

## **Проблемы вычитания фона при индивидуальном дозиметрическом контроле и радиационном контроле на открытой местности**

А.И. Григорьев<sup>1</sup>, В.В. Коваленко<sup>2</sup>, Ю.С. Ревяко<sup>3</sup>, Л.В. Панкратов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО «ГЕОЛА», <sup>2</sup>ФГУП «Госцентр «Природа», <sup>3</sup>ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», <sup>4</sup>Управление Роспотребнадзора по *Красноярскому краю*, г. Красноярск

В практике индивидуальной дозиметрии и радиационного контроля часто встречаются ситуации, когда мощность дозы внешнего гамма-излучения близка к фоновым значениям. Такие ситуации требуют учёта как фоновых (природных) значений, так и ряда параметров измерительного прибора, которые не приводятся в технической документации и метрологически не обеспечены. В настоящем докладе рассмотрены и обсуждены проблемы вычета природной составляющей при индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК) и сопоставления данных, полученных дозиметрическими приборами с различным откликом на космическое излучение и собственным фоном (так называемый «нулевой» фон).

### **Вычитание природного фона при ИДК.**

Индивидуальный дозиметрический контроль персонала в большинстве организаций, работающих с источниками ионизирующего излучения (ИИИ), ведётся с использованием термомлюминесцентной дозиметрии (ТЛД). При этом при определении индивидуальных доз в рамках проведения дозиметрического контроля сложилось явное противоречие между устоявшейся практикой и действующими методическими указаниями: указания предписывают вычитать природную составляющую дозы [1, 2], а на практике это вычитание производится далеко не всегда.

Сложившаяся практика индивидуального дозиметрического контроля часто игнорирует вклад природного облучения. При исследованиях доз профессионального облучения молчаливо предполагается, что этот вклад ничтожен по сравнению с техногенным облучением.

Оценку ожидаемой величины природного вклада при ИДК легко произвести на основании многолетних измерений мощности поглощённой дозы (накопленной дозы) в зданиях различного типа. Такие измерения в Красноярском крае проводятся ежегодно в рамках радиационно-гигиенического мониторинга и составления формы № 4-ДОЗ. Мощность дозы внешнего облучения в зданиях различного типа колеблется от 0,06 мкЗв/час до 0,10 мкЗв/час. Если учесть, что персонал группы А работает не более 11 месяцев (330 дней) в году, а также то, что индивидуальный дозиметр фиксирует природное облучение все 24 часа в сутки, в отличие от техногенного облучения, величина природного вклада в облучение человека на производстве будет находиться в интервале 0,5...0,8 мЗв/год.

Для оценки реальной величины природного вклада были выбраны две организации: ОАО «Красноярский машиностроительный завод», на котором используются рентгеновские и гамма-дефектоскопы, спектрометры с закрытыми радионуклидными источниками, а также ООО «Добрый Доктор», медицинское учреждение, использующее стоматологические рентгеновские аппараты – визиографы и ортопантомографы. На «Красмаше» к группе А отнесено 64 человека, в ООО «Добрый Доктор» – 2 человека. В обоих случаях в организациях устанавливалось по 3 фоновых дозиметра. Для определения накопленных доз использовались аппаратные комплексы АКИДК-201 и ДТУ-01, которые предназначены для интегральных измерений накопленной дозы гамма-излучения при продолжительности измерения от нескольких дней до нескольких месяцев. Они позволяют измерять дозы в диапазоне от 0,05 мЗв до 10 Зв при энергии гамма-излучения 0,03...1,25 МэВ. В таблице 1 приведены итоговые результаты исследований в ООО

«Добрый Доктор» и ОАО «Красноярский машиностроительный завод». Время экспонирования дозиметров – три месяца.

Таблица 1 – Результаты измерений накопленной дозы (время экспонирования – 3 месяца)

Организация	Доза персонала (Д), мЗв	Фоновая доза (Ф), мЗв	Д – Ф, мЗв
ОАО «Красмаш»	0,31 ± 0,03	0,18 ± 0,02	0,13 ± 0,04
ООО «Добрый Доктор»	0,32 ± 0,03	0,14 ± 0,02	0,18 ± 0,04

Из данных, приведенных в таблице, следует, что вклад природной компоненты в суммарную дозовую нагрузку персонала составляет 40...60%. Таким образом, игнорирование природной компоненты может привести (и приводит) к непропорциональному завышению доз техногенного облучения персонала практически в 2 раза.

По данным радиационно-гигиенического паспорта (РГП) Красноярского края за 2009 г. более чем 2300 профессионалов (из организаций, подведомственных Роспотребнадзору), работая с ИИИ, получили годовую коллективную дозу 2,67 чел.-Зв. Это означает, что до 1,6 чел.-Зв коллективной дозы обусловлено природными факторами, а не профессиональной деятельностью. Радиационные риски профессионалов, приведенные в заключении управления Роспотребнадзора по Красноярскому краю на РГП, естественно, несколько завышены.

Для сравнения в таблице 2 приведены значения среднегодовой дозы персонала трёх предприятий Госкорпорации «Росатом», функционирующих в Красноярском крае, и персонала всех стоматологических организаций Красноярского края, эксплуатирующих дентальные рентгеновские аппараты. Сведения о дозовых нагрузках персонала предприятий «Росатома» взяты из радиационно-гигиенических паспортов Российской Федерации за 2008 и 2009 гг. [3, 4].

Таблица 2 – Среднегодовые дозы персонала предприятий «Росатома» и стоматологических организаций Красноярского края, мЗв/год

Организации	2008 г.		2009 г.	
	группа А	весь персонал	группа А	весь персонал
«Росатом»	1,16	0,97	0,93	0,75
Стоматолог. организации	1,10	1,11	1,04	1,02

Дозы персонала предприятий «Росатома» определялись с вычитанием природного фона, а дозы персонала стоматологических организаций – без вычитания; в региональные банки данных по дозам облучения, во все аналитические материалы вплоть до радиационно-гигиенического паспорта региона эти сведения входят (и войдут) именно так, без необходимой поправки.

Около 30% профессионалов, работающих с ИИИ в Красноярском крае, получают годовые дозы от 1 до 2 мЗв. Учитывая реальный вклад природной компоненты, необходимо часть этих профессионалов перевести в другой диапазон – 0...1 мЗв/год.

В 2011 год в организации Красноярского края, использующие ИИИ и поднадзорные Роспотребнадзору впервые начали применять фоновые дозиметры в практике ИДК. Из 220 организаций (из них медицинских организаций – 184), 81 организация использовала фоновый дозиметр в течение года. Более 35% организации в 2011 году начали выполнять требование нормативных документов и определять дозы техногенного облучения персонала с вычетом природного фона.

Сравнительная характеристика доз облучения персонала с учетом природного фона и без такого учёта приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Средняя индивидуальная доза облучения персонала в 2011 году

Тип организации	Средняя эффективная доза облучения персонала, мЗв/год		
	техногенное облучение + фон	техногенное облучение	природное облучение
Медицинские	1,02	0,25	0,87
Не медицинские	1,10	0,43	0,69

Вклад природной составляющей в дозу облучения персонала составил более 60% для организаций не медицинского профиля и более 85% для медицинских учреждений! При этом доза техногенного облучения пренебрежимо мала (составляет 0,05 мЗв/год) у 30% специалистов медицинских учреждений.

В существующих методических инструкциях не определён подробный алгоритм вычитания природного вклада, а именно: что необходимо делать при получении нулевых или отрицательных значений при вычитании.

В настоящее время в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае» внедряется следующий алгоритм действий:

1). Провести суммирование накопленных в течение отчётного года доз за все периоды экспозиции для всех лиц, отнесенных к персоналу группы А (и группы Б, если для них организован инструментальный ИДК), используя данные, приведенные в протоколах. Пусть эти суммарные индивидуальные дозы обозначаются так –  $E_{\Sigma i}$ ,  $i$  – меняется от 1 до  $N$ , где  $N$  – число лиц предприятия, для которых организован ИДК.

2). Провести суммирование показаний фоновых дозиметров за период контроля. Обозначим полученную сумму –  $E_{\Phi}$ .

3). Определить вклад техногенной составляющей для каждого специалиста:

$$E_{\Sigma 1} - E_{\Phi} = E_1,$$

$$E_{\Sigma 2} - E_{\Phi} = E_2,$$

$$\dots\dots\dots$$

$$E_{\Sigma N} - E_{\Phi} = E_N.$$

4). При выполнении вычитания возможны ситуации, когда результат получается нулевым или отрицательным. Это возможно, так как вклад техногенной составляющей обычно не велик, а во многих случаях статистически неотличим от фона. В таком случае необходимо за результат вычитания принять величину **0,05 мЗв**, которая (в случае использования дозиметрического комплекса АКИДК-201) является статистическим пределом определения величины накопленной эффективной дозы.

5). Такую же величину – **0,05 мЗв** – надо приписать тому специалисту, для которого процедура вычитания даёт результат **0,05 >  $E_i$  > 0**.

Полученные величины  $E_i$  будут корректно оценивать годовые эффективные дозы, полученные персоналом при работе с техногенными ИИИ, и могут быть внесены в РГП и форму № 1-ДОЗ предприятия.

### Проблема «нулевого» фона при радиационных измерениях

При измерении МД на открытой местности дозиметрами различного типа неучёт так называемого «нулевого» фона дозиметров может существенно исказить оценки доз внешнего гамма-излучения. Как известно, «нулевой» фон – это сумма собственного фона прибора и его отклика на космическое излучение. Разумеется, для ряда исследований эта проблема неактуальна – например, нет необходимости точно знать нулевой фон дозиметра при отдельном обследовании типовых земельных участков. Но для получения единой картины, характеризующей радиационную обстановку в большом регионе (таком, например, как Красноярский край), когда измерения в разных частях региона делаются разными приборами, эта проблема чрезвычайно актуальна.

Показательный пример – использование двух различных дозиметров – МКС АТ 1125 и ДРГ-01Т1 при измерении мощности дозы по одному маршруту в городе Красноярске. На рисунке 1 изображено изменение МД вдоль маршрута, измеренное этими дозиметрами, причём, показания последнего переводились в мкГр/час умножением на известный коэффициент 0,0088.

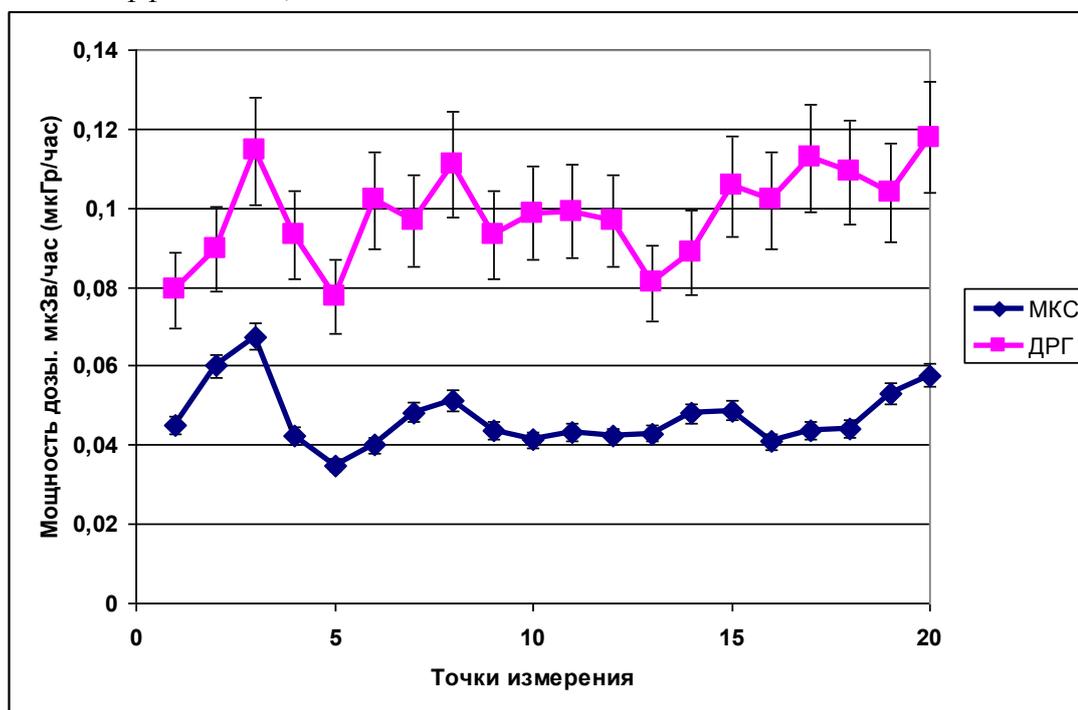


Рис. 1. Мощность дозы вдоль маршрута, измеренная двумя разными дозиметрами, с применением одного коэффициента приведения

На рисунке 2 показания ДРГ-01Т1 переведены в мкЗв/час домножением ещё на один известный коэффициент – 0,7.

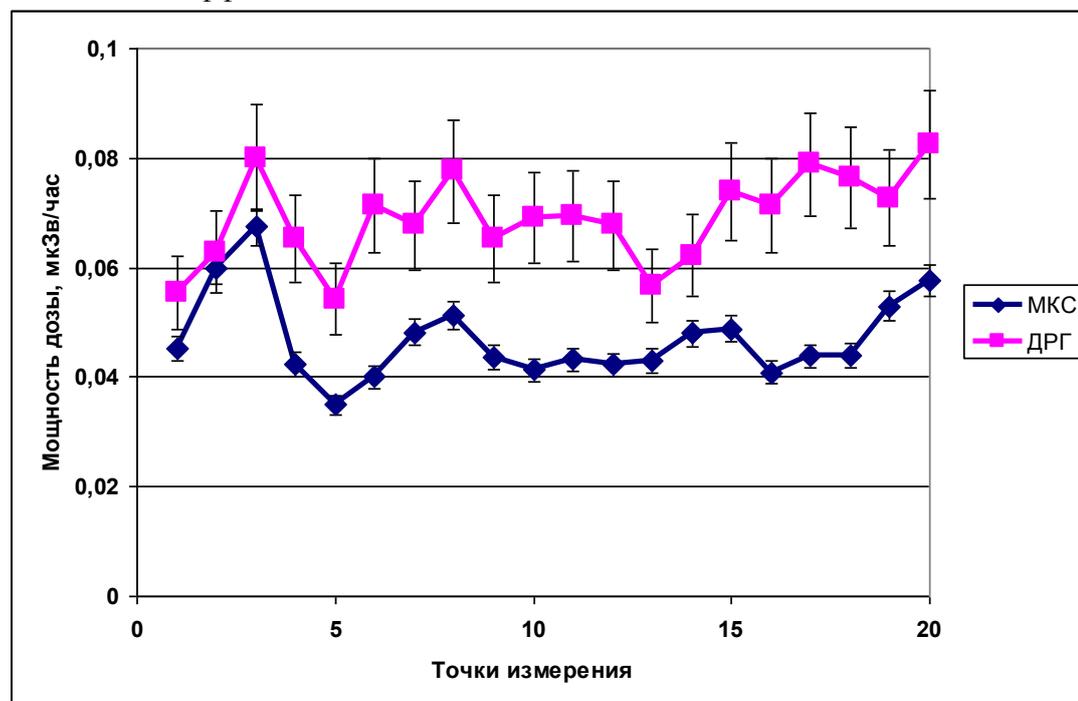


Рис. 2. Мощность дозы вдоль маршрута, измеренная двумя разными дозиметрами, с применением двух коэффициентов приведения

Как видно из рисунков, мультипликативное приведение значений не убирает систематическую разницу, которая в данном случае остаётся существенной.

Давно назрела необходимость вычитания или собственного фона дозиметров, или так называемого «нулевого» фона. Есть несколько нормативных документов, в которых описывается процедура такого действия. Однако, эти документы или специальные – относятся только к загрязнённым территориям [5], или поверхностно описывающие такое действие [6].

Так как заводы-изготовители не утруждают себя необходимостью хотя бы оценить величину собственного или «нулевого» фона, в каждом регионе такие исследования необходимо проводить самостоятельно. У нас, в Красноярском крае ведущие организации, заинтересованные в таких измерениях, осуществили совместный эксперимент. Красноярский филиал ФГУП «Госцентр «Природа», ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», ФГУП «Горно-химический комбинат» и геолого-экологическое предприятие «ГЕОЛА» собрали дозиметры 10 различных типов, используемые в радиоэкологической практике, и оценили их «нулевой» фон на Красноярском море (при глубине не менее 200 м, а удалении от берегов – не менее 400 м). Количество измерений – не менее 100 для каждого прибора.

В таблице 4 и на рисунке 3 приведены полученные в эксперименте значения «нулевого» фона для этих приборов. Как видно, диапазон весьма велик: от 0,011 до 0,083 мкЗв/час. Его условно можно разбить на 4 части: от 0 до 0,03 мкЗв/ч, от 0,03 до 0,05 мкЗв/ч, от 0,05 до 0,08 мкЗв/ч и выше 0,08 мкЗв/ч. Эти части изображены разной штриховкой на рисунке 3.

Таблица 4 – «Нулевой» фон различных дозиметров

Дозиметр	Тип датчика	«Нулевой» фон, мкЗв/ч
МКС-АТ 6101С	сцинтиллятор	0,011 ± 0,002
МКС-АТ 6101Д	сцинтиллятор	0,012 ± 0,001
МКС-АТ 6101	сцинтиллятор	0,012 ± 0,002
МКС-АТ 1125	сцинтиллятор	0,015 ± 0,002
МКС-1117	сцинтиллятор	0,022 ± 0,004
МКС-6130	газоразрядный	0,036 ± 0,020
GammaTRACER	газоразрядный	0,055 ± 0,007
МКС/СПП-08А	сцинтиллятор	0,065 ± 0,022
ДРГ-01 Т1	газоразрядный	0,075 ± 0,015
ДРБП-03	газоразрядный	0,083 ± 0,018

После возвращения на берег всеми приборами была измерена мощность дозы в одном и том же месте. Результаты изображены на рисунке 4. Как видно, средние значения МД для различных групп приборов разные: 0,047 мкЗв/ч, 0,069 мкЗв/ч, 0,095 мкЗв/ч.

Для получения «истинных» (или хотя бы сравнимых) значений МД при одновременном измерении различными приборами, необходимо из «береговых» показаний вычесть «нулевой» фон, а затем добавить некоторое среднее значение МД, обусловленной космическим излучением. В соответствии с данными Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР ООН) [7] эта величина равна 0,32 мкЗв/ч, в соответствии с российской традицией она равна  $400/8800 = 0,045$  мкЗв/ч. На рисунке 5 изображён реконструированный «истинный» фон на берегу. Как видно из рисунка эти данные уже могут быть отнесены к одной генеральной совокупности.

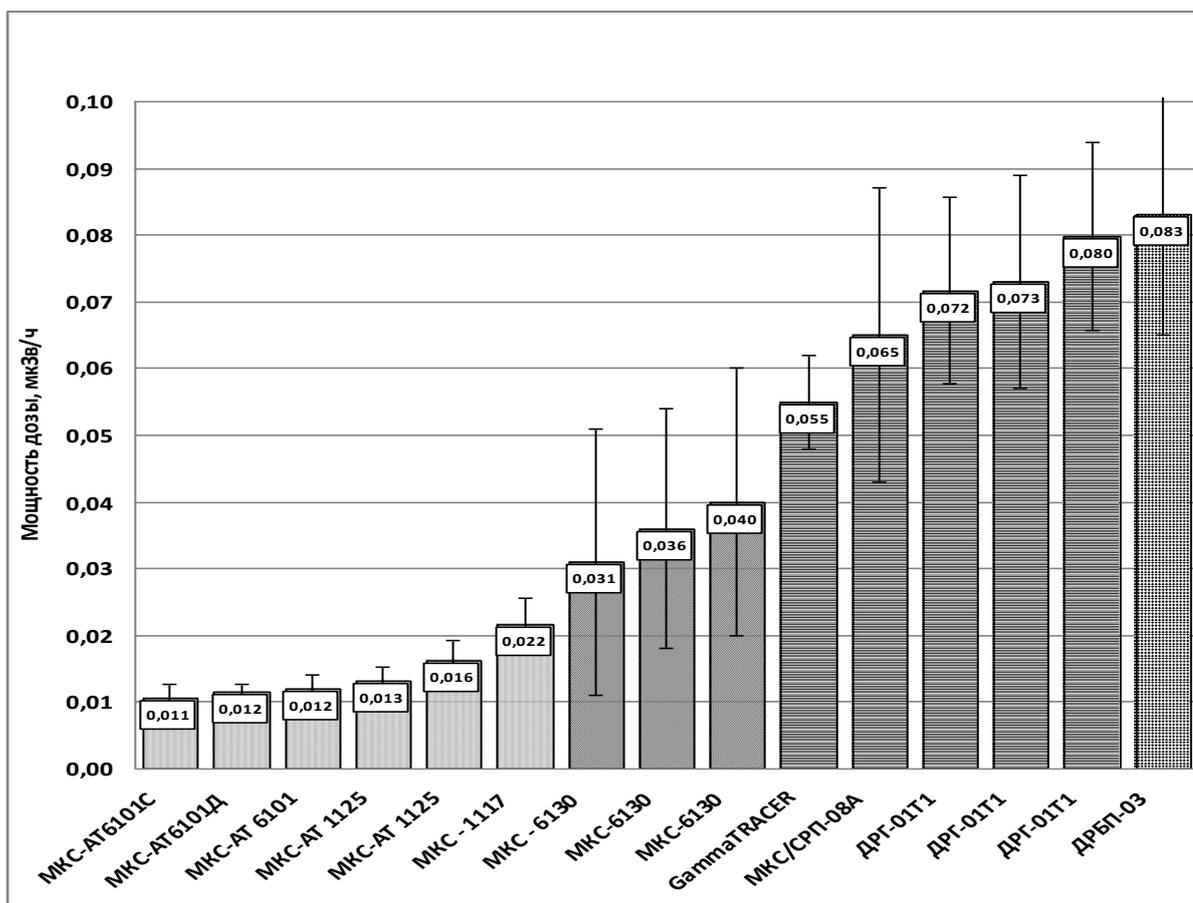


Рис. 3. «Нулевой» фон различных дозиметрических приборов

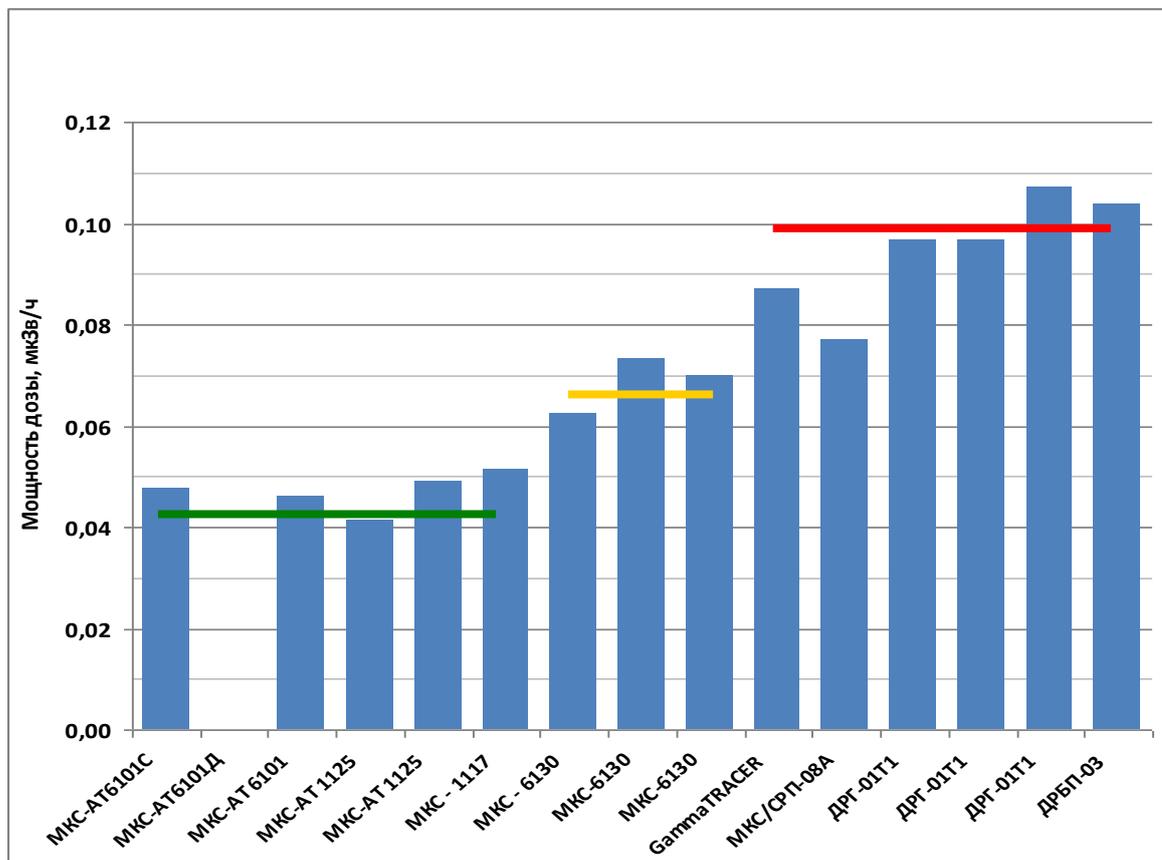


Рис. 4. Результаты измерения МД на берегу (усредняющие линии слева направо: 0,047 мкЗв/ч, 0,069 мкЗв/ч, 0,095 мкЗв/ч)

Полученные данные позволяют уверенно использовать дозиметры различных типов для сравнительных измерений МД внешнего гамма-излучения на открытой местности как в рамках радиационно-гигиенического мониторинга территории, так и при радиационном обследовании земельных участков.

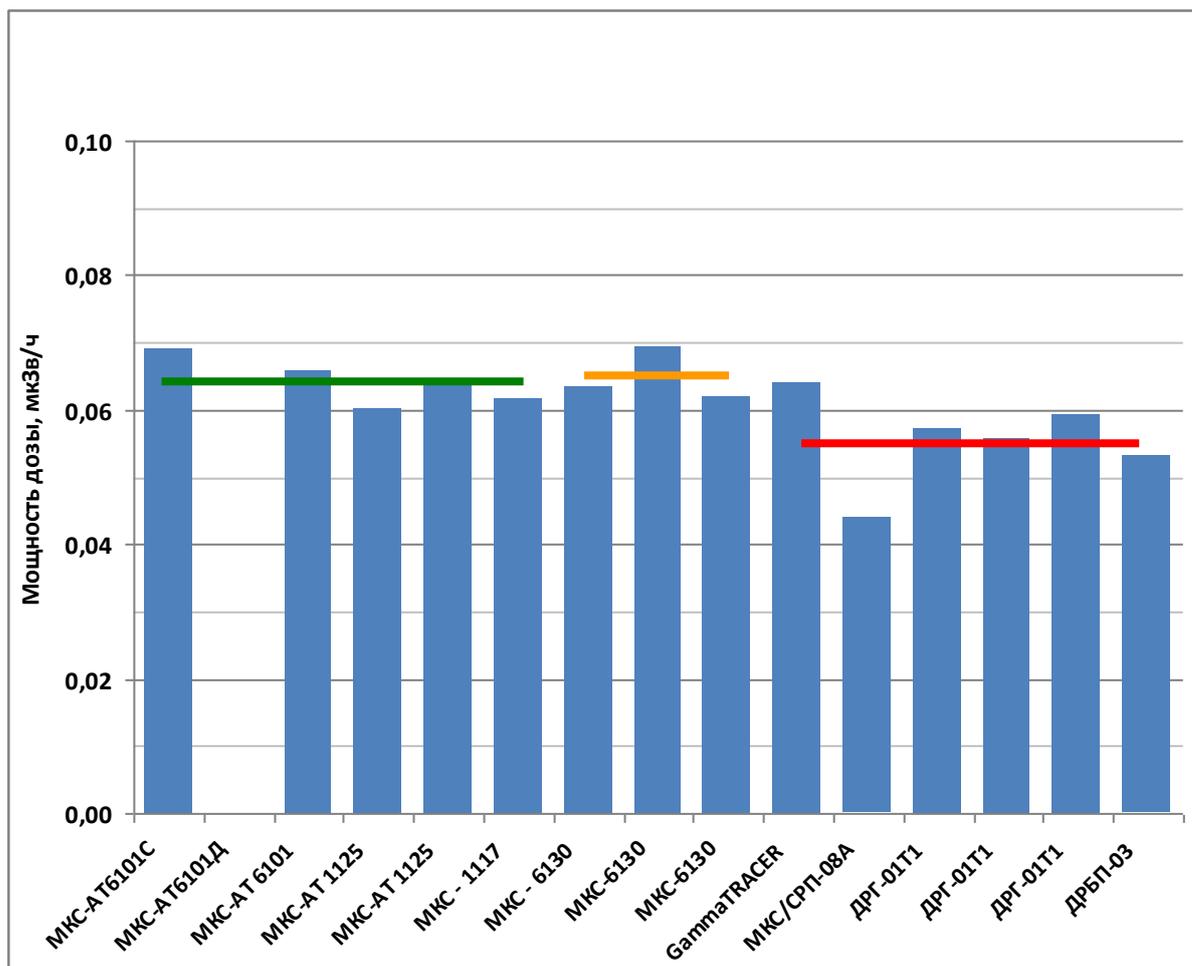


Рис. 5. «Истинный» гамма-фон на берегу (усредняющие линии слева направо: 0,064 мкЗв/ч, 0,065 мкЗв/ч, 0,056 мкЗв/ч).

Теперь вернёмся к примеру, изображённому на первых двух рисунках, когда было показано, что с помощью применения мультипликативных коэффициентов не всегда возможно объединить измерения, сделанные разными дозиметрическими приборами. Используем полученные значения «нулевого» фона и просто вычтем их из графиков (см. рисунок 6).

Если на рисунке 1 средние значения по маршруту, составляли 0,099 и 0,047 мкЗв/ч для ДРГ и МКС соответственно, то на рисунке 6 средние значения составляют 0,027 и 0,031, что статистически неотлично.

В свете вышесказанного понятно, что для унификации измерений, для корректного объединения данных, получаемых в рамках радиационно-гигиенического мониторинга, необходимо на всей территории Российской Федерации применять идентичный подход для обязательного учёта различного нулевого фона используемых приборов.

Таким образом, для корректного учёта фоновых (природных) значений и ряда параметров измерительного прибора, чтобы избежать неверных выводов при дозиметрическом контроле и обеспечить единство измерений при радиационном контроле на открытой местности необходимо, по нашему мнению, подготовить новые методические указания на федеральном или ведомственном уровне.

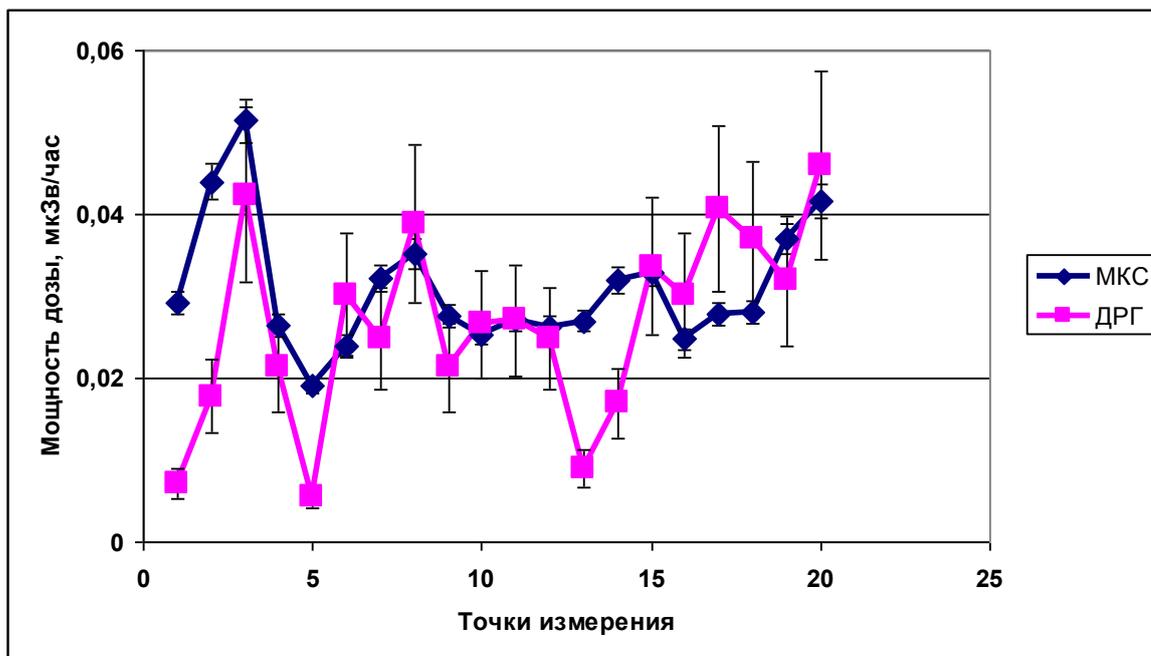


Рис. 6. Мощность дозы вдоль маршрута, измеренная двумя разными дозиметрами, с вычитанием «нулевого» фона

### Список литературы

1. Методические указания «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования»: МУ 2.6.1.16-2000, утв. 28.09.00, введ. в действие с 28.09.00.
2. Методические указания «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских учреждений»: МУ 2.6.1.2118-06, утв. 14.08.06, введ. в действие с 01.10.06.
3. Результаты – радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2008 год (радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации).– М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.– 112 с.
4. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2009 год (радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации).– М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.– 132 с.
5. Методические рекомендации «Радиационный мониторинг доз облучения населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС»: утв. 27.12.07 : введ. в действие с 27.12.07.
6. Методические рекомендации «Форма федерального государственного статистического наблюдения № 4-ДОЗ. Сведения о дозах облучения населения за счёт естественного и техногенно измененного радиационного фона»: утв. 19.04.07.– Взамен МР № 11-2/283-09.– М., 2007.–30 с.
7. Источники и эффекты ионизирующей радиации: Отчёт Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР) Генеральной ассамблее (6 июня 2000 г.) // ООН, НКДАР. – 154 с.

**PROBLEMS OF SUBTRACTION OF THE BACKGROUND AT THE INDIVIDUAL  
RADIATION CONTROL AND RADIATING MONITORING ON OPEN AIR**

A.I.Grigoirev<sup>1</sup>, V.V. Kovalenko<sup>2</sup>, J.S. Reviako<sup>3</sup>, L.V.Pankratov<sup>4</sup>

<sup>1</sup>LLC «GEOLA», <sup>2</sup>Krasnoyarsk Branch of the Federal State Unitary Enterprise «State Center  
«Nature», <sup>3</sup>Federal Organization for Health Protection «Center of Hygiene and Epidemiology in  
Krasnoyarsk region», <sup>4</sup>Administration of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights  
Protection and Human Well-being in Krasnoyarsk region, Krasnoyarsk