

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)

**КАМЕНКОВА Светлана Глебовна**

**Выпускная квалификационная работа**

***Радиоактивность почв Кирхгофской возвышенности***

Уровень образования: бакалавриат  
Направление *05.03.06 «Экология и природопользование»*  
Основная образовательная программа: *СВ. 5024 «Экология и природопользование»*  
Профиль: *05.03.06 «Экология и недропользование»*

Научный руководитель:  
кандидат геолого-минералогических наук,  
старший преподаватель  
кафедры экологической геологии  
Беляев А. М.



«22» мая 2021 г.

Рецензент:  
Кандидат географических наук,  
генеральный директор ООО «Комплексное решение»  
Дуброва С.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующая кафедрой:  
канд. геол.-мин. наук,  
доцент И.В.Федорова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

## Оглавление

Введение .....	3
1. Ионизирующее излучение в окружающей среде и его влияние на человека .....	6
<b>1.1. Ионизирующее излучение и единицы измерения</b> .....	6
<b>1.2. Радиоактивность горных пород</b> .....	8
<b>1.3. Радиоактивность почв</b> .....	10
<b>1.4. Биологическое воздействие ионизирующего излучения</b> .....	12
2. Природные условия района исследования .....	14
<b>2.1. Физико-географический очерк</b> .....	14
<b>2.2. Геоморфологические условия участка исследований</b> .....	15
<b>2.3. Геологическое строение</b> .....	18
18	
<b>2.4. Гидрогеологические условия</b> .....	20
<b>2.5. Экологическая обстановка в Ленинградской области</b> .....	21
3. Нормативные материалы, используемые при радиоэкологических исследованиях...	22
4. Материалы и методы .....	26
<b>4.1. Техника и методика измерений</b> .....	27
<b>4.2. Гамма-спектрометрия</b> .....	30
5. Результаты исследования .....	32
<b>5.1. Карта гамма-поля</b> .....	32
<b>5.2. Вклад диктионемовых сланцев в радиационную обстановку</b> .....	34
Заключение .....	50
Приложение .....	52
Список литературы .....	68

## Введение

Радионуклиды, присутствующие в горных породах, являются одними из естественных источников ионизирующего излучения. Геологические тела с повышенным содержанием радионуклидов определяют экологическую обстановку территории.

К таким телам на территории Ленинградской области относятся ордовикские битуминозные аргиллиты копорской свиты, которые также называются диктионемовыми сланцами (из-за обнаружения в них остатков граптолитов рода *Dictyonema*). Характерная особенность этих пород - повышенное содержание естественных радионуклидов (ЕРН) –  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$

Толщи аргиллитов чаще перекрыты более поздними отложениями, однако на некоторых территориях (от р. Сясь на востоке до Эстонии на западе), сланцы подходят близко к поверхности и вскрываются реками и ручьями, а также горными выработками (канавы, карьеры и т.д.). Выходы сланцев на дневную поверхность наиболее распространены в районе Балтийско-Ладожского уступа. Он протягивается от р. Волхов до г. Палдиски и далее по дну Балтийского моря до берегов Швеции и является существенным элементом рельефа северной части Восточно-Европейской равнины, отделяет Ордовикское плато от Кембрийской (Предглинтовой, Приморской) низины.

К Балтийско-Ладожскому глинтю относится, и территория Дудергофских высот, которые включают в себя горы Ореховую, Воронью, Кирхгоф, а также Кавелахтинскую и Перекюльскую гряды. В настоящее время здесь расположен ряд населенных пунктов (посёлок Дудергоф, деревни Кавелахта, Вариксолово, Пикколово, Мурилово, Перекюля, Карвала, Ретсея). Кирхгофская возвышенность, являющаяся территорией моего исследования представлена контрастным рельефом, изрезанным лощинами с крутыми склонами до 20–41°, и сложным геологическим строением, характерным для гляциотектонических дислокаций, что обуславливает возможность непосредственного контакта высокорadioактивных пород – диктионемовых сланцев – с почвой на относительно больших пространствах. Здесь ореолы рассеивания природных радионуклидов могут образовываться естественным путем за счет механического или химического обогащения почв радиоактивными элементами, содержащимися в битуминозных аргиллитах.

Очевидно, что диктионемовые сланцы могут представлять реальную опасность для человека, ведь в пределах изучаемой территории расположено несколько населенных пунктов, на территории которых могут располагаться участки с обширными выходами сланцев на поверхность. Кроме того, на участке исследования расположены такие объекты спортивно-развлекательно характера, как стрелковый клуб «Русское оружие» и горнолыжный курорт

«Туутари-парк. Кроме того, планируется построить бобслейно-биатлонный комплекс «Туутаревская зона горнолыжного спорта», три коттеджных поселка, рестораны, гостиницы и объекты инфраструктуры. Во время проведения исследовательских работ я часто становилась свидетелем того, что красивые ландшафты горы Кирхгоф и ее окрестностей используются местными жителями для прогулок, пикников, катания на квадроциклах, мотоциклах, лошадях и т.д. Поэтому так актуально проведение изучения радиоэкологической обстановки именно здесь.

Исходя из всего вышесказанного, была поставлена цель – характеристика диктионемовых сланцев как природного источника ионизирующего излучения, а также оценка радиоэкологической ситуации на Кирхгофской возвышенности.

Для достижения цели необходимо было решить следующие основные задачи:

- Поиск, расчистка выходов диктионемовых сланцев (копорская свита)
- Отбор проб и образцов из толщи диктионемовых сланцев
- Измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД) почв непосредственно на точках расчистки
- Проведение пешеходной гамма-съемки по всему исследуемому участку
- Анализ полученных данных и выявление мощностей гамма-поля Кирхгофской возвышенности
- Количественная оценка содержания радионуклидов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  в диктионемовых сланцах и выявление характера распределения этих элементов по разрезу;

Гамма-съемка осуществлялась в период с 2018 по 2020 гг. на территории Кирхгофской возвышенности (Ломоносовский район Ленинградской области). Отбор проб проведен там же осенью 2020 года. Всего было отобрано 11 проб диктионемовых сланцев с 4 обнажений. Также в каждой точке отбора производились измерения МЭД над почвами. Пробы отбирались по одному профилю сверху вниз по разрезу, с интервалом 0,3-0,4 м при помощи геологического молотка, хранились и транспортировались в полиэтиленовых пакетах. Средний вес одной пробы 0,5 кг. Лабораторные исследования проводились на базе испытательной лаборатории отдела радиационной гигиены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург».

Выражаю благодарность моему научному руководителю Беляеву А. М за помощь и поддержку по ходу написания выпускной бакалаврской работы. Также выражаю признательность безвременно ушедшему из жизни в начале 2021 года руководителю моих курсовых работ доценту кафедры экологической геологии С.В. Лебедеву за помощь, ценные

советы и консультации по ходу ведения исследовательских работ. Кроме того, хочу поблагодарить студентов кафедры экологической геологии Бунина В.О, Гришнякову А.И и Евенкову Т.А. и за помощь в проведении радиометрических исследований.

# 1. Ионизирующее излучение в окружающей среде и его влияние на человека

## 1.1. Ионизирующее излучение и единицы измерения

Под термином *ионизирующее излучение* понимают любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов различных знаков. Это излучение обычно делят на два класса: непосредственно ионизирующее излучение (заряженные частицы электроны, позитроны ( $\beta$ -частицы), протоны,  $\alpha$ -частицы и т. д.) и косвенно ионизирующее излучение (незаряженные частицы — нейтроны, фотоны и др., ионизирующие свойства которых проявляются в результате их взаимодействия с электронами (атомами) вещества).

*Радиоактивность* — самопроизвольное превращение атома одного химического элемента в атом другого, при котором происходит выделение энергии в виде электромагнитного излучения или корпускулярных частиц. К числу основных типов превращений относятся: альфа-, бета- распад и гамма-излучение.

Альфа-распад сопровождается испусканием из ядра химического элемента альфа-частицы, которая представляет собой ядро атома гелия  ${}^4_2\text{He}$ . В результате такого превращения образуется новый химический элемент, массовое которого уменьшено на 4 единицы, а порядковый номер на 2, по сравнению с исходным элементом. Этот вид радиоактивного распада характерен для естественных радиоактивных элементов с большими значениями порядкового номера.

Бета-распад сопровождается испусканием электроном и позитроном. Если в ядре имеется избыток нейтронов, то имеет место электронный бета-распад. Ядро элемента, испытывающего ядерные превращения, испускает электрон и элементарную частицу с очень малой массой и нулевым зарядом — антинейтрино. Дочерний элемент сдвинут в таблице Д.И. Менделеева на одно поле вправо. При избытке протонов происходит позитронный бета-распад, который приводит к испусканию позитрона и элементарной частицы — нейтрино. Результат — дочерний элемент сдвинут на 1 позицию влево в периодической таблице Д.И. Менделеева. Бета-распад претерпевают как естественные, так и искусственные радионуклиды.

Гамма-излучение — коротковолновое электромагнитное излучение, гамма-кванты обладают нулевым зарядом и большой энергией, поэтому обладают хорошей проникающей способностью в воздухе и биологических тканях.

Радиоактивные излучения, происходящие в природе без внешнего воздействия, называются естественной радиоактивностью, а в искусственно полученных под воздействием

альфа-, нейтронного излучений веществах (через ядерные реакции) – искусственной или наведенной радиоактивностью. В настоящее время известны 3 естественных радиоактивных семейства:

1. Урана - радия –  $^{238}\text{U}$  и  $^{226}\text{Ra}$
2. Тория –  $^{232}\text{Th}$
3. Актиния - урана –  $^{235}\text{U}$  и  $^{235}\text{Ac}$  (Александров, 2007).

Радиоактивность вещества принято характеризовать его активностью  $A$ , которая численно равна числу распадов ядер радионуклида в единицу времени. В системе СИ за единицу активности радионуклидов принимается единица беккерель (Бк), равная одному ядерному превращению в 1 секунду.

Из-за сложности измерения потока энергии для количественной характеристики излучения используют дозовые параметры. Под дозой понимается энергия излучения, предназначенная для передачи или переданная среде и рассчитанная на единицу массы (система СИ) или объема этой среды.

*Доза*, определенная по ионизации воздуха в условиях электронного равновесия, называется *экспозиционной*; доза, определяемая поглощенной энергией в любом другом веществе, - *поглощенной дозой излучения*. Доза, отнесенная к единице времени, называется *мощностью дозы*.

Единица мощности *экспозиционной дозы* - ампер на килограмм (А/кг) или рентген в секунду (Р/с); это отношение суммарного заряда ионов одного знака, созданных излучением в единицу времени в воздушном объеме, к массе воздуха в этом объеме. Приборы для радиометрической разведки градуируются в единицах микрорентген в час (мкР/ч).

Единицей мощности поглощенной дозы в системе СИ является грей в секунду (Гр/с); это количество энергии излучения, поглощенной веществом единичной массы в единицу времени.

Биологическое значение имеет мощность эквивалентной дозы (МЭкД) - количество энергии ионизирующего излучения, поглощаемое веществом единичной массы в единицу времени с учетом биологического воздействия на организм человека. Измеряется в зивертах в секунду (Зв/с) или микрозивертах в час (мкЗв/ч).

Природное излучение существовало в течение всей эволюции человека и влияло на его становление как биологического вида. В связи с этим можно предположить, что радиоактивный фон (ионизирующее излучение) необходим для существования жизни на планете в современной форме и только его повышенный уровень связан с риском для организма (Лебедев, 2006).

Современный радиационный фон формируют: природные источники, которые существуют на протяжении всей геологической истории Земли; техногенные радионуклиды естественного происхождения, в результате разведки и отработки месторождений полезных ископаемых, работы энергетических установок и т. п.; радионуклиды, образованные в результате работы АЭС, ядерных взрывов различного назначения и аварийных ситуаций.

Естественные (природные) источники ионизирующего излучения существуют в окружающей среде с момента образования Земли и подразделяются на внешние источники внеземного происхождения (космическое излучение и космогенные радионуклиды); внешние источники земного происхождения (радионуклиды, присутствующие в земной коре, атмосфере, гидросфере) с момента ее образования; внутренние источники — природные радионуклиды, поступающие в организм человека с пищей, воздухом и т. д. (Хайкович и др., 2013).

## 1.2. Радиоактивность горных пород

Различным типам горных пород характерны различные содержания таких радионуклидов, как уран, торий и калий. В горных породах уран входит в кристаллическую структуру силикатов и, обладая высокой миграционной и накопительной способностью определяет типы урановых рудобразований. В целом радиоактивность магматических пород выше, чем осадочных или метаморфических, о чем свидетельствует таблица 1.

Таблица 1. Массовые доли EPH в основных типах горных пород (Беляев и др., 2003)

Тип пород	Массовая доля, %		
	U, 10 <sup>-4</sup>	Th, 10 <sup>-4</sup>	K, %
<i>Магматические</i>			
Щелочные	7,0	35,0	4,5
кислые (граниты)	4,8	20,0	2,1
Средние	2,0	8,7	2,4
Основные	1,0	4,0	0,5
ультраосновные	0,3	0,6	0,1
<i>Осадочные</i>			
глина и сланцы	3,6	10,3	2,8
песчаники	2,1	1,7	0,4
известняки	1,4	1,7	0,3



Гипс	0,1	0,4	0,1
<i>Метаморфические</i>			
Гнейсы	3,3	15,5	3,3
Мраморы	1,2	1,8	0,2
Кварциты	0,5	0,6	0,1
<i>Кларк</i>			
в земной коре	2,5	13,0	2,5
в почве	2,0	6,2	1,2

### **Интрузивы.**

В изверженных горных породах имеется тенденция к увеличению содержания ЕРН с ростом содержания SiO<sub>2</sub> в породе. Наибольшее содержание урана имеют кислые сиениты и граниты. Основными урановыми минералами являются настуран, уранинит, урановая смолка, а ториевыми- аронгит, торинанит, торит и др.

### **Осадочные породы.**

Осадочные породы в определенной степени наследуют радиоактивность пород, из которых они формируются. Наиболее высокой и сравнительно постоянной радиоактивностью среди осадочных пород обладают глинистые сланцы и глины.

В радиоактивности осадочных пород существенную роль играют их литологические и генетические особенности. Загипсованность, доломитизация, окремнение, пиритизация и карбонатизация осадочных пород, при прочих равных условиях, обычно снижают их радиоактивность.

Следует обратить внимание на тот факт, что состав ЕРН в осадочных породах весьма различен. Повышенные значения радиоактивности породы могут быть связаны с наличием примесей и прослоев органического материала с высоким содержанием урана или тория (Беляев и др., 2003).

В нормативных документах, применяемых в российском законодательстве нет норм для оценки непосредственно горных пород с точки зрения опасности для человека, однако, существуют показатели, применяемые для оценки экологической опасности строительных материалов, изложенные в НРБ-99/2009.

Одним из естественных ионизирующих источников на Кирхгофской возвышенности являются диктионемовые сланцы, характеризующиеся повышенным содержанием в них радионуклидов <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K.

Согласно расчетам геохимических индикаторов по соотношениям, приведенным в работе Е.Г. Пановой и А.М. Ахмедова (2011), (с помощью подобных индикаторов определяется целый комплекс критериев происхождения месторождений полезных ископаемых (Овчинников, 1983)) в работе А.С. Балахоновой (2014) были установлены особенности условий осадконакопления диктионемовых сланцев:

- Было установлено, что диктионемовые сланцы накапливались в гумидном климате в условиях морской мелководно-прибрежно фациальной обстановки с преимущественно терригенным источником сноса.
- Также расчетные индикаторы говорят, о том, что сланцы сформировались в бескислородных условиях, возможно при наличии сероводородного заражения.
- Кроме того, можно утверждать, что в областях питания преобладают кислые магматические образования - источники урана и других металлов области сноса.

В начале ордовика море трансгрессировало, охватив большую часть Балтийского щита, сложенного преимущественно кислые гранит-гранодиоритового состава породами, являющиеся источниками урана и тория. В бассейн сносилось большое количество терригенного материала, где в условиях восстановительной сероводородной обстановки, происходила аккумуляция радиоактивных элементов из придонных вод органическим веществом.

### ***1.3. Радиоактивность почв***

В почву радионуклиды привносятся из материнских пород, где захватываются или сорбируются глинистыми или коллоидными частичками. Стоит понимать, что почва это не конец пути радионуклидов в природе, часть их с газами через почву эманурует в атмосферу, часть концентрируется в наземных растениях, часть с грунтовыми водами и осадками выносятся в гидросферу.

Итак, Радиоактивность почв обусловлена рядом факторов:

- подстилающих материнских пород и характеристиками их выветривания. Наивысшая радиоактивность почв имеет место для подстилающих пород изверженного типа (граниты, гнейсы и др.);
- условиями осаждения и адсорбции ЕРН, влияющими на ионы радиоактивных элементов и их комплексы с различными анионами (для урана — с анионами  $\text{VO}_4^{3-}$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ), почвенными коллоидами, гидроксидами (для урана — с гидроксидами Si, Al, Ti, Fe, Mn) /рН почвенного раствора;
- реакциями образования комплексов с органическим (гумусным) материалом;

- жизнедеятельностью микроорганизмов;
- климатическими условиями.

Например, уран в общем значительно более подвижен в почвах регионов с полуаридным и аридным климатом, чем с тропическим влажным климатом. Это является результатом низкого содержания органического материала в почвах аридных регионов. Одним из наиболее существенных факторов является влияние подземных вод, в том числе из глуболежащих водоносных горизонтов высокоминерализованных пластовых вод (Давыдов и др., 2017)

Данные о содержаниях ЕРН в почвах сведены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание ЕРН в разных типах почв (Давыдов и др., 2017)

Почвы	А, Бк/кг		
	238U	232Th	40K
1	2	3	4
Земная кора	33 28–44	39 41–53	656 740–818
почвы	10–50 ср. 25	7–50 ср. 25	100–700 ср. 370
Почвы:			
— сероземы	31	48	670
— серо-коричневые	28	41	700

Почвы	А, Бк/кг		
	238U	232Th	40K
1	2	3	4
— каштановые	27	37	550
— черноземы	22	36	410
— серые лесные	18	27	370
— дерново-подзол.	15	22	300
— подзолистые	9	12	150
— торфянистые	6	6	90
Диапазон	6–50	7–53	100–700
Ср. мировые	26	26	370

Общей особенностью пространственного распределения ЕРН в почвах является увеличение их содержания от севера РФ к югу, что связано с ландшафтным и геологическим строением земной коры. Главные факторы, влияющие на содержание естественных радионуклидов в почве: радиогеохимические особенности материнских пород, ландшафт и интенсивность потока солнечной радиации. Так, территорию России по уровню обусловленной радиации можно разделить на три следующие зоны:

- Зона пониженной радиации — равнинная часть севера России — тундровый и таежный ландшафты. Содержание ЕРН в подстилающих горных породах низкое, также низкое

содержание ЕРН в глеевых, болотно-подзолистых и болотных почвах (~14% территории России).

- Зона умеренной радиации — лесостепные, таежные и горнотаежные ландшафты. К этой зоне относится, и территория Дудергофских высот с Кирхгофской возвышенностью. Содержание ЕРН в осадочных и магматических породах соответствует средним, а содержание ЕРН в дерново-подзолистых и подзолистых почвах несколько выше, чем в северной зоне (~65% территории России).
- Зона повышенной радиации — степные и горностепные ландшафты. Содержание ЕРН повышено в подстилающих кислых магматических породах и почвах степной зоны (лугово-черноземные, каштановые) и горно-таежной зоны (дерново-подзолистые и подзолистые) (~17% территории России) (Давыдов и др., 2017).

Над почвами осуществляется радиационный контроль с помощью нормативных документов таких как «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности методическими указаниями», НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010.

#### ***1.4. Биологическое воздействие ионизирующего излучения***

Когда на Земле зарождалась жизнь, радиоактивный фон был значительно выше, чем в настоящее время, однако, это по-видимому это и способствовало появлению. Поэтому можно предположить, что радиоактивный фон необходим для поддержания жизни и только его повышенный фон может быть опасен для организма. Существуют порог чувствительности, ниже которого ионизирующее излучение (ИИ) практически не воздействует на организм, и порог опасности, превышение которого может вызвать нежелательные и даже губительные последствия. Опасность заключается в том, что у человека нет органов чувств, непосредственно реагирующих на ИИ, воздействие которого носит кумулятивный характер, и ощущается человеком со временем. Значит предупредить опасность могут только соответствующие измерения и приборы.

В процессе облучения организма ионизирующим излучением, часть энергии поглощается, в результате чего происходят расщепление молекул белка, разрыв наименее прочных связей в молекулах, отрыв радикалов и другие изменения. В этом проявляется прямое действие ИИ. Большая часть человеческого организма состоит из воды и ИИ оказывает косвенное влияние на него с помощью продуктов радиолиза воды. Прямое и косвенное воздействия излучения на организм характеризуют первичные физико-химические процессы,

возникающие в молекулах живых клеток и окружающего их субстрата. В дальнейшем под действием этих первичных процессов в клетках могут произойти необратимые изменения, которые нарушают функциональную работу клеток и могут вызвать нарушение функции отдельных органов и, в конечном счете, даже гибель целого организма. Среди важных изменений, которые претерпевает клетка при воздействии ИИ, можно выделить такие, как нарушение митоза (деления) клетки и ее хромосомного аппарата, кроветворной системы, слизистой оболочки ЖКТ. Наиболее чувствительны к радиации половые железы, костный мозг, легкие и желудок. Наименее – нервные клетки, костная ткань, кожа (Хайкович и др., 2013).

Конечный результат связан не только с поражением клеток, но и с их последующим восстановлением. В процессе облучения клеток угнетение деления происходит до какого-то момента, после которого следует либо полное подавление митоза, либо гибель клетки. Среди многих проявлений действия ИИ на клетку невозможность дальнейшего деления – наиболее важна. Так как в виду утраты способности митоза в организме могут образовываться патологические формы гигантских клеток, которые впоследствии оказываются нежизнеспособными (Давыдов и др., 2017).

Человеческий организм отличается особой чувствительностью. Более высокоразвитые организмы реагируют на радиационное воздействие острее, чем низкоорганизованные организмы. Семенные растения и низшие позвоночные занимают промежуточное положение. Однако, в зоне действия мощных источников ИИ не способно выжить не одно живое существо (Хайкович, 2013).

## 2. Природные условия района исследования

### 2.1. Физико-географический очерк

Территория Ленинградской области расположена на северо- западе европейской части России. Площадь ее – 85, 3 тысячи км<sup>2</sup>. Она сильно вытянута с запада па восток (450 километров, а с севера па юг от 100 до 320 километров). На северо-западе территория омывается водами Финского залива, па севере — Ладожского озера, а на северо-востоке — Онежского озера. Расположена в умеренных широтах между 58°25' и 61°15' северной широты и 27°45' и 34°45' восточной долготы. Дудергофские высоты располагаются частично в Ломоновском районе Ленинградской области (гора Кирхгоф и частично на юго-западе Санкт-Петербурга (горы Воронья и Ореховая).

К югу от Финского залива и Ладожского озера расположено Ордовикское плато. Западная, наиболее высокая его часть – Ижорская возвышенность – обрывается на север Балтийско-Ладожским уступом, так называемым глинттом.

Дудергофские высоты расположены у северной границы Ижорского плато и резко отличаются от окружающего равнинного ландшафта. Условия залегания, мощность и облик пород аномальны для близлежащей местности. Здесь породы кембрия и ордовика имеют непостоянный азимут падения, достигающий 70 градусов; амплитуда поднятия кровли лонтоваских глин кембрия и вышележащих пород доходит до 100 м. Известняки и глины сильно выветрены. Мощность четвертичных отложений на Дудергофских высотах достигает 80 м, в то в время как в данном районе она измеряется несколькими метрами.

Дудергофские высоты - две возвышенности, объединенные общим цоколем, располагающимся на абсолютных отметках 90- 100 м. Наиболее четко выражена западная - собственно Дудергофская возвышенность (площадью около 1.5 км<sup>2</sup>), разделенная ложбиной на два крупных холма - северный, с абсолютной отметкой 147 м (г. Воронья), и южный с максимальной в районе высотой в 176 м (г. Ореховая). Подобные абсолютные высоты не встречаются к северу от Санкт-Петербурга на расстоянии ближе 40 км, а к югу - 240 км. Отдельные холмы, расположенные на других высотах, таких как Лемболовская, Лужская, Валдайская и т.д имеют даже бóльшие абсолютные высоты, но не отличаются таким резким контрастным рельефом как Дудергофские высоты. Так, восточный склон имеет крутизну до 30°, свойственную на Северо-Западе лишь молодым эрозионным формам рельефа. Кирхгофская возвышенность имеет более плавные массивные очертания, ее длина составляет около 5 км, ширина 2.5 км, что сильно превосходит Дудергофскую возвышенность. Склоны у

нее пологие, достигают 10-12 градусов, вершина – уплощенная. Максимальная абсолютная отметка около 170 м находится вблизи ее юго-западной оконечности. От основания Дудергофских высот в юго-западном направлении отходят две невысокие гряды: Кавелахтинская, протяженностью до 2 км, шириной 0,5 км и относительной высотой до 10 м; и Перекюльская, которая имеет более скромные размеры. При протяженности всего в километр она достигает в ширину 100 м, а в высоту 4-6м. У подножия Дудергофских высот расположено Дудергофское озеро (Грейсер и др., 1980).

Климат характерный для Ленинградской области сформировался под влиянием моря и больших озер, что обуславливает прохладное лето и теплую зиму, а также продолжительную и обычно теплую осень, длинную холодную весну. Преобладают южные, юго-западные и западные ветры, только летом возрастает число северных и северо-западных направлений. Самыми сильными ветрами всегда являются юго-западные. Самое большое количество дождей выпадает в июле и августе; наибольший снежный покров наблюдается в феврале, окончательно снег сходит в конце апреля. Средняя годовая температура в области понижается с запада на северо-восток от +4,5 до +2 градусов. Относительная влажность воздуха всегда высокая - от 60 процентов летом до 85 процентов зимой (Александрова, 1971).

## ***2.2. Геоморфологические условия участка исследований***

Балтийско-Ладожский глинт имеет протяженность около 1200 км, по высоте изменяется от 15 до 95 м. Географически, уступ простирается от р.Волхов до г.Палдиски и далее по дну Балтийского моря до берегов Швеции. Это значимый элемент рельефа северной части Восточно-Европейской равнины, который отделяет Ордовикское плато от Кембрийской низины. По сути сам термин «глинт» применим лишь к небольшим участкам эстонского побережья, где он представляет собой обрыв или уступ, на остальном протяжении – это пологий скат шириной до нескольких километров (Малаховский и др., 1987).

Дудергофские высоты находятся вблизи верхней бровки глинта. С запада и востока они ограничены ложбинами древнего ледникового выпахивания, прорезающими Балтийско-Ладожский уступ. Западная ложбина выражена в современном рельефе хорошо и в глубину достигает 20-25 метров, в то время как восточная имеет вид широкого залива, а ее южная часть в современном рельефе не выражена совсем (рис.1). Несколько геолого-геоморфологических разрезов представлены отдельно на рис. 2.

На крутых склонах Дудергофской возвышенности и горы Кирхгофской наблюдается большое количество мелких скульптурных форм, которые связаны с карстовыми процессами, например, эрозионно-карстовых впадины. В настоящее время одни из таких впадин сухие,

другие - заболочены, а третьи - заняты озерами. В общем рельеф высоких частей Дудергофских высот имеет резкие очертания и обладает юными формами развития (Лобанов, 1976). Также на склонах дудергофских высот имеются заброшенные карьеры различного назначения, которые я наблюдала в ТН 401 и 174.

Структурная терраса Дудергофских высот располагается на высоте 120-125 м и двух отходящих от них гряд покрыта элювиально-делювиальными отложениями.

Рельеф Дудергофских высот напрямую определен их тектонической структурой, а именно: высоты образованы антиклинальной складкой овальной формы, которую разделяет перемычка на куполообразные антиклинали второго порядка, выраженные собственно Дудергофской и Кирхгофской возвышенностью.

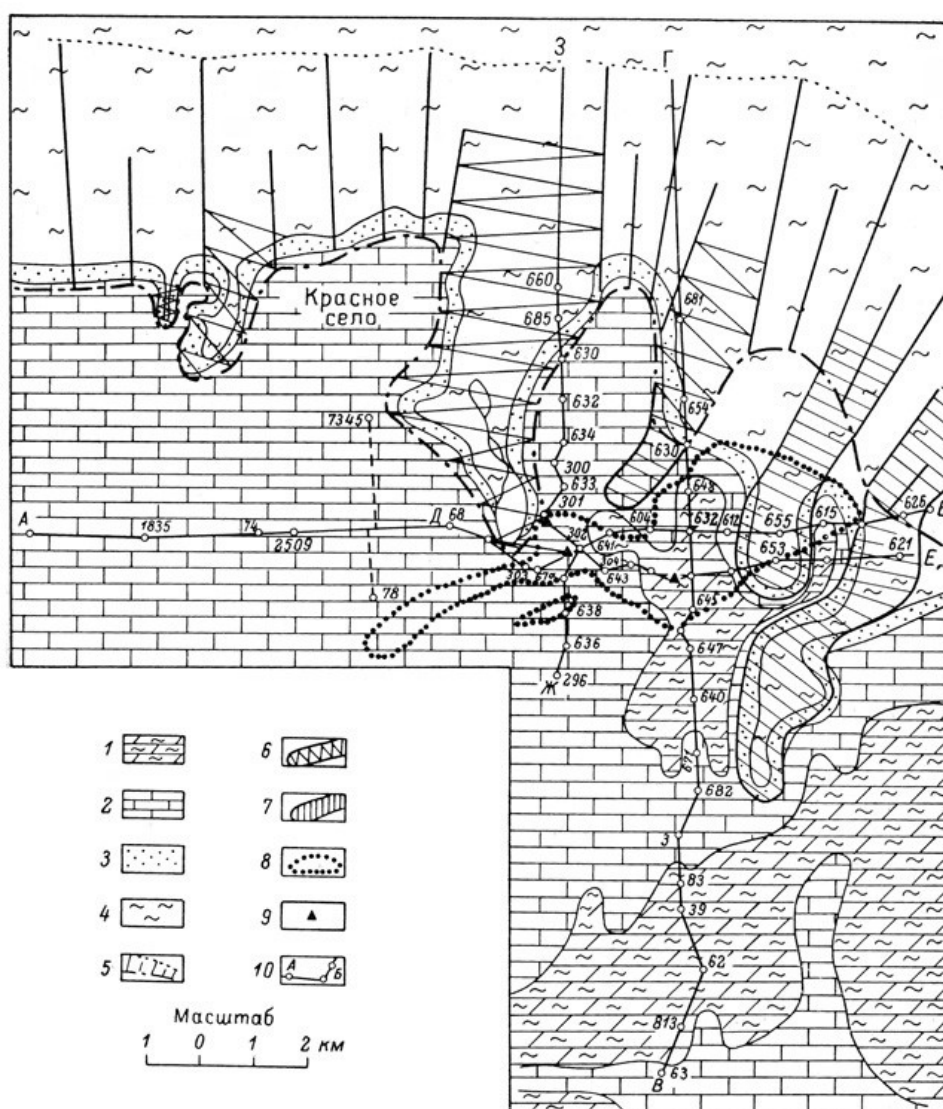


Рисунок 1. Геолого-геоморфологическая схема Района Дудергофских высот. 1 - 4 – геологическое строение, 5 – уступ ордовикского плато (глинт), 6 – ложбины ледникового вытаивания, выраженные в современном рельефе, 7 – ложбины ледникового вспахивания



*погребенные, 8 – Дудергофские высоты, 9 – вершины Дудергофских высот, 10 – линии геологических разрезов (Грейсер и др., 1980)*

Плохая обнаженность пород в сочетании со сложными условиями залегания дают исследователям шанс на множественные трактовки природы Дудергофских высот. Для объяснения их происхождения были выдвинуты следующие гипотезы.

Тектоническая гипотеза (Ржонсницкий и Тетяев, 1919; Свительский, 1921), согласно которой причиной появления высот служил каледонский орогenez, что протеворечит весьма интенсивному, четко выраженному и узко-локальному характеру дислокаций.

Теория глиняного диапиризма (Лобанов, 1976). Концепция ее состояла в том, что под сильным неравномерным давлением валдайского континентального ледникового покрова, синие глины образовали, складки нагнетания, протрузии, интенсивно дислоцирующие и даже протыкающие вышележащие породы. Однако, исходя из проведенных лабораторных исследований (Грейсер и др., 1980) было установлено, что при выдавливании глин на высоту 130 м и выше (высота г. Ореховая 176 м), рядом с Дудергофскими высотами должна была образоваться компенсационная котловина, глубиной 90-100м, с мощностью глин 20-30 м. Тем не менее, такое явление в природе не наблюдается.

Гляциотектоническая гипотеза наиболее полно была впервые обоснована в 1932 г. М.Э. Янишевским (Янишевский, 1932), который объяснил происхождение Дудергофских высот активным давлением четвертичного ледника на уступ Балтийского глинта, и этим обосновал значительную изменчивость элементов залегания на коротких расстояниях, сильную раздробленность известняков, приуроченность нарушений к бровке глинта и их тесную связь с мореной, содержащей большое количество отторженцев.

Малаховский с коллегами в своей работе (Малаховский и др., 1987) для изучения природы Дудергофских высот используют более 250 разведочных, картировочных скважин для построения геологических разрезов. В результате было установлено, что Дудергофские высоты представляют собой пример единого парагенетического комплекса, образовавшегося у края активного ледника. Этим легко объясняется возрастающая мощность четвертичных отложений, наличие гляциодислокаций, нарушение последовательной смены горизонтов. В своей работе, ввиду обширной доказательной базы, я буду придерживаться этой теории.

## 2.3. Геологическое строение

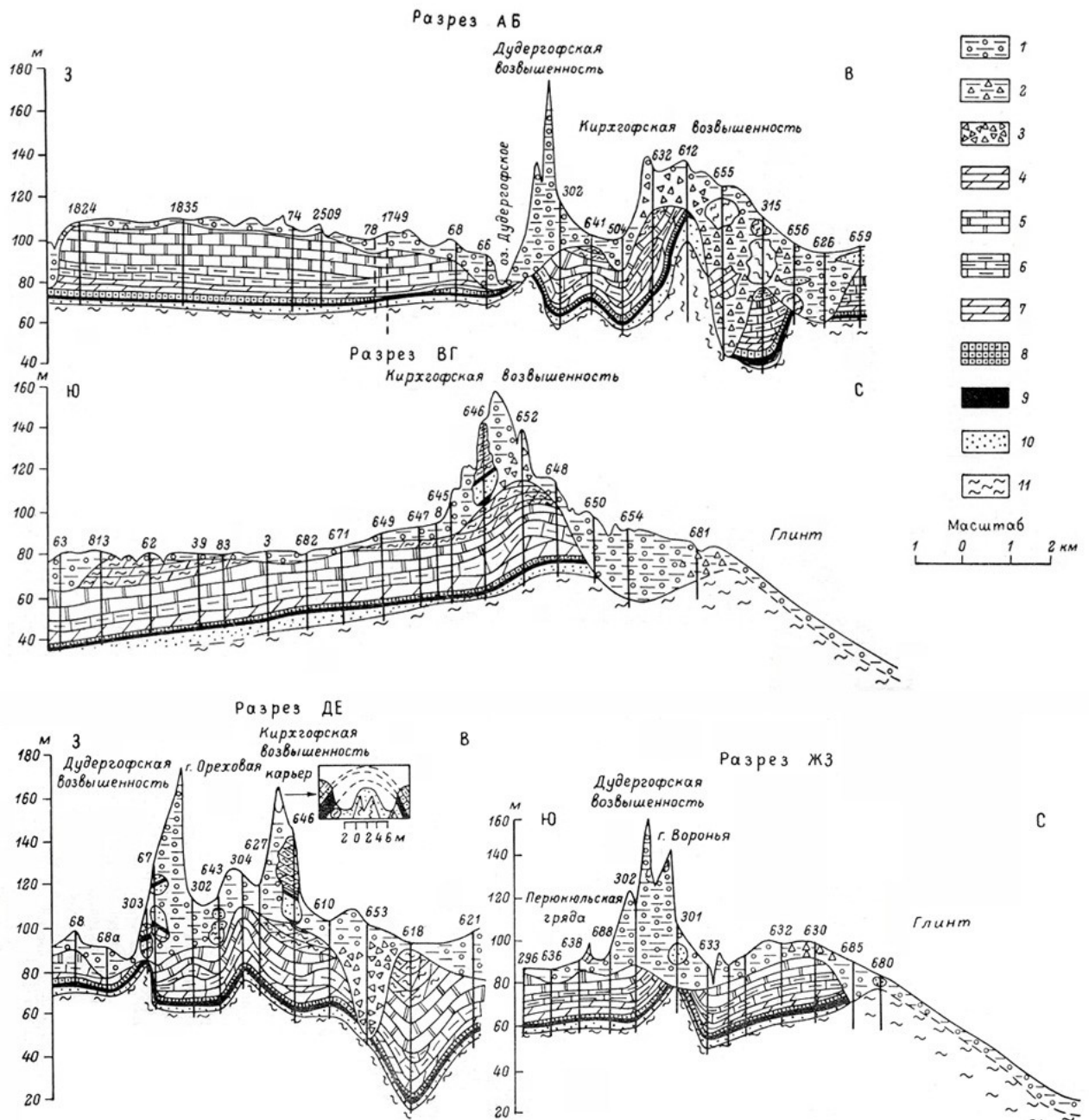


Рисунок 2. Геологические разрезы, через Дудергофские высоты. Четвертичные ледниковые отложения: 1 – суглинки в супеси валунные, 2 – локальные морены, 3 – ледниковые брекчии (лонтовасские глины с обломками ордовикских известняков), 4 – средний девон, наровский горизонт – мергели и аргиллитоподобные глины, 5 – средний ордовик, таллинский горизонт – доломитизированные известняки. Нижний ордовик: 6 – кундский горизонт – глинистые известняки, 7 – волховский горизонт – известняки, известковистые доломиты, 8 – лэцкий горизонт – песчаники, пески, глины, пакерортский горизонт: 9 – сланцы диктионемовые, 10 – пески, песчаники оболочевые, 11 – нижний кембрий, лонтоваская свита – глины плотные (Грейсер и др., 1980).

Геологическое строение района Дудергофских высот представлена на рисунке 2. Кристаллический фундамент располагается на глубине 344 м, полого снижаясь на юг, под углом 12°. С угловым несогласием его перекрывают верхнепротерозойские песчаники и глины гдовского и котлинского горизонта, мощностью 200-240 м. Кембрийские отложения (ломоносовская и лонтоваская свиты), представленные глинами и алевролитами залегают несогласно на песчаниках и глинах венда с перерывом, их мощность достигает 70-120 м. Разрез кембрия завершается кварцевыми песками и песчаниками ижорской свиты, которые без видимого перерыва перекрываются оболочными песчаниками пакерортского горизонта. Общая мощность песчаной толщи – 10 м. Выше залегает объект моего исследования – диктионемовые сланцы, которые обычно имеют мощность до 1 метра, однако в районе Дудергофа достигают 3-5 м. Сланцы подстилают относящиеся к этому же горизонту глинистые глауконитовые песчаники, мощностью от 0,5 до 3-4 м.; доломитизированные известняки и доломиты волховского и кундского горизонтов, общая мощность которых составляет 15-18 м. Толщу ордовикских отложений завершает таллинский горизонт, сложенный однообразной толщей известняков, мощностью 12-15 м (Грейсер и др., 1980).

На известняках ордовика со стратиграфическим и угловым несогласием залегают девонские отложения, представленные пестроокрашенными мергелями и аргиллитоподобными глинами наровского горизонта, достигающие до 40 м по мощности.

Четвертичные отложения в этой районе представлены мореной и элювиально-делювиальными образованиями. Морена выражена желто-бурыми и бурыми валунными суглинками, а также красновато-бурыми песчанистыми суглинками, мощностью 2-5 м. Морена развита повсеместно на равнине вокруг Дудергофских высот и покрывает днища впадин, расположенных внутри высот. Выше 130 м морена отсутствует, но повсеместно рассеяны глыбы и валуны кристаллических пород, что свидетельствует о том, что покров морены здесь был размыт.

Элювиально-делювиальные отложения располагаются у подножия Дудергофа, а также окружают Переключскую и Кавелахтинскую гряды. Благодаря проведенным исследованиям (Лобанов, 1976) было установлено, что элювиально-делювиальные образования, представленные несортированной обломочной породой (угловатые обломки ордовикских известняков до 10 и галек кристаллических пород), заполненной желтовато-бурым мергельным суглинком, залегают на ордовикских известняках. С удалением от поднятий к прилегающим равнинам они последовательно перекрывают ленточные пески и глины и впоследствии ложатся на морену.

В основном на участке Дудергофских высот развито нормальное залегание пород, однако встречаются изоклинальные и опрокинутые складки.

Ордовикские известняки в складках повсеместно раздроблены в щебенистую дресву, и по словам Лобанова И.Н (Лобанов, 1976) представляют собой не что иное, как кору выветривания, сформированную в условиях интенсивной аэрации и промывания. Пласты диктиоменовых сланцев в этих условиях превратились в бурую рыхлую породу, что я самолично наблюдала на точках наблюдения 401, 174.

#### ***2.4. Гидрогеологические условия***

В районе Ордовикского плато, к которому принадлежат Дудергофские высоты и собственно Кирхгофская возвышенность, распространены следующие водоносные горизонты:

1) горизонт грунтовых вод комплекса ледниковых отложений

Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен к песчаным линзам и прослоям, встречающимся, среди толщи моренных суглинков. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Качество воды по визуальным наблюдениям часто совершенно неудовлетворительно ввиду значительного поверхностного загрязнения.

2) водоносный горизонт карбонатной толщи ордовика,

Карбонатная толща ордовика представлена пластами трещиноватых, закарстованных известняков и реже доломитизированных известняков и доломитов. Водоносный горизонт, приуроченный к карбонатной толще, трещино-пластовый, безнапорный и залегает неглубоко от поверхности земли. Подземные воды карбонатной толщи ордовика имеют большое количество значительных выходов на поверхность в виде единичных и групповых источников и ключей. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков.

3) водоносный горизонт песчаной толщи кембро-ордовика,

Третий водоносный горизонт — кембро-ордовикский - приурочен к пескам и песчаникам нижнего ордовика и кембрия.

В связи с непостоянством распространения диктиоменовых сланцев водоносный горизонт кембро-ордовика имеет гидравлическую связь с водами карбонатной толщи ордовика, что подтверждается почти одинаковым положением статических уровней воды обоих горизонтов. Подстилается кембро-ордовикский водоносный горизонт мощной толщей синих кембрийских глин.

4,5) водоносный горизонт песчаной толщи нижнего кембрия и гдовский водоносный горизонт

По разрезам опорных скважин водоносный горизонт песчаной толщи нижнего кембрия горизонт залегает на глубине 212—269 м, а гдовский — на глубине 321—456 м. Оба эти горизонта содержат воды повышенной и высокой минерализаций (Возможность использования ..., 1969).

## ***2.5. Экологическая обстановка в Ленинградской области***

Радиационный фон на территории Ленинградской области находится в пределах 0,05-0,29 мкЗв/ч, что соответствует многолетним среднегодовым значениям природного радиационного фона. Радиационных аварий и происшествий, приведших к облучению населения, в Ленинградской области за последние 40 лет не зарегистрировано. Для области в силу ее приграничного статуса и стратегического транспортно-логистического потенциала федерального уровня высок удельный вес промышленных и хозяйственных объектов, отнесенных к природоохранной компетенции федеральных органов исполнительной власти РФ. Кроме этого, характерно наличие значительной площади природных объектов, имеющих статус федеральной собственности (акватории Финского залива, Ладожского озера), в связи с этим они являются объектами наблюдения одновременно нескольких систем мониторинга (Доклад «Об экологической...», 2018).

### 3. Нормативные материалы, используемые при радиоэкологических исследованиях

Для любой территории, в независимости от ее величины, масштаба и значения строящихся объектов, необходима оценка радиационной обстановки.

Оценка радиационной обстановки выполняется на основании: Федерального Закона «О радиационной безопасности населения» – 1955 г. и Закона РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», 1999 г.; в соответствии с нормами радиационной безопасности НРБ-99 и основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99, а также ведомственными нормативно-методическими и инструктивными документами Министерства здравоохранения и социального развития РФ, Министерства природных ресурсов РФ, Ростехнадзора и др.

Требования по обеспечению радиационной безопасности населения распространяются на регулируемые природные источники излучения: изотопы радона и продукты их распада в воздухе помещений, гамма излучение природных радионуклидов, содержащихся в строительных изделиях, природные радионуклиды в питьевой воде, удобрениях и полезных ископаемых (п.5.2.1. ОСПОРБ-99).

Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации планируют и проводят работы по оценке и снижению уровней облучения населения природными источниками излучения. Сведения об уровнях облучения населения природными источниками излучения заносятся в радиационно-гигиенические паспорта территорий.

Относительную степень радиационной безопасности населения характеризуют следующие значения эффективных доз от природных источников излучения (п.5.2.2.ОСПОРБ-99):

- менее **2 мЗв/год** - облучение не превышает средних значений доз для населения страны от природных источников излучения;
- от **2 до 5 мЗв/год** - повышенное облучение;
- более **5 мЗв/год** - высокое облучение.

При выборе участков территорий под строительство жилых домов и зданий социально-бытового назначения предпочтительны участки с гамма-фоном, не превышающим **0,3 мкГр/ч** ( $=0,3 \text{ мкЗв/ч}$ ) и плотностью потока радона с поверхности грунта не более **80 мБк/(м<sup>2</sup>•с)**.

При отводе для строительства здания участка с плотностью потока радона более **80 мБк/(м<sup>2</sup>•с)** в проекте здания должна быть предусмотрена система защиты от радона (монолитная бетонная подушка, улучшенная изоляция перекрытия подвального помещения и др.). Необходимость радонозащитных мероприятий при плотности потока радона с

поверхности грунта менее  $80 \text{ мБк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  определяется в каждом отдельном случае по согласованию с органом государственной санитарно-эпидемиологической службы (п.5.2.3. ОСПОРБ-99).

При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений  $\text{ЭРОА}_{\text{Rn}+} \cdot 4,6 \cdot \text{ЭРОА}_{\text{Tn}}$  не превышала  $100 \text{ Бк}/\text{м}^3$ , а мощность эффективной дозы гамма-излучения не превышала мощность дозы на открытой местности более чем на  $0,2 \text{ мкЗв}/\text{ч}$  (п. 5.3.2. НРБ-99).

В эксплуатируемых зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе жилых помещений не должна превышать  $200 \text{ Бк}/\text{м}^3$ . При более высоких значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений. Защитные мероприятия должны проводиться также, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на  $0,2 \text{ мкЗв}/\text{ч}$  (п.5.3.3.НРБ-99).

Согласно НРБ-99, «для обеспечения радиационной безопасности населения и работников организаций и планирования видов и объема радиационного контроля при обращении с материалами вводится следующая их классификация:

- для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (I класс):

$$A_{\text{эфф}} \leq 370 \text{ Бк}/\text{кг};$$

- для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (II класс):

$$A_{\text{эфф}} \leq 740 \text{ Бк}/\text{кг};$$

- для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (III класс):

$$A_{\text{эфф}} \leq 1500 \text{ Бк}/\text{кг};$$

При  $1500 \text{ Бк}/\text{кг} < A_{\text{эфф}} \leq 4000 \text{ Бк}/\text{кг}$  (IV класс) вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно на основании санитарно-эпидемиологического заключения федерального органа исполнительной власти, уполномоченного осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор. При  $A_{\text{эфф}} > 4000 \text{ Бк}/\text{кг}$  материалы не должны использоваться в строительстве» (14, с. НРБ-99).

Нормативные документы, касающиеся радиационной безопасности населения, важны для территории Кирхгофской возвышенности, где, во-первых, находятся жилые поселки (д. Переключя, Мурилово, Карвала и т.д.), во-вторых, располагаются спортивно-досуговые центры, такие как горнолыжный комплекс «Туутари-парк» и стрелковый клуб «Русское оружие. Кроме того, в СМИ была информация о желании владельцев горнолыжного курорта расширить свою территорию, путем построения еще нескольких спусков и трасс.

**Основными источниками радиоактивного загрязнения** окружающей среды служат ядерно-технические установки, предприятия, работающие с радионуклидами, хранилища радиоактивных отходов, следы ядерных взрывов и др.

Радиоактивными загрязнителями являются техногенные радионуклиды (ТРН), аккумулирующиеся на участках захоронений, санкционированных и несанкционированных свалок, аварий, неконтролируемых протечек и газоаэрозольных выбросов, поступающие в почвы, грунты и грунтовые воды непосредственно на территории строительства или в процессе миграции с прилегающих территорий.

Радионуклидный состав загрязнений грунтов зависит от источника загрязнений, способа их поступления в грунты (поверхностное, с грунтовыми водами, из подземных захоронений) и сорбционных свойств грунтов. Глубина проникновения радионуклидов с поверхности на легких грунтах – до 50-100 см; основное количество техногенных радионуклидов сосредоточено в верхнем 10-сантиметровом слое почвы.

**Степень радиозоологической безопасности человека**, проживающего на загрязненной территории, определяется годовой эффективной дозой радиоактивного облучения от природных и техногенных источников. При этом доза от техногенных источников согласно НРБ-99 не должна превышать 1 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, что соответствует рекомендации Международной комиссии по радиологической медицине. Территории, в пределах которых среднегодовые значения эффективной дозы облучения (сверх естественного фона) находятся в диапазоне 5-10 мЗв/год, необходимо относить к территориям чрезвычайной экологической ситуации, а более 10 мЗв/год — к зонам экологического бедствия.

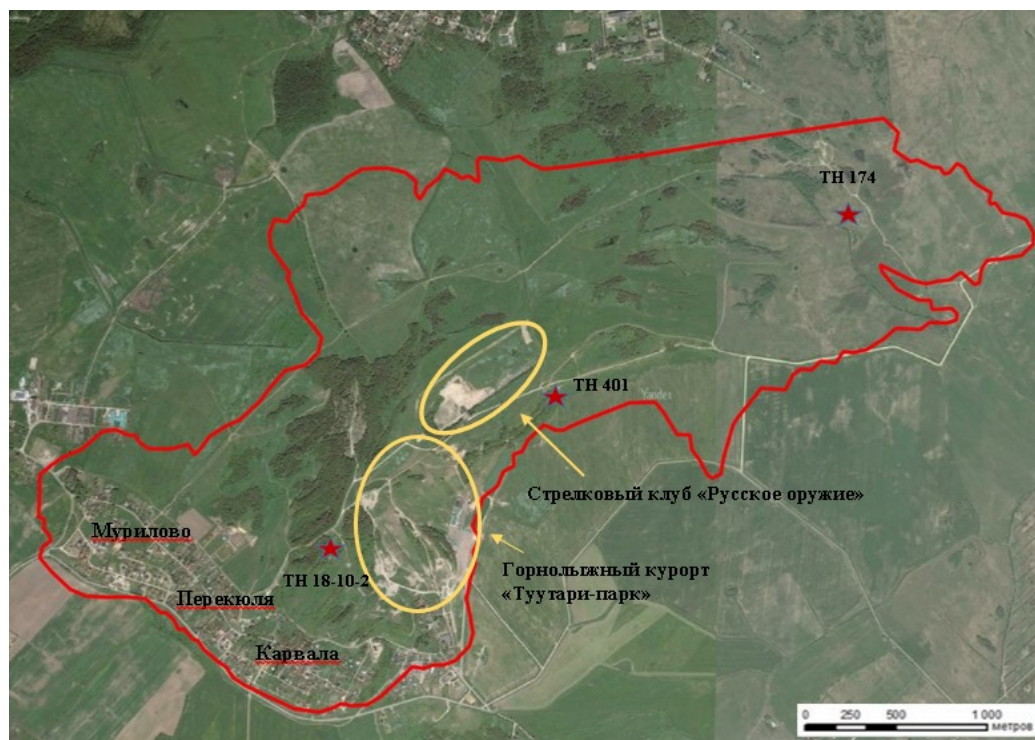
Нормальный естественный уровень мощности эквивалентной дозы (МЭД) внешнего гамма-излучения на открытых территориях в средней полосе России составляет от 0,1 до 0,2 мкЗв/час, а в отдельных, например, в предгорных и горных районах – до 0,3 мкЗв/час. При локальных загрязнениях критерии вмешательства при облучениях, дополнительных к естественному фону, принимаются в соответствии с НРБ – 99, приложение П-5.



**Предварительная оценка радиационной обстановки** должна проводиться по данным специальных служб Росгидромета, осуществляющих общий контроль за радиоактивным загрязнением окружающей среды, а также по материалам центров Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) и территориальных подразделений специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды, осуществляющих контроль за уровнем радиационной безопасности населения (НРБ – 99/2009, ОСПОРБ – 99/2010).

## 4. Материалы и методы

Для оценки содержания и характера распределения ЕРН по мощности и простиранию пластов диктионемовых сланцев и оценки их потенциального влияния на экологическую обстановку Кирхгофской возвышенности в пределах исследуемого участка описано 3 разреза, включающих копорскую свиту. На рисунке 3 представлена карта точек наблюдения.



*Рисунок 3. Точки отбора проб (гора Кирхгоф, Ломоносовский район, Ленинградская область)*

Производились измерения значений МЭД (мкР/ч) в точке отбора (ТО) проб. Отбирались пробы диктионемовых сланцев, всего – 11 штук. После пробоотбора из карьеров и канавы, они были рекультивированы.

Пробы отбирались по одному профилю сверху вниз по разрезу, с интервалом 0,3-0,4 м при помощи геологического молотка, хранились и транспортировались в полиэтиленовых пакетах. Средний вес одной пробы 0,5 кг.

После того, как пробы диктионемовых сланцев были отобраны, они высушивались, дробились до фракции <5 мм и расфасовывались в пластмассовые контейнеры объемом 250 мл.

В испытательной лаборатории отдела радиационной гигиены ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге» на установке «РАДЭК» был проведен анализ

проб на активность ЕРН. Гамма-спектрометр «РАДЭК» отградуирован в единицах активности радионуклидов по образцовым мерам активности радионуклидов  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ . По данным анализов вычислялась эффективная удельная активность пород (АиФ). Эффективная удельная активность ЕРН (Аэфф) – суммарная удельная активность ЕРН в материале, определяемая с учетом их биологического воздействия на живой организм по формуле (НРБ-99/2009, 2009):

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3A_{\text{Th}} + 0,09A_{\text{K}},$$

где  $A_{\text{Ra}}$ ,  $A_{\text{Th}}$ ,  $A_{\text{K}}$  – удельные активности радия, тория, калия соответственно, Бк/кг.

Пересчитывали на массовые доли содержания урана, тория и калия по формуле (Беляев и др., 2003):

$$QU = A_{\text{Ra}}/12,04 \text{ ppm}; \quad Q_{\text{Th}} = A_{\text{Th}}/4,06 \text{ ppm}; \quad Q_{\text{K}} = A_{\text{K}}/313 \%$$

В каждом разрезе исследовалась степень равномерности распределения ЕРН (по коэффициенту вариации) в толще пород (от подошвы к кровле пласта). По величине коэффициента вариации можно судить об однородности состава изучаемой совокупности. Статистические совокупности с коэффициентом вариации больше 30–35% считаются количественно неоднородными (Сизова, 2013). Коэффициент вариации рассчитывался для Ra и K с помощью программы Excel как отношение среднего квадратического отклонения к среднему арифметическому отношению.

#### ***4.1. Техника и методика измерений***

Радиационный фон территории, которая напрямую не использовалась для испытания атомного оружия, не используется для добычи полезных ископаемых, не подвергалась радиационному заражению за последние 20 лет будет иметь только две составляющие:

1. Гамма-фон за счет космического излучения. На поверхности земли значение этого гамма - фона практически постоянно для конкретной территории. Для средних широт на равнинных территориях величина космического излучения составляет около 0,04 мкЗв/ч, которая формирует дозу примерно равную 0,30 мЗв/год.

2. Гамма-фон за счет излучения, источником которого являются естественные радионуклиды, находящиеся в объектах окружающей среды: в почве на открытой местности, на территории населенных пунктов, в стенах жилых и производственных зданиях. Величина этой составляющей для большинства территорий находится в пределах от 0,05 мкЗв/ч до 0,2 мкЗв/ч.

Для выявления и оценки опасности источников внешнего гамма-излучения проводятся:

- радиационная съемка (определение мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения) – базируется на регистрации ионизирующих излучений геологических объектов;
- радиометрическое опробование с последующим гамма-спектрометрическим или радиохимическим анализом проб в лаборатории (определение радионуклидного состава загрязнений и их активности).

«Маршрутную гамма-съемку территории следует проводить с одновременным использованием поисковых гамма-радиометров и дозиметров. Поисковые радиометры используются в режиме прослушивания звукового сигнала для обнаружения зон с повышенным гамма-фоном. При этом территория должна быть подвергнута, по возможности, сплошному прослушиванию при перемещениях радиометра по прямолинейным или Z-образным маршрутам.

Дозиметры используются для измерения МЭД внешнего гамма-излучения в контрольных точках по сетке, шаг которой определяется в зависимости от масштаба съемки и местных условий. Измерения проводятся на высоте 0,1 м над поверхностью почвы, а также в скважинах, вскрывающих насыпные грунты» (77 с, Тараборин, 2005).

Требования к проведению маршрутной гамма-съемке:

Пешеходная съемка не должна превышать скорости 2,0 км/час.

- при проведении измерений в фиксированных точках датчик прибора прикладывается к поверхности земли (асфальтового или другого покрытия) вплотную, при времени измерения не менее 5 секунд.
- при обнаружении превышения гамма-фона на 30% от естественного фона необходимо провести тщательное измерение интенсивности излучения в радиусе 5 метров;
- температура воздуха должна быть выше 0°C;
- снежный покров на обследуемом участке— толщиной не более 10 см;
- промерзание грунта не должно превышать 10 см.

Усредненное, характерное для данной территории числовое значение МЭД, обусловленной естественным фоном; устанавливается местными органами санэпиднадзора. Участки, на которых фактический уровень МЭД превышает обусловленный естественным гамма-фоном, рассматриваются как аномальные. В соответствии с МУ 2.6.1.2398-08 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного

назначения в части обеспечения радиационной безопасности», если по результатам гамма-съемки выявлены зоны, в которых мощность дозы гамма-излучения превышает 0,3 мкЗв/ч на земельных участках под строительство жилых и общественных зданий, или 0,6 мкЗв/ч – на участках под строительство производственных зданий и сооружений, то такие зоны следует рассматривать как аномальные.

На таких участках с целью оценки величины годовой эффективной дозы должны быть определены удельные активности техногенных радионуклидов в почве и по согласованию с органами Госсанэпиднадзора решен вопрос о необходимости проведения дополнительных исследований или дезактивационных мероприятий.

### **Маршрутная гамма-съемка для ВКР**

Объектом моего исследования являлась г. Кирхгоф с целью определения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения над почвами этой возвышенности, и оценка радиационной опасности, связанной с близким залеганием к дневной поверхности диктионемовых сланцев.

На участке площадью 581,7 га нами была проведена маршрутная гамма-съемка. Гамма-съемка для настоящего покрытия всей Кирхгофской возвышенности проводилась в период с 2018 по 2020 год. Результаты опробования западного склона, включающего себя границы проектируемого санно-бобслейного комплекса «Туутаревской зоны горнолыжного спорта» представлены в статье Гришняковой А.И и Лебедева С.В. (Гришнякова и др., 2018) Границы участка ограничены 108-ой горизонталью. Полигон захватывает практически всю территорию горы Кирхгоф (88,7% от общей площади). Исключение составили два участка, на которые вход ограничен – спортивно-стрелковый клуб «Русское оружие» и территория военного городка на северо-востоке.

Измеряли мощность экспозиционной дозы в мкР/час с радиометром СРП-97. Масштаб работ 1:10 000. Поисковый радиометр СРП-97 использовали в режиме прослушивания звукового сигнала для обнаружения зон с повышенным гамма-фоном. При этом, по возможности, старались обеспечить сплошное прослушивание при перемещениях радиометра по прямолинейным или Z-образным маршрутам. Показания МЭД фиксировали в журнале в контрольных точках, отстоящих друг от друга на расстояниях 50 – 150 м. Шаг фиксированных измерений зависел от абсолютных значений МЭД и характера изменчивости гамма-поля.

Всего для интерпретации было использовано 635 точек (рис. 4). Явно видно, что на рисунке их меньше, что объясняется тем, что после смерти моего научного руководителя С.В.Лебедева многие материалы стали недоступны. Значения МЭД для некоторых точек из представленных на рисунке, находятся в приложении (табл.7)

Карту гамма-поля строили в программе ArcGIS с модулем Spatial Analyst. Для интерполяции данных (построения непрерывной поверхности) использовали метод обратного взвешенных расстояний (ОВР). Границы интервалов выбраны такими, в соответствии с МУ 2.6.1.2398-08 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности». Отметим, что значение мощности эквивалентной дозы 0,3 мкЗв/ч для гамма-излучения соответствует мощности экспозиционной дозы 31 мкР/ч, для 0,6 мкЗв/ч – 62 мкР/ч.

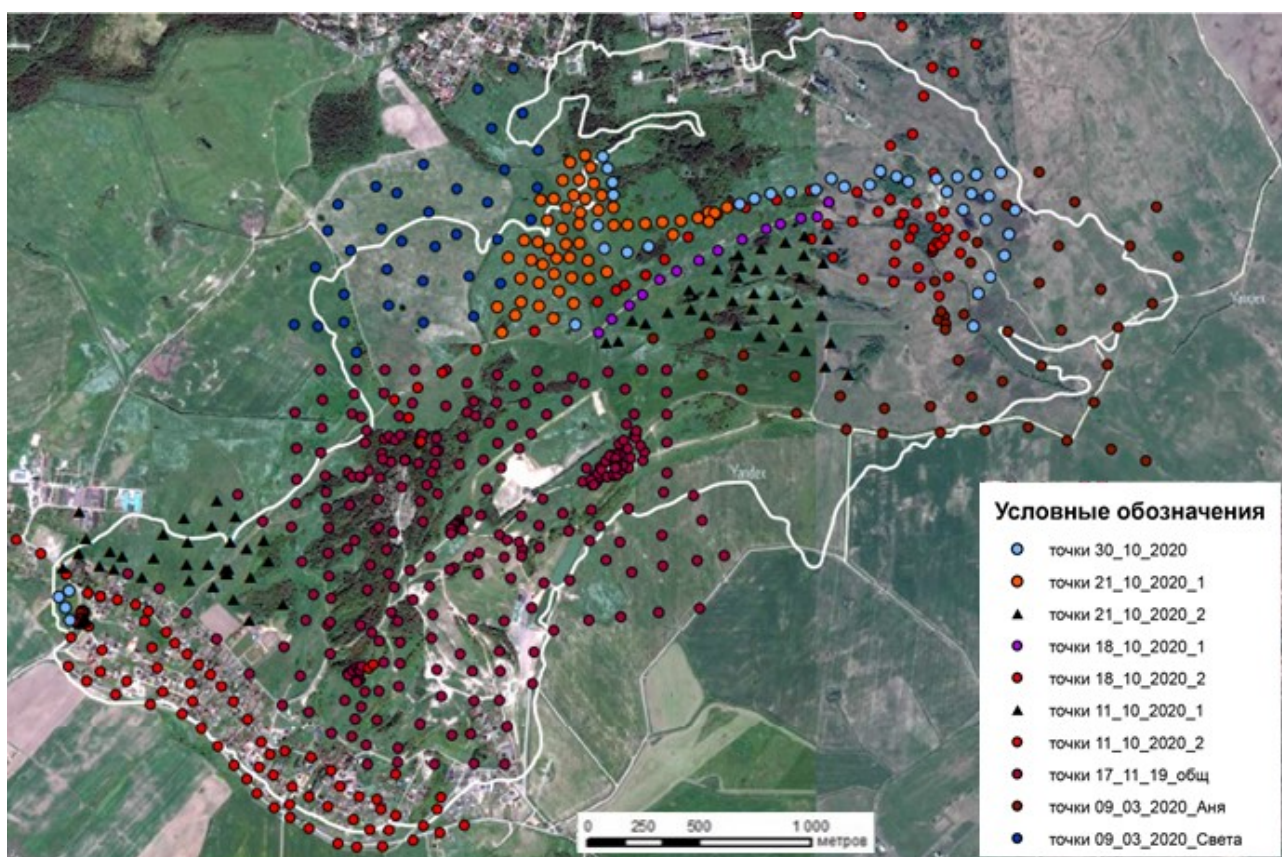


Рисунок 4. Карта точек измерения МЭД

## 4.2. Гамма-спектрометрия

«В радиометрической разведке применяют два класса приборов: радиометры (дозиметры-радиометры) и спектрометры. Радиометры и дозиметры служат для регистрации интегральных параметров поля ионизирующих излучений, спектрометры – для изучения распределения частиц или квантов по энергиям. Показания радиометров используют для оценки общего уровня радиоактивности исследуемых объектов, измерения со спектрометрами дают возможность отдельного определения концентрации радиоактивных



элементов. В исследованиях радиационной обстановки Кирхгофской возвышенности применялся геологоразведочный сцинтилляционный радиометр СРП-97.

Приборы сцинтилляционные геологоразведочные СРП-97 представляют собой измерители мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения. Принцип работы приборов основан на преобразовании энергии гамма-квантов в электрические сигналы с последующим измерением их параметров. Функцию преобразования выполняет сцинтилляционный детектор, состоящий из кристалла NaI(Tl) и фотоэлектронного умножителя ФЭУ (рис. 5)

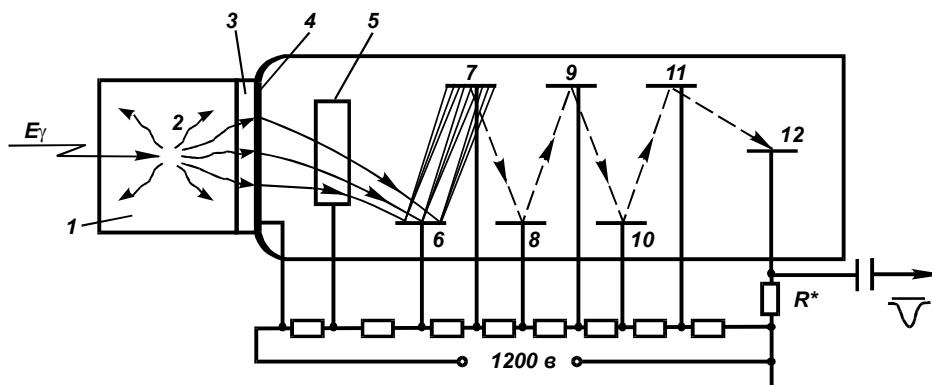


Рис. 5. Принципиальная схема сцинтилляционного счетчика

(<https://ok-t.ru/mylektsiiru/baza3/116266439626.files/image002.gif>)

В результате взаимодействия заряженной частицы или  $\gamma$ -кванта с веществом люминофора 1 возникают кратковременные вспышки – сцинтилляции 2, связанные с явлением возбуждения люминофора. Часть световых фотонов через световод 3 попадает на фотокатод 4 ФЭУ и выбивает из него электроны. Последние направляются фокусирующей электронной линзой 5 находящиеся под напряжением эмиттеры 6 – 11 или диноды ФЭУ с коэффициентом вторичной эмиссии более 1, что обеспечивает лавинообразное умножение электронов от динода к диноду и появление на аноде 12 электрического импульса, достаточного для регистрации его радиотехнической схемой.

Аналоговые импульсные сигналы, снимаемые с ФЭУ, после усиления отделяются от шумов и преобразуются в последовательность логических сигналов, средняя частота повторения которых пропорциональна измеряемой физической величине. Эта последовательность поступает на измеритель средней скорости счета, показания которого выводятся на стрелочный прибор. Шкала прибора отградуирована в единицах потока  $\gamma$ -излучения ( $\text{с}^{-1}$ ) или единицах мощности экспозиционной дозы ( $\text{мкР/Ч}$ ).

В состав изделий СРП входят пульт и блок детектирования. Соединение пульта с блоком детектирования осуществляется кабелем через разъем. В детекторе используется кристалл размером 30x25 мм и ФЭУ-85.

Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения радионуклида  $Ra^{226}$  от 0 до 309мкР/Ч» (Лебедев, 2006).

Для лабораторного анализа проб использовался аналитический комплекс «РАДЭК» (рис.6), предназначенный для определения активностей  $\gamma$ -излучающих радионуклидов в пробах почв, горных пород, растительности, воды, продуктов питания, строительных материалов и других веществ с объемным весом от 0.2 до 2.0 г/см<sup>3</sup>, а также  $\beta$ -излучающих радионуклидов в продуктах питания и биологических пробах (Габитов, 2005).



Рисунок 6. Аналитический комплекс «РАДЭК»

(<http://www.radek.ru/upload/filesmng/131041197129111100.jpg>)

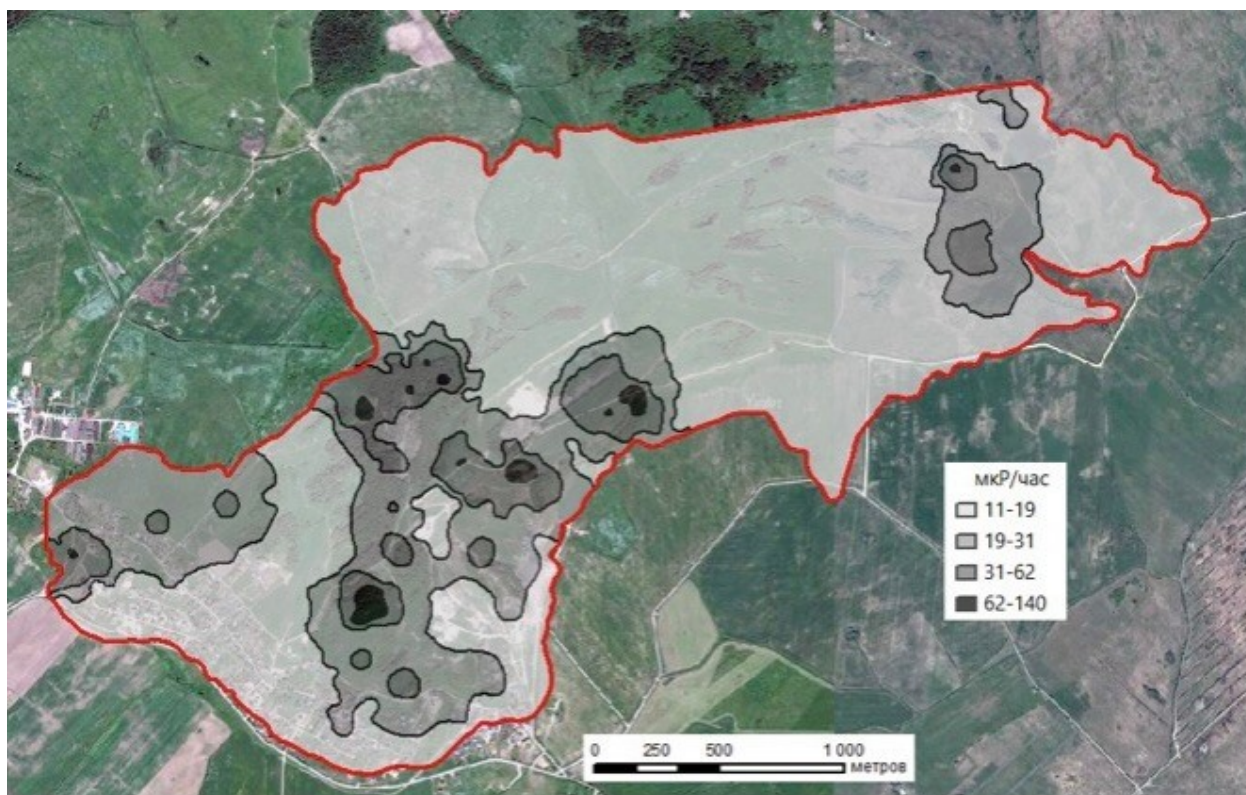
## 5. Результаты исследования

### 5.1. Карта гамма-поля

Объектом моего исследования была Кирхгофская возвышенность, на которой проводились исследования с целью оценки радиоэкологической обстановки. Для этого мной была осуществлена маршрутная гамма-съемка для получения данных по мощности экспозиционной дозы по практически всей Кирхгофской возвышенности. После проделанных полевых исследований данные были обработаны и интерпретированы в понятный и доступный для всех формат.



После нанесения интерполированных данных на спутниковый снимок Кирхгофской возвышенности, стал виден неоднородный характер гамма-поля над почвами исследуемого полигона (рис.7):



*Рис. 7. План г. Кирхгоф с нанесенными мощностями экспозиционной дозы (мкР/ч) гамма-поля над почвами*

В пределах исследуемого участка значения МЭД варьируют от 11 до 140 мкР/час. Всего выделяются 14 аномальных зон с МЭД больше 31 мкР/час суммарной площадью 51,1 га (8,8 % от площади всего участка).

В соответствии с МУ 2.6.1.2398-08 эта территория не пригодна для строительства жилых и общественных зданий ввиду относительно высокого уровня радиоактивности почв. Внутри 6-ти наиболее крупных описываемых зон обнаружены 11 относительно небольших аномальных участков (от 2,8 до 150 соток каждый) в которых МЭД превышает 62 мкР/час. Общая площадь таких зон 3,96 га. Эти участки не пригодны уже не только для строительства жилых и общественных зданий, но и производственных сооружений.

Площади с высокими значениями МЭД распространены в основном в юго-западной части возвышенности. Это наиболее высокая часть, обладающая контрастным рельефом, изрезанная лощинами с крутыми склонами до 20–41°. И именно здесь с 1998 г. располагается горнолыжный курорт «Туутари-Парк», совсем недавно – в 2018 году – открыт спортивно-

стрелковый клуб «Русское оружие», планируется расширение Туутари-парка, строительство трех коттеджных поселков, ресторанов, гостиниц и объектов инфраструктуры. Особо следует отметить аномалию (более 31 мкР/час) в западной части поселка Мурилово площадью около 4,3 га, которая предполагает существенные ограничения в проживании здесь людей.

По полученному результату была опубликована статья (Лебедев и др., 2021).

## **5.2. Вклад диктионемовых сланцев в радиационную обстановку**

Для оценки содержания ЕРН по пласту диктионемовых сланцев было опробовано пять обнажений на Кирхгофской возвышенности. Описания каждой точки наблюдения представлены ниже:

### **Точка 401**

Расположена на северо-восточном склоне горы Кирхгоф, в придорожной канаве приблизительно в 200 м к востоку от входа в стрелковый клуб «Русское оружие». Координаты: 59, 69894/ 030, 18385 (градусы)

X= 341528

У= 66 21247



*Рисунок 8. Фотография до расчистки разреза диктионемовых сланцев (северо-восточный склон горы Кирхгоф).*

Длина мерной ленты – 5м. Ширина борта канавы – 1,5 м.



Были проведены измерения МЭД через 1м по трем горизонтальным профилям: подножие борта, середина и бровка борта канавы (рис.9, табл.3).

Таблица 3. Значения МЭВ в ТН 401

	0м	1м	2м	3м	4м	5м
<b>подножие</b>	66 мкР/ч	70 мкР/ч	72 мкР/ч	84 мкР/ч	74 мкР/ч	58 мкР/ч
<b>середина</b>	30 мкР/ч	60 мкР/ч	72 мкР/ч	98 мкР/ч	96 мкР/ч	90 мкР/ч
<b>бровка</b>	56 мкР/ч	56 мкР/ч	54 мкР/ч	44 мкР/ч	44 мкР/ч	52 мкР/ч

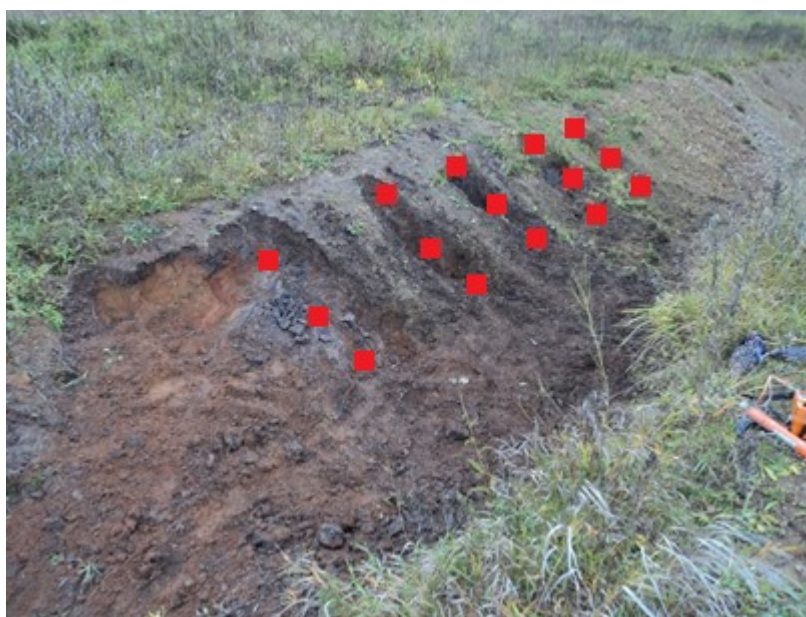
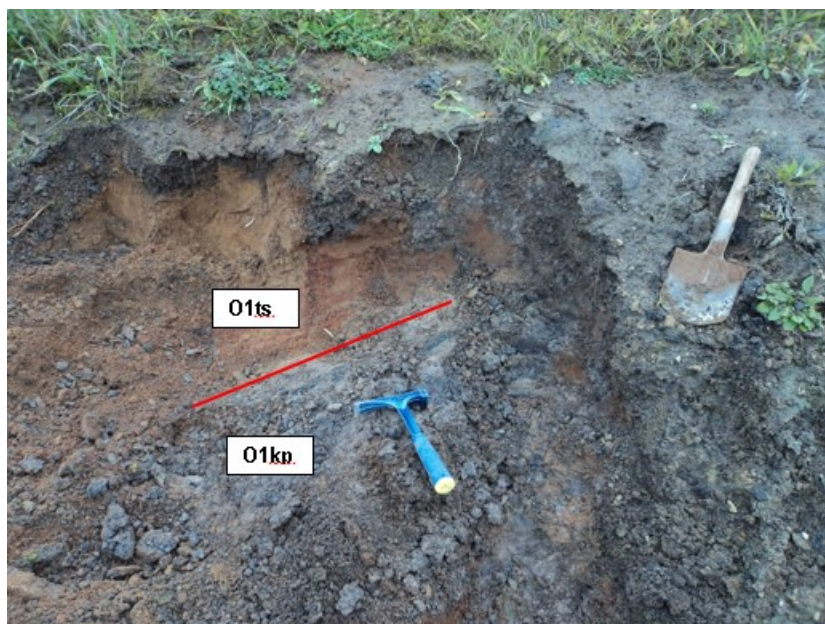


Рисунок 9. Борт канавы после проведения расчистки (северо-восточный склон горы Кирхгоф), квадратики – места измерения МЭД.

В расчистке обнаружены коренные выходы диктионемовых сланцев копорской свиты, сильно измененные как тектонически (залегание наклонное, элементы залегания не замерить ввиду их непостоянства), так и нарушенные в процессе техногенной переработки при рытье придорожной канавы; породы сильно изменены также почвообразовательными процессами. В восточной части расчистки зафиксирован контакт диктионемовых сланцев с подстилающими их «оболовыми» песками и песчаниками тосненской свиты; в данном случае залегание опрокинутое (рис. 9, 10).



*Рисунок 10. Зона контакта копорской свиты с тосненской свитой (северо-восточный склон горы Кирхгоф).*

Пробы были отобраны из пласта диктионемовых сланцев в разных местах расчистки, в точках отбора (ТО) также были измерены значения МЭД (рис. 11,12,13).



*Рисунок 11. Проба 401-2 (северо-восточный склон горы Кирхгоф).*

Значения МЭД в ТО 401.2 – 90 мкР/ч.





*Рисунок 12. Проба 401-1 (северо-восточный склон горы Кирхгоф).*

Значения МЭД в ТО 401.1 – 220 мкР/ч.

Диктионемовые сланцы сильно изменены вторичными процессами.



*Рисунок 13. Проба 401-3 (северо-восточный склон горы Кирхгоф).*

Значения МЭД в ТО 401.3 – 170 мкР/ч.

Результаты анализа проб представлены в виде таблицы (таблица 4):

Таблица 4. Эффективная удельная активность ЕРН в ТН 401

№	Ra-226	Th-232	K-40	Аэфф, Бк/кг	q U <sup>238</sup> , ppm	qTh, ppm	q K, %
401-2	1490	20	2030	1699	123,8	менее 14,8	6,5
401-1	3130	45	2300	3396	260,0	менее 14,8	7,3
401-3	1420	60	2080	1685	117,9	менее 14,8	6,6

По результатам расчета удельной активности ЕРН была построена диаграмма распределения удельной активности ЕРН от кровли к подошве пласта аргиллитов (рис. 14).

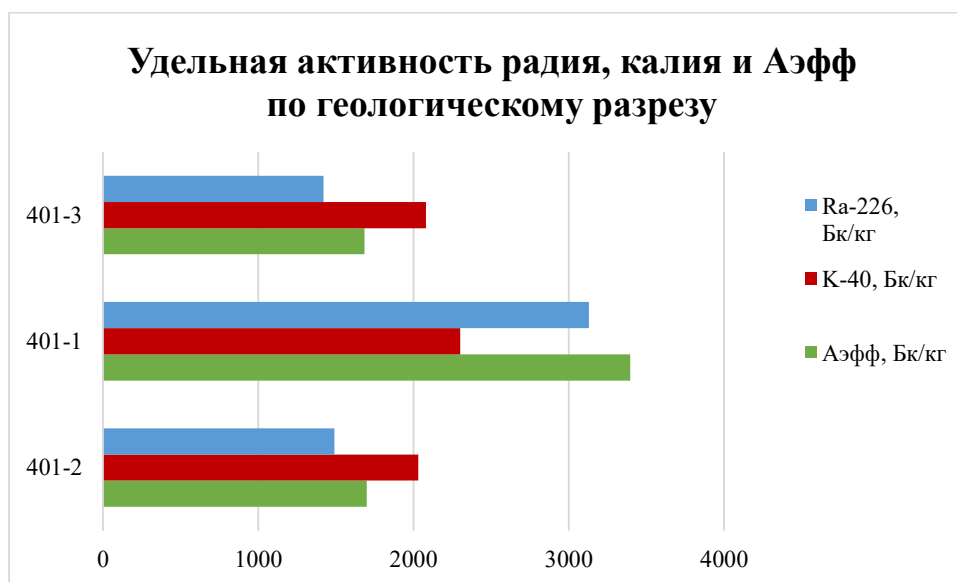


Рисунок 14. Диаграмма эффективной удельной активности Ra, K и Аэфф, Бк/кг (ТН 401)

Как видно из рис. 14 распределение калия по разрезу диктионемовых сланцев достаточно однородно и колеблется в пределах 2000- 2300 Бк/кг. Это показывает коэффициент вариации, который равен 5 %. Коэффициент вариация для радия равен 39 %, что наглядно отражено на графике: удельная активность радия имеет резкое увеличение в середине обнажения (ТО 401-1), достигая 3100 Бк/кг, но к точке 401-2 снижается до 1500 Бк/кг. Такую неоднородность можно объяснить сильным техногенным преобразованием пород, в результате рытья дорожной канавы, а также процессами почвообразования.

**Точка 174**

Точка наблюдения 174 представляет собой заброшенный карьер в склоне небольшого холма на восточных отрогах горы Кирхгоф.

Координаты: 59,70751/ 030, 20894 (градусы)

X= 342980

Y= 66 22141

Длина мерной ленты - 3 м. Вскрывающиеся в карьере породы очень сильно изменены тектоническими и склоновыми процессами (рис. 15).



*Рисунок 15. Геологическое строение в ТН 174 (восточный склон горы Кирхгоф).*

Пробы были отобраны в трех местах:





Рисунок 16. Точки отбора проб на ТН 174 (восточный склон горы Кирхгоф).

Фоновые значения вблизи карьера колеблются от 60 до 80 мкР/ч.

Значения МЭД в ТО:

174.1 – 110 мкР/ч;

174.2 – 130 мкР/ч;

174.3 – 390 мкР/ч.

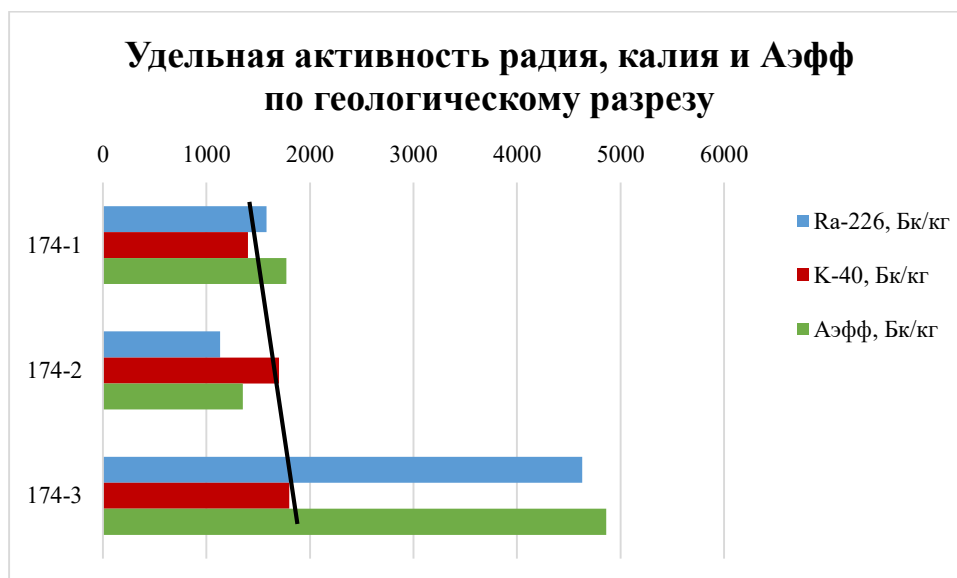
Результаты анализа проб представлены в таблице ниже (табл.5):

Таблица 5. Эффективная удельная активность ЕРН в ТН 174

№	Ra-226	Th-232	K-40	Аэфф, Бк/кг	q U <sup>238</sup> , ppm	qTh, ppm	q K, %
174-1	1580	50	1400	1771	131,2	менее 14,8	4,5
174-2	1130	52	1700	1351	93,9	менее 14,8	5,4
174-3	4630	54	1800	4862	384,6	менее 14,8	5,8

По результатам расчета удельной активности ЕРН был построена диаграмма распределения удельной активности ЕРН от кровли к подошве пласта аргиллитов (рис. 17).





*Рисунок 17. Диаграмма эффективной удельной активности Ra, K и Аэфф, Бк/кг (ТН 174)  
Линия – линия тренда по K.*

По диаграмме (рис. 17) видно равномерное увеличение калия от кровли вниз по обнажению. В точке отбора пробы 174-3 зафиксировано самое высокое значение удельной активности радия – 4600 Бк/кг, в то время как выше в других точках (174-1 и 174-2) оно колеблется от 1100 до 1600 Бк/кг. Коэффициент вариации для данного участка толщи равен 63%, что говорит о неравномерном распределении урана в толще аргиллитов. Это можно объяснить неравномерностью уранового оруденения в пласте диктионемовых сланцев, т.е., возможно, именно в этих местах сорбция урана органикой происходила наиболее интенсивно. Кроме того, в ТН 174 большое значение имеют склоновые и почвообразующие процессы, что также может объяснять столь высокое значение.

### ***Точка 18-10-2***

Точка наблюдения 18-10-2 в 30 м к востоку от дороги, ведущей от дер. Перекуля на Кирхгофское кладбище, а также до Стрелкового клуба и «Туутари-парка», поблизости от опоры ЛЭП. Координаты: 59, 69204/ 030, 16768 (градусы)

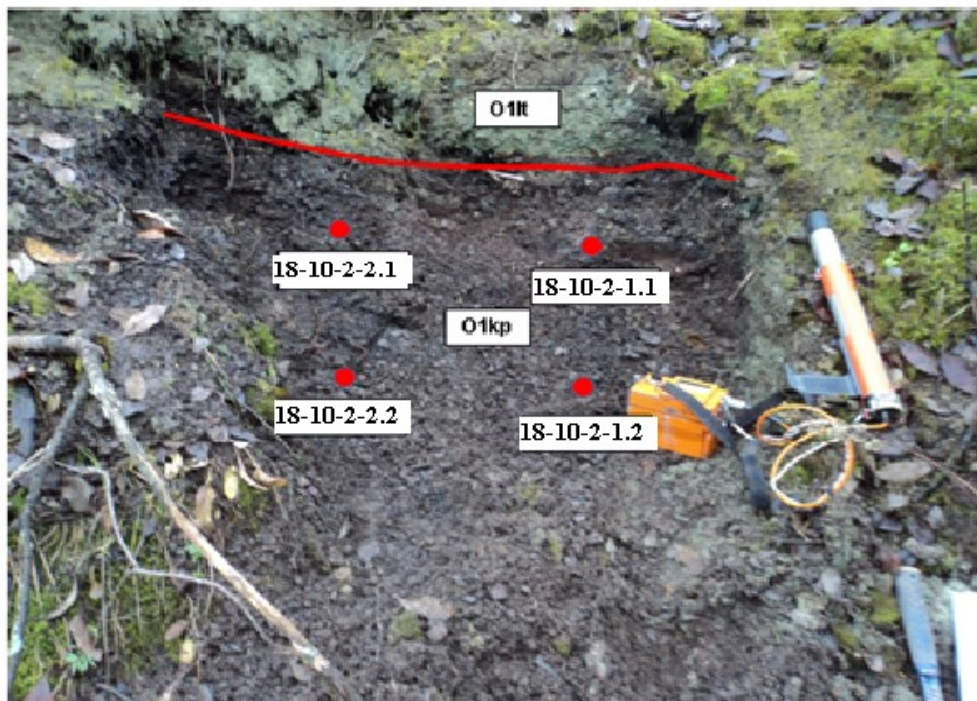
X= 340586

Y= 6620518



*Рисунок 18. Точка наблюдения 18-10-2 (юго-восток г. Кирхгоф)*

Разрез представлен глауконитовыми песчаниками и глинами лезтесской свиты и подстилающими диктионемовыми сланцами копорской свиты (видимая мощность 80 см). Были отобраны 4 пробы аргиллитов с шагом 50 см из двух профилей с расстоянием 60 см (рис. 19).



*Рисунок 19. Точки отбора проб на ТН 18-10-2*

Значения МЭД вблизи раскопки – 90 мкР/ч.

Значения МЭД в ТО:

18-10-2-1.1 – 170 мкР/ч

18-10-2-1.2 – 210 мкР/ч

18-10-2-2.1 – 155 мкР/ч

18-10-2-2.2 – 170 мкР/ч

Таблица 6. Эффективная удельная активность ЕРН в ТН 18-10-2

№	Ra-226, Бк/кг	Th- 232	K-40, Бк/кг	Аэфф, Бк/кг	q U238, ppm	qTh, ppm	q K, %
18-10-2-1.1	1540	60	2340	1829	127,9	менее 14,8	7,5
18-10-2-1.2	2260	57	2090	2522	187,7	менее 14,8	6,7
18-10-2-2.1	1190	53	1970	1436	98,8	менее 14,8	6,3
18-10-2-2.2	1270	60	2040	1532	105,5	менее 14,8	6,5

По результатам расчета удельной активности ЕРН был построена диаграмма распределения удельной активности ЕРН от кровли к подошве пласта аргиллитов по двум профилям (рис. 20,21).

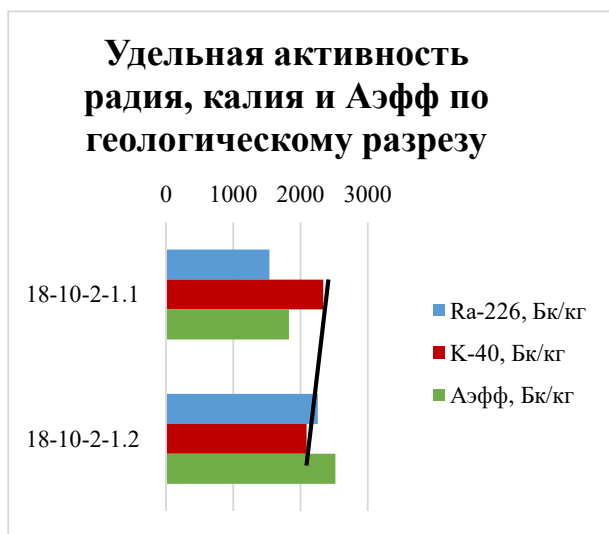


Рисунок 20. График Аэфф по первому профилю



Рисунок 21. График Аэфф по второму профилю.

Как видно из рис. 20, 21 распределение ЕРН близко к однородному для одинаковых уровней, однако ближе к подошве пласта немного увеличивается удельная активность Ra. В первом профиле удельная активность калия возрастает от подошвы к кровле, в то время как

во втором распределяется однородно. Коэффициент вариации для ЕРН 6 % - для калия, и 26% - для радия, что говорит об однородном распределении радионуклидов по пласту.

Для сравнения значения Аэфф и содержания урана и калия была составлена итоговая таблица по всему участку наблюдений.

*Таблица 7. Итоговая таблица по изучаемому полигону на Кирхгофской возвышенности.*

<b>Точка наблюдения</b>	<b>401</b>	<b>174</b>	<b>18-10-2</b>
<b>Мощность пласта, м</b>	5	2,5	0,8
<b>Число проб</b>	3	3	4
<b>Среднее значение Аэфф, Бк/кг</b>	2260	2661	1830
<b>Минимальное значение Аэфф, Бк/кг</b>	1699	1351	1436
<b>Максимальное значение Аэфф, Бк/кг</b>	3396	4862	2522
<b>Содержание U238, ppm</b>	167	203	130
<b>Содержание Th235, ppm</b>	менее 14,8	менее 14,8	менее 14,8
<b>Содержание K40, %</b>	6,8	5	7

Кларк радионуклидов в сланцах – 3,6 г/т для урана, 10,3 г/т для тория и 2,8 % для калия (Лебедев, 2006). При этом основной вклад (~90 %) в радиоактивность диктионемовых сланцев вносит радий – продукт распада урана. Содержание урана в исследуемых разрезах превышает кларковые значения от 36 раз до 56 раз. Содержания тория в основном соответствуют кларку. Для калия наблюдаются двукратные превышения над кларковыми значениями.

Для обзора распределения ЕРН по всей территории участка исследований построены диаграммы средней Аэфф по разрезу (рис.22) и максимальной Аэфф (рис.23).

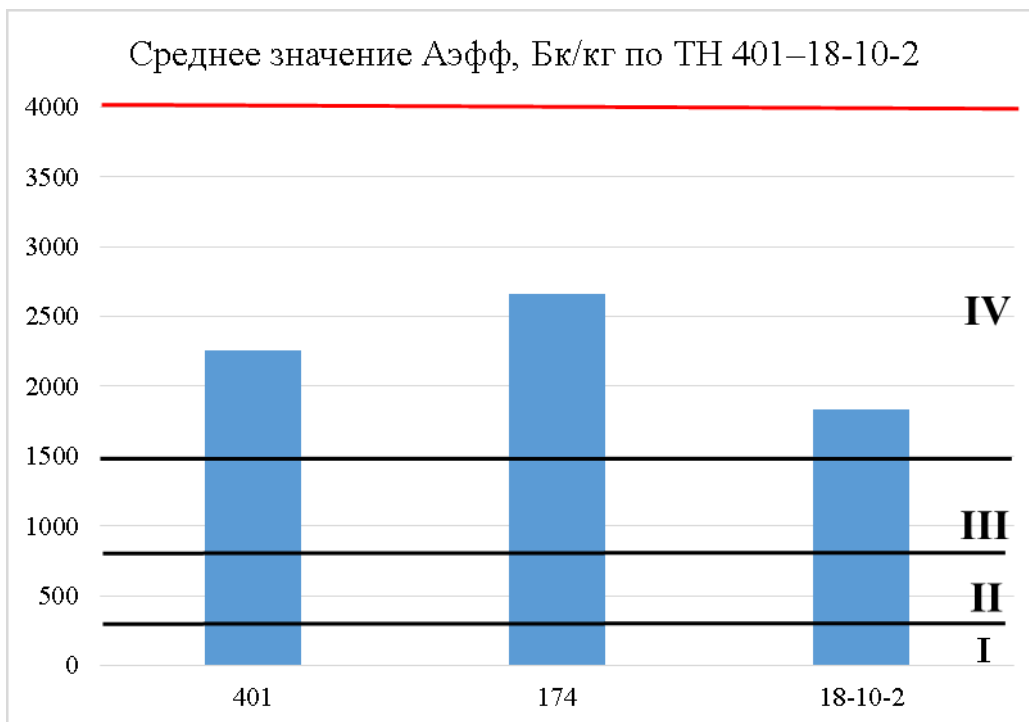


Рисунок 22. Средняя эффективная активность ЕРН по всему участку исследований, Бк/кг

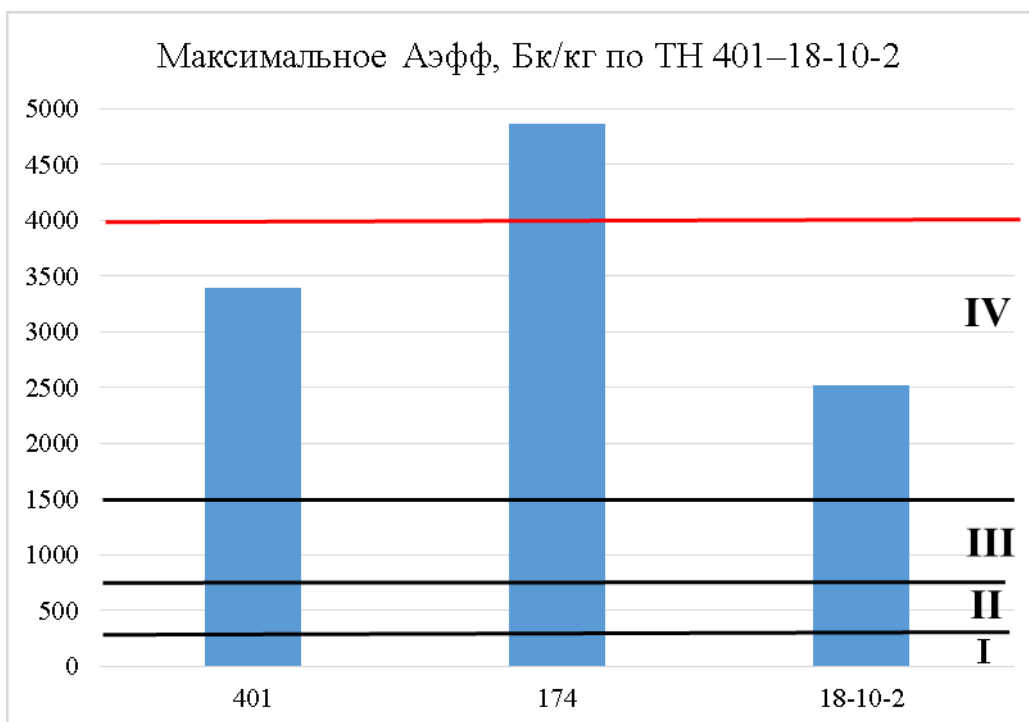


Рисунок 23. Максимальная эффективная активность ЕРН по всему участку исследований, Бк/кг

На основе полученных данных по 3 разрезам можно сделать вывод о том, что распределение ЕРН по простиранию пласта не имеет явной зависимости. Значения средней

Аэфф колеблются в пределах от 1800 до 2700 Бк/кг, максимальной Аэфф – от 2500 – 4900 Бк/кг.

Опасность горных пород я оценивала в соответствии нормами для строительных материалов, изложенных в НРБ-99.

Согласно НРБ-99 по расчетам Аэфф в среднем по разрезу все пробы ТН 401, 174, 18-10-2 относятся к IV классу ( $1500 \text{ Бк/кг} < \text{Аэфф} < 4000 \text{ Бк/кг}$ )

По максимальной потенциальной опасности (по значениям максимальной Аэфф по разрезу) пробы ТН 174 превышают 4000 Бк/кг.

### **Оценка степени радиационной опасности диктионемовых сланцев для населения**

При оценке радиационного риска используют величину мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭкД), определяемой в мкЗв/ч (микрозиверт в час). Мощность экспозиционной дозы можно пересчитать в мощность эквивалентной дозы – мощность дозы **1 мкР/ч** эквивалентна **0,0096 мкЗв/ч** (Габитов, 2005).

Нормативы величины мощности эквивалентной дозы представлены в документе "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)".

Значения МЭкД в среднем на изучаемом участке такие (табл.8):

*Таблица 8. Среднее значение МЭкД в точках отбора по разрезам 401–18-10-2*

ТН	Среднее значение МЭкД в ТО, мЗв/год
401	5,5
174	17,6
18-10-2	14,8

Эквивалентная доза облучения в ТН 174 превышает приемлемый уровень облучения в три раза, а в отдельных точках (в точке 174-3 значение МЭкД равно 32,0 мЗв/год) – в 6 раз. В ТН 401 уровень облучения можно считать повышенным, а в ТН 18-10-2 – высоким. Ни в одной точке не наблюдается допустимого (приемлемого) уровня облучения, что говорит о том, что во всех точках наблюдения невозможно строительство жилых и общественных зданий.

### **Сравнение с литературными данными.**

Ранее был проведен ряд работ по исследованию распределения и содержания ЕРН в диктионемовых сланцах. Были опробованы обнажения по берегам рек Тызьва, Копорка,

исследованы территории поселков Ульяновка, Перекуля и Войсковово, а также в с. Копорье и г. Павловске.

Анализ проб на эффективную активность (Аэфф) естественных радионуклидов проводили в исследовательской лаборатории отдела радиационной гигиены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург» на гамма-спектрометре «РАДЭК». Единство методике по пробоподготовке и проведению измерений позволяет сравнить полученные результаты.

***Результаты опробования по реке Тызье (Борисова и др., 2017).***

Река Тызье протекает по территории Ленинградской области, неподалеку от г. Павловска, и является одним из притоков реки Славянки. Пробоотбор проводился на обнажении в левом борту реки. Было заложено три профиля. Здесь мощность аргиллитов достигает 1,4 м. Отобрано 12 проб, характеризующих вещественный состав диктионемовых сланцев.

В целом можно говорить о следующих закономерностях:

Среднее суммарное значение эффективной активности в подошве пласта оценивается в 3130 Бк/к. Минимальное значение Аэфф составило 830 Бк/кг.

Распределение радия подчиняется закономерности – увеличение содержания вниз по пласту. Удельная активность калия же наоборот уменьшается от кровли к подошве толщи.

Пересчет на массовые доли содержания урана показал, что в среднем содержания естественных радионуклидов составляют: U = 128 г/т, Th = 10 г/т, калий 4,5%. Для сравнения отметим, что кларк массовых долей содержания ЕРН в сланцах для урана, тория и калия равен 3,6 г/т, 10,3 г/т и 2,8%, соответственно.

Сравнивая с результатами, изложенными в моей ВКР можно сказать, что среднее суммарное значение эффективной активности по трем точкам наблюдения колеблется от 1800 Бк/кг до 2700 Бк/кг.

Закономерности калия и радия по пласту диктионемовых сланцев четко прослеживаются лишь в ТН 18-10-2, ввиду мало нарушенного залегания толщи аргиллитов. Здесь в одном профиле количество калия (%) уменьшается к подошве (как в исследовании по р. Тызье), а в другом распределяется однородно. Из-за тех же особенностей геологического строения в ТН 401, 174, судить о закономерности распределения радия не приходится. В ТН 18-10-2 заметно увеличения радия вниз по пласту.

Содержание урана в среднем по обнажению по ТН 401 – 18-10-2 колеблется от 130 до 203 ppm, К – от 5 до 7%.



***Результаты опробования обнажений в п. Ульяновка, п. Перекуля, г. Павловске, п. Войскорово и в с. Копорье (Ефремова и др., 2017).***

Было исследовано 5 обнажений диктионемовых сланцев, находящихся в п. Ульяновка, п. Перекуля, г. Павловске, п. Войскорово и в с. Копорье.

Наиболее высокие значения эффективной удельной активности отмечены в п. Перекуля и в с. Копорье. Напомню, что д. Перекуля является частью исследуемого полигона моей ВКР.

Закономерности распределения радионуклидов сходны с результатами исследования обнажения на реке Тызьева. Максимальные содержания  $^{226}\text{Ra}$  более характерны для ближайших к подошве слоев (Копорье, Павловск, Перекуля). Содержание  $^{40}\text{K}$ , наоборот, увеличивается от подошвы к кровле пласта во всех исследованных обнажениях (кроме п. Перекуля). Закономерность распределения тория не обсуждается ввиду его малых содержаний. Кирхгофская возвышенность имеет схожие результаты, кроме того, что в исследуемой ТН 18-10-2 содержание калия увеличивается к кровле пласта, а не наоборот.

Производились замеры мощности экспозиционной дозы. Максимальные значения для каждого из участков составили: п. Ульяновка – 80 мкР/ч; п. Войскорово – 110 мкР/ч; г. Павловск – 100 мкР/ч; д. Перекуля – 350 мкР/ч; с. Копорье – 150 мкР/ч. Степень облучения населения на участках выхода диктионемовых сланцев на данной территории повышенная ( $> 5$  мЗв/год) и высокая ( $> 10$  мЗв/год).

Хотелось бы отметить, что 340 мкР/ч не самое высокое значение мощности экспозиционной дозы, так как в ТН 174 мною было получено значение 390 мкР/ч.

***Результаты опробования обнажений на р. Копорка и р. Тосна и Саблинка (Lebedev et al., 2018).***

В долине реки Копорка мощность диктионемовых сланцев составляет 5,5 м. Были отобраны по 4 пробы с шести уровней с интервалом 0,7 м.,

Удельная активность радия увеличивается к подошве толщи. Удельная активность калия, напротив, увеличивается выше по толще. Это подтверждает ранее описанные исследования, а также результаты, полученные в моей ВКР.

Среднее значение Аэфф для 24 образцов составило 1270 Бк / кг.

Пересчет в массовые доли показал, что среднее содержание урана достигает 90,7 г/т, тория 11,4 г/т и калия 4,1 %. Среднее содержание в ТН 174, расположенной на северо-восточном склоне Кирхгофской возвышенности в два раза превышает значение в долине реки Копорка.

В долинах рек Тосна и Саблинка мощность диктионемовых сланцев составляет 15-20 см. Пробы здесь отбирали на расстоянии 1-2 м друг от друга по простиранию сланцевого пласта.



Значения Аэфф для берегов рек Саблинка и Тосны варьируются от 1270 до 2960 Бк/кг, среднем составляя  $2080 \pm 480$  Бк / кг. Значения, полученные здесь максимально близки к значениям, рассчитанным для ТН 401 – 18 -10-2.

Пересчет в массовые доли урана и тория показал, что в среднем содержание урана составило  $150 \pm 40$  г/т.

Такие различия в содержании урана по пласту диктионемовых сланцев могут быть вызваны:

- Неравномерным урановым оруденением в пласте диктионемовых сланцев, которое вызвано различной сорбционной способностью органики
- Измененностью пород, обусловленной склоновыми процессами, антропогенной деятельностью человека, почвообразующими процессами и т.д.

## Заключение

Целью работы являлась характеристика диктионемовых сланцев как природного источника ионизирующего излучения, а также оценка радиоэкологической ситуации на Кирхгофской возвышенности.

После проведенных исследований были получены следующие результаты:

1. Значения мощности экспозиционной дозы (МЭД) над почвами г. Кирхгоф варьируют от 11 до 140 мкР/час.
2. Диктионемовые сланцы копорской свиты нижнего ордовика характеризуются повышенным содержанием естественных радионуклидов (ЕРН). Анализ проб на удельную активность радия-226, тория-232, калия-40 и расчеты эффективной удельной активности (Аэфф), показали, что значения Аэфф по всем исследуемым участкам варьируют в среднем от 1800 Бк/кг до 2700 Бк/кг. Наибольшими значениями эффективной удельной активности ЕРН характеризуются пробы обнажения 174 (восточный склон горы Кирхгоф)
3. Расчеты показали, что содержание урана в пласте диктионемовых сланцев колеблется от 130 до 203 г/т, калия от 5 % до 7%, содержание тория менее 14,8 г/т. Содержания тория в основном соответствуют кларку. Для калия наблюдаются превышения в 6 раз над кларковыми значениями.
4. При изучении распределения ЕРН по мощности и простирацию пластов диктионемовых сланцев были выявлены следующие закономерности:
  - В ТН 401, 18-10-2 наблюдается однородное распределение калия по толще аргиллитов, а в ТН 174 – его содержание увеличивается вниз по обнажению.
  - Содержание радия колеблется в больших пределах, только в ТН 18-10-2 выявлено равномерное увеличение содержания радия от кровли к подошве. Это может объясняется тем, что в этой точке наблюдение залегание пласта, наименее нарушенное по сравнению с другими ТН.
5. Содержание урана в исследуемых разрезах превышает кларковые значения от 36 раз до 56 раз.
6. При оценке потенциального воздействия ионизирующего излучения от диктионемовых сланцев на население было установлено, что степень облучения населения, при нахождении людей в непосредственной близости от выходов радиоактивных пород на

дневную поверхность, можно отнести к повышенной и высокой – значения мощности эквивалентной дозы составили от 5,5 до 17,6 мЗв/год. Наибольшая мощность экспозиционной дозы также отмечается на восточном склоне Кирхгофской возвышенности и достигает от 390 мкР/ч. Полученные значения на всех участках накладывают ограничения на жилищную и общественную застройку на данных участках.

## Приложение

Таблица 7. Значение МЭД в точках наблюдения

Условное обозначение - черные треугольники на северо-востоке г. Кирхгоф, точки 21_10_2020_2		
Номер точки	Значение МЭД	Дата маршрута
1	16	2020-10-21T11:00:01Z
2	16	2020-10-21T11:03:30Z
3	15	2020-10-21T11:06:37Z
4	16	2020-10-21T11:09:09Z
5	15	2020-10-21T11:11:46Z
6	15	2020-10-21T11:16:14Z
7	15	2020-10-21T11:21:46Z
8	16	2020-10-21T11:26:31Z
9	15	2020-10-21T11:32:00Z
10	15	2020-10-21T11:34:56Z
11	25	2020-10-21T11:40:53Z
12	20	2020-10-21T11:43:28Z
13	15	2020-10-21T11:46:55Z
14	16	2020-10-21T11:50:43Z
15	5	2020-10-21T11:56:29Z
16	14	2020-10-21T12:01:21Z
17	15	2020-10-21T12:05:29Z
18	15	2020-10-21T12:10:28Z
19	15	2020-10-21T12:14:59Z
20	14	2020-10-21T12:18:45Z
21	14	2020-10-21T12:22:58Z
22	15	2020-10-21T12:26:51Z
23	17	2020-10-21T12:31:19Z
24	16	2020-10-21T12:36:17Z
25	16	2020-10-21T12:41:38Z
26	17	2020-10-21T12:46:09Z
27	7	2020-10-21T12:50:59Z
28	14	2020-10-21T12:59:27Z
29	15	2020-10-21T13:03:03Z
30	15	2020-10-21T13:07:40Z
31	14	2020-10-21T13:11:24Z
32	14	2020-10-21T13:18:50Z
33	15	2020-10-21T13:24:28Z
34	16	2020-10-21T13:29:59Z
35	7	2020-10-21T13:33:20Z
36	32	2020-10-21T13:36:55Z
37	15	2020-10-21T13:43:08Z
38	16	2020-10-21T13:46:43Z
Фиолетовые точки, точки 18_10_2020_1		
181	15	2020-10-18T11:05:22Z

182	14	2020-10-18T11:07:03Z
183	16	2020-10-18T11:08:59Z
184	13	2020-10-18T11:10:19Z
185	13	2020-10-18T11:11:54Z
186	12	2020-10-18T11:13:41Z
187	15	2020-10-18T11:16:43Z
188	15	2020-10-18T11:18:25Z
189	16	2020-10-18T11:20:46Z
1810	15	2020-10-18T11:23:07Z
1811	14	2020-10-18T11:25:10Z
1812	14	2020-10-18T11:26:40Z
1813	15	2020-10-18T11:28:22Z
1816	14	2020-10-18T11:30:13Z
Ярко-красные точки на севере полигона, точки 18-10-2020-2		
18-10-20-1	ОТ 80 ДО 175	2020-10-18T09:53:45Z
18-10-2	ОТ 24 ДО 240	2020-10-18T10:04:16Z
18103	18	2020-10-18T10:36:49Z
18104	19	2020-10-18T10:38:45Z
18105	17	2020-10-18T10:41:07Z
18106	18	2020-10-18T10:43:05Z
18107	15	2020-10-18T10:45:11Z
18108	15	2020-10-18T10:47:32Z
18109	15	2020-10-18T10:51:29Z
181010	15	2020-10-18T11:05:56Z
181011	15	2020-10-18T11:08:12Z
181012	16	2020-10-18T11:10:19Z
181013	15	2020-10-18T11:12:50Z
181014	15	2020-10-18T11:14:53Z
181015	14	2020-10-18T11:17:12Z
181016	13	2020-10-18T11:19:32Z
181017	16	2020-10-18T11:22:19Z
181018	16	2020-10-18T11:24:44Z
181018	14	2020-10-18T11:27:22Z
181019	17	2020-10-18T11:37:28Z
181020	15	2020-10-18T11:44:56Z
181021	15	2020-10-18T11:47:29Z
181022	16	2020-10-18T11:49:42Z
181023	17	2020-10-18T12:02:42Z
181024	16	2020-10-18T12:04:45Z
181024	21	2020-10-18T12:06:15Z
181026	22	2020-10-18T12:07:58Z
181027	19	2020-10-18T12:10:11Z
181027	20	2020-10-18T12:13:02Z
86	17	2020-10-18T12:15:05Z
181028	16	2020-10-18T12:15:06Z

87	16	2020-10-18T12:17:05Z
88	14	2020-10-18T12:20:12Z
89	14	2020-10-18T12:22:18Z
90	13	2020-10-18T12:24:03Z
91	13	2020-10-18T12:25:37Z
92	15	2020-10-18T12:27:21Z
93	15	2020-10-18T12:29:06Z
94	17	2020-10-18T12:31:49Z
95	14	2020-10-18T12:33:52Z
96	6	2020-10-18T12:37:01Z
97	11	2020-10-18T12:39:23Z
98	7	2020-10-18T12:43:03Z
99	13	2020-10-18T12:46:36Z
168	13	2020-10-18T12:48:33Z
171	15	2020-10-18T12:50:19Z
172	40	2020-10-18T12:52:33Z
173	110	2020-10-18T12:54:00Z
174	110-320-340	2020-10-18T12:55:15Z
186	23	2020-10-18T12:58:49Z
187	50	2020-10-18T12:59:59Z
188	22	2020-10-18T13:01:00Z
189	14	2020-10-18T13:02:50Z
190	15	2020-10-18T14:30:08Z
191	15	2020-10-18T14:33:08Z
192	16	2020-10-18T14:35:57Z
193	22	2020-10-18T14:38:03Z
194	16	2020-10-18T14:40:06Z
195	14	2020-10-18T14:42:27Z
196	14	2020-10-18T14:46:16Z
197	13	2020-10-18T14:50:30Z
198	13	2020-10-18T14:53:09Z
199	12	2020-10-18T14:55:57Z
200	10	2020-10-18T14:58:54Z
201	11	2020-10-18T15:00:34Z
Черные треугольники на юго-западе полигона, близ населенных пунктов, точки 11_10_2020_1		
300	20	2020-10-11T09:26:29Z
301	21	2020-10-11T09:29:34Z
302	21	2020-10-11T09:31:42Z
303	20	2020-10-11T09:34:33Z
304	24	2020-10-11T09:40:43Z
305	21	2020-10-11T09:44:02Z
306	34	2020-10-11T09:47:53Z
307	20	2020-10-11T09:50:43Z
308	25	2020-10-11T09:54:39Z

309	24	2020-10-11T10:01:07Z
310	18	2020-10-11T10:06:26Z
311	20	2020-10-11T10:12:35Z
312	22	2020-10-11T10:15:56Z
313	18	2020-10-11T10:19:00Z
314	16	2020-10-11T10:21:35Z
315	16	2020-10-11T10:24:16Z
316	22	2020-10-11T10:31:59Z
317	20	2020-10-11T10:37:57Z
318	26	2020-10-11T10:40:13Z
319	28	2020-10-11T10:42:25Z
320	18	2020-10-11T10:50:08Z
321	58	2020-10-11T10:52:55Z
322	28	2020-10-11T10:54:24Z
323	28	2020-10-11T10:55:39Z
324	32	2020-10-11T10:56:41Z
325	26	2020-10-11T11:00:48Z
326	20	2020-10-11T11:04:26Z
327	16	2020-10-11T11:07:57Z
328	18	2020-10-11T11:11:01Z
329	18	2020-10-11T11:13:16Z
330	16	2020-10-11T11:16:24Z
331	12	2020-10-11T11:21:27Z
340	24	2020-10-11T12:08:15Z
341	60	2020-10-11T12:09:22Z
342	120	2020-10-11T12:10:23Z
343	36	2020-10-11T12:12:01Z
344	26	2020-10-11T12:13:25Z
345	24	2020-10-11T12:14:47Z
Ярко-красные, населенные пункты, 11_10_2020_2		
100	26	2020-10-11T09:17:14Z
101	22	2020-10-11T09:23:09Z
102	21	2020-10-11T09:28:11Z
103	26	2020-10-11T09:30:34Z
85	20	2020-10-11T09:32:21Z
104	22	2020-10-11T09:32:25Z
105	20	2020-10-11T09:34:36Z
106	21	2020-10-11T09:36:40Z
107	26	2020-10-11T09:38:21Z
108	20	2020-10-11T09:41:07Z
109	20	2020-10-11T09:43:02Z
110	17	2020-10-11T09:44:43Z
111	15	2020-10-11T09:46:28Z
112	20	2020-10-11T09:48:13Z

113	18	2020-10-11T09:50:01Z
114	17	2020-10-11T09:51:56Z
115	17	2020-10-11T09:53:30Z
116	17	2020-10-11T09:59:13Z
117	16	2020-10-11T10:01:08Z
118	15	2020-10-11T10:02:53Z
119	17	2020-10-11T10:04:20Z
120	15	2020-10-11T10:06:21Z
121	14	2020-10-11T10:08:03Z
122	14	2020-10-11T10:09:36Z
123	14	2020-10-11T10:11:21Z
124	13	2020-10-11T10:15:02Z
125	17	2020-10-11T10:17:04Z
126	14	2020-10-11T10:18:56Z
127	14	2020-10-11T10:21:24Z
128	13	2020-10-11T10:24:01Z
129	13	2020-10-11T10:26:17Z
130	17	2020-10-11T10:33:08Z
131	17	2020-10-11T10:35:23Z
132	15	2020-10-11T10:37:41Z
133	10	2020-10-11T10:44:48Z
134	16	2020-10-11T10:47:16Z
135	18	2020-10-11T10:49:07Z
136	15	2020-10-11T10:51:19Z
137	14	2020-10-11T10:53:32Z
138	15	2020-10-11T10:56:11Z
139	15	2020-10-11T10:57:50Z
140	13	2020-10-11T10:59:53Z
141	17	2020-10-11T11:08:14Z
142	22	2020-10-11T11:12:15Z
143	16	2020-10-11T11:16:33Z
144	22	2020-10-11T11:18:21Z
145	21	2020-10-11T11:20:53Z
146	20	2020-10-11T11:22:44Z
147	16	2020-10-11T11:25:56Z
148	18	2020-10-11T11:28:54Z
149	15	2020-10-11T11:30:44Z
150	15	2020-10-11T11:35:03Z
151	15	2020-10-11T11:38:44Z
152	15	2020-10-11T11:40:14Z
153	15	2020-10-11T11:42:01Z
154	15	2020-10-11T11:44:00Z
155	15	2020-10-11T11:45:59Z
156	15	2020-10-11T11:49:07Z
157	15	2020-10-11T11:51:35Z



158	18	2020-10-11T11:54:32Z
159	32	2020-10-11T11:56:37Z
160	38	2020-10-11T11:58:43Z
161	70	2020-10-11T12:00:00Z
162	28	2020-10-11T12:01:16Z
163	80	2020-10-11T12:03:23Z
164	30	2020-10-11T12:04:34Z
165	60	2020-10-11T12:06:45Z
166	90	2020-10-11T12:07:43Z
167	105	2020-10-11T12:09:37Z
167	80	2020-10-11T12:12:14Z
169	30	2020-10-11T12:13:09Z
170	26	2020-10-11T12:14:41Z
175	18	2020-10-11T12:20:54Z
176	12	2020-10-11T12:23:05Z
177	16	2020-10-11T12:25:00Z
178	15	2020-10-11T12:29:29Z
180	15	2020-10-11T12:31:52Z
181	20	2020-10-11T12:33:30Z
182	20	2020-10-11T12:37:33Z
183	19	2020-10-11T12:40:24Z
184	17	2020-10-11T12:44:28Z
185	18	2020-10-11T12:51:23Z
Бордовые, центр Кирхгофской возвышенности, точки 17_11_19_общ		
445	23	2019-10-13T10:54:55Z
446	42	2019-10-13T11:00:52Z
447	22	2019-10-13T11:04:46Z
448	19	2019-10-13T11:07:44Z
449	15	2019-10-13T11:11:23Z
450	15	2019-10-13T11:14:36Z
451	15	2019-10-13T11:21:31Z
452	17	2019-10-13T11:23:40Z
453	19	2019-10-13T11:27:57Z
454	48	2019-10-13T11:39:07Z
84	0	2019-10-13T11:52:49Z
455	24	2019-10-13T12:05:37Z
457	60	2019-10-13T12:23:36Z
458	20	2019-10-13T12:35:34Z
459	13	2019-10-13T12:52:11Z
460	12	2019-10-13T12:59:40Z
461	14	2019-10-13T13:03:22Z
462	27	2019-10-13T13:07:45Z
463	54	2019-10-13T13:16:19Z
464	13	2019-10-13T13:41:05Z

465	38	2019-10-13T13:50:59Z
466	11	2019-10-13T14:00:11Z
467	15	2019-10-13T14:00:52Z
468	13	2019-10-13T14:04:07Z
469	16	2019-10-13T14:06:43Z
470	11	2019-10-13T14:10:32Z
406	64	2019-10-06T08:14:53Z
501	16	2019-10-06T08:22:28Z
502	52	2019-10-06T08:27:04Z
503	22	2019-10-06T08:30:21Z
504	72	2019-10-06T08:32:14Z
505	40	2019-10-06T08:36:10Z
506	22	2019-10-06T08:37:49Z
507	64	2019-10-06T08:39:40Z
508	42	2019-10-06T08:45:13Z
509	46	2019-10-06T08:48:27Z
510	18	2019-10-06T08:51:28Z
511	52	2019-10-06T08:54:59Z
512	26	2019-10-06T08:56:45Z
513	46	2019-10-06T08:59:44Z
514	46	2019-10-06T09:01:48Z
515	18	2019-10-06T09:03:19Z
516	16	2019-10-06T09:05:07Z
517	68	2019-10-06T09:08:38Z
518	22	2019-10-06T09:10:32Z
519	20	2019-10-06T09:14:50Z
520	18	2019-10-06T09:21:41Z
521	16	2019-10-06T09:23:25Z
522	18	2019-10-06T09:25:32Z
523	60	2019-10-06T09:28:33Z
524	22	2019-10-06T09:29:48Z
525	125	2019-10-06T09:39:04Z
526	20	2019-10-06T09:40:44Z
527	22	2019-10-06T09:44:03Z
528	30	2019-10-06T09:45:32Z
529	40	2019-10-06T09:47:27Z
530	28	2019-10-06T09:48:08Z
531	18	2019-10-06T09:50:15Z
532	24	2019-10-06T09:52:11Z
533	62	2019-10-06T09:53:36Z
534	24	2019-10-06T09:54:45Z
535	115	2019-10-06T09:57:39Z
536	72	2019-10-06T09:59:54Z
537	38	2019-10-06T10:01:17Z
538	22	2019-10-06T10:02:47Z

539	16	2019-10-06T10:05:49Z
540	36	2019-10-06T10:07:30Z
541	18	2019-10-06T10:10:38Z
542	18	2019-10-06T10:13:39Z
543	32	2019-10-06T10:15:59Z
544	24	2019-10-06T10:17:23Z
545	20	2019-10-06T10:18:44Z
546	34	2019-10-06T10:20:19Z
547	16	2019-10-06T10:22:15Z
548	24	2019-10-06T10:24:40Z
549	18	2019-10-06T10:28:44Z
550	16	2019-10-06T10:33:59Z
551	18	2019-10-06T10:38:53Z
552	18	2019-10-06T10:40:28Z
553	16	2019-10-06T10:43:04Z
554	16	2019-10-06T10:45:15Z
555	16	2019-10-06T10:47:43Z
556	18	2019-10-06T10:50:16Z
557	18	2019-10-06T10:53:57Z
558	22	2019-10-06T10:56:45Z
559	20	2019-10-06T10:59:28Z
560	26	2019-10-06T11:02:25Z
561	30	2019-10-06T11:03:52Z
562	24	2019-10-06T11:05:11Z
563	46	2019-10-06T11:05:57Z
564	22	2019-10-06T11:06:42Z
565	56	2019-10-06T11:07:58Z
566	26	2019-10-06T11:09:24Z
567	64	2019-10-06T11:11:29Z
568	32	2019-10-06T11:12:40Z
569	22	2019-10-06T11:13:32Z
570	38	2019-10-06T11:15:05Z
571	82	2019-10-06T11:16:20Z
572	32	2019-10-06T11:17:05Z
573	54	2019-10-06T11:17:50Z
574	24	2019-10-06T11:19:11Z
575	34	2019-10-06T11:20:53Z
576	16	2019-10-06T11:23:34Z
401	18	2019-10-06T07:31:22Z
402	16	2019-10-06T07:45:26Z
403	18	2019-10-06T07:50:52Z
404	19	2019-10-06T07:54:25Z
405	38	2019-10-06T08:03:13Z
406	64	2019-10-06T08:06:22Z
407	17	2019-10-06T08:23:07Z

408	17	2019-10-06T08:27:11Z
409	17	2019-10-06T08:29:45Z
410	35	2019-10-06T08:39:35Z
411	115	2019-10-06T08:47:20Z
412	115	2019-10-06T08:54:22Z
413	28	2019-10-06T09:12:22Z
414	16	2019-10-06T09:16:53Z
415	17	2019-10-06T09:21:30Z
416	16	2019-10-06T09:24:32Z
417	15	2019-10-06T09:27:54Z
418	16	2019-10-06T09:34:32Z
419	13	2019-10-06T09:41:24Z
420	16	2019-10-06T09:46:05Z
421	15	2019-10-06T09:50:11Z
422	16	2019-10-06T09:57:07Z
423	12	2019-10-06T10:00:43Z
424	23	2019-10-06T10:03:23Z
425	23	2019-10-06T10:09:20Z
426	36	2019-10-06T10:11:44Z
427	24	2019-10-06T10:14:47Z
428	62	2019-10-06T10:16:13Z
429	13	2019-10-06T10:19:42Z
430	12	2019-10-06T10:22:37Z
431	15	2019-10-06T10:25:58Z
432	15	2019-10-06T10:28:46Z
433	42	2019-10-06T10:33:17Z
434	15	2019-10-06T10:40:54Z
435	25	2019-10-06T10:41:36Z
436	13	2019-10-06T10:53:38Z
437	14	2019-10-06T10:57:21Z
438	14	2019-10-06T11:01:48Z
439	13	2019-10-06T11:06:36Z
440	15	2019-10-06T11:11:51Z
441	13	2019-10-06T11:18:00Z
442	13	2019-10-06T11:21:10Z
443	15	2019-10-06T11:24:35Z
444	15	2019-10-06T11:28:36Z
1	36	
2	27	
3	33	
4	20	
5	26	
6	36	
7	32	
8	56	

9	26	
10	23	
11	35	
12	64	
13	70	
14	64	
15	66	
16	40	
17	62	
18	56	
19	74	
20	58	
21	28	
22	13	
23	13	
24	16	
25	15	
26	17	
27	22	
28	15	
29	105	
30	96	
31	26	
32	14	
33	15	
34	15	
35	11	
36	15	
37	12	
38	16	
39	13	
40	16	
41	15	
42	13	
43	15	
44	40	
45	13	
46	15	
47	12	
48	11	
49	16	
50	16	
51	19	
52	65	
53	15	

54	14	
55	11	
56	15	
57	28	
58	70	
59	75	
60	16	
61	13	
62	14	
63	30	
64	22	
65	16	
66	54	
67	40	
68	50	
69	27	
70	20	
71	15	
72	14	
73	15	
471	16	2019-10-20T07:17:54Z
472	16	2019-10-20T07:21:36Z
473	15	2019-10-20T07:25:09Z
474	16	2019-10-20T07:29:51Z
475	15	2019-10-20T07:33:19Z
476	16	2019-10-20T07:37:03Z
477	15	2019-10-20T07:43:21Z
478	12	2019-10-20T07:46:14Z
479	16	2019-10-20T07:50:28Z
480	18	2019-10-20T07:53:53Z
481	25	2019-10-20T07:59:27Z
482-1	28	2019-10-20T08:07:23Z
482-2	95	2019-10-20T08:10:10Z
482-3	36	2019-10-20T08:12:24Z
482-4	46	2019-10-20T08:14:03Z
482-5	65	2019-10-20T08:15:49Z
482-7	44	2019-10-20T08:18:02Z
482-6	31	2019-10-20T08:20:17Z
482-8	33	2019-10-20T08:22:15Z
482-9	31	2019-10-20T08:24:10Z
482-10	28	2019-10-20T08:26:06Z
482-11	22	2019-10-20T08:27:42Z
482-12	36	2019-10-20T08:35:22Z
482-13	40	2019-10-20T08:36:24Z
482-14	28	2019-10-20T08:37:45Z

482-18	32	2019-10-20T08:44:45Z
482-15	28	2019-10-20T08:47:19Z
482-16	46	2019-10-20T08:48:42Z
482-17	30	2019-10-20T08:49:50Z
483	58	2019-10-20T08:51:11Z
484	17	2019-10-20T08:54:13Z
485	40	2019-10-20T08:58:55Z
486	15	2019-10-20T09:05:32Z
487	22	2019-10-20T09:12:24Z
488	16	2019-10-20T09:15:08Z
489	13	2019-10-20T09:28:07Z
490	16	2019-10-20T09:32:45Z
491	20	2019-10-20T09:39:53Z
492	19	2019-10-20T09:44:01Z
601	20	2019-10-20T10:22:41Z
493	24	2019-10-20T10:26:02Z
494	58	2019-10-20T10:27:48Z
495	22	2019-10-20T10:34:31Z
496	21	
497	19	
498	24	
499	18	
606	11	
602	16	
603	15	
604	15	
605	14	
607	24	
608	18	
609	16	
610	17	
611	14	
612	13	
613	11	
614	13	
615	12	
616	13	
617	15	
618	15	
619	16	
620	11	
621	11	
622	14	
623	15	
624	16	

625	15	
626	14	
627	12	
628	14	
629	15	
630	16	
631	16	
632	16	
633	14	
634	13	
635	11	
Бордовые точки на северо-востоке г. Кирхгоф, точки 09_03_2020_Аня		
912	13	2020-03-09T08:04:35Z
900	13	2020-03-09T10:26:27Z
901	15	2020-03-09T10:32:48Z
902	15	2020-03-09T10:36:37Z
903	15	2020-03-09T10:41:39Z
904	22	2020-03-09T10:47:28Z
905	14	2020-03-09T10:51:17Z
906	30	2020-03-09T10:55:54Z
907	14	2020-03-09T11:01:51Z
908	15	2020-03-09T11:05:51Z
909	14	2020-03-09T11:08:56Z
910	14	2020-03-09T11:14:47Z
911	15	2020-03-09T11:18:33Z
913	15	2020-03-09T11:32:28Z
914	15	2020-03-09T11:37:37Z
915	14	2020-03-09T11:42:41Z
916	14	2020-03-09T11:47:42Z
917	15	2020-03-09T11:53:25Z
917	13	2020-03-09T12:00:30Z
918	12	2020-03-09T12:06:47Z
919	13	2020-03-09T12:12:58Z
920	14	2020-03-09T12:18:18Z
921	15	2020-03-09T12:24:31Z
922	15	2020-03-09T12:31:47Z
923	13	2020-03-09T12:38:54Z
924	13	2020-03-09T12:44:24Z
925	0	2020-03-09T12:49:33Z
926	14	2020-03-09T12:53:55Z
927	18	2020-03-09T12:59:42Z
928	17	2020-03-09T13:05:11Z
929	34	2020-03-09T13:07:48Z
930	17	2020-03-09T13:14:44Z



931	78	2020-03-09T13:22:44Z
932	30	2020-03-09T13:24:36Z
933	30	2020-03-09T13:25:40Z
934	30	2020-03-09T13:27:58Z
935	28	2020-03-09T13:32:07Z
936	60	2020-03-09T13:36:23Z
937	22	2020-03-09T13:39:01Z
938	17	2020-03-09T13:43:10Z
939	13	2020-03-09T13:46:40Z
940	15	2020-03-09T13:50:38Z
941	15	2020-03-09T13:54:08Z
942	14	2020-03-09T13:57:43Z
943	12	2020-03-09T14:02:36Z
944	13	2020-03-09T14:05:39Z
Точки 09_03_20_Света, темно-синие кружочки, на северо-востоке Кирхгофа		
ОПТ1	0	2020-03-09T08:14:40Z
800	17	2020-03-09T09:36:57Z
801	15	2020-03-09T09:57:51Z
802	15	2020-03-09T10:06:24Z
803	15	2020-03-09T10:11:13Z
804	15	2020-03-09T10:14:29Z
805	14	2020-03-09T10:20:58Z
806	14	2020-03-09T10:29:21Z
807	15	2020-03-09T10:35:23Z
808	14	2020-03-09T10:41:18Z
809	15	2020-03-09T10:48:17Z
810	15	2020-03-09T10:52:36Z
811	16	2020-03-09T10:59:26Z
812	14	2020-03-09T11:07:04Z
812	15	2020-03-09T11:11:11Z
813	15	2020-03-09T11:18:00Z
814	14	2020-03-09T11:24:52Z
815	13	2020-03-09T11:31:20Z
816	14	2020-03-09T11:35:45Z
817	15	2020-03-09T11:41:44Z
818	15	2020-03-09T11:49:07Z
819	15	2020-03-09T11:58:26Z
820	17	2020-03-09T12:03:23Z
820	15	2020-03-09T12:20:58Z
821	16	2020-03-09T12:25:05Z
822	16	2020-03-09T12:30:15Z
823	21	2020-03-09T12:37:05Z
824	13	2020-03-09T12:43:42Z
825	13	2020-03-09T12:49:03Z

826	13	2020-03-09T12:55:58Z
827	14	2020-03-09T13:01:48Z
828	14	2020-03-09T13:06:27Z
829	15	2020-03-09T13:12:51Z
830	15	2020-03-09T13:18:26Z
831	16	2020-03-09T13:32:03Z
Оранжевые точки, точки 21_10_2020_1		
201	15	2020-10-21T11:06:06Z
202	15	2020-10-21T11:08:07Z
203	16	2020-10-21T11:13:15Z
204	15	2020-10-21T11:15:46Z
205	14	2020-10-21T11:20:17Z
206	15	2020-10-21T11:22:54Z
207	14	2020-10-21T11:25:28Z
208	13	2020-10-21T11:27:53Z
209	15	2020-10-21T11:31:52Z
2110	15	2020-10-21T11:34:36Z
2011	14	2020-10-21T11:37:42Z
2012	13	2020-10-21T11:40:44Z
2013	13	2020-10-21T11:45:11Z
2014	13	2020-10-21T11:47:34Z
2015	13	2020-10-21T11:49:40Z
2016	12	2020-10-21T11:51:22Z
2017	13	2020-10-21T11:52:48Z
2017	13	2020-10-21T11:58:00Z
2018	14	2020-10-21T12:01:34Z
2019	15	2020-10-21T12:03:37Z
2020	14	2020-10-21T12:08:06Z
2021	12	2020-10-21T12:10:37Z
2022	12	2020-10-21T12:13:07Z
2023	14	2020-10-21T12:15:25Z
2024	13	2020-10-21T12:17:50Z
2025	15	2020-10-21T12:20:38Z
2026	13	2020-10-21T12:23:17Z
2027	15	2020-10-21T12:24:58Z
2028	13	2020-10-21T12:28:07Z
2029	14	2020-10-21T12:32:27Z
2030	14	2020-10-21T12:36:01Z
2031	14	2020-10-21T12:38:12Z
2032	14	2020-10-21T12:40:44Z
2033	13	2020-10-21T12:42:52Z
2034	13	2020-10-21T12:54:19Z
2035	12	2020-10-21T12:56:25Z
2036	12	2020-10-21T12:58:39Z
2037	12	2020-10-21T13:03:27Z

2038	11	2020-10-21T13:06:23Z
2039	12	2020-10-21T13:08:39Z
2039	12	2020-10-21T13:10:38Z
2040	12	2020-10-21T13:12:56Z
2041 3	10	2020-10-21T13:15:44Z
2042 3 УГОЛ	12	2020-10-21T13:18:43Z
2043 3	12	2020-10-21T13:20:42Z
2044 3	13	2020-10-21T13:22:42Z
2045 3	14	2020-10-21T13:24:45Z
2046 3	13	2020-10-21T13:29:37Z
2046 3	13	2020-10-21T13:31:20Z
2047 3	12	2020-10-21T13:33:20Z
2048 3	15	2020-10-21T13:35:18Z
2049 3	14	2020-10-21T13:37:25Z
2050	12	2020-10-21T13:40:14Z
2051	12	2020-10-21T13:44:07Z

## Список литературы

1. Александров Ю.А. Основы радиационной экологии: Учебное пособие /Мар.гос. ун-т; Ю.А. Александров. – Йошкар-Ола, 2007 – 15-16 с.
2. Александрова Т.В. Физико-географическое описание и экономическая характеристика. – В кн. Геология СССР. Т. 1, Ленинградская, Псковская и Новгородская области. – М.: Недра. 1971. – с. 26–38.
3. Балахонова А.С. Рениевое оруденение в диктионемовых сланцах прибалтийского бассейна (Ленинградская область). Автореферат. Диссертация. 2014. – 125 с.
4. Беляев А.М., Иванюкович Г.А., Куриленко В.В., Хайкович И.М. Радиоэкология: Учеб.пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2003. –324 с.
5. Борисова К.А., Ефремова У.С., Лебедев С.В. Неравномерность распределения природных радионуклидов в пласте диктионемовых сланцев на примере обнажения в долине р. Тызъя. Материалы XVII международной молодежной научной конференции «Экологические проблемы недропользования». СПб.: СПбГУ, 29-31 мая 2017. с. 101–102
6. В. В. Куриленко, И. М. Хайкович, С. В. Лебедев Геофизические поля в экологической геологии. Вестник СПбГУ. Сер. 7 2016 Вып. 1 – 8 с.
7. Возможность использования подземных вод Ленинградской области. – Труды, №33. Ленинградский гидрометеорологический центр, Редактор З.Б. Ваксенбург. Ленинград, 1969 г.
8. Габитов Р.М. Аналитический комплекс «Радэк». Методика выполнения измерений. СПб, 2005. – 27 с.
9. Грейсер Е.Л., Дашко Р.Э., Котлукова И.В., Малаховский Д.Б. Строение и происхождение Дудергофских высот (окрестности Ленинграда) // Известия ВГО, 1980, том 112, № 2, с. 138-146
10. Доклад «Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2017 году». Администрация Ленинградской области Комитет по природным ресурсам Ленинградской области. Санкт-Петербург 2018.
11. Лебедев С. В., Каменкова С. Г., Бунин В. О., Климова Л. А. /Гамма-поле и экологическая обстановка в районе горы Кирхгоф / // Геология, геоэкология,

- эволюционная география: коллективная монография / Министерство просвещения российской федерации, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена. – Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2020. – С. 114-119.
12. Лебедев С.В. Методическое пособие по радиоэкологической практике в Саблино. СПб, 2006.
  13. Лобанов И.Н. О природе дислокаций Дудергофских высот в окрестностях Ленинграда. Геотектоника, 1976, № 6, с. 89-98.
  14. Давыдов М. Г., Бураева Е.А., Зорина Л.В., Малышевский В.С., Стасов В.В. /Радиоэкология: учебник для вузов /. — Ростов н/Д : Феникс, 2013. — 635 с.
  15. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка: учебник для вузов. – Л.: Недра. 1989. – 407 с.
  16. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523-09. М., 2009.
  17. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности методическими указаниями.с. М, 2008 г.
  18. Ржонсницкий А.П., Тетяев М.М. Геологические исследования в восточной части Петербургской губернии. Изд. геол. ком., т. 38, № 2, 1919.
  19. Свитальский Н.И. Залегание горных пород в районе г. Павловска и нарушения в нем. Экскурсионное дело № 1, геологич. экскурсия в окрестн. г. Павловска, 1921 г.
  20. Сизова Т.М. Статистика: учебное пособие. – СПАб.: СПб НИУ ИТМО, 2013. – 176 с.
  21. СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010), 2010
  22. Тараборин Д. Г. Рекомендации по изучению радиационной обстановки и прогнозу радиоактивного загрязнения окружающей природной среды // Вестник ОГУ. 2005. №10-2. с. 74-79
  23. Хайкович И.М., Лебедев С.В. Геофизические поля в экологической геологии: Учеб. пособие. под ред. В.В. Куриленко. – СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т. 2013. – 156 с.
  24. Янишевский М.Э. Геологическая карта окрестностей Ленинграда. Описание геологического строения окрестностей г. Слуцка (Павловска). - Тр. ВЧРО, вып. 126, 1932.

25. Ефремова У.С., Лебедев С.В. Диктионемовые сланцы как природный источник радиационного воздействия на окружающую среду. Материалы XXVIII молодежной научной конференции памяти К.О. Кратца «Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии». – СПб., Из-во ВВМ, 2–7 октября 2017. – с. 173–176.
26. Малаховский Д.Б., Грейсер Е.Л. Балтийско-Ладожский уступ // Геоморфология. 1987. № 1. С. 94-98.
27. Lebedev, S.V., Dubrova, S.V., Fedorov, P.V., Kurilenko, V.V., Siabato, W. Environmental assessment of risks associated with the Ordovician Dictyonema shale in the eastern part of the Baltic Klint. Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences, 63 (2), 147-159, 2018.