
28	0,13	0,16	0,13	0,14
29	0,17	0,15	0,12	0,15
30	0,19	0,17	0,14	0,17
31	0,11	0,15	0,12	0,13
32	0,13	0,11	0,17	0,14
33	0,13	0,14	0,13	0,13
34	0,11	0,15	0,16	0,14
35	0,14	0,18	0,12	0,15
36	0,19	0,15	0,14	0,16
37	0,15	0,16	0,13	0,15
38	0,23	0,11	0,15	0,16
39	0,13	0,15	0,14	0,14
40	0,15	0,12	0,15	0,14
41	0,19	0,16	0,14	0,16
42	0,15	0,12	0,14	0,14

43	0,14	0,17	0,24	0,18
44	0,16	0,20	0,13	0,16
45	0,22	0,14	0,17	0,18
46	0,15	0,13	0,19	0,16
47	0,18	0,12	0,10	0,13
48	0,18	0,10	0,10	0,13
49	0,11	0,21	0,16	0,16
50	0,14	0,12	0,15	0,14
51	0,11	0,19	0,15	0,15
52	0,15	0,16	0,16	0,16
53	0,13	0,15	0,14	0,14
54	0,16	0,12	0,15	0,14
55	0,15	0,13	0,20	0,16
56	0,15	0,17	0,16	0,16
57	0,18	0,10	0,16	0,15
58	0,19	0,15	0,09	0,14
59	0,13	0,10	0,15	0,13
60	0,21	0,18	0,10	0,16
61	0,16	0,10	0,17	0,14

Проанализировав результаты измерений, представленные в таблице 3.6, можно сделать следующие выводы: значения $\gamma + \beta$ - излучения 23 марта 2023 г. изменяются от 0.13 мкЗв/час (точки номер 4, 7, 10, 18, 25, 26, 31, 33, 47, 48, 59) до 0.18 мкЗв/час (точки номер 15, 21, 43, 45). Среднее значение $\gamma + \beta$ - излучения составило 0.15 мкЗв/час, что не превышает предельно-допустимых норм для данной местности.

3.3 Картирование результатов измерений радиационного фона с помощью графического пакета «Surfer 9»

Спутниковый снимок исследуемого района, полученный с помощью программы Google Earth Pro, был интегрирован в пакет «Surfer 9». В дальнейшем именно этот снимок использовался для визуализации данных измерений.

Программный пакет «Surfer 9» позволяет среде Microsoft Windows представлять и анализировать двумерные и трехмерные данные. Быстро производятся преобразования в контур, поверхность, каркас, вектор, изображение, заштрихованную область и тематические карты. Различные параметры визуализации позволяют получить любое желаемое изображение [17].

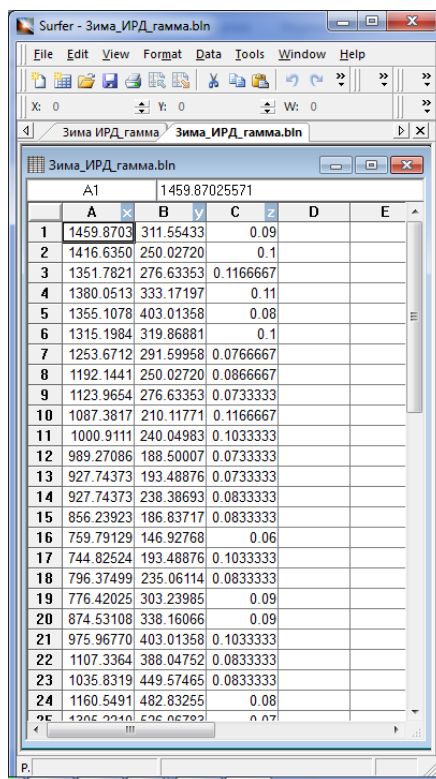
В данной работе точки измерения характеризуются двумя географическими координатами.

В «Surfer 9» есть возможности использования нескольких методов построения регулярных сетей.

Для проведения интерполяции в данной работе был выбран метод Kriging (Крайгинга), который считается оптимальным методом интерполяции, подходящим для большинства задач. Метод назван в честь Д.Г. Криге, южноафриканского горного инженера. Он отличается быстродействием и корректным приближением интерполированных в узлы значений параметра к их исходным значениям.

Открыв программный пакет «Surfer 9», импортируем файл в формате .jpg, представленный на рисунке 3.1, выбрав в меню «file» команду «import» и указав файл “карта.jpg”. Далее оцифровываем карту, для этого выбираем в пункте меню «Map» функцию «digitize». Появившимся перекрестием нажимаем на точки измерений и сохраняем файл под именем “координаты.blm”. Теперь к координатам точек (долгота и широта) нужно добавить измерения за один

день, полученные измерительными приборами радиационного фона и сохранить под именем «координаты измерений.blm». Пример готового файла с данными о координатах и значениях радиационного фона представлен на рисунке 3.2.



	A	B	C	D	E
1	1459.8703	311.55433	0.09		
2	1416.6350	250.02720	0.1		
3	1351.7821	276.63353	0.1166667		
4	1380.0513	333.17197	0.11		
5	1355.1078	403.01358	0.08		
6	1315.1984	319.86881	0.1		
7	1253.6712	291.59958	0.0766667		
8	1192.1441	250.02720	0.0866667		
9	1123.9654	276.63353	0.0733333		
10	1087.3817	210.11771	0.1166667		
11	1000.9111	240.04983	0.1033333		
12	989.27086	188.50007	0.0733333		
13	927.74373	193.48876	0.0733333		
14	927.74373	238.38693	0.0833333		
15	856.23923	186.83717	0.0833333		
16	759.79129	146.92768	0.06		
17	744.82524	193.48876	0.1033333		
18	796.37499	235.06114	0.0833333		
19	776.42025	303.23985	0.09		
20	874.53108	338.16066	0.09		
21	975.96770	403.01358	0.1033333		
22	1107.3364	388.04752	0.0833333		
23	1035.8319	449.57465	0.0833333		
24	1160.5491	482.83255	0.08		
25	1205.2240	526.06782	0.07		

Рисунок 3.2 - Пример файла с данными измерений и координатами точек
Здесь столбец А – координата X, В - координата Y, а столбец С – измеренные значения радиационного фона.

Создав файл с данными измерений, названный «координаты измерений.dat», можно проводить интерполяцию с помощью функции Data. Для этого необходимо в пункте меню «Grid» выбрать команду «Data» и файл «координаты измерений.blm».

Выбрав нужный способ интерполяции, получаем файл с данными в формате .grd, после чего создаем контурную карту, выбирая последовательно пункты меню «Map»–«New»–«Contour map» и указав файл «координаты измерений grd». Полученная двумерная карта, представленная на рисунке 3.3, может быть представлена в трехмерном виде, для этого последовательно

выбрав пункты меню «Map»—«New»—«3D»—«Wireframe» и указав файл «координаты измерений.grd». Результат иллюстрирует рисунок 3.4.

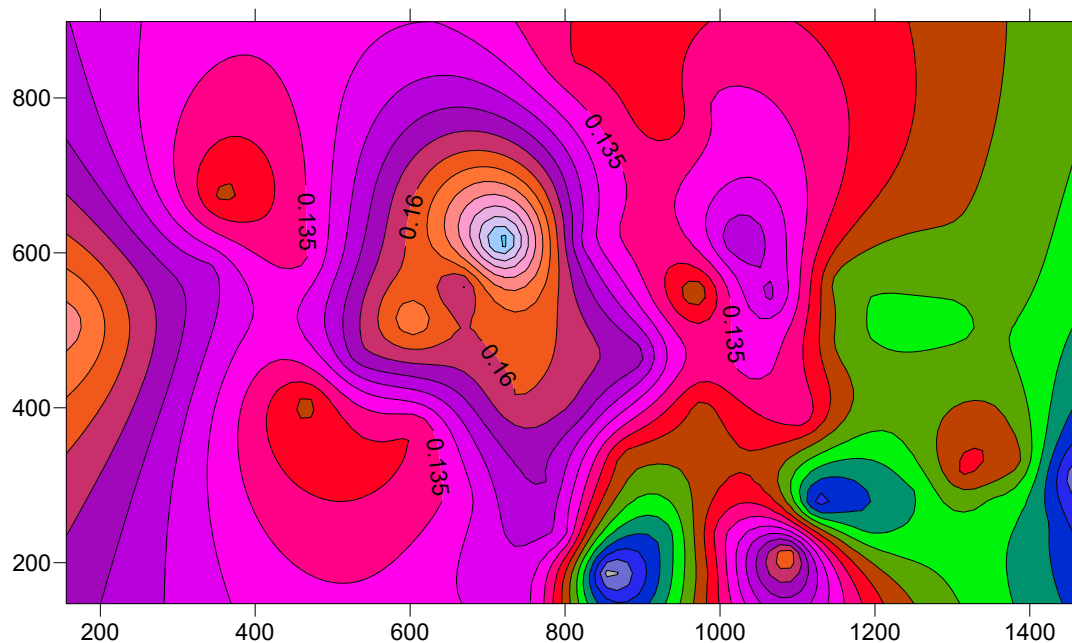


Рисунок 3.3 – Пример картирования радиационного фона

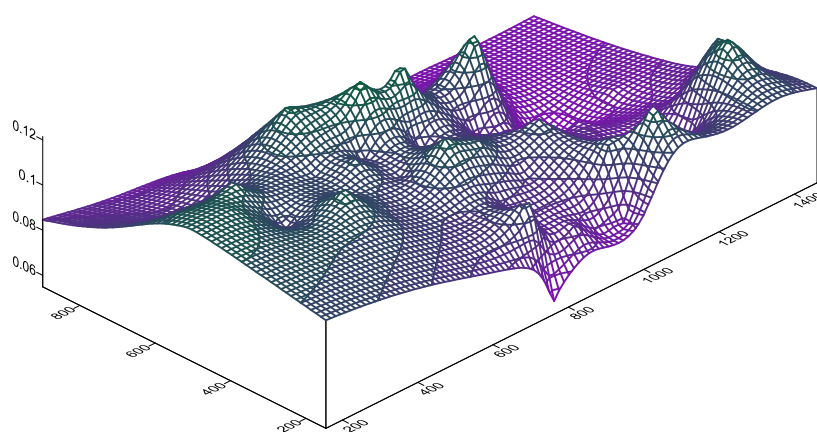


Рисунок 3.4 – Пример трехмерного изображения поля радиационного фона

3.4 Анализ точечных измерений радиационного фона на УБП Даймище

3.4.1 Анализ данных радиационного фона γ - излучения, измеренных с помощью радиометра Master-1

На рисунках 3.5 - 3.16 представлены карты пространственно-временной изменчивости радиационного фона микрорайона с изолиниями γ - излучения, измеренного радиометром Master-1 23.03.2023 г. и 15.06.2023 г., полученные по результатам интерполяции методом Kriging. Координаты положения максимумов представлены в таблицах 3.7 и 3.8.

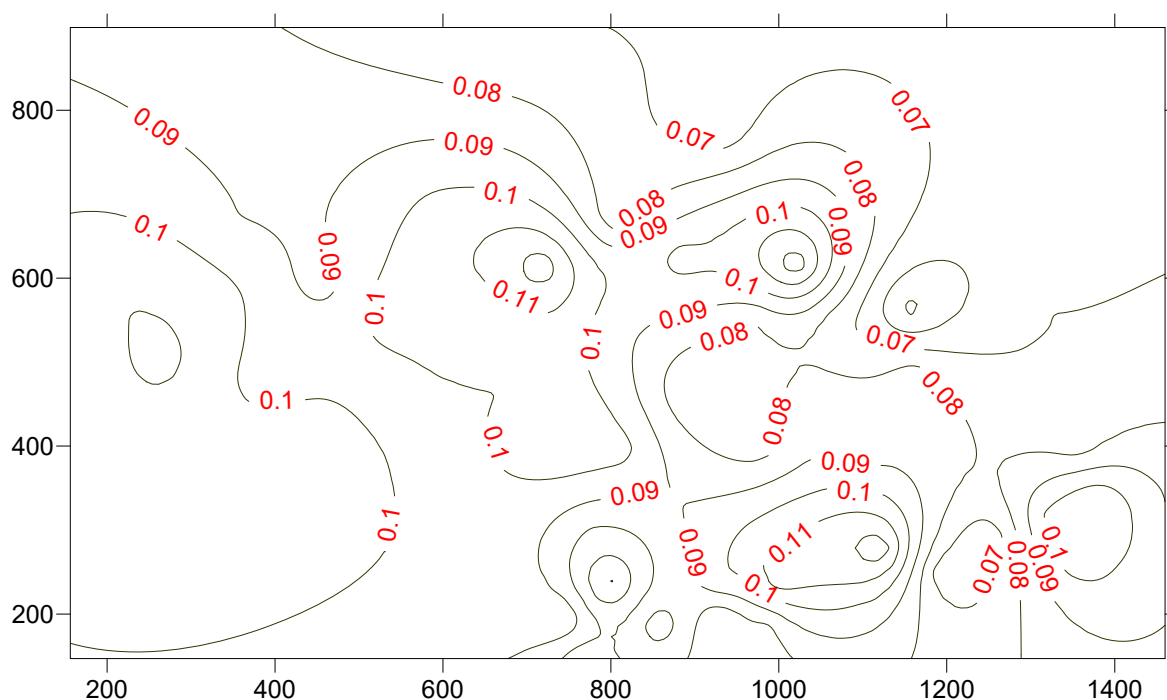


Рисунок 3.5 – Изолинии радиационного фона γ - излучения в алгоритме интерполяции Kriging, 23.03.2023 г, дозиметр «Master-1»

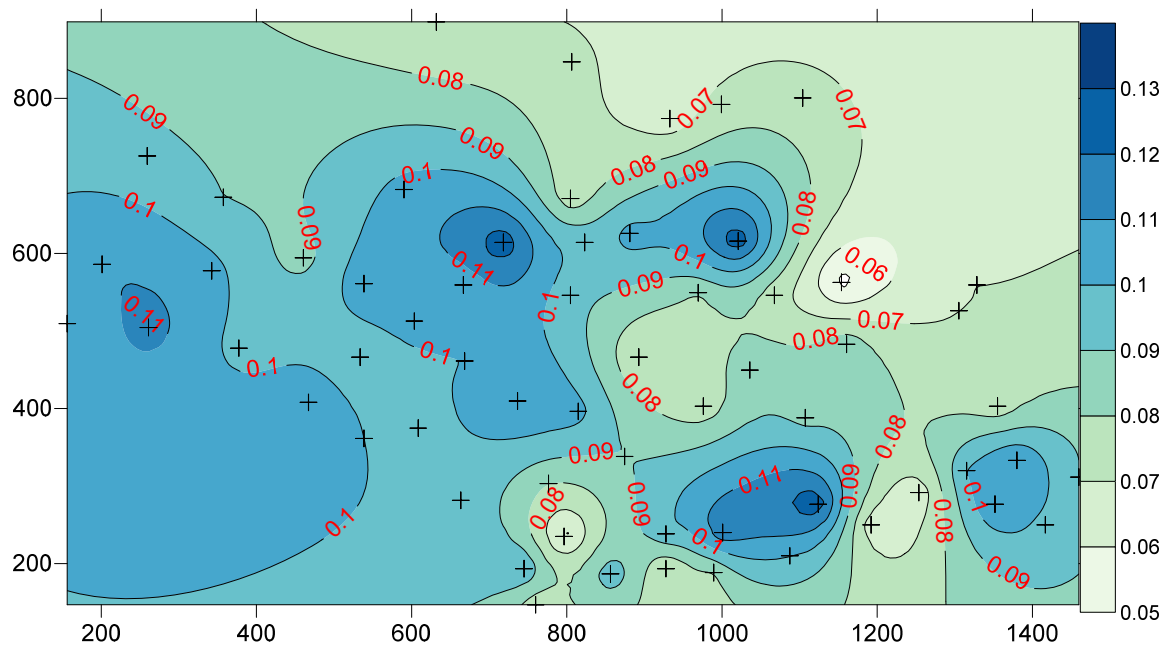


Рисунок 3.6 – Поле радиационного фона γ - излучения с точками измерений в алгоритме интерполяции Kriging, 23.03.2023 г. («Master-1»)

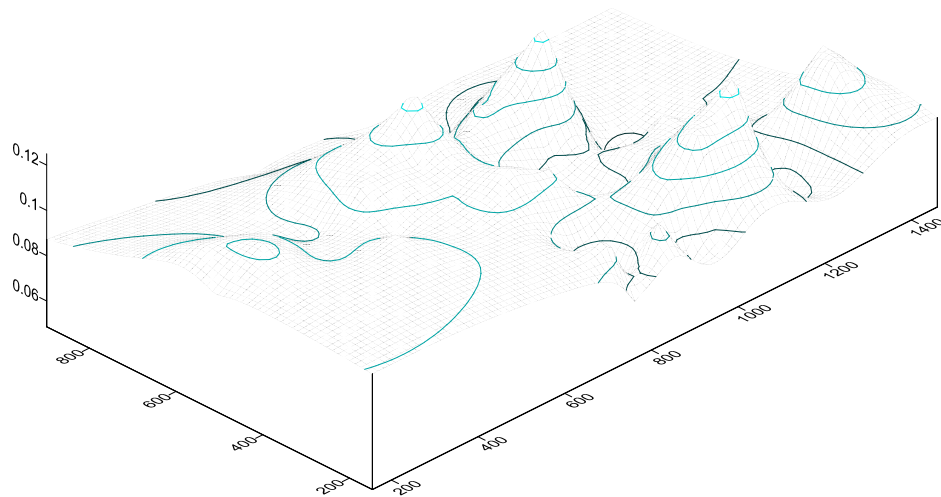


Рисунок 3.7 – Трехмерное изображение поля γ - излучения 23.03.2023 г, дозиметр «Master-1»

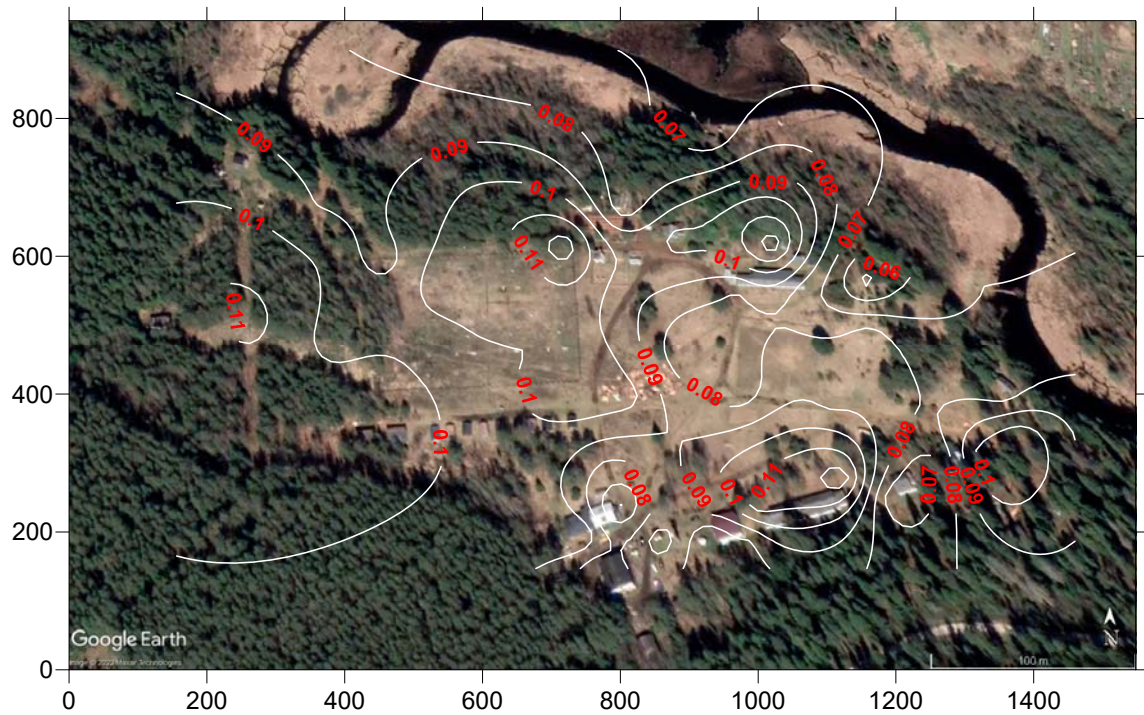


Рисунок 3.8 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («Master-1»)

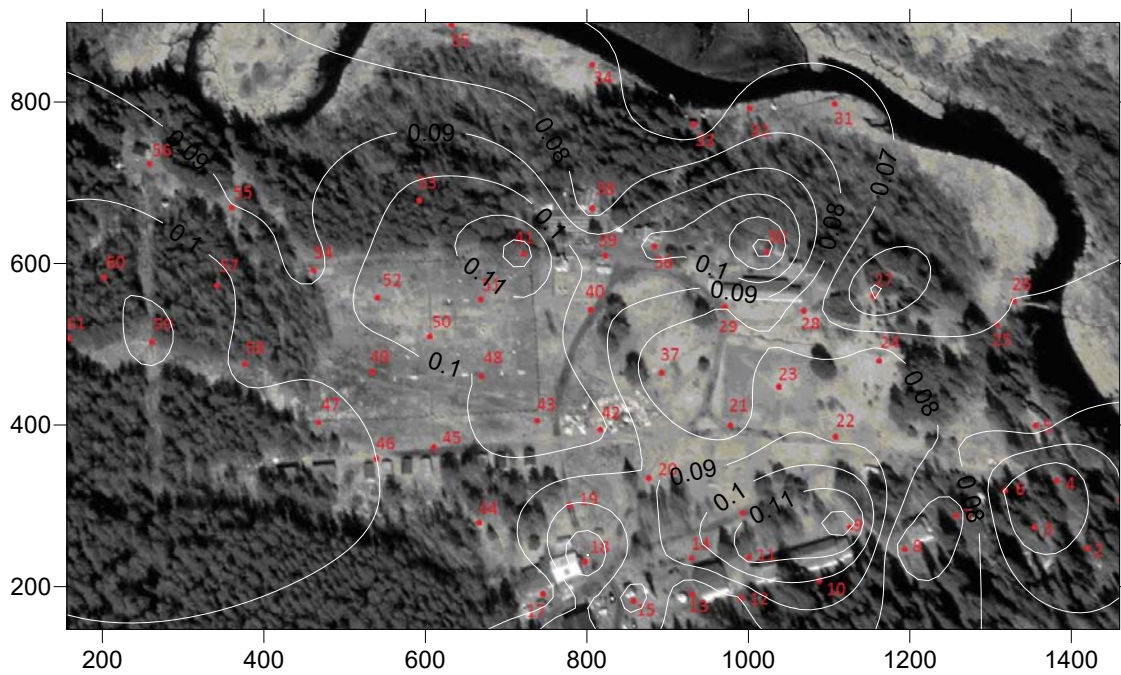


Рисунок 3.9 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («Master-1»)

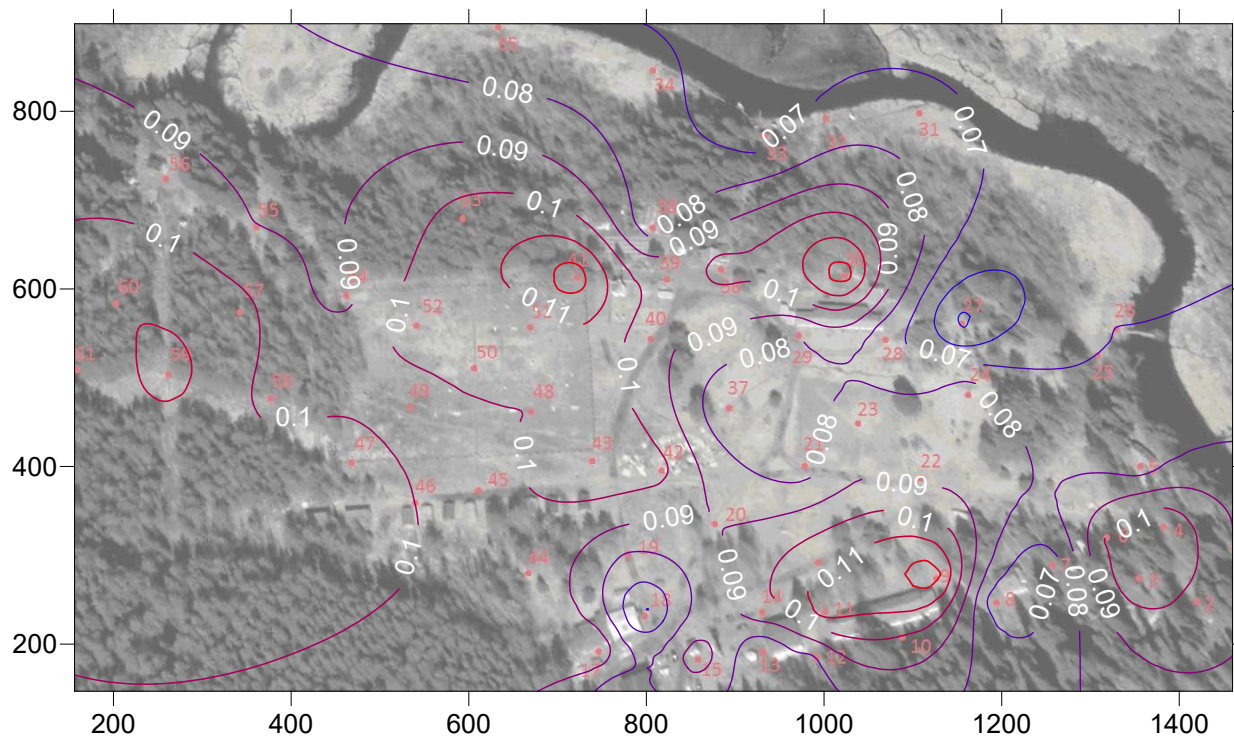


Рисунок 3.10 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («Master-1»)

Таблица 3.7 – Максимальное значение γ - излучения в исследуемом районе 23.03.2023 г.

Район точки 9	0,12 мкЗв/ч
Район точки 30	0,12 мкЗв/ч
Район точки 41	0,12 мкЗв/ч

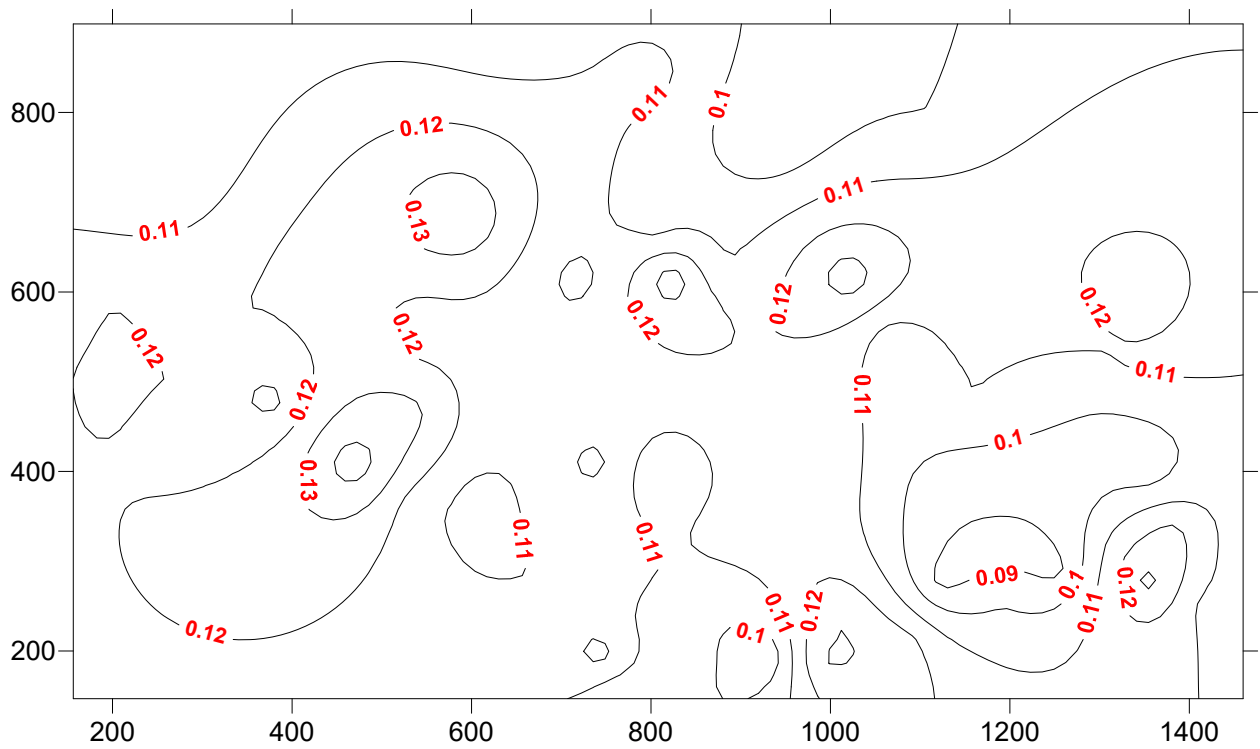


Рисунок 3.11– Изолинии радиационного фона γ - излучения в алгоритме интерполяции Kriging, 15.06.2023 г, дозиметр «Master-1»

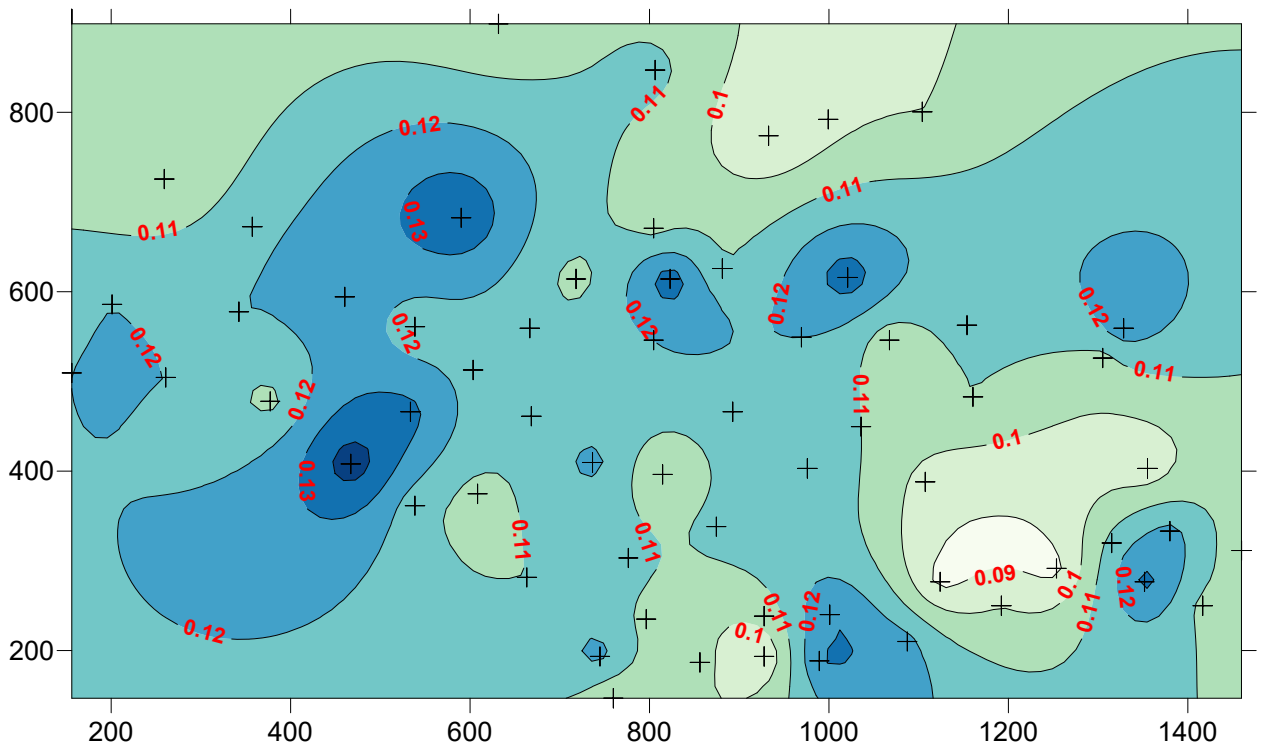


Рисунок 3.12 – Поле радиационного фона γ - излучения с точками измерений в алгоритме интерполяции Kriging, 15.06.2023 г. («Master-1»)

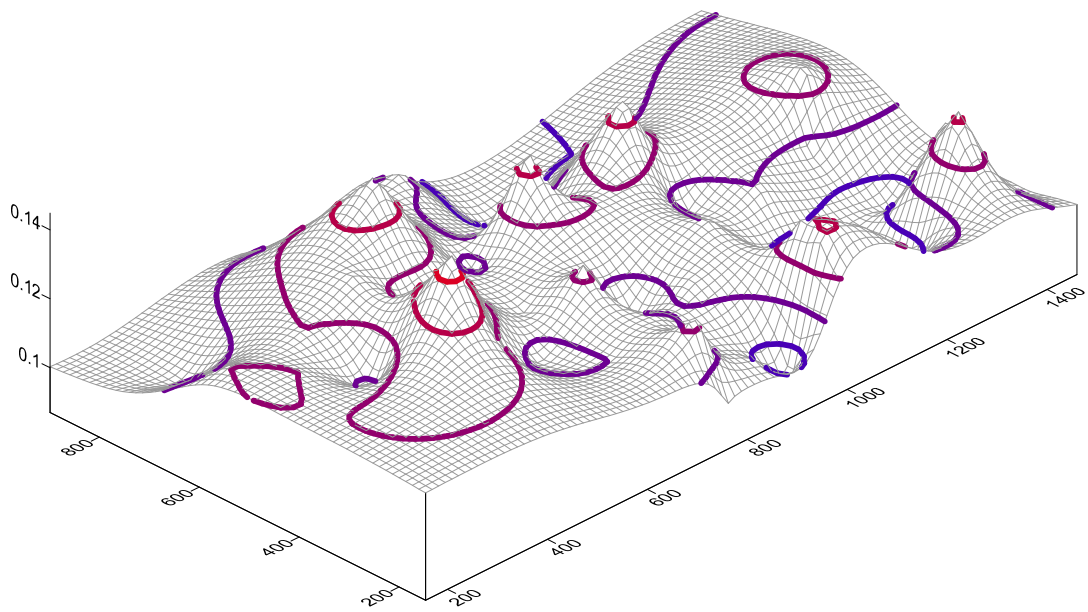


Рисунок 3.13 – Трехмерное изображение поля γ - излучения 15.06.2023 г, дозиметр «Master-1»

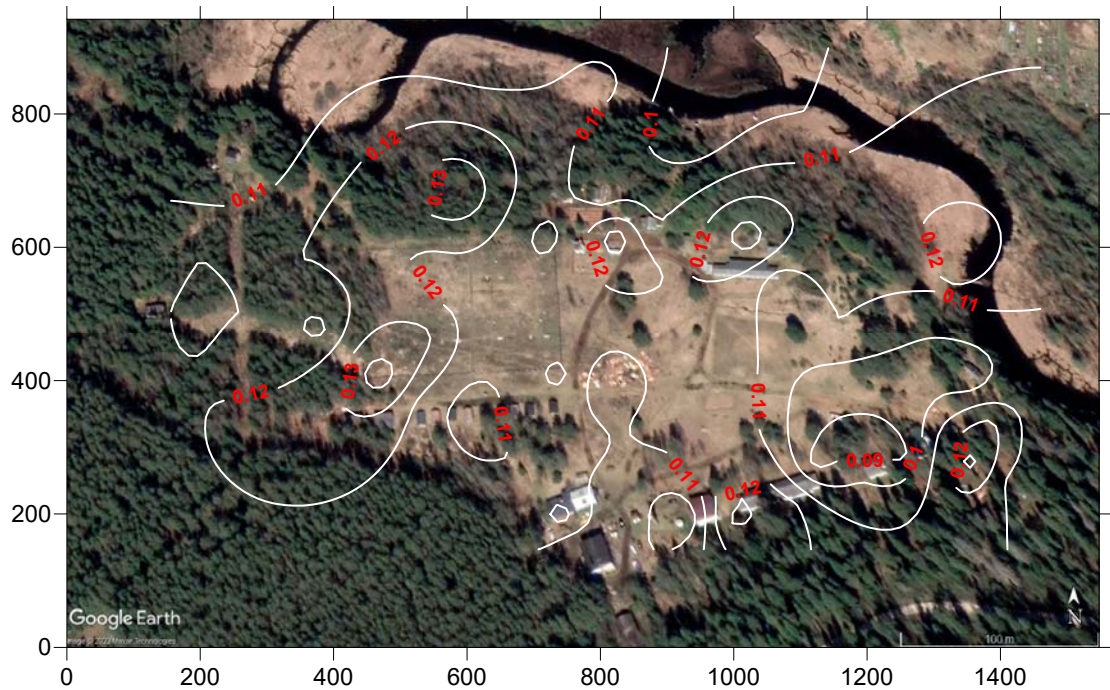


Рисунок 3.14 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («Master-1»)

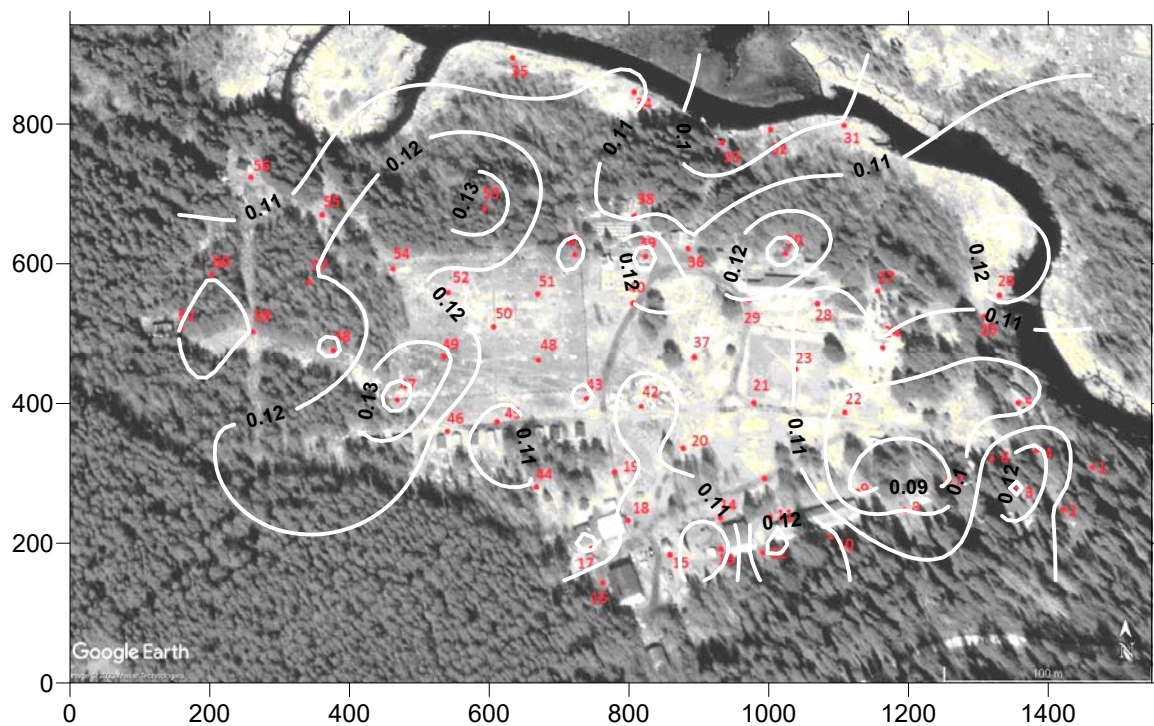


Рисунок 3.15 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («Master-1»)

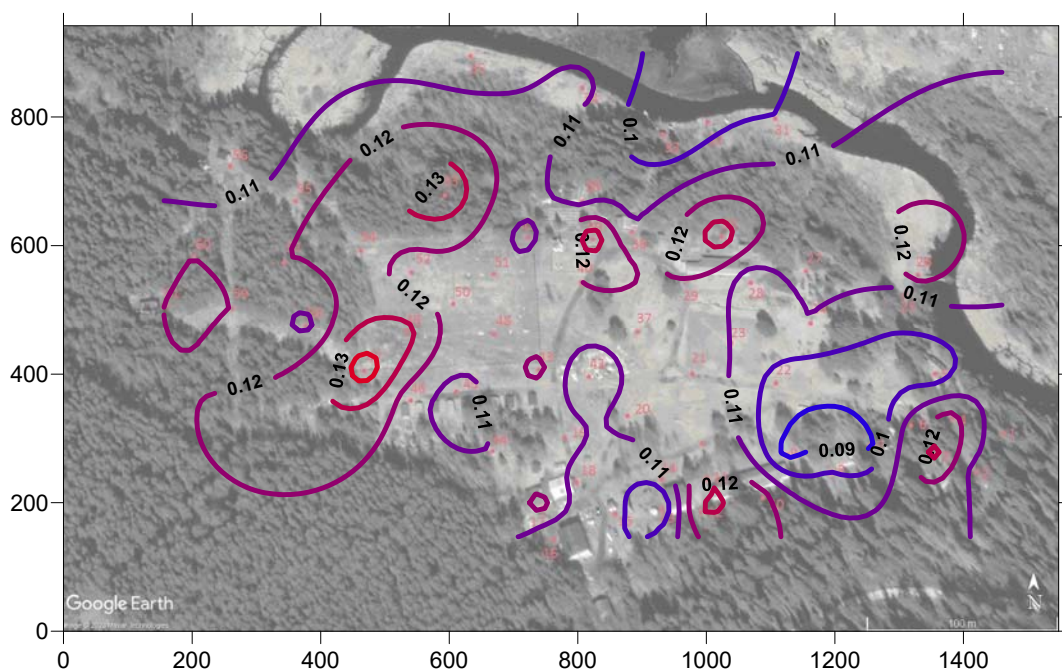


Рисунок 3.16 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («Master-1»)

Таблица 3.8 – Максимальное значение γ - излучения в исследуемом районе
15.06.2023 г.

Район точки 3	0,13 мкЗв/ч
Район точки 30	0,13 мкЗв/ч /ч
Район точки 39	0,13 мкЗв/ч
Район точки 47	0,14 мкЗв/ч
Район точки 53	0,13 мкЗв/ч

Анализ результатов измерений и карт распределения радиационного фона показал, что радиационная обстановка в районе проведения измерений не превышает среднедопустимых норм радиационной безопасности.

Небольшие локальные максимумы связаны с нахождением в этих точках объектов хозяйственной деятельности (склад гидроприборов, стоянки автомобилей, бывшее здание библиотеки, медпункт) и мест сбора мусора и курения.

Для более наглядного сравнения абсолютных значений величин была построена гистограмма данных измерений гамма излучения за оба срока наблюдений, представленная на рисунке 3.17

На ней хорошо выявляются экстремумы уровня радиационного фона, что информационно дополняет картографическое представление информации.

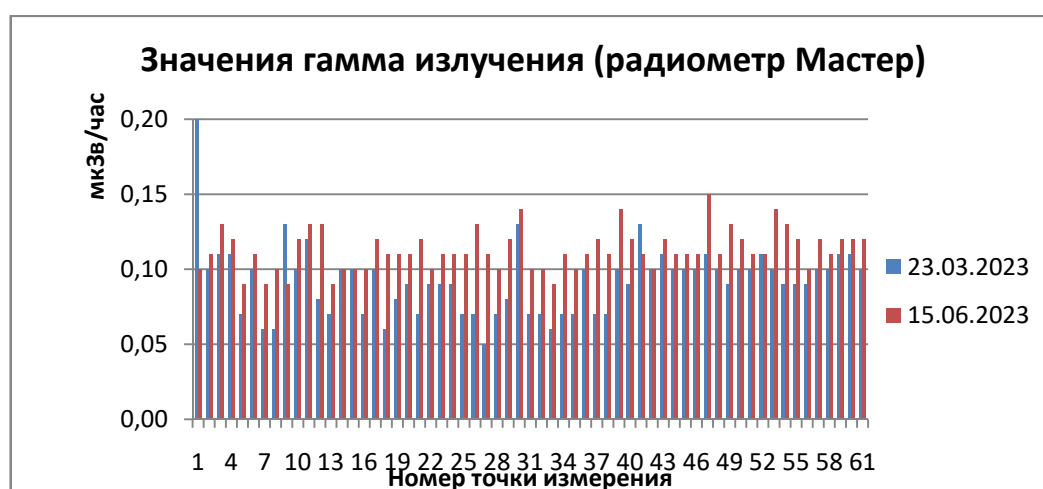


Рисунок 3.17 γ - излучение за 23 марта и 15 июня 2023 г.

Проанализировав гистограмму, можно сделать вывод о том, что снежный покров уменьшает радиационную проникающую способность γ - излучения на 10-20 %.

3.4.2 Анализ данных радиационного фона γ - излучения, измеренных с помощью дозиметра ИРД-02Б1

На рисунках 3.18 - 3.29 представлены карты пространственно-временной изменчивости радиационного фона микрорайона с изолиниями γ - излучения, измеренного дозиметром ИРД-02Б1 23.03.2023 г. и 15.06.2023 г., полученные по результатам интерполяции методом Kriging. Координаты положения максимумов представлены в таблицах 3.9 и 3.10.

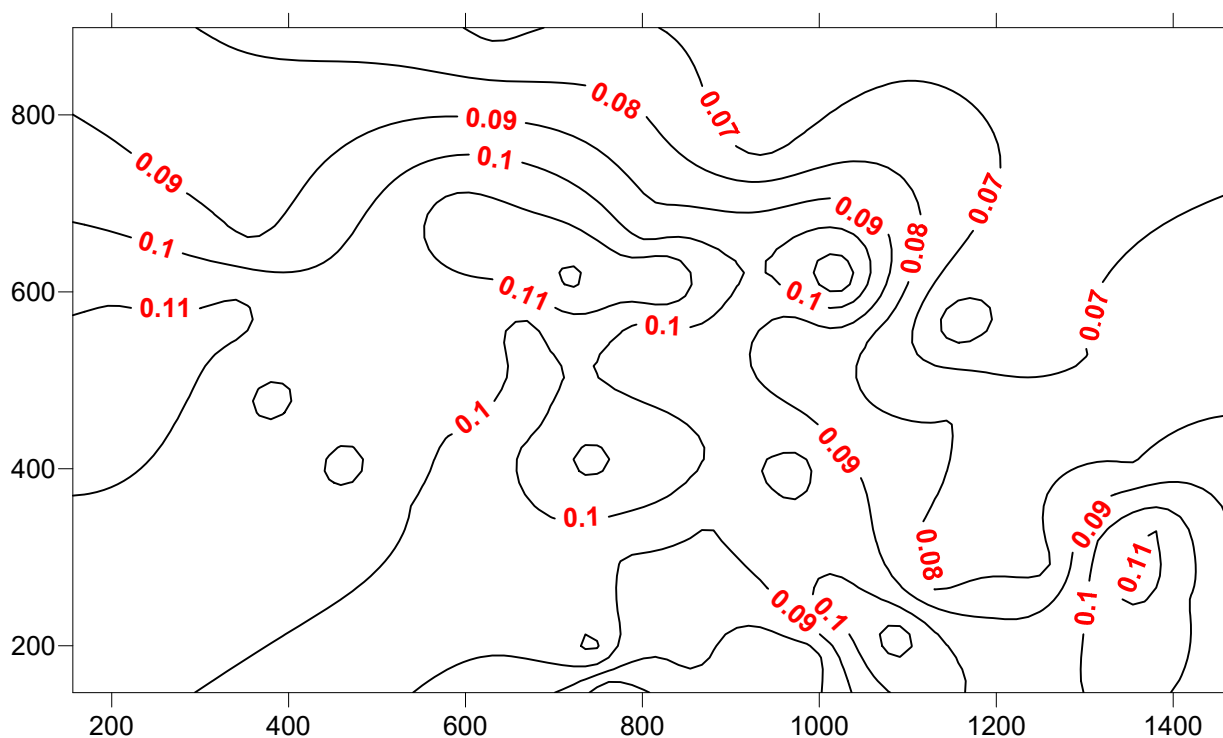


Рисунок 3.18 – Изолинии радиационного фона γ - излучения в алгоритме интерполяции Kriging, 23.03.2023 г. («ИРД-02Б1»)

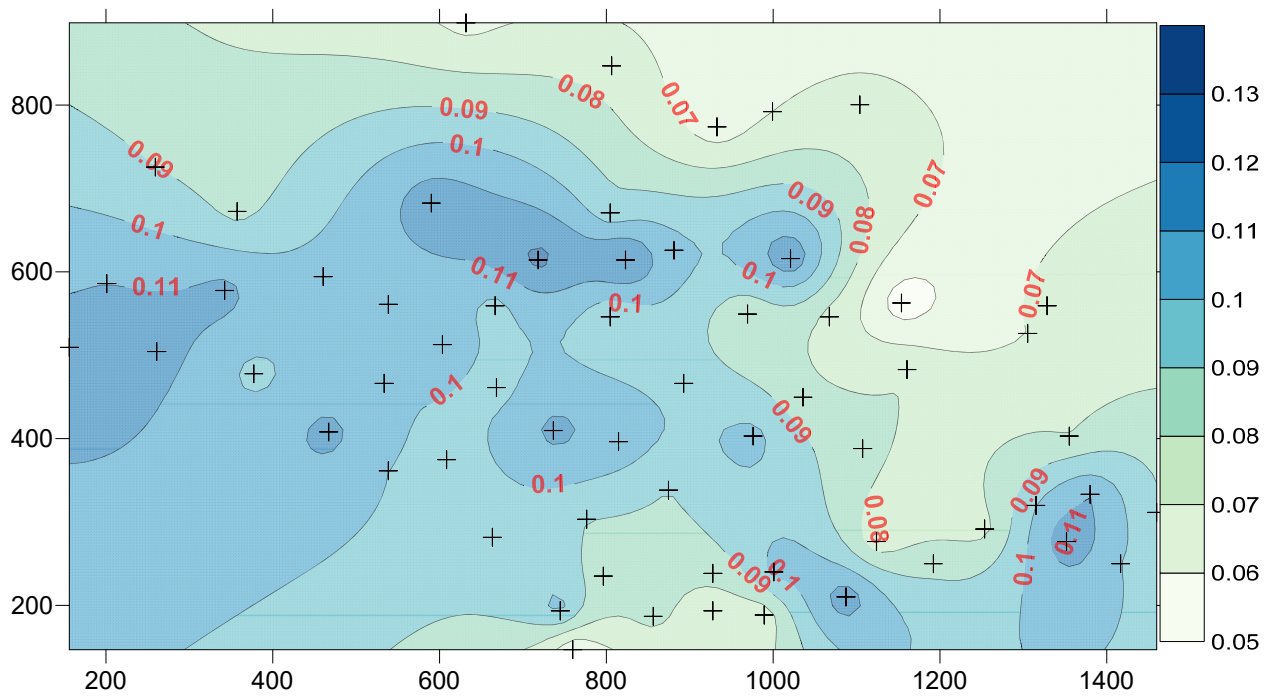


Рисунок 3.19 – Поле радиационного фона γ - излучения с точками измерений в алгоритме интерполяции Kriging, 23.03.2023 г. («ИРД-02Б1»)

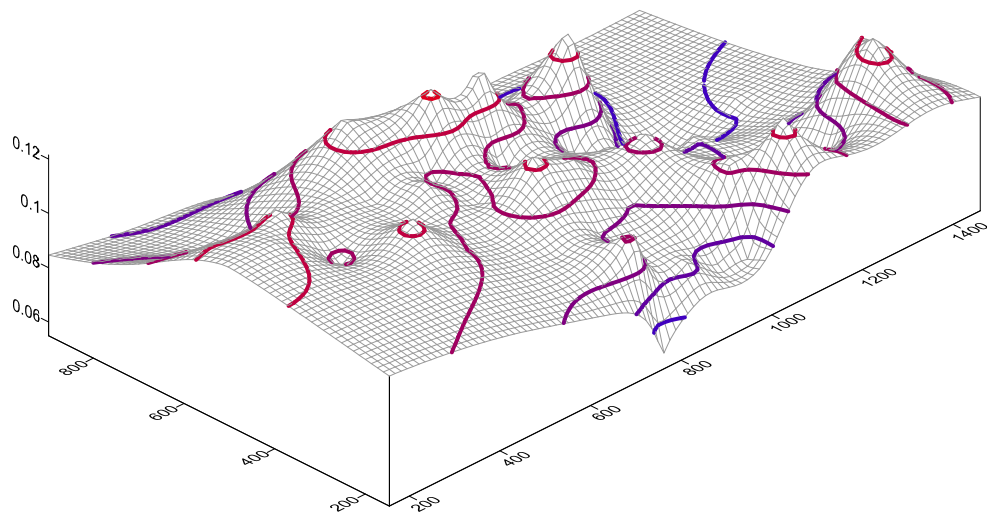


Рисунок 3.20 – Трехмерное изображение поля радиационного фона γ - излучения, 23.03.2023 г., («ИРД-02Б1»)

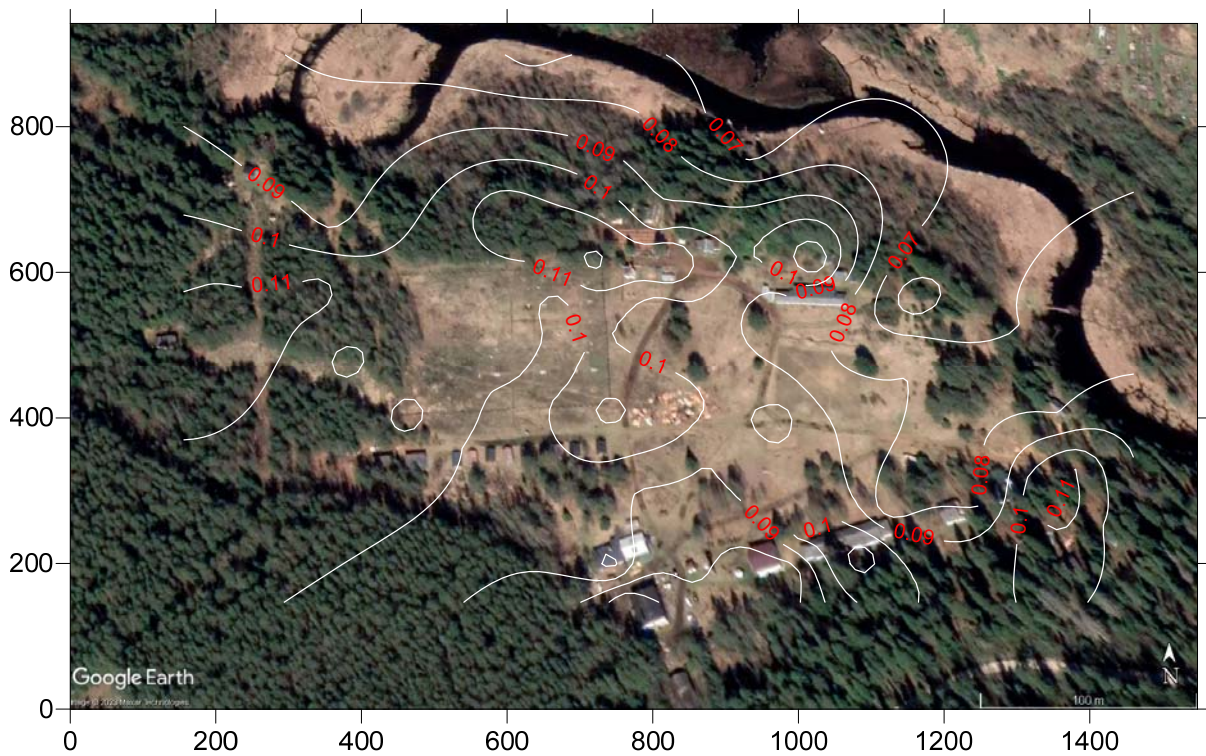


Рисунок 3.21 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («ИРД-02Б1»)

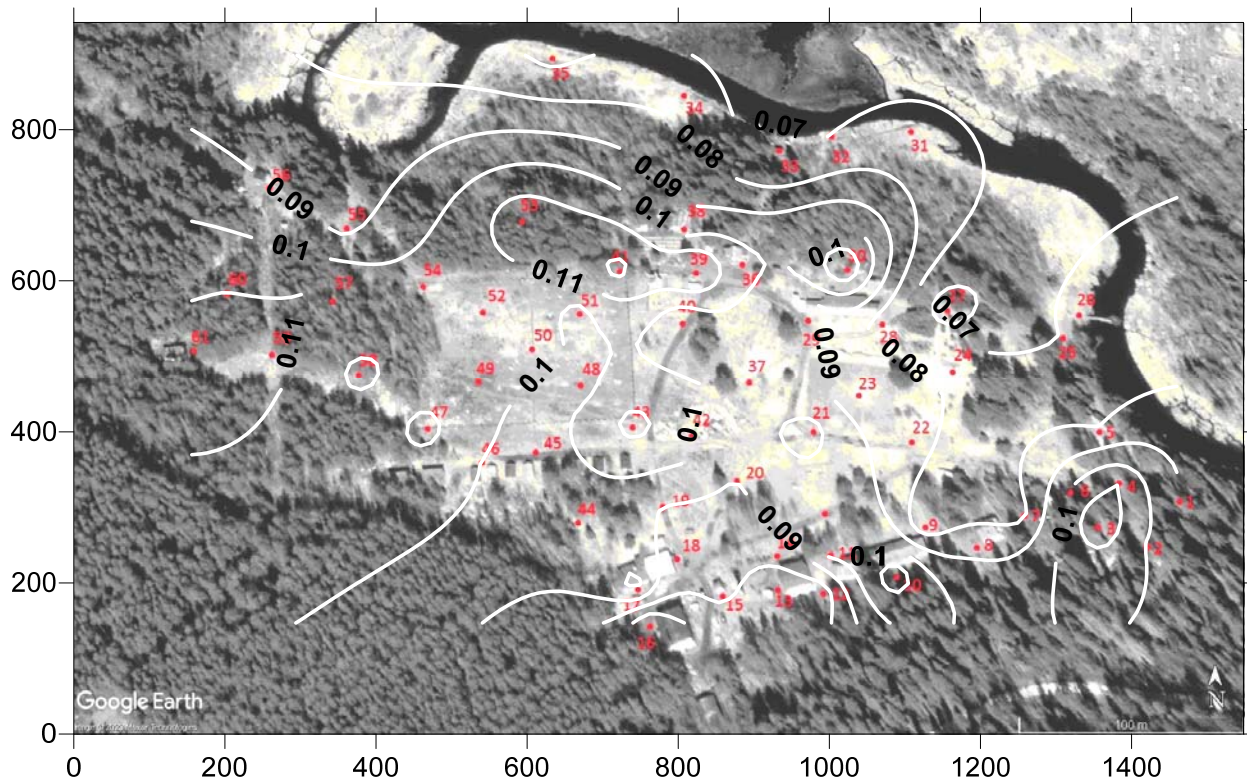


Рисунок 3.22– Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («ИРД-02Б1»)

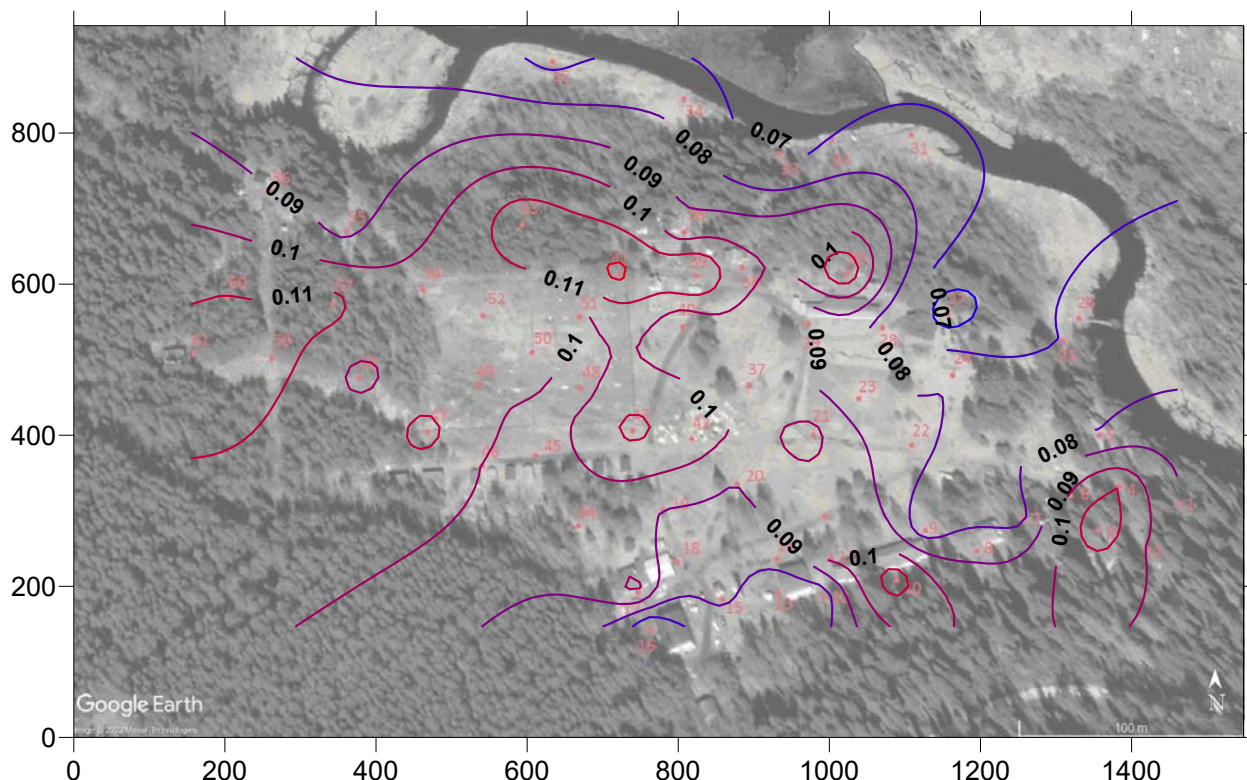


Рисунок 3.23 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («ИРД-02Б1»)

Таблица 3.9 – Максимальное значение γ - излучения в исследуемом районе 23.03.2023 г.

Район точки 41	0,12 мкЗв/ч
----------------	-------------

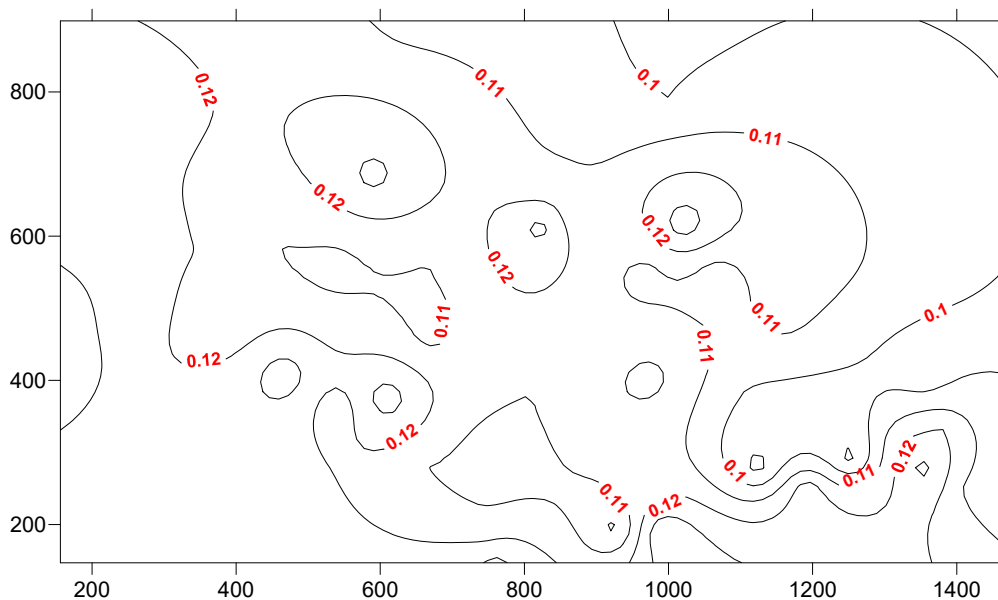


Рисунок 3.24 – Изолинии радиационного фона γ - излучения в алгоритме интерполяции Kriging, 15.06.2023 г. («ИРД-02Б1»)

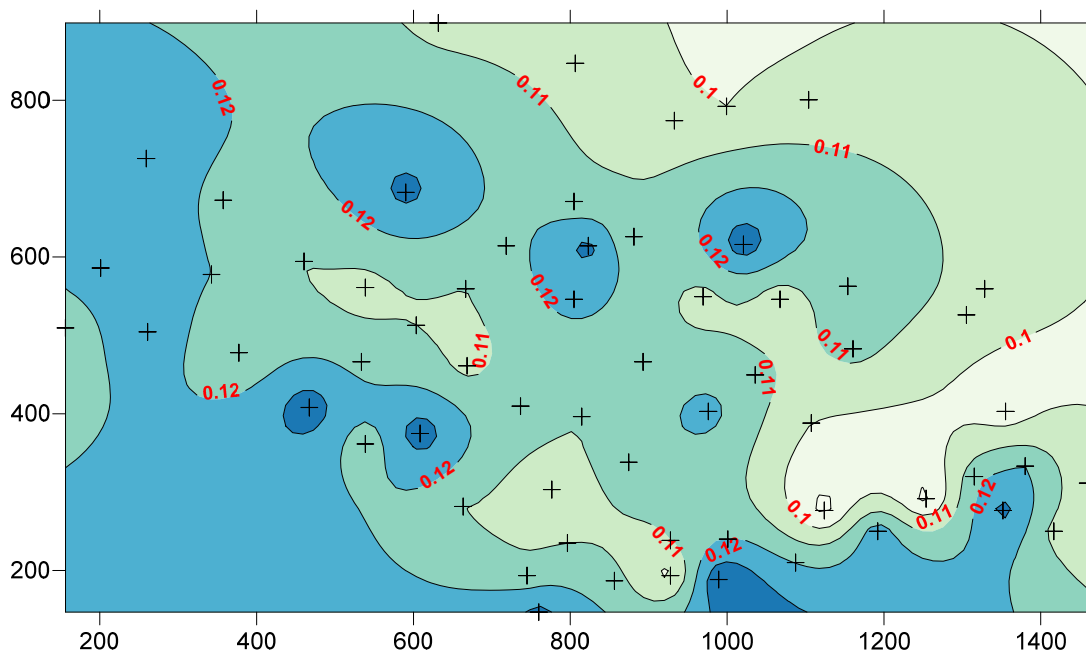


Рисунок 3.25 – Поле радиационного фона γ - излучения с точками измерений в алгоритме интерполяции Kriging, 15.06.2023 г. («ИРД-02Б1»)

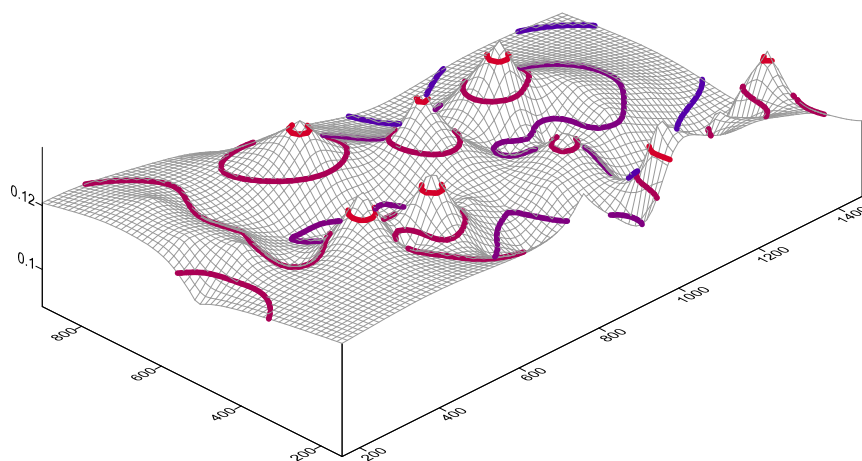


Рисунок 3.26 – Трехмерное изображение поля радиационного фона γ - излучения, 15.06.2023 г., («ИРД-02Б1»)

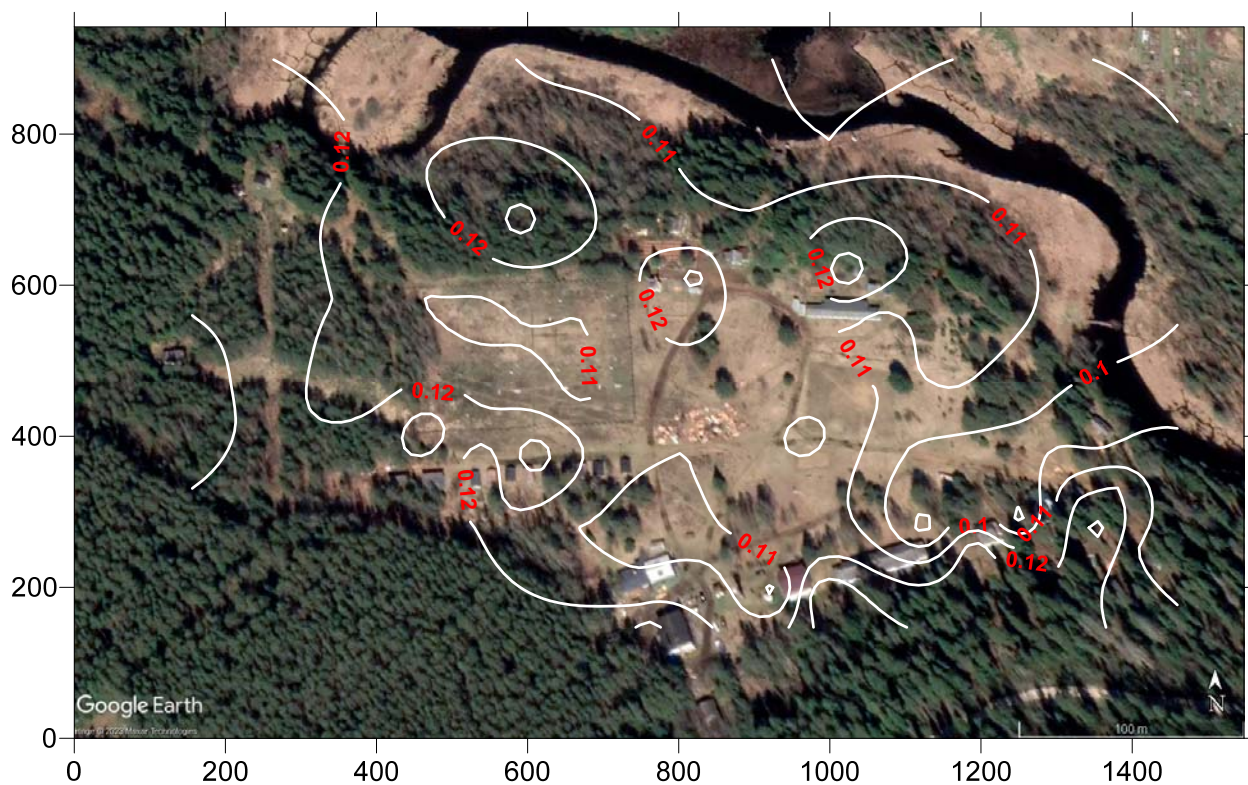


Рисунок 3.27 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («ИРД-02Б1»)

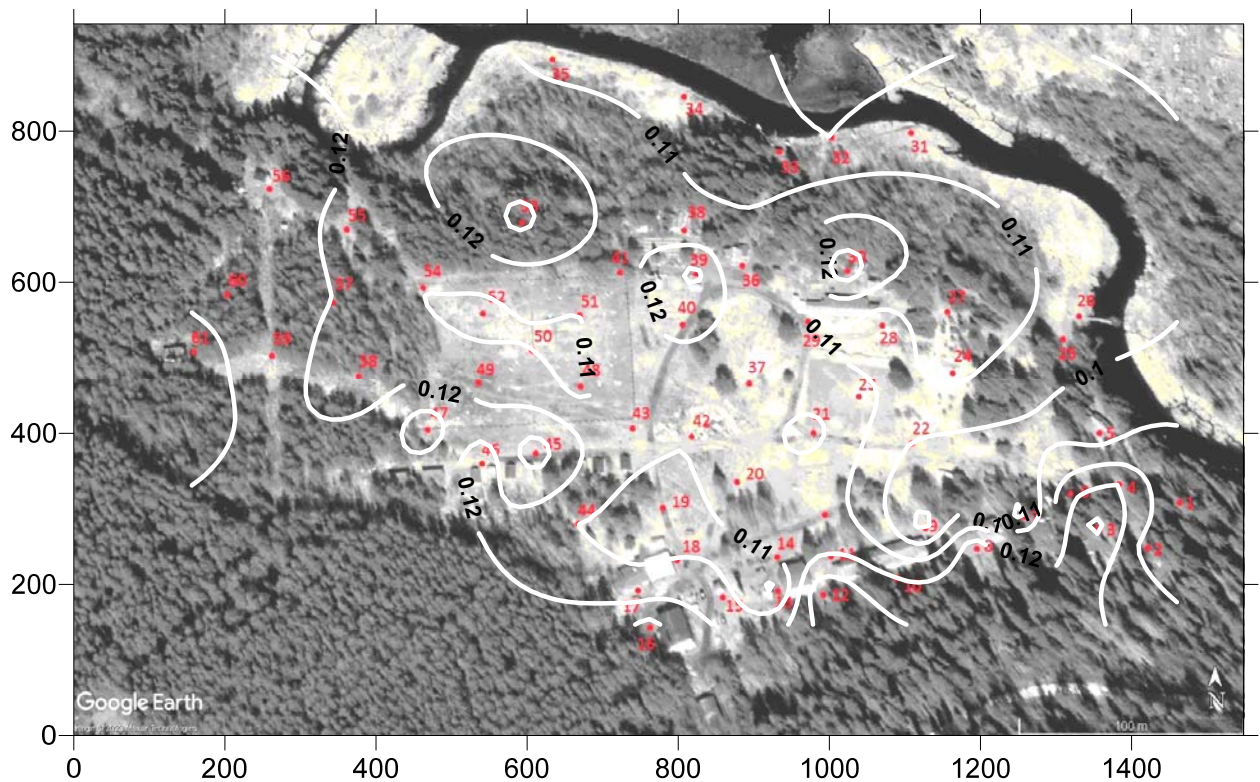


Рисунок 3.28 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («ИРД-02Б1»)

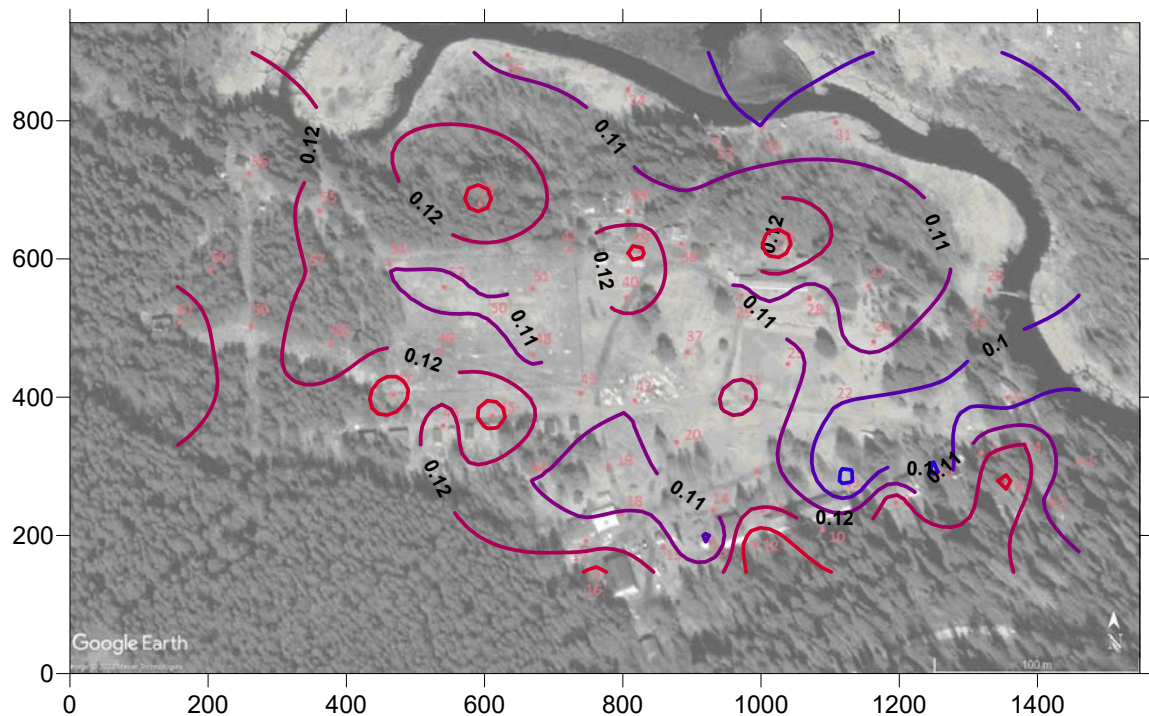


Рисунок 3.29 – Изолинии радиационного фона γ - излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («ИРД-02Б1»)

Таблица 3.10 – Максимальное значение γ - излучения в исследуемом районе
15.06.2023 г.

Район точки 3	0,13 мкЗв/ч
Район точки 30	0,13 мкЗв/ч /ч
Район точки 39	0,13 мкЗв/ч
Район точки 45	0,13 мкЗв/ч
Район точки 47	0,13 мкЗв/ч
Район точки 53	0,13 мкЗв/ч

Анализ результатов измерений и карт распределения радиационного фона показал, что радиационная обстановка в районе проведения измерений не превышает среднедопустимых норм радиационной безопасности.

Небольшие локальные максимумы связаны с нахождением в этих точках объектов хозяйственной деятельности (склад гидроприборов, стоянки автомобилей, бывшее здание библиотеки, медпункт) и мест сбора мусора и курения.

Для более наглядного сравнения абсолютных значений величин была построена гистограмма данных измерений гамма излучения за оба срока наблюдений, представленная на рисунке 3.30

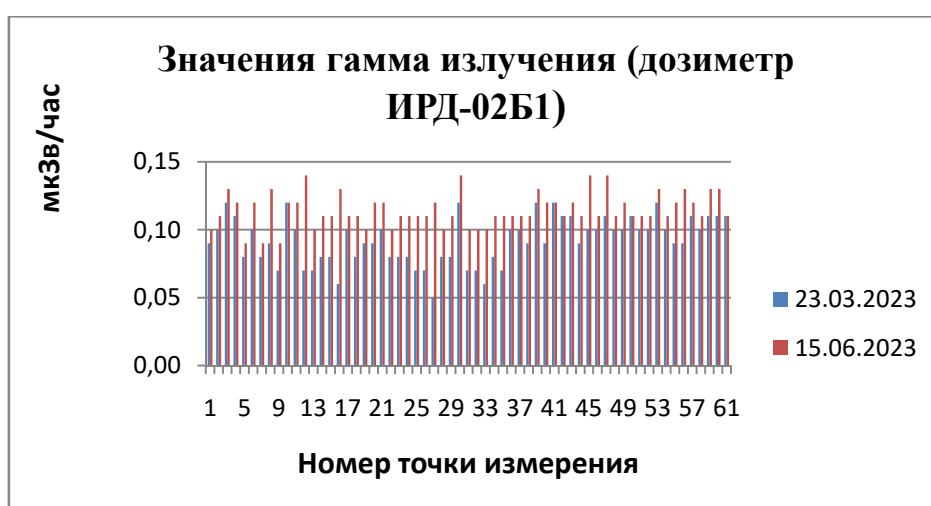


Рисунок 3.30 γ - излучение за 23 марта и 15 июня 2023 г.

Проанализировав гистограмму, можно сделать вывод о том, что снежный покров уменьшает радиационную проникающую способность γ - излучения на 10-20 %.

3.4.3 Анализ данных радиационного фона γ и β излучения, измеренных с помощью дозиметра ИРД-02Б1

На рисунках 3.31 - 3.42 представлены карты пространственно-временной изменчивости радиационного фона микрорайона с изолиниями γ и β излучения, измеренного дозиметром ИРД-02Б1 23.03.2023 г. и 15.06.2023 г., полученные по результатам интерполяции методом Kriging. Координаты положения максимумов представлены в таблицах 3.11 и 3.12.

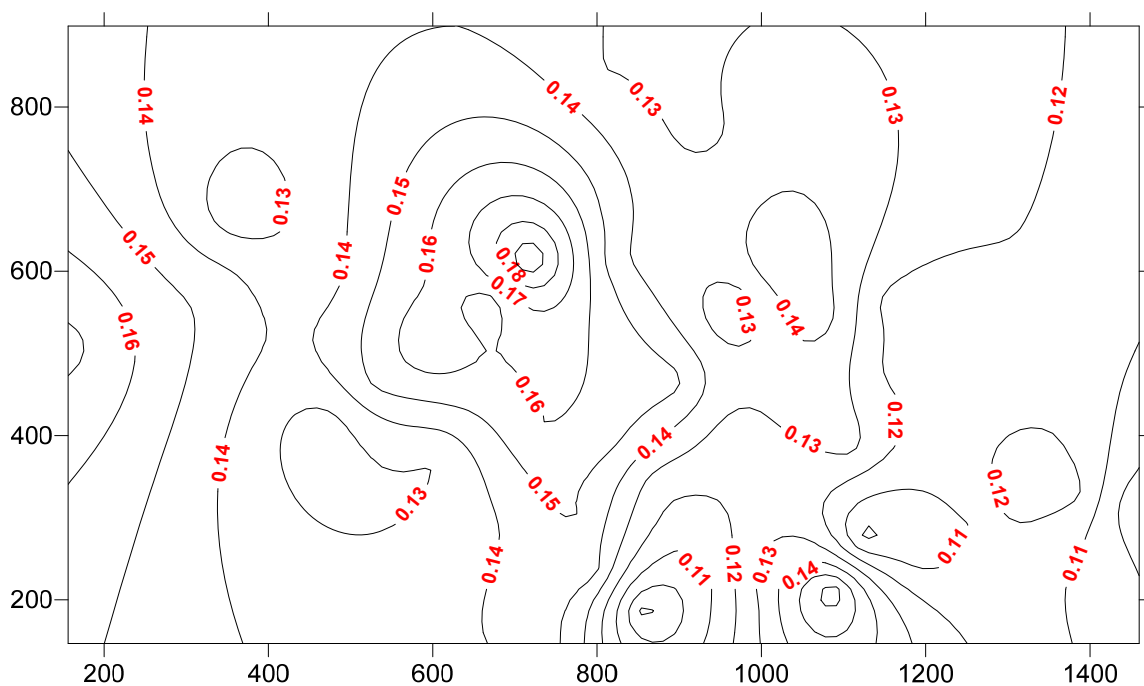


Рисунок 3.31 – Изолинии радиационного фона γ и β излучения в алгоритме интерполяции Kriging, 23.03.2023 г. («ИРД-02Б1»)

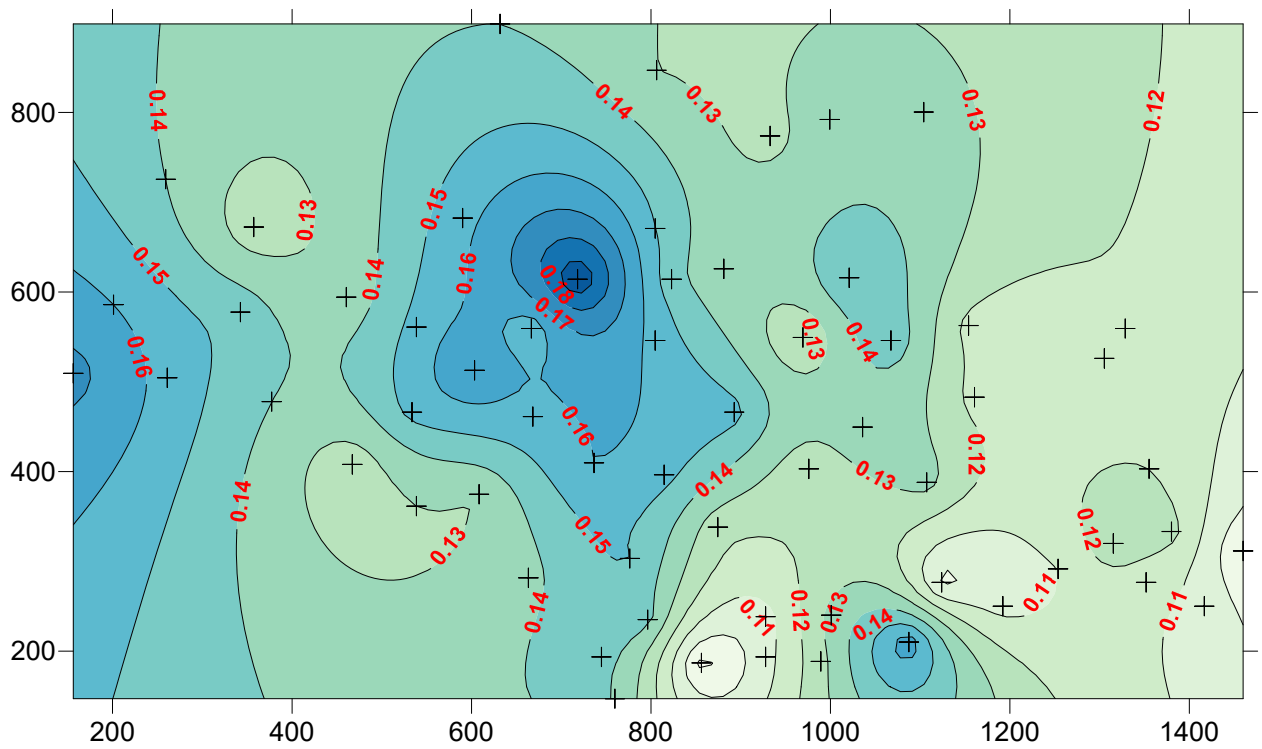


Рисунок 3.32– Поле радиационного фона γ и β излучения с точками измерений в алгоритме интерполяции Kriging, 23.03.2023 г. («ИРД-02Б1»)

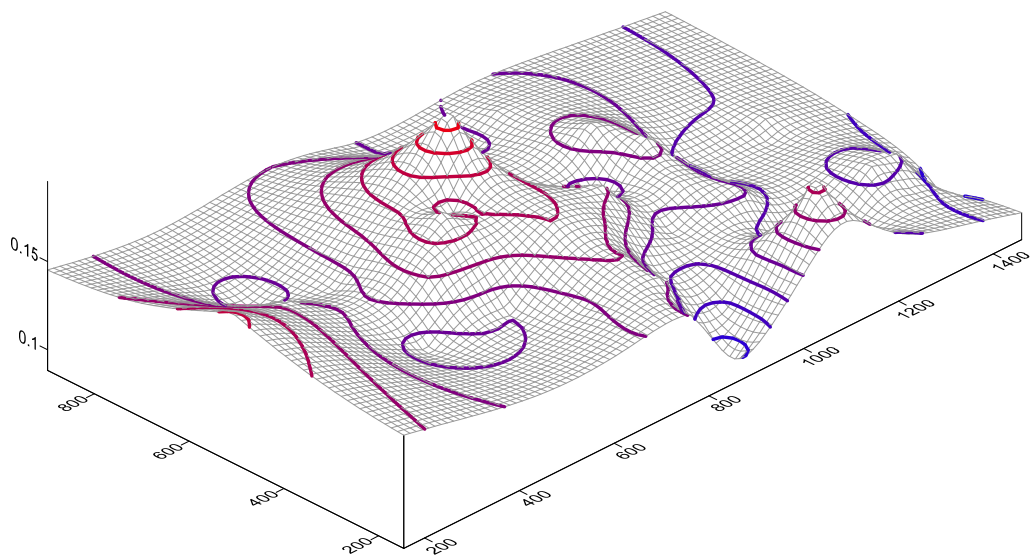


Рисунок 3.33 – Трехмерное изображение поля радиационного фона γ и β излучения, 23.03.2023 г., («ИРД-02Б1»)

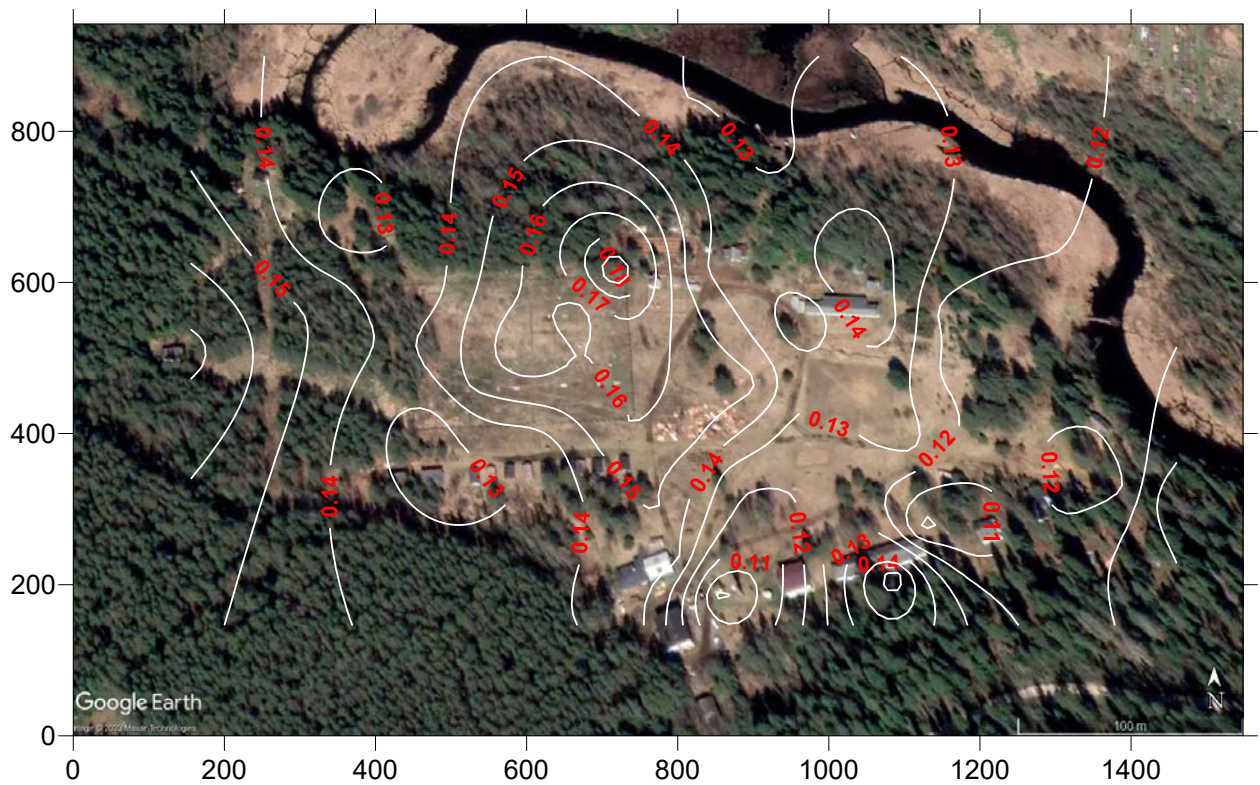


Рисунок 3.34 – Изолинии радиационного фона γ и β излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («ИРД-02Б1»)

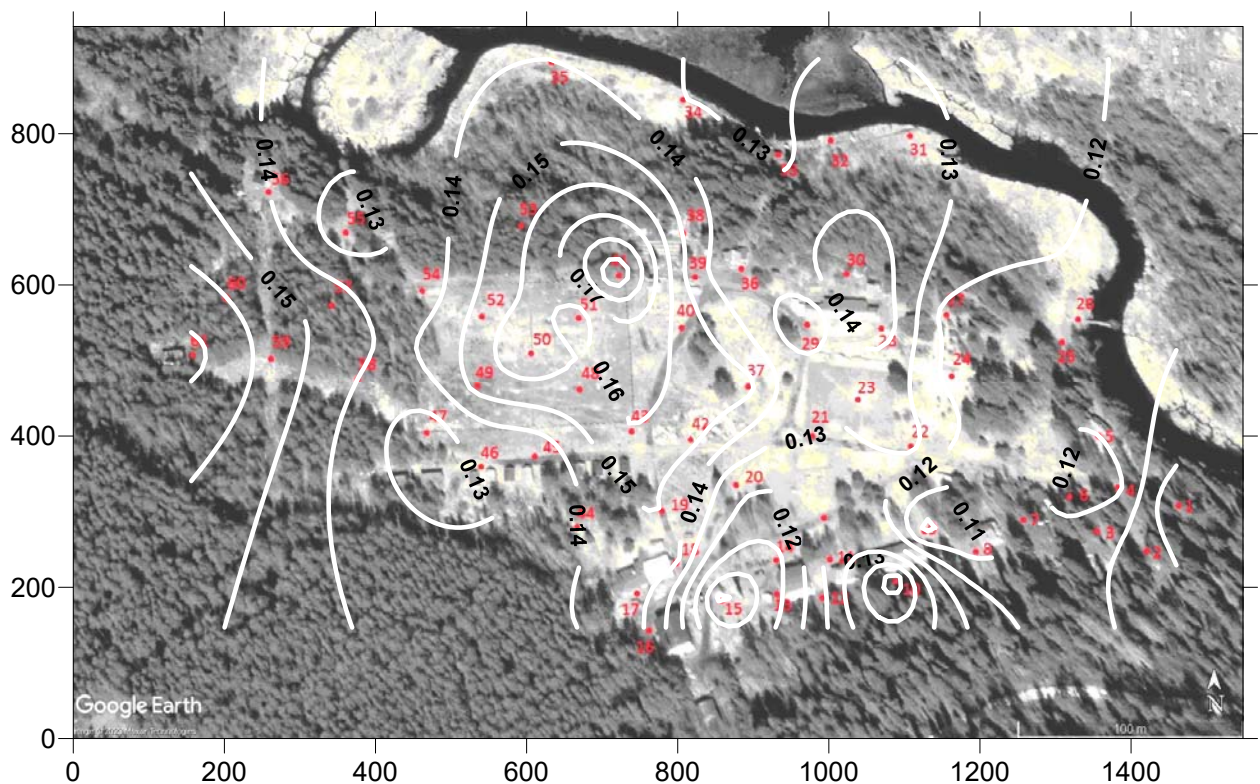


Рисунок 3.35 – Изолинии радиационного фона γ и β излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («ИРД-02Б1»)

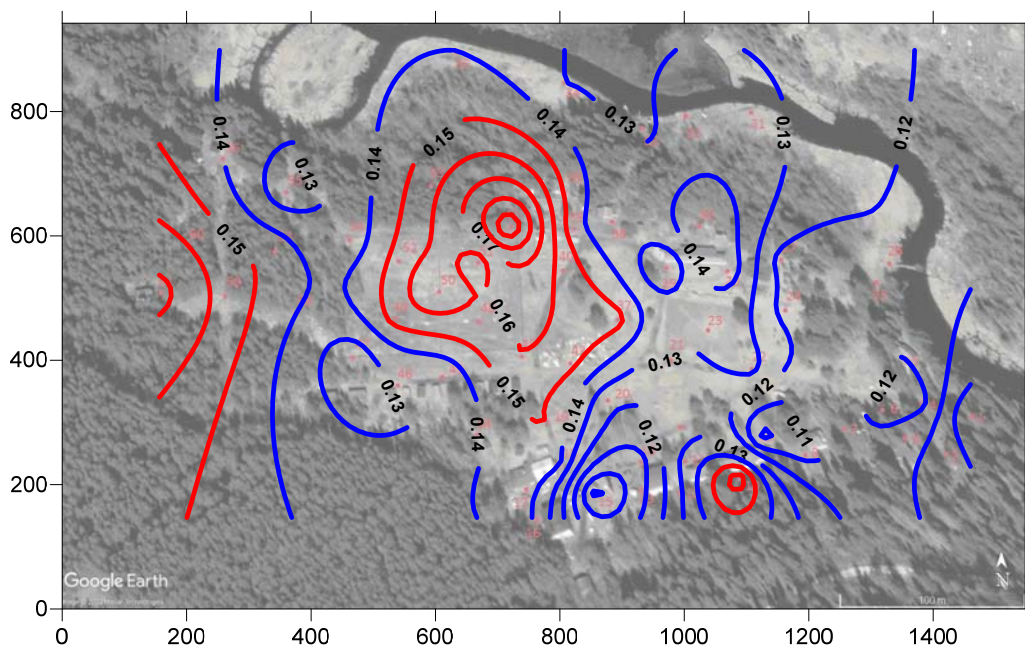


Рисунок 3.36 – Изолинии радиационного фона γ и β излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 23.03.2023, («ИРД-02Б1»)

Таблица 3.11 – Максимальное значение γ и β - излучения в исследуемом районе 23.03.2023 г.

Район точки 41	0,19 мкЗв/ч
----------------	-------------

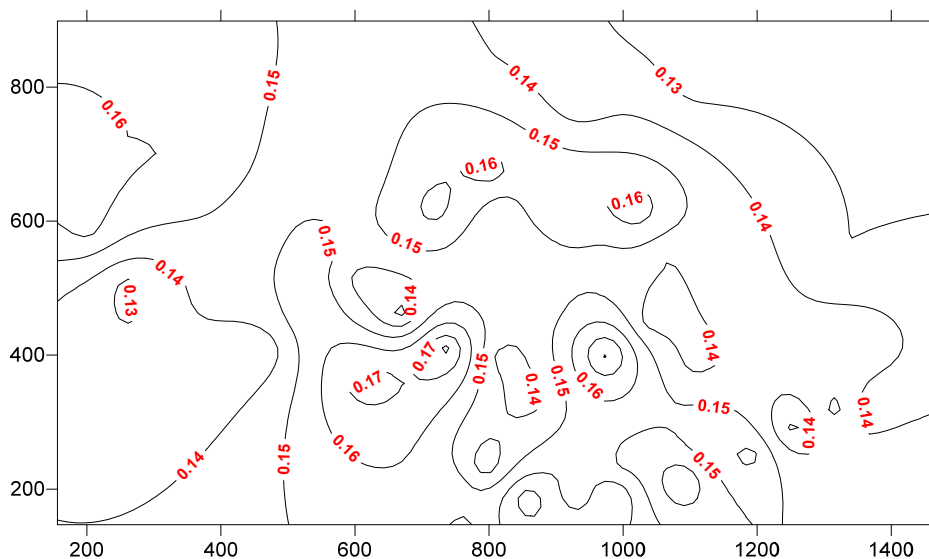


Рисунок 3.37 – Изолинии радиационного фона γ и β излучения в алгоритме интерполяции Kriging, 15.06.2023 г. («ИРД-02Б1»)

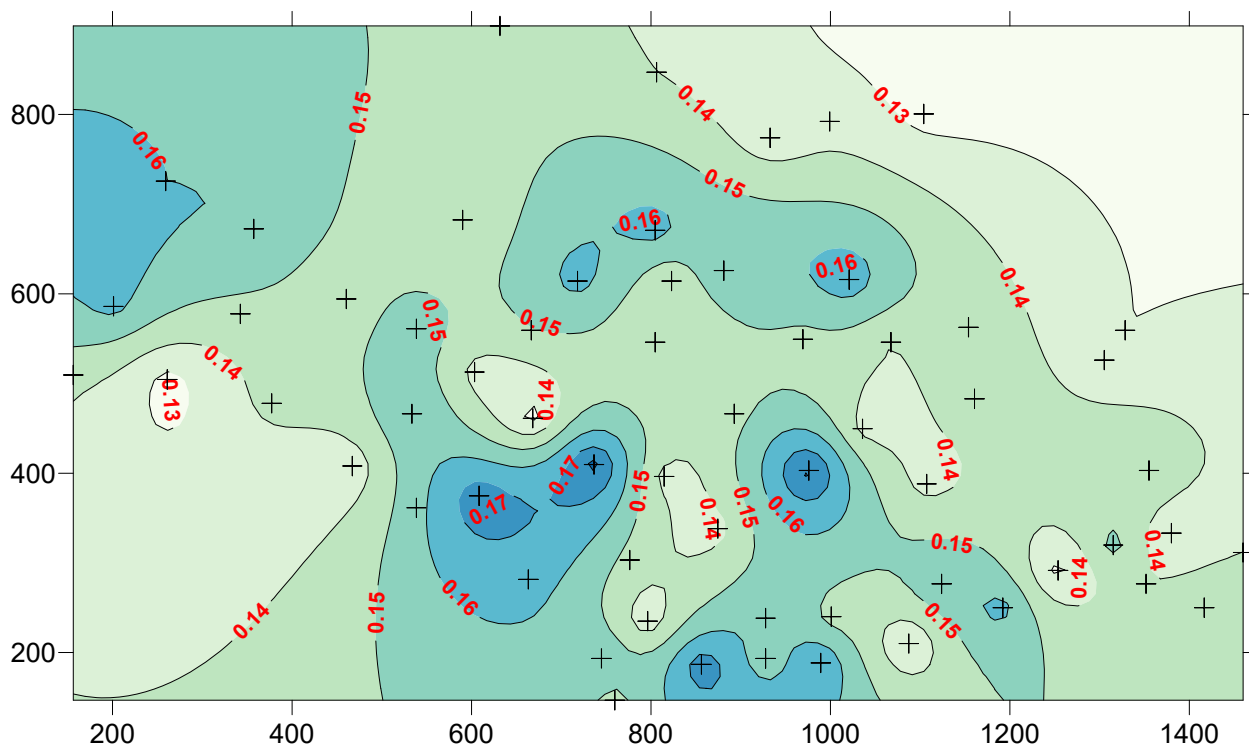


Рисунок 3.38 – Поле радиационного фона γ и β излучения с точками измерений в алгоритме интерполяции Kriging, 15.06.2023 г. («ИРД-02Б1»)

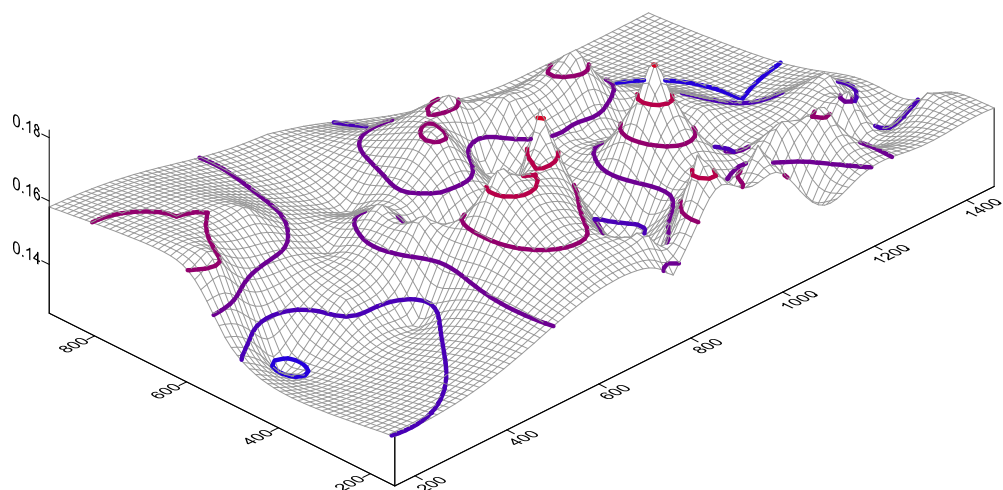


Рисунок 3.39 – Трехмерное изображение поля радиационного фона γ и β излучения, 15.06.2023 г., («ИРД-02Б1»)

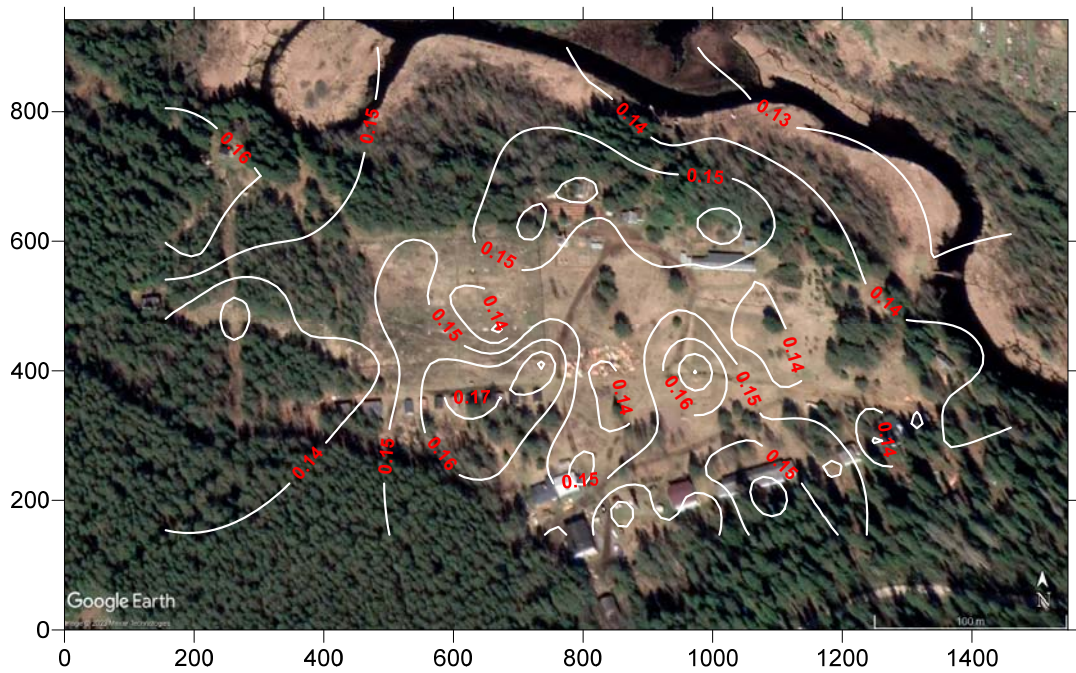


Рисунок 3.40 – Изолинии радиационного фона γ и β излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («ИРД-02Б1»)

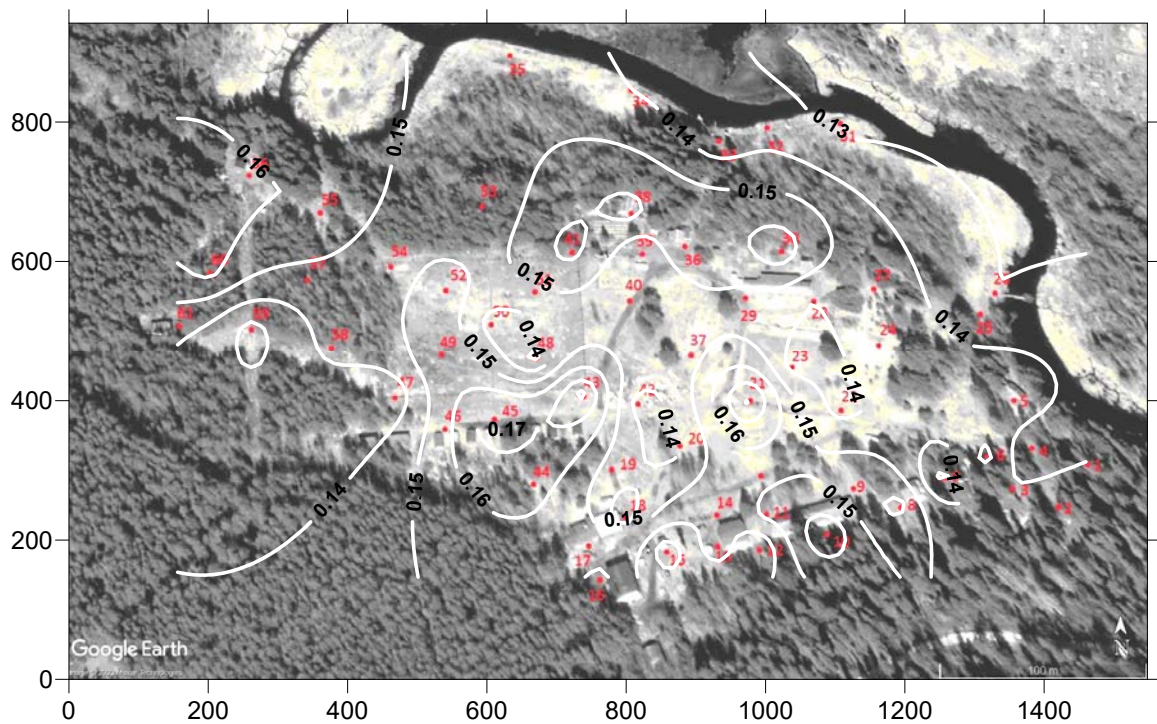


Рисунок 3.41 – Изолинии радиационного фона γ и β излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («ИРД-02Б1»)

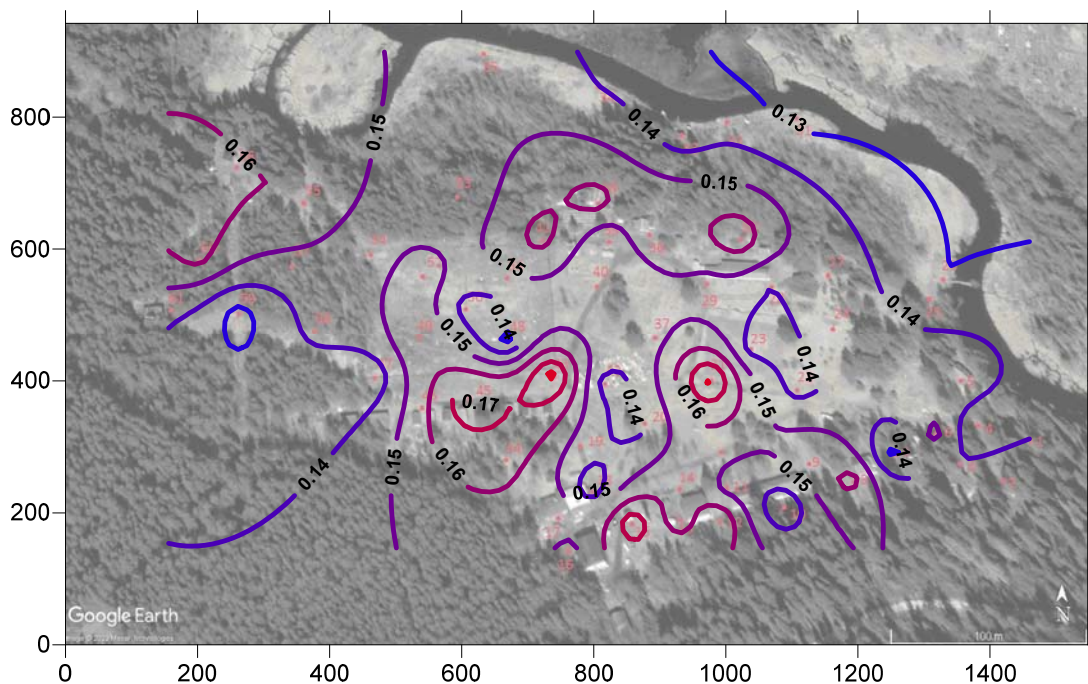


Рисунок 3.42 – Изолинии радиационного фона γ и β излучения с подстилающей поверхностью в алгоритме Kriging, 15.06.2023, («ИРД-02Б1»)

Таблица 3.12 – Максимальное значение γ и β излучения в исследуемом районе 15.06.2023 г.

Район точки 15	0,17 мкЗв/ч
Район точки 21	0,17 мкЗв/ч
Район точки 43	0,17 мкЗв/ч
Район точки 45	0,17 мкЗв/ч

Анализ результатов измерений и карт распределения радиационного фона показал, что радиационная обстановка в районе проведения измерений не превышает среднедопустимых норм радиационной безопасности.

Небольшие локальные максимумы связаны с нахождением в этих точках объектов хозяйственной деятельности (место кострища, склад гидроприборов, стоянки автомобилей, бывшее здание библиотеки, медпункт) и мест сбора мусора и курения.

Для более наглядного сравнения абсолютных значений величин была построена гистограмма данных измерений гамма излучения за оба срока наблюдений, представленная на рисунке 3.43

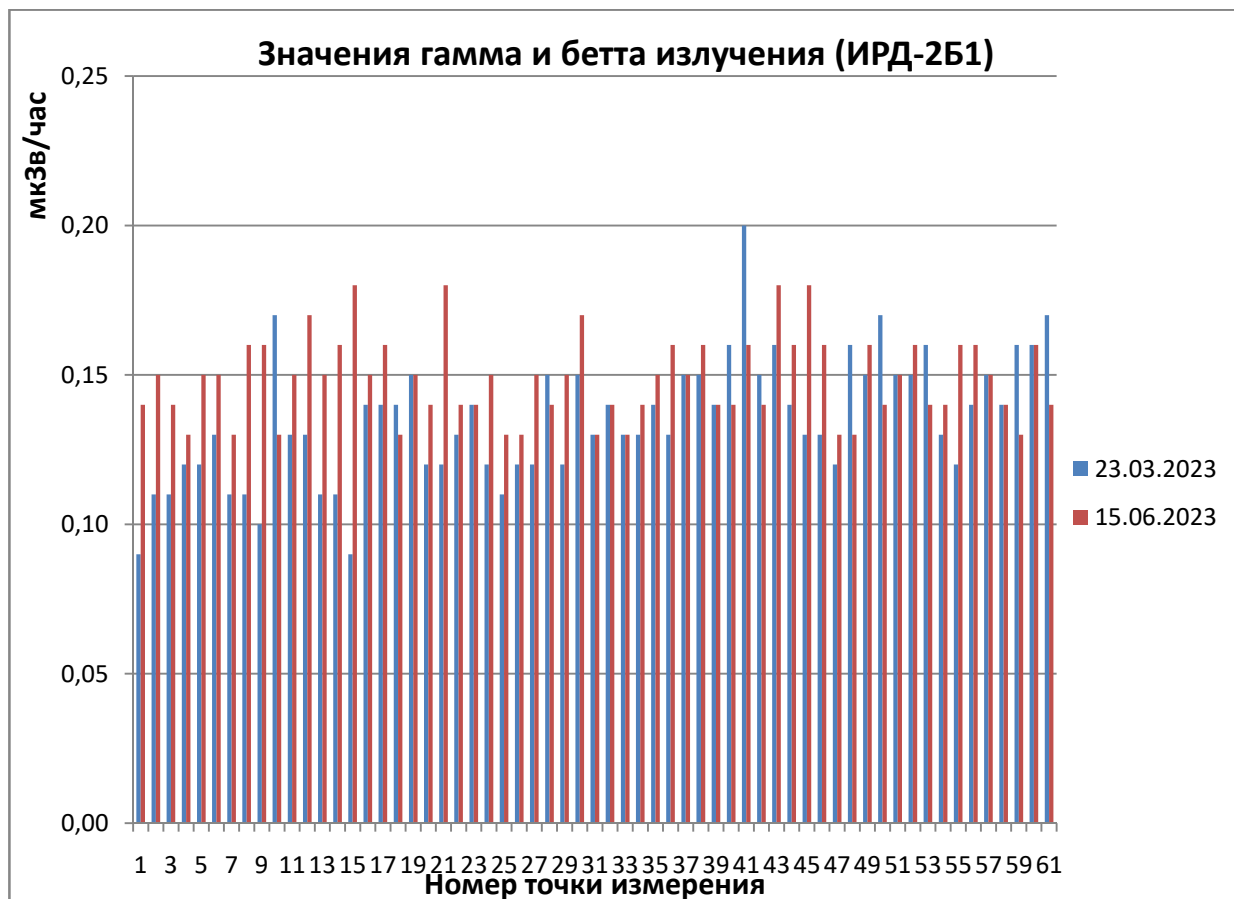


Рисунок 3.43 – Значения γ и β излучения за 23 марта 2023 г. и 15 июня 2023 г.

Проанализировав гистограмму, можно сделать вывод о том, что снежный покров уменьшает радиационную проникающую способность γ - излучения на 10-20 %.

Проанализировав построенные карты можно сделать следующие выводы:

1. Район является благополучным с точки зрения радиационной обстановки, так как нигде не обнаружено зон с превышением существующих санитарных норм.

2. Наблюдается неоднородное распределение радиационного фона в пространстве. Практически на всех картах существуют от трех до пяти локальных максимумов, где уровень радиационного фона превышает средний на 4-6 единиц.

3. Небольшие локальные максимумы связаны с нахождением в этих точках объектов хозяйственной деятельности (место кострища, склад гидроприборов, стоянки автомобилей, бывшее здание библиотеки, медпункт) и мест сбора мусора и курения.

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

Радиационная обстановка в месте проживания человека является важной информацией, ведь получив эти знания, он сможет оперативно реагировать и принимать меры в случае опасности. Предоставление информации населению в виде карт и рисунков помогает сделать процесс информирования более простым и удобным.

В ходе выполнения дипломного проекта были получены следующие основные результаты:¶

- 1) Изучены виды радиации, ее влияние на организм человека, предельно допустимые дозы и единицы измерения.¶
- 2) Изучены приборы ИРД-02Б1, Master-1.¶
- 3) Изучены возможности пакета «Surfer 9» для представления пространственного изменения результатов измерения гамма и бета излучения.¶
- 4) Проведены натурные измерения радиационного фона на УБП Даймище 23.03.2023 г. и 15.06.2023 г. с помощью радиометра Master-1 и дозиметра ИРД-02Б1, а также с помощью навигатора были определены координаты точек для географической привязки результатов измерений.¶
- 5) Разработан алгоритм картирования радиационного фона средствами «Surfer 9».¶
- 6) Проведена интерполяция измеренных данных методом Kriging.¶
- 7) Дана оценка радиационного фона на УБП Даймище с использованием аппаратно-программных средств.¶

В результате пространственного анализа радиационного фона были выявлены несколько локальных максимумов, но в целом излучение не превысило норм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Природный радиационный фон. Радионуклиды в биосфере/Д.А. Маркелов, М.А. Григорьева, 2011.-108с.
2. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика / Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 286 с.
3. Гребенюк А. Н., Смирнова Л. С. Основы радиационной экологии: Краткий курс лекций. – СПб., изд. РГГМУ, 2010. – 42 с.
4. Погосов А. Ю. Ионизирующая радиация: радиоэкология, физика, технологии, защита: учеб. /Под ред. А. Ю. Погосова – О: Издательство «Наука и Техника», 2012. – 115-138
5. Бекман, И. Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 409 с.
6. Перцов Л. А. Ионизирующее излучение биосферы. – М: Атомиздат, 1973, 228 с.
7. Белоус Д. А. Радиация, биосфера, технология. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2004. – 448 с.
8. Сахаров В. К. Радиоэкология: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2006. – 320 с.
9. Пивоваров Ю. П. Радиационная экология: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю. П. Пивоваров, В. П. Михалев. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
10. Акатов А. А., Коряковский Ю. С. Радиация: опасность реальная и вымышленная. – М.: Издательство «Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли», 2010. – 28 с.
11. СанПиН 2.6.1.2800-10 "Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего

излучения": Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 24 декабря 2010 г. N 171

12. 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

13. Н.О. Григоров, А.Г. Саенко, К.Л. Восканян. Методы и средства гидрометеорологических измерений. Метеорологические приборы. Санкт-Петербург, 2012г. 234 с.

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. Оценка показаний дозиметра-радиометра бытового ИРД-02Б. Методические указания / Л.А. Булдаков

17. К.Ю. Силкин Учебное пособие. Геоинформационная система Surfer 8/ Полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008.- 66с.