

*Научно-производственное унитарное предприятие
«АТОМТЕХ»
Республика Беларусь, г. Минск
info@atomtex.com*

**Метрологическое обеспечение полей фотонного
излучения околофонового уровня (0,03 – 0,1 мкЗв/ч)
по мощности дозы**

IEC 62533:2010

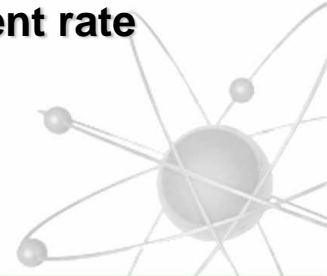
Radiation protection instrumentation - Highly sensitive hand-held instruments for photon detection of radioactive material

This International Standard applies to hand-held instruments used for the detection and localization of radioactive photon emitting materials. These instruments are highly sensitive meaning that they are designed to detect slight variations in the range of usual photon background caused mainly by illicit trafficking or inadvertent movement of radioactive material.

4.12 Effective range of measurement

The effective photon energy response range shall be stated by the manufacturer, and shall include the range from 45 keV to 1,5 MeV.

The manufacturer shall also state the **range for photon ambient dose equivalent rate** measurement. The range shall be at least from **0,02 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$** to **10 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$** .



IEC 60846-1:2009

Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation – Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors

This part of IEC 60846 series applies only to portable meters and monitors which are intended to be used in both the workplace and the environment. It applies to devices that measure the dose equivalent or dose equivalent rate from external beta and/or X and gamma radiation in the dose range between 0,01 μSv and 10 Sv and the **dose rate range** between **0,01 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$** and 10 $\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, due to photon radiation of energy between 12 keV and 10 MeV for ambient dose equivalent rate and between 8 keV and 250 keV for directional dose equivalent rate.



IEC 61017:2016

Radiation protection instrumentation - Transportable, mobile or installed equipment to measure photon radiation for environmental monitoring

This International Standard is applicable to transportable, mobile or installed assemblies intended to measure environmental **air kerma rates** or air absorbed dose rates from **30 nGy·h⁻¹** to 30 μGy·h⁻¹ or **ambient dose equivalent rates** from **30 nSv·h⁻¹** to 30 μSv·h⁻¹, or air kerma or air absorbed dose from 10 nGy to 10 mGy, or ambient dose equivalent from 10 nSv to 10 mSv, due to photon radiation of energy between 50 keV and 7 MeV. The measurable range of dose and dose rate can be extended by agreement between the purchaser and the manufacturer.

This extension may be realized by combining more than one detector, for example NaI(Tl) scintillator and ionization chamber. For most environmental applications, instruments may measure over a more limited energy range of 80 keV to 3 MeV.





СТО 1.1.1.01.001.0875-2017

Автоматизированная система контроля радиационной обстановки атомной электростанции. Технические требования

Стр.35

6.2.1.3 Функция измерения МАЭД фотонного излучения должна выполняться при всех режимах функционирования АС, включая ЗПА и периоды после ее прохождения. Контроль МАЭД фотонного излучения должен выполняться в диапазоне 50 нЗв/ч до 1 Зв/ч. Диапазон регистрации энергий фотонного излучения, обеспечиваемый блоком детектирования МАЭД, должен быть не хуже чем от 50 кэВ до 3 МэВ.

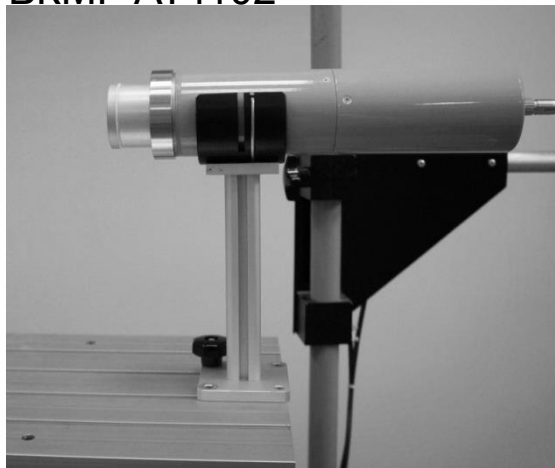


На основе серийно выпускаемых сцинтилляционных спектрометрических блоков детектирования:

- БДКГ-05 с NaI(Tl) кристаллом Ø40x40 мм;
- БДКГ-03 с NaI(Tl) кристаллом Ø25x16 мм;
- БДКР-01 с NaI(Tl) кристаллом Ø9x2 мм с бериллиевым окном

разработаны блоки-компараторы рентгеновского и гамма-излучения БКМГ-АТ1102, БКМГ-АТ1106 и БКМР-АТ1104 с использованием алгоритма расчета функций радиационного отклика на основе спектрометрического метода дозиметрии:

БКМГ-АТ1102



БКМР-АТ1104



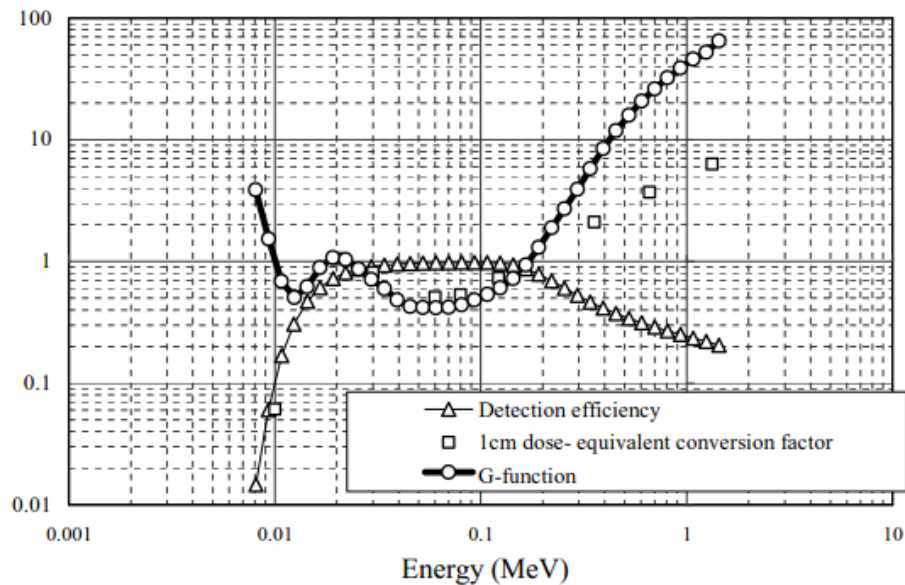
БКМГ-АТ1106



Блоки-компараторы позволяют измерять мощность воздушной кермы, мощность амбиентного эквивалента дозы и экспозиционной дозы.



Спектрометрический метод дозиметрии для получения величины дозы непосредственно из аппаратурного спектра, используя функцию радиационного отклика в качестве ядра интегрального преобразования от характеристики поля к дозе.



*Moriuchi, S. A new method of dose evaluation by spectrum-dose conversion operator and determination of the operator / S. Moriuchi // JAERI 1209, Japan Atomic Energy Research Institute (1970).

Фоминых, В. И. Измерение малых уровней гамма-излучения спектрометрическим методом с использованием оператора «спектр-доза» / В. И. Фоминых, Г. И. Шульгович, В. А. Кожемякин // Метрология. – 1983. – № 10. – С. 32–39.





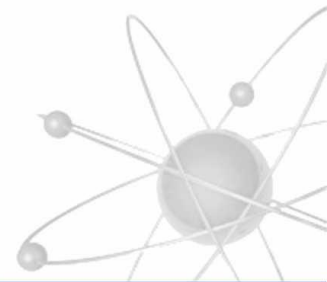
Существует функция $G(E)$, которая может быть выражена интегральным уравнением:

$$D = \int_0^{\infty} N(E) \times G(E) dE$$

где $N(E)$ – смешанный аппаратный спектр гамма-излучения различных энергий.

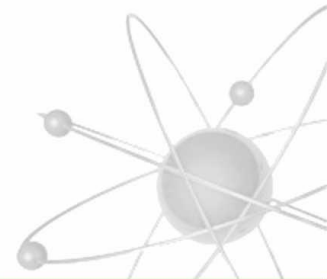
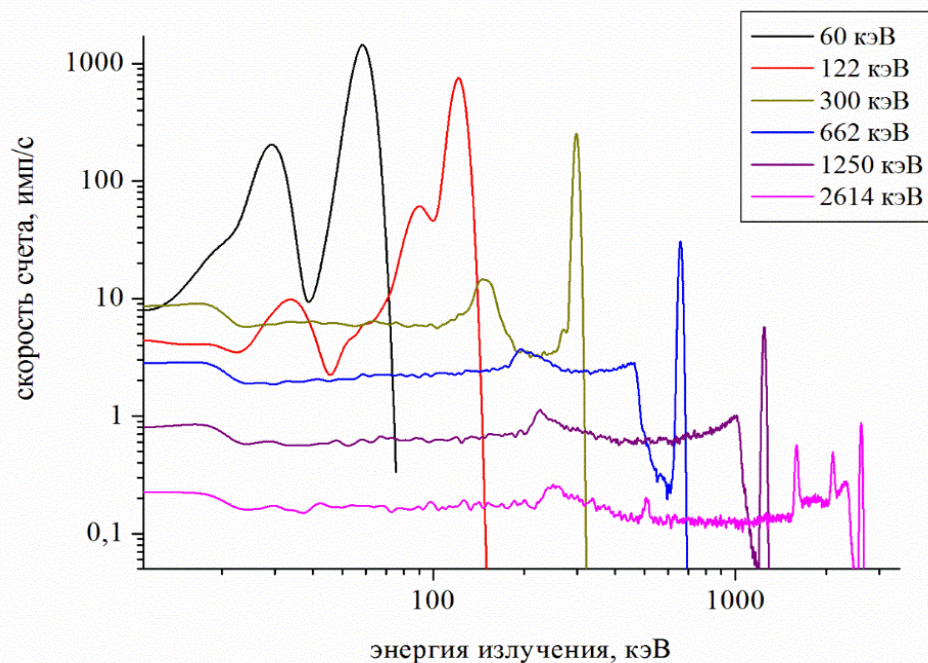
Применив эту функцию $G(E)$ к аппаратному спектру, измеренному в поле излучения, можно непосредственно определить дозу.

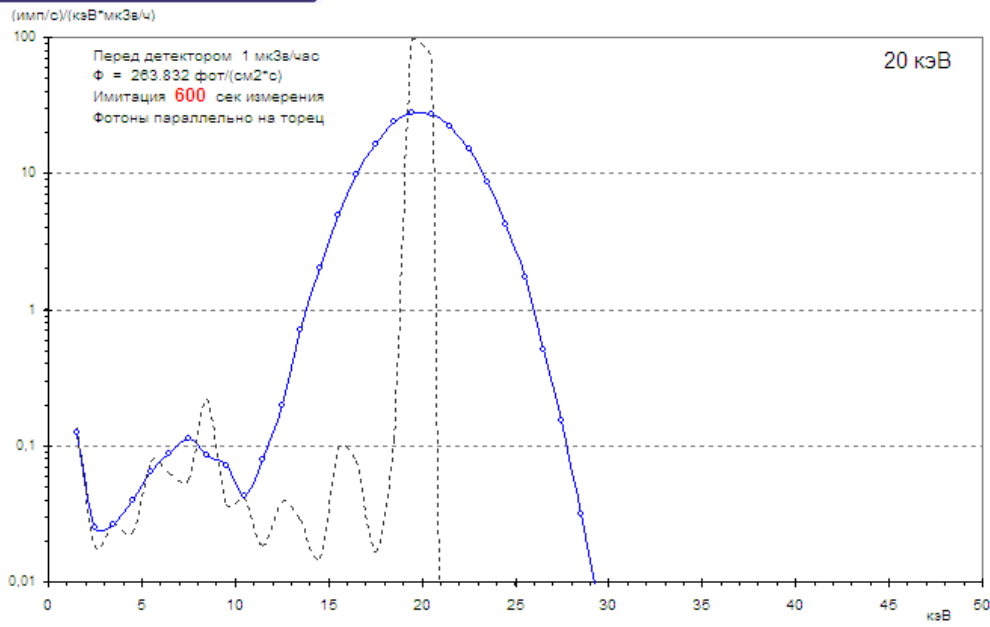
Значения функции $G(E)$ зависит от типа детектора, его размеров и формы.



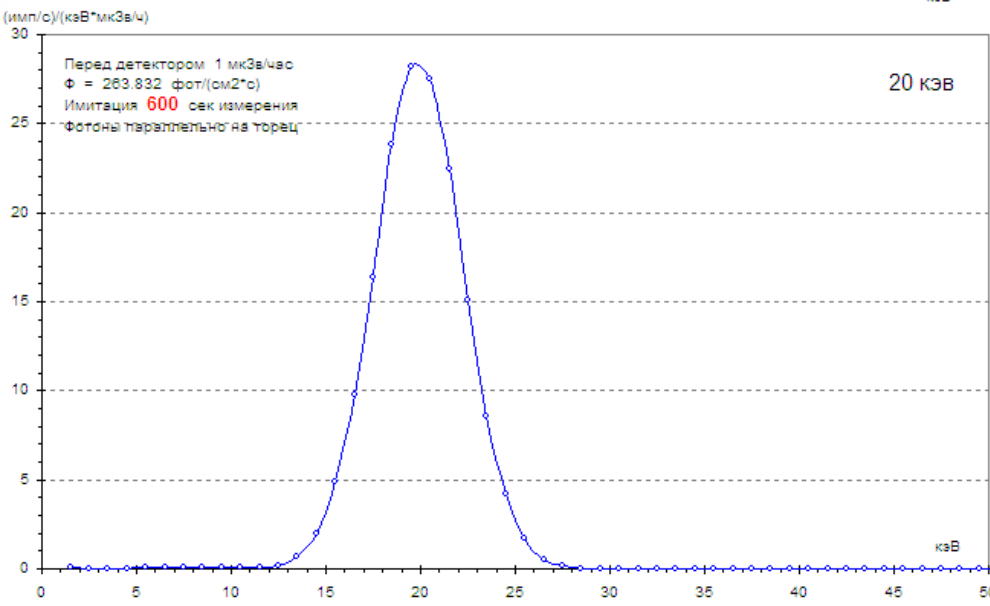


Аппаратурные функции отклика детектора NaI(Tl) $\varnothing 40 \times 40$ мм на излучение параллельного моноэнергетического потока гамма-квантов рассчитанные методом Монте-Карло и полученные с использованием программного комплекса SNEGMONT (Scattering of Nuclons, Electrons, Gamma by MONTE-Carlo), разработанного в Беларуси





Энергетический спектр (для каждого энергетического канала подсчитывается количество соответствующих импульсов).



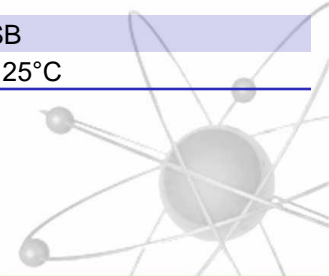
Аппаратурная функция отклика по Гауссу на основе рассчитанного энергетического спектра и экспериментально определенной зависимости энергетического разрешения от энергии.





Блок-компаратор фотонного излучения БКМГ-АТ1102 и ПК со специальным прикладным ПО

Основные характеристики	БКМГ-АТ1102
Детектор	NaI(Tl) Ø40×40 мм
Диапазон энергий	50 кэВ – 3 МэВ
Диапазон измерения мощности кермы в воздухе	0,02 – 5 нГр/с (50 – 300 кэВ) 0,02 – 50 нГр/с (300 – 1500 кэВ)
Диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы	0,1 – 30 мкЗв/ч (50 – 300 кэВ) 0,1 – 200 мкЗв/ч (300 – 1500 кэВ)
Основная погрешность при измерении мощности кермы в воздухе	±4%
Основная погрешность при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы	±6%
Энергетическая зависимость чувствительности относительно энергии 662 кэВ (¹³⁷ Cs)	±2%
Типовое энергетическое разрешение для энергии 662 кэВ (¹³⁷ Cs)	8%
Чувствительность к гамма-излучению	
²⁴¹ Am	5800 имп·с ⁻¹ /мкЗв·ч ⁻¹
¹³⁷ Cs	850 имп·с ⁻¹ /мкЗв·ч ⁻¹
⁶⁰ Co	420 имп·с ⁻¹ /мкЗв·ч ⁻¹
Максимальная входная статистическая нагрузка	менее 1·10 ⁵ с ⁻¹
Количество каналов АЦП	1024
Степень защиты	IP54
Интерфейсы	RS232 / USB
Диапазон рабочих температур	от 15°С до 25°С

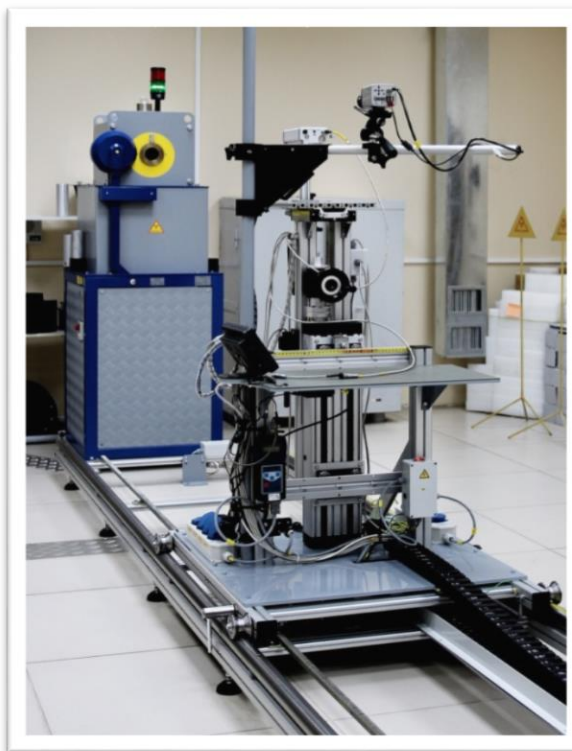




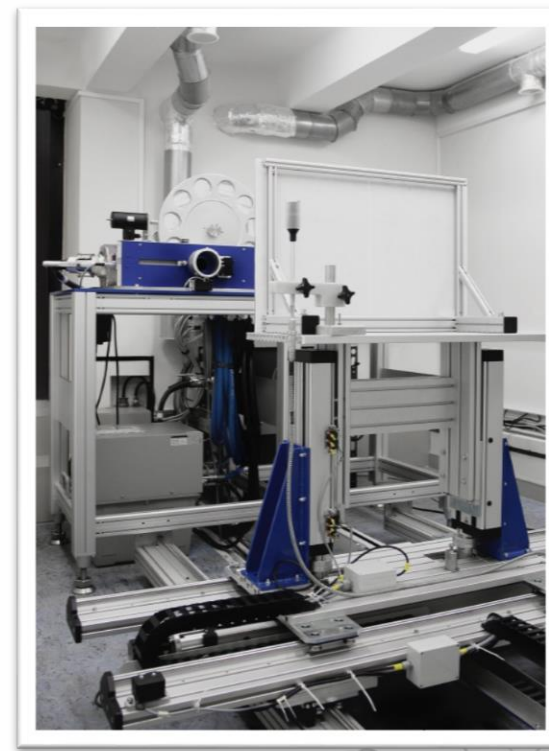
Апробация блоков-компараторов проведена на дозиметрических поверочных установках УДГ-АТ110, УДГ-АТ130 («АТОМТЕХ»), рентгеновских установках РАНТАК (БелГИМ) и УПР-АТ300 («АТОМТЕХ»)



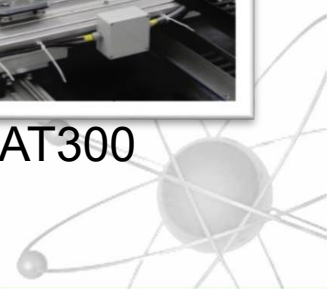
УДГ-АТ110



УДГ-АТ130



УПР-АТ300





Исследование основных метрологических характеристик и калибровка блоков-компараторов осуществлена во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (Санкт-Петербург, РФ) на государственных эталонах РФ: установках рентгеновского излучения УЭД 50-320, УЭД 5-50М (ГЭТ 8-2011) и установке гамма-излучения УИЭЗ (ГВЭТ 8-2)



УЭД 50-320



УЭД 5-50М

В состав входит установка
УПР-АТ300



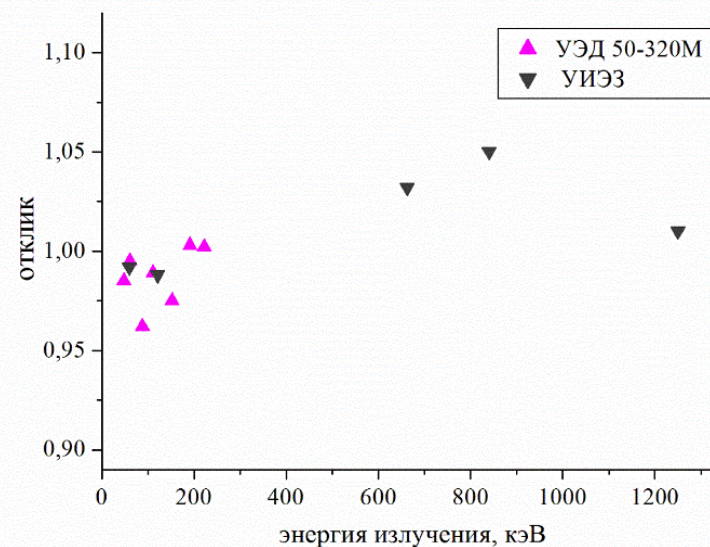
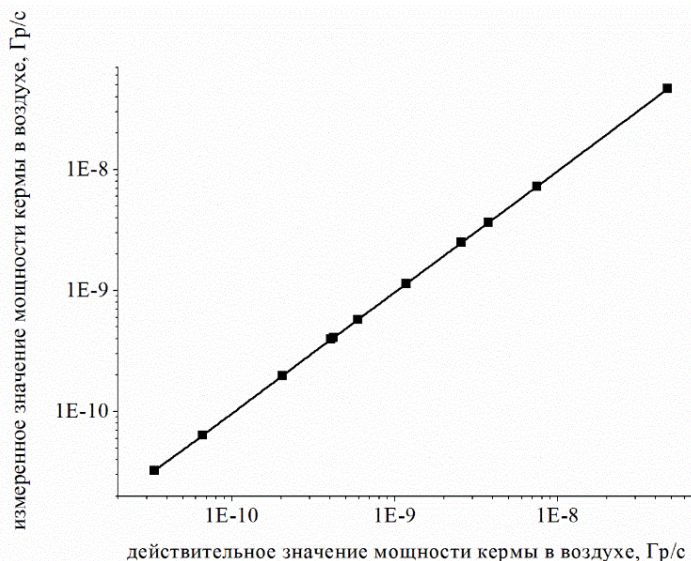
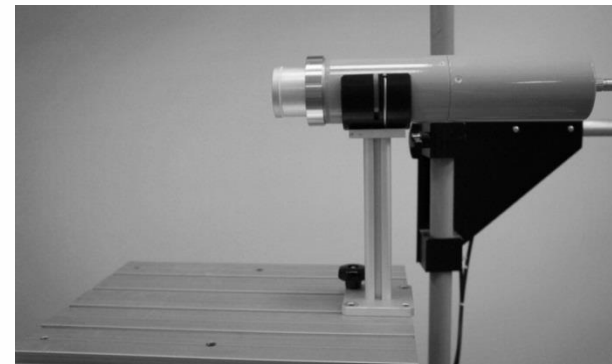
УИЭЗ

Внедрена в УП «АТОМТЕХ» и
ВНИИМ в 1980 г.

Калибровка блока-компаратора в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»:

Измерение мощности кермы в воздухе в диапазоне 0,02 - 100 нГр/с на эталонной установке гамма-излучения **УИЭЗ** с использованием источников гамма-излучения ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{60}Co ;

Измерение мощности кермы в воздухе в диапазоне 1,2 - 12 нГр/с на эталонной установке рентгеновского излучения **УЭД 50-320** (режим качества излучения L) в диапазоне энергий 31 – 222 кэВ.



Линейность дозовой характеристики БКМГ-AT1102

Энергетическая зависимость чувствительности БКМГ-AT1102 в диапазоне 40 – 1500 кэВ



Нижняя граница диапазона измерения мощности кермы в воздухе блока-компаратора БКМГ-АТ1102, а именно 0,1 мкГр/ч, определена исходя из возможностей эталона в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» с использованием высокочувствительной ионизационной камеры большого объема (10 литров) в составе государственного эталона. Таким образом, блок-компаратор БКМГ-АТ1102 может обоснованно применяться в составе поверочных дозиметрических установок в диапазоне от $3 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ Гр/с, что подтверждается сертификатом калибровки блока-компаратора.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВНИИМ им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»
190005, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 19
Факс: +7 (812) 713-01-14, телефон: +7 (812) 251-76-01, e-mail: info@vniim.ru, http://www.vniim.ru

СЕРТИФИКАТ
КАЛИБРОВКИ

RU 01 № 210/31-2016

008429

Страница 1 из 3

Дата калибровки: 22 - 25 марта 2016 г.

Объект калибровки: Блок-компаратор гамма-излучения БКМГ-АТ1102 зав. № 001

Заказчик: УП «АТОМТЕХ», УНП 100865348

Метод калибровки: Метод прямых измерений мощности кермы в воздухе в аттестованных коллимированных полях рентгеновского и гамма излучений эталонных установок.
методики калибровки: СК 03 - 210 - РП-Отд.№210-01-01-2008, СК 03Т-РП-Отд.№210-01-02-2010-Т и СК 03-РП-Отд.№210-01-03-2010.

Руководитель отдела МП  С.Г. Трофимчук
Дата выдачи: 11 апреля 2016 г.



Блоки-компараторы БКМГ-АТ1102 и БКМР-АТ1104, изготовленные в УП «АТОМТЕХ» и принадлежащие ФГУП «ВНИИМ им Д.И. Менделеева», входят в состав государственного вторичного эталона Российской Федерации ГВЭТ 8-2

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИИ им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

ПАСПОРТ

ГОСУДАРСТВЕННОГО ВТОРИЧНОГО ЭТАЛОНА
ЕДИНИЦ: КЕРМЫ В ВОЗДУХЕ в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до 20 Гр, МОЩНОСТИ
КЕРМЫ В ВОЗДУХЕ в диапазоне от $1 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Гр/с, ЭКСПОЗИЦИОННОЙ
ДОЗЫ в диапазоне от $3 \cdot 10^{-9}$ до $6 \cdot 10^{-1}$ Кл/кг, МОЩНОСТИ
ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ в диапазоне от $3 \cdot 10^{-10}$ до $3 \cdot 10^{-5}$ А/кг,
АМБИЕНТНОГО, НАПРАВЛЕННОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО
ЭКВИВАЛЕНТОВ ДОЗЫ в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до 20 Зв, МОЩНОСТЕЙ
АМБИЕНТНОГО, НАПРАВЛЕННОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО
ЭКВИВАЛЕНТОВ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ в диапазоне от
 $1 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Зв/с
(ГВЭТ 8-2)
№ 210-0135

Санкт-Петербург
2015 г



Результаты определения метрологических характеристик и калибровок блока-компаратора во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» показывают, что использование специально отобранных NaI(Tl) сцинтилляционных блоков детектирования с высокой стабильностью измерительного тракта и лучшим разрешением, а также применение функции радиационного отклика позволяют использовать их в метрологии фотонного излучения для поверки рабочих эталонов и средств измерений, калибровки низкоинтенсивных полей фотонного излучения по мощности кермы в воздухе в диапазоне 0,1 – 30 (180) мкГр/ч с нелинейностью дозовой характеристики, не превышающей $\pm 3\%$ и энергетической зависимостью чувствительности в пределах $\pm 5\%$ в диапазоне энергий 50 кэВ – 300 кэВ (300 кэВ – 1,5 МэВ).



Калибровка приборов радиационной защиты, предназначенных для измерения мощности дозы гамма-излучения окружающей среды (согласно IEC 60846-1:2009 и IEC 61017:2016, приложения С).

Показание прибора можно представить как:

$$\dot{G} = R_c \cdot \dot{H}^*(10)_c + R_t \cdot \dot{H}^*(10)_t + R_s \cdot \dot{H}^*(10)_s + \dot{G}_0$$

где R_c - отклик к космической составляющей фонового излучения;

$\dot{H}^*(10)_c$ - МАЭД космической составляющей фонового излучения;

R_t - отклик к почвенной составляющей фонового излучения;

$\dot{H}^*(10)_t$ - МАЭД почвенной гамма-составляющей фонового излучения;

R_s - отклик к излучению калибровочного источника;

$\dot{H}^*(10)_s$ - МАЭД, создаваемая калибровочным источником;

\dot{G}_0 - вклад в показания прибора, возникающий из-за собственного фона или электронных помех прибора.



Процедура калибровки (IEC 60846-1:2009 и IEC 61017:2016).

1. Показания прибора без источника излучения:

$$\dot{G}_{S0} = R_c \cdot \dot{H}^*(10)_c + R_t \cdot \dot{H}^*(10)_t + \dot{G}_0 \quad (1)$$

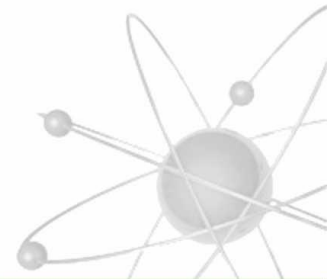
2. Показания прибора при воздействии источника излучения:

$$\dot{G}_S = R_c \cdot \dot{H}^*(10)_c + R_t \cdot \dot{H}^*(10)_t + R_s \cdot \dot{H}^*(10)_s + \dot{G}_0 \quad (2)$$

3. Из уравнения (2) вычитаем уравнение (1) и тем самым находим отклик к излучению калибровочного источника:

$$R_s = \frac{\dot{G}_S - \dot{G}_{S0}}{\dot{H}^*(10)_s}$$

Данный подход позволяет не учитывать отклик к космическому излучению R_c , к почвенной составляющей фона R_t и вклад от собственного фона детектора G_0 .





Процедура калибровки (IEC 60846-1:2009 и IEC 61017:2016).

В качестве альтернативы, в условиях низкого радиационного фона (низкофоновая камера или лаборатория), использовать, по крайней мере, три различных значения МАЭД для калибровки;

1. Определить вклад в показания \dot{G}_0 при помощи экстраполяции показаний к «нулевой» МАЭД;
2. Определить отклик R_S по крутизне линейной зависимости показаний измерительного прибора G_S относительно МАЭД калибровочного источника.

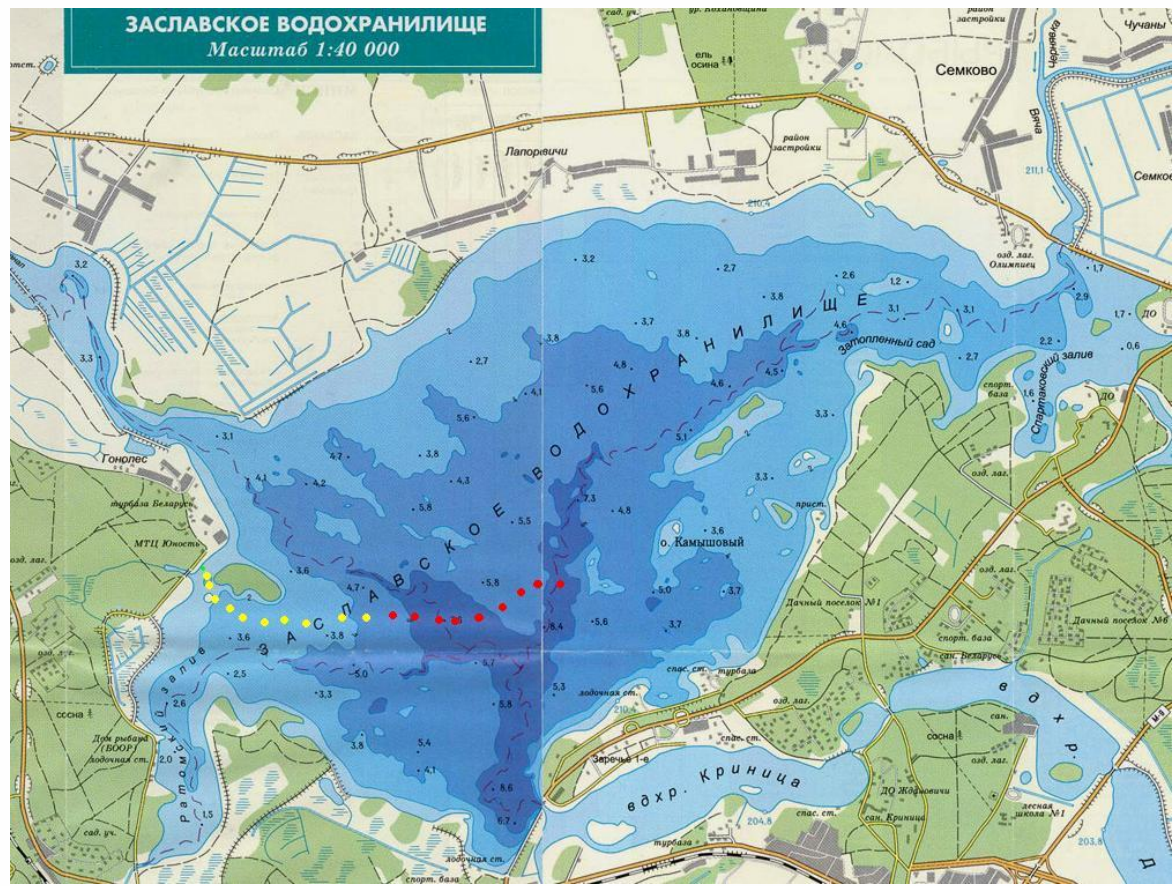




Для калибровки полей гамма-излучения по мощности дозы околофоновому уровню (0,03 – 0,1 мкЗв/ч) следуя рекомендациям IEC 61017:2016 и IEC 60846-1:2009 разработаны:

- Методика калибровки блока-компаратора по мощности дозы создаваемой источником гамма-излучения ^{137}Cs в диапазоне 30 – 100 нЗв/ч (нГр/ч) в условиях низкого радиационного фона;
- Компенсационная методика (без источника и с источником излучения по разностному эффекту) калибровки поля гамма-излучения по мощности дозы околофоновому уровню (0,03 – 0,1 мкЗв/ч (нГр/ч)) с использованием блока-компаратора в условиях низкого радиационного фона.





Определение отклика к космической составляющей окружающего радиационного фона и собственного фона прибора. Апробация калибровки блока-компаратора по мощности кермы в воздухе (^{137}Cs ОСГИ) в условиях низкого радиационного фона





Для проверки соответствия показаний прибора характеристикам поля гамма-излучения в точке измерения, использовались значения мощности кермы в воздухе на различных расстояниях на основе кермы-постоянной для радионуклида ^{137}Cs .

Расчет мощности кермы в воздухе от эталонного источника гамма-излучения с использованием кермы-постоянной (постоянной кермы в воздухе для данного радионуклида):

$$K_a = \Gamma \cdot \frac{A}{r^2}$$

где Γ – керма-постоянная (для ^{137}Cs составляет $2,157 \cdot 10^{-17} \text{ Гр} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$);

A – активность источника на момент измерений, Бк;

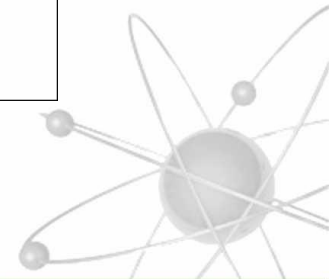
r – расстояние «источник - детектор», м.





Результаты измерения мощности кермы в воздухе источника гамма-излучения типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs в условиях низкого радиационного фона на Заславском водохранилище с использованием блока-компаратора БКМГ-АТ1102 (компенсационный метод)

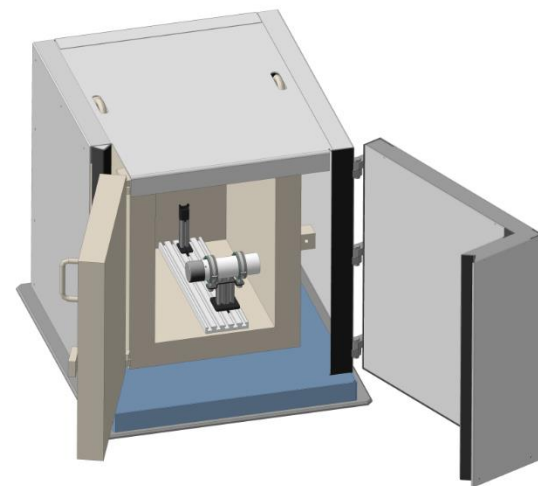
Расчетное значение мощности кермы в воздухе, нГр/ч	Результаты измерения мощности кермы в воздухе ($\bar{K}_a \pm U$), нГр/ч	Результаты измерения фона ($\bar{K}_a \pm U$), нГр/ч
20,0	$23,8 \pm 1,9$	$5,15 \pm 0,69$
30,0	$33,2 \pm 2,2$	
50,0	$52,3 \pm 3,4$	

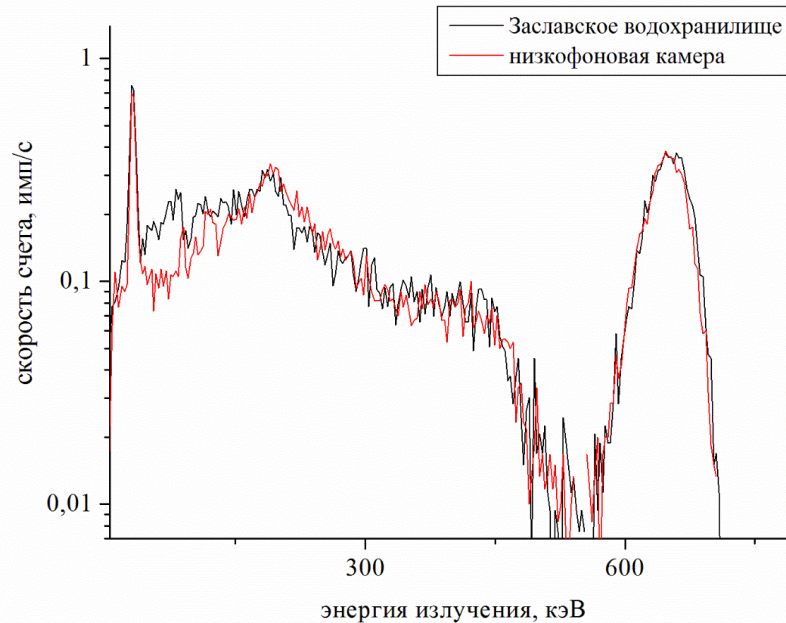




Результаты измерения мощности кермы в воздухе источника гамма-излучения типа ОСГИ с радионуклидом ¹³⁷Cs в низкофоновой камере в УП «АТОМТЕХ» с использованием блока-компаратора БКМГ-АТ1102 (компенсационный метод)

Расчетное значение мощности кермы в воздухе, нГр/ч	Результаты измерения мощности кермы в воздухе ($\bar{K}_a \pm U$), нГр/ч	Результаты измерения фона ($\bar{K}_a \pm U$), нГр/ч
24,6	26,5 ± 1,6	3,6 ± 0,4
41,8	42,4 ± 2,5	
59,2	60,6 ± 3,6	

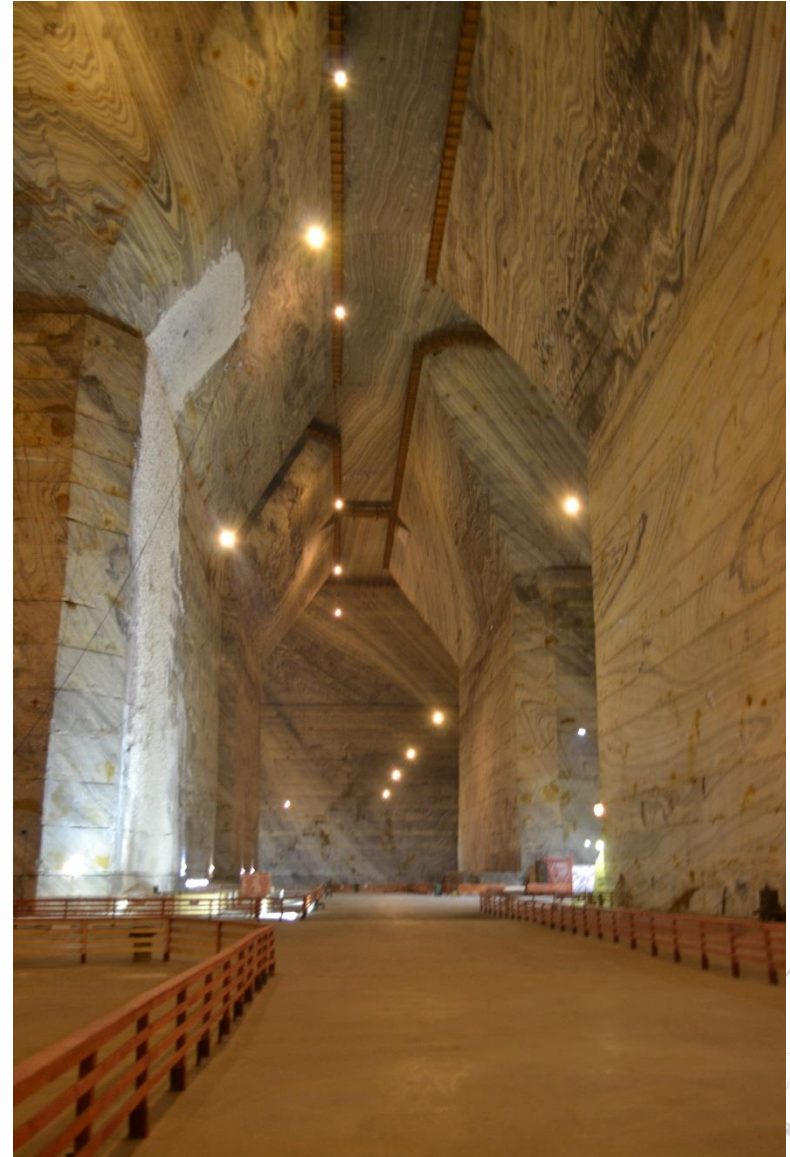




Приведенные спектры от источника гамма-излучения типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs (расчетное значение мощности кермы в воздухе - 25 нГр/ч), полученные на Заславском водохранилище и в низкофоновой камере в УП «АТОМТЕХ» как обоснование использования низкофоновой камеры для измерений и калибровки полей гамма-излучения околофонового уровня по мощности (минимальное присутствие рассеянного излучения в камере)



Калибровка блоков-компараторов в эталонных полях гамма-излучения околофонового уровня ($0,03 - 0,1$ мкЗв/ч) была выполнена в лаборатории Национального научно-исследовательского института физики и ядерной инженерии (IFIN-НН) в Румынии в низкофоновом соляном руднике Unirea)





Лаборатория SPLBRL
Национального института физики и
ядерной инженерии им. Хория
Хулубея (IFIN-НН) находится в
бывшей соляной шахте Unirea в г.
Слэник (Румыния) на глубине 208 м.
Радиационный фон в лаборатории
составляет $1,4 \pm 0,3$ нЗв/ч ($1,17 \pm$
 $0,14$ нГр/ч)





Калибровка блоков-компараторов по МАЭД в низкофоновой лаборатории SPLBRL с использованием источника гамма-излучения ^{137}Cs в диапазоне 25 – 80 нЗв/ч методом сличения при помощи вторичного эталона AUTOMESS 6150 AD-b/H (единица МАЭД передана из подземной лаборатории UDO, РТВ)





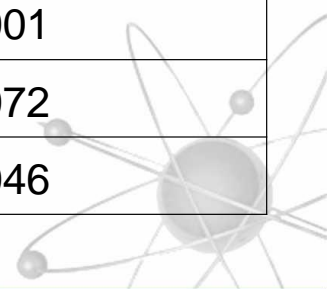
Калибровка блоков-компараторов по мощности амбиентного эквивалента дозы в поле гамма-излучения источника ¹³⁷Cs в низкофоновой лаборатории SPLBRL (компенсационный метод)

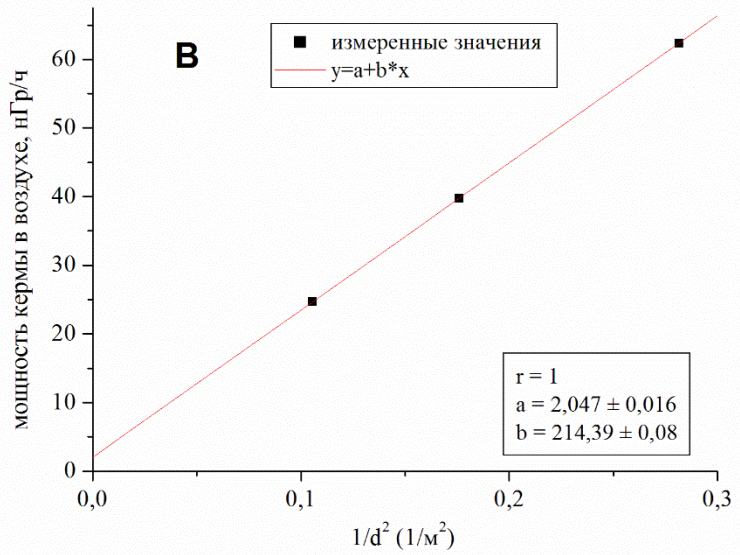
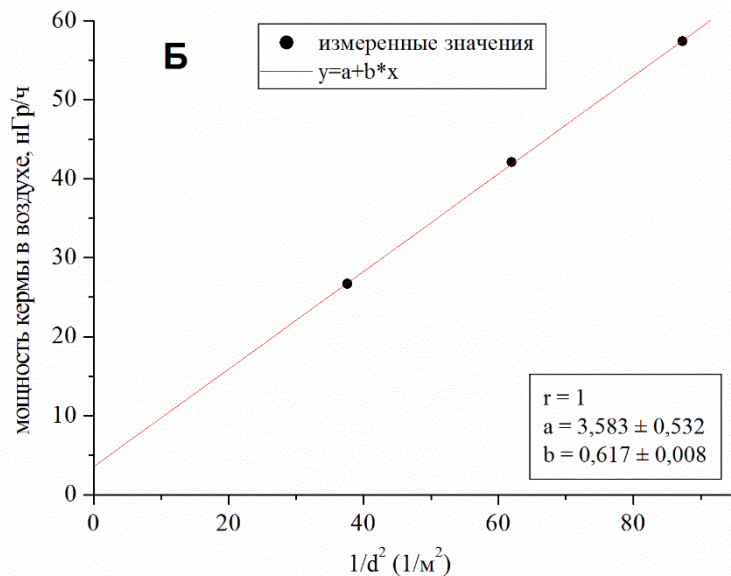
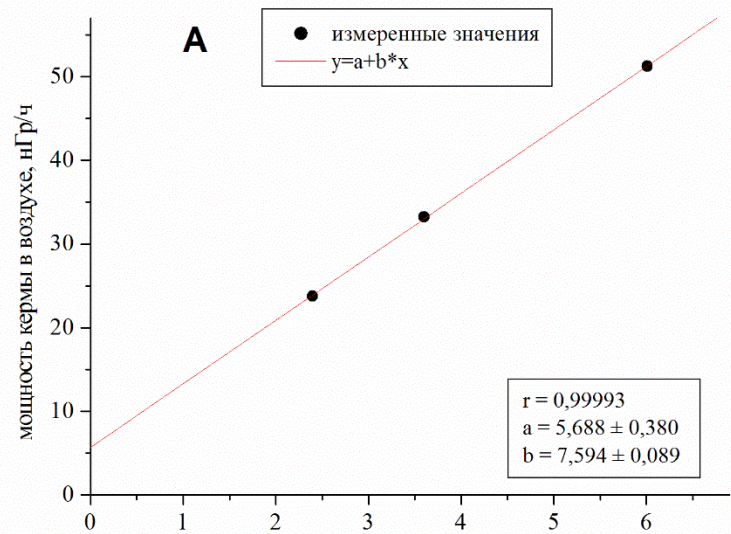
- БКМГ-АТ1102

Действительное значение МАЭД, нЗв/ч	Измеренное значение МАЭД ($\bar{H}^*(10) \pm U$), нЗв/ч	Калибровочный коэффициент К
28,4	26,5 ± 3,0	1,071
47,8	44,6 ± 2,6	1,072
77,2	71,8 ± 4,3	1,075

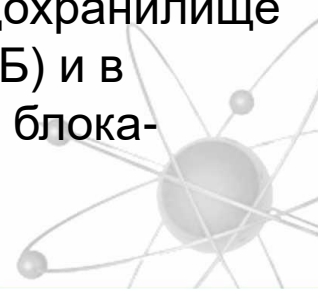
- БКМГ-АТ1106

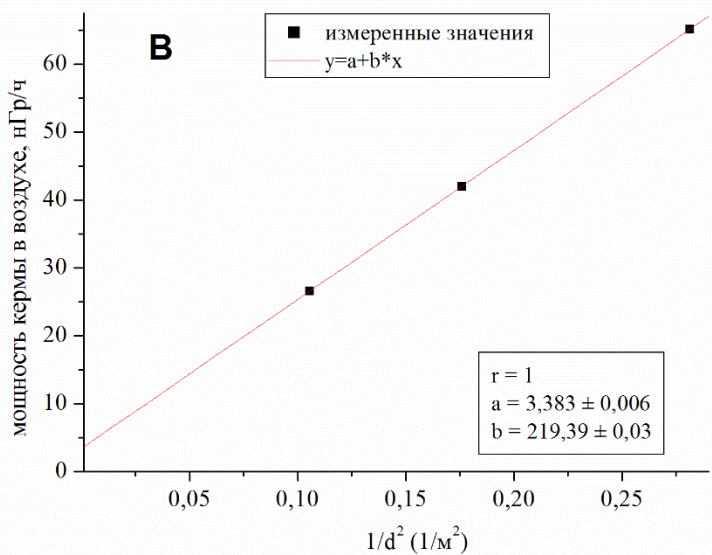
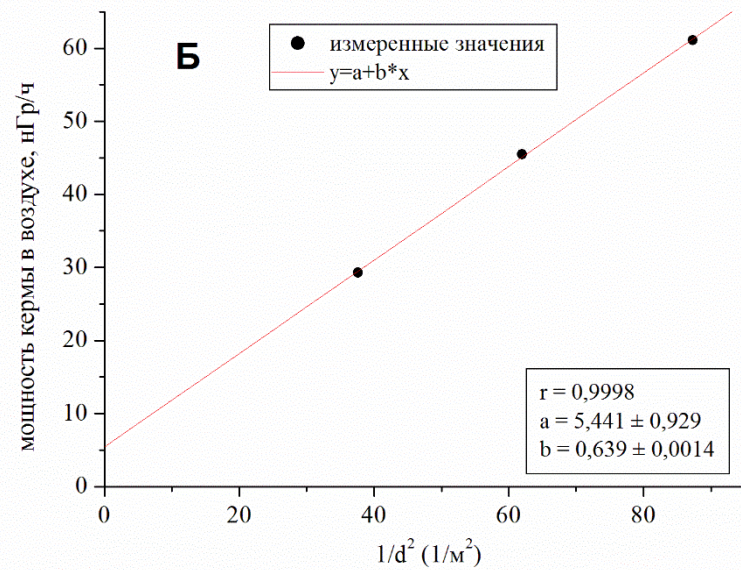
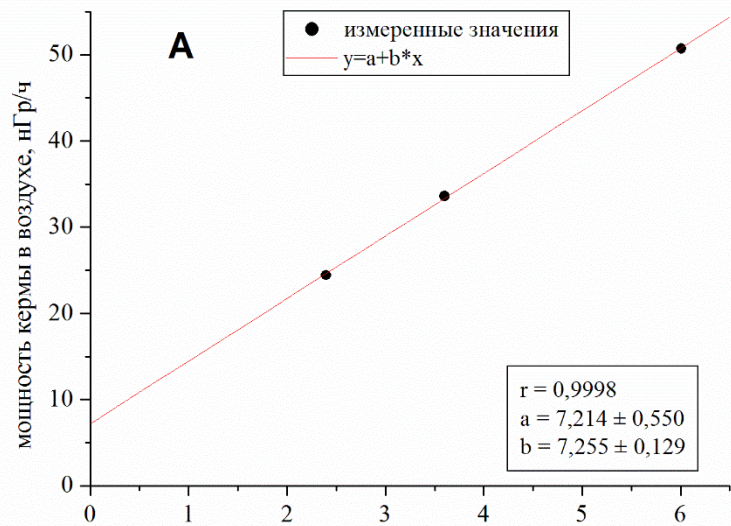
Действительное значение МАЭД, нЗв/ч	Измеренное значение МАЭД ($\bar{H}^*(10) \pm U$), нЗв/ч	Калибровочный коэффициент К
28,4	73,8 ± 4,4	1,001
47,8	44,6 ± 2,7	1,072
77,2	65,1 ± 3,9	1,046



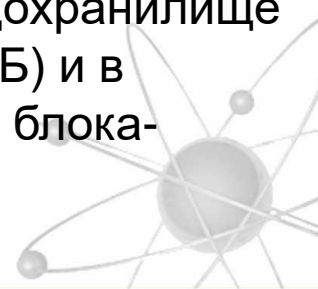


Результаты экстраполяции показаний мощности кермы в воздухе, создаваемой источником гамма-излучения ¹³⁷Cs на бесконечное расстояние «источник-детектор» на Заславском водохранилище (А), в низкофоновой камере (Б) и в лаборатории SPLBRL (В) для блока-компаратора БКМГ-АТ1102 (экстраполяционный метод)





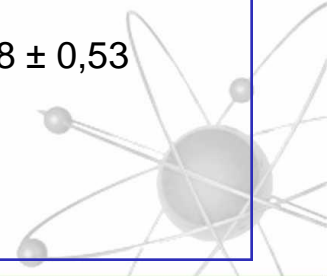
Результаты экстраполяции показаний мощности кермы в воздухе, создаваемой источником гамма-излучения ¹³⁷Cs на бесконечное расстояние «источник-детектор» на Заславском водохранилище (А), в низкофоновой камере (Б) и в лаборатории SPLBRL (В) для блока-компаратора БКМГ-АТ1106 (экстраполяционный метод)





Результаты измерений и расчетов радиационного фона с применением экстраполяционной методики калибровки в различных условиях с целью определения (оценки вклада) компонент радиационного фона для блока-компаратора БКМГ-АТ1102

	в низкофоновой лаборатории (собственный фон детектора и компонента окружающей среды), нГр/ч	в низкофоновой лаборатории за защитой (собственный фон детектора), нГр/ч	на водохранилище (собственный фон детектора и космическая компонента), нГр/ч	в низкофоновой камере (собственный фон детектора и космическая компонента), нГр/ч
Результаты измерения радиационного фона	2,52 ± 0,31	1,36 ± 0,11	5,15 ± 0,69	3,64 ± 0,51
Значения радиационного фона, полученные путем экстраполяции результатов измерений мощности дозы ($1/d^2 \rightarrow 0$)	2,05 ± 0,02	-	5,69 ± 0,38	3,58 ± 0,53





По результатам калибровки блоков-компараторов в низкофоновой лаборатории получены свидетельства о калибровке, данные из которого используются при калибровке полей околофонового уровня гамма-излучения по мощности дозы, создаваемых с использованием источника гамма-излучения с радионуклидом ^{137}Cs в низкофоновой камере на предприятии «ATOMTEX».

Descriere obiect
 Object description

Valoare nominală/
 Interval de măsurare
 Exactitudinea/clasă/referențial
 Starea obiectului
 Alte informații

Metoda de etalonare
 Calibration method

Etalonul utilizat / nr. CE
 Measurement standard

Locul etalonării
 Place used for calibration

Condiții de măsurare
 Measurement conditions

Condiții de referință
 Reference environmental conditions

Condiții de mediu
 Environmental conditions

Reglarea obiectului
 Instrument adjustment

Informații suplimentare
 Additional informations

Rezultatele etalonării
 Calibration results



**Horia Hulubei National Institute for R&D
 in Physics and Nuclear Engineering**
 (IFIN-HH Bucharest)
 30 Reactorului Str., Măgurele, jud. Ilfov, P.O.B. MG-6, RO-077125, ROMANIA
 tel.: (+4) 021 404 2301; fax.: (+4) 021 457 4440
 www.ifta.ro

The Collective of Radiation Metrology, Tests and Dosimetry
 Tel. 021 404 23 38; Fax. 021 404 61 89; E-mail: cmrtd@nipne.ro

acreditat pentru
 ETALONARE



SR EN ISO/CEI 17025:2005
 CERTIFICAT DE ACREDITARE
 LE 011

57-03-17
 REMAR
 LE 011
 08.2016

CERTIFICAT DE ETALONARE nr.57
 Calibration certificate

Obiect Object	Dose rate measuring instrument	<p>Acest certificat de etalonare documentează tracibilitatea rezultatelor prezentate în Sistemul Internațional de Unități (SI). Tracibilitatea măsurătorii este realizată și verificată prin etalonări periodice în conformitate cu SR EN ISO/CEI 17025:2005. Incertitudinea standard de măsurare a fost determinată în conformitate cu EA 4-02. Este recomandată ca utilizatorul să asigure recalibrarea la intervale de timp rezonabile.</p> <p>This calibration certificate documents the traceability of the presented results to the International System of Units (SI). The measurement traceability is realized and verified by periodic calibrations, in conformity with SR EN ISO/CEI 17025:2005. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with EA 4-02. It is recommended to the user to assure the recalibration at reasonable time intervals.</p>
Fabricant Manufacturer	ATOMTEX, Belarus	
Tip Type	BKMG-AT1102 Software CompaS ver. 1.5.1.2	
Serie/număr Serial number	001	
Cliant Client	ATOMTEX SPE 5, Gikalo Street, 220005, Minsk, Republic of Belarus	
Comanda nr. Order No.	3021 / 2.03.2017 CMRID 19 / 2.03.2017	
Număr de pagini Number of pages	3	
Data etalonării Date of calibration	14.03.2017	

Notă: Acest certificat de etalonare nu poate fi reprodus decât în totalitate. Certificatul de etalonare fără semnături și ștampila nu este valabil.
 Note: This calibration certificate may not be reproduced other than in full. Calibration certificate without signatures and seal are not valid.

Ștampila Seal	Data Date of issue	Șef laborator CMRID Head of the laboratory	Executant etalonare Person performing the calibration
	28.03.2017	CS II Sorin Bercea	Ing. Constantin Cenusă



[Signature]

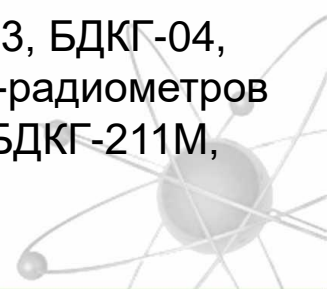
[Signature]



Результаты исследования линейности дозовой характеристики отдельных средств измерений, выпускаемых УП «АТОМТЕХ», в диапазоне 0,03 – 0,1 мкЗв/ч в низкофоновой камере КФ-АТ12 с использованием блока-компаратора БКМГ-АТ1102

Значение МАЭД в контрольной точке, полученное с помощью блока-компаратора, нЗв/ч	Измеренное значение МАЭД, нЗв/ч				
	МКС-АТ6102 NaI(Tl) Ø40x40 mm	МКГ-АТ1321 NaI(Tl) Ø25x16 mm	БДКГ11М NaI(Tl) Ø63x63 mm	БДКГ-36 пластик Ø89x89 mm	БДКГ-24 пластик Ø50x40 mm
32,2±2,9	32	31	31	30	30
51,4±3,2	52	51	51	51	50
69,8±4,2	71	70	70	70	69

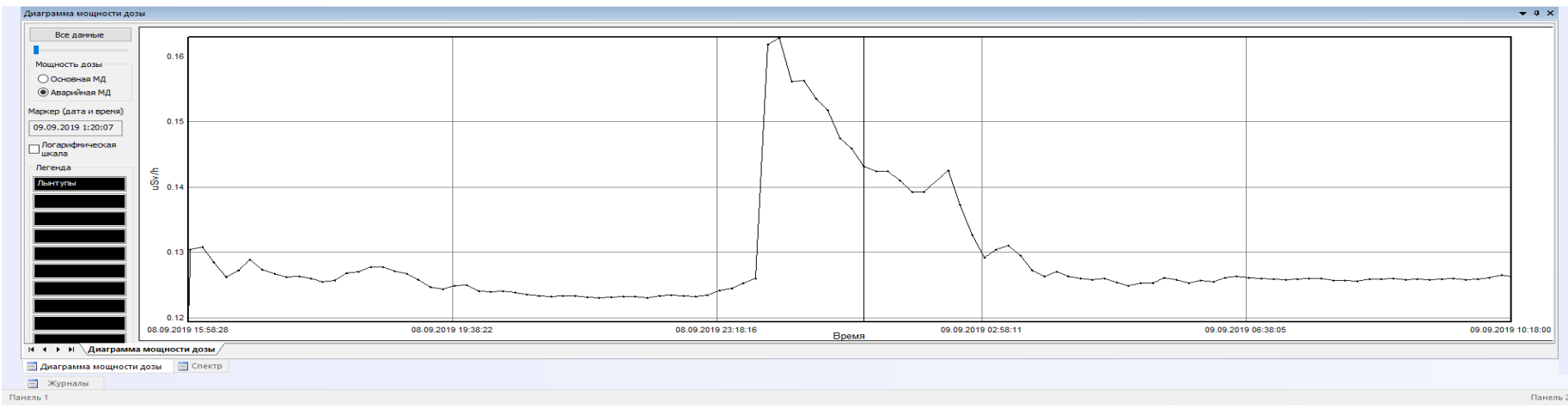
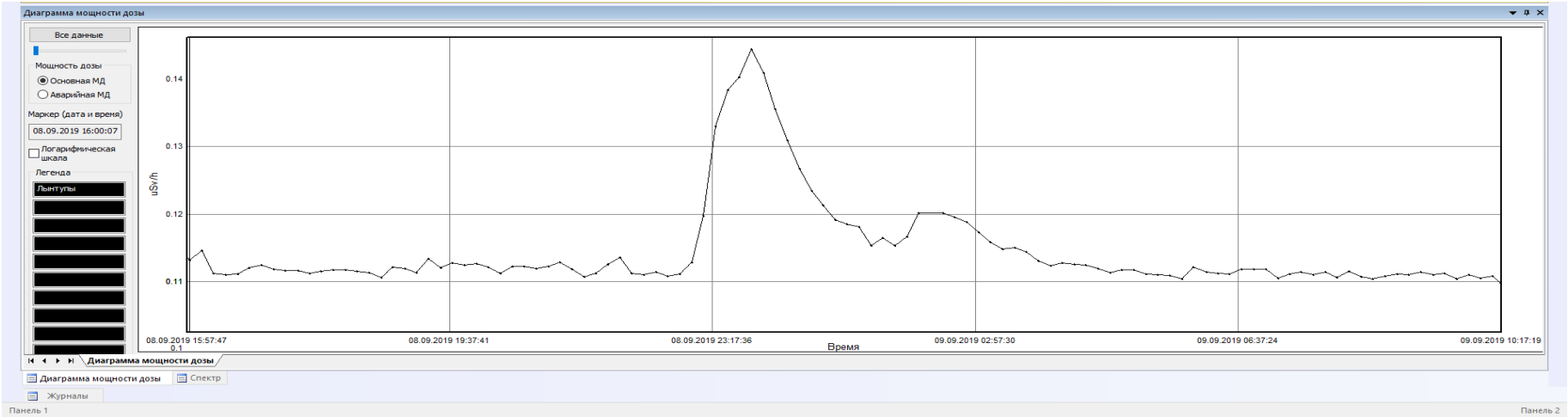
Кроме того, проводились исследования дозовой характеристики следующих серийно выпускаемых дозиметрических средств измерений УП «АТОМТЕХ» в диапазоне мощности дозы 0,03 – 0,1 мкЗв/ч: блоков детектирования БДКГ-204; БДКГ-03, БДКГ-04, БДКГ-05, БДКГ-11, БДКГ-25, БДКГ-32 из состава МКС-АТ1117М; дозиметров-радиометров МКС-АТ1125; блоков детектирования БДКГ-201М, БДКГ-203М, БДКГ-205М, БДКГ-211М, БДКГ-111, БДКГ-104. Были получены подобные табличным результаты.



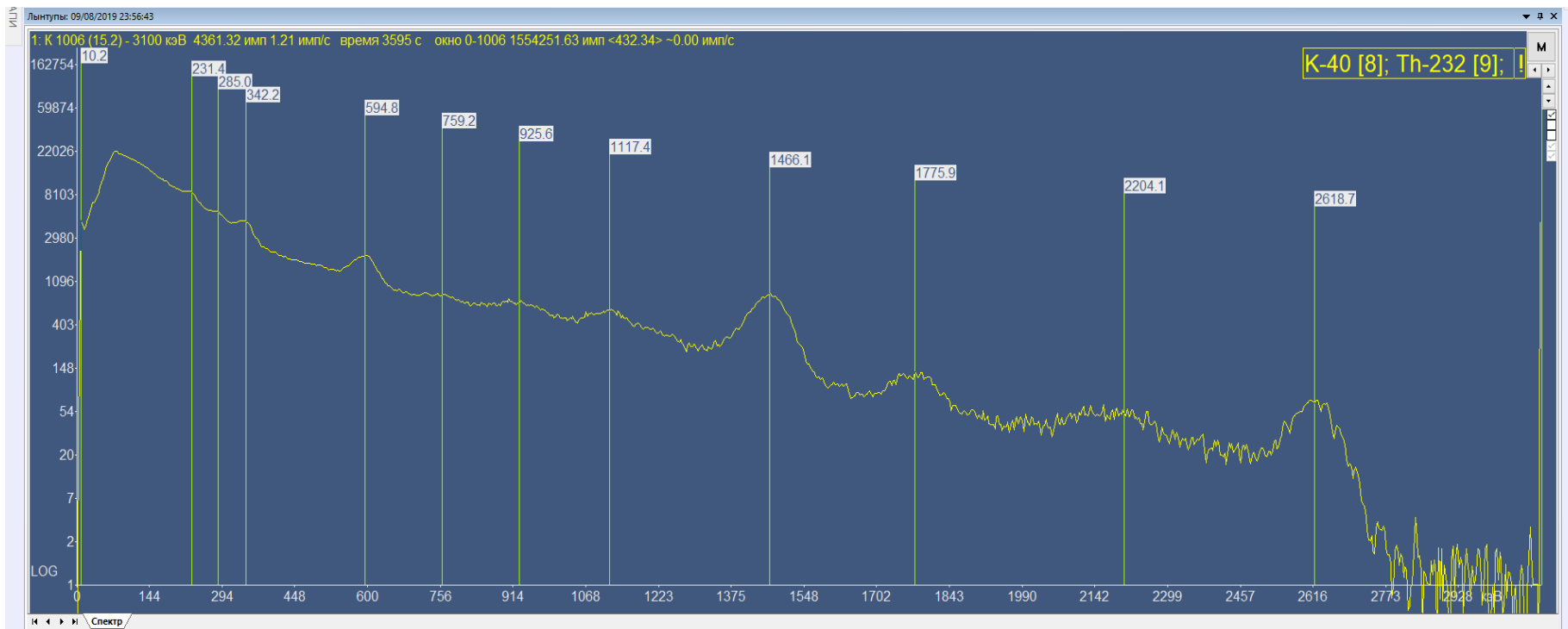
Данные из пунктов АСКРО, принадлежащие Минприроды РБ.

Вверху – данные мощности дозы от высокочувствительного БД БДКГ-211М (спектрометрический блок), внизу - данные от аварийного БДКГ-22

Лынтупы с 08/09/2019 по 09/09/2019



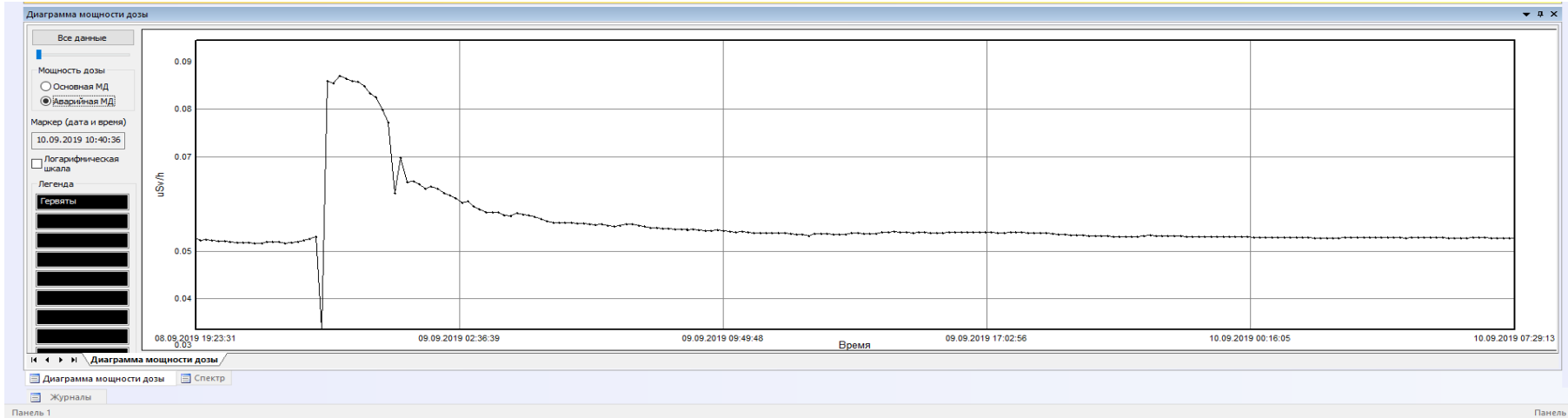
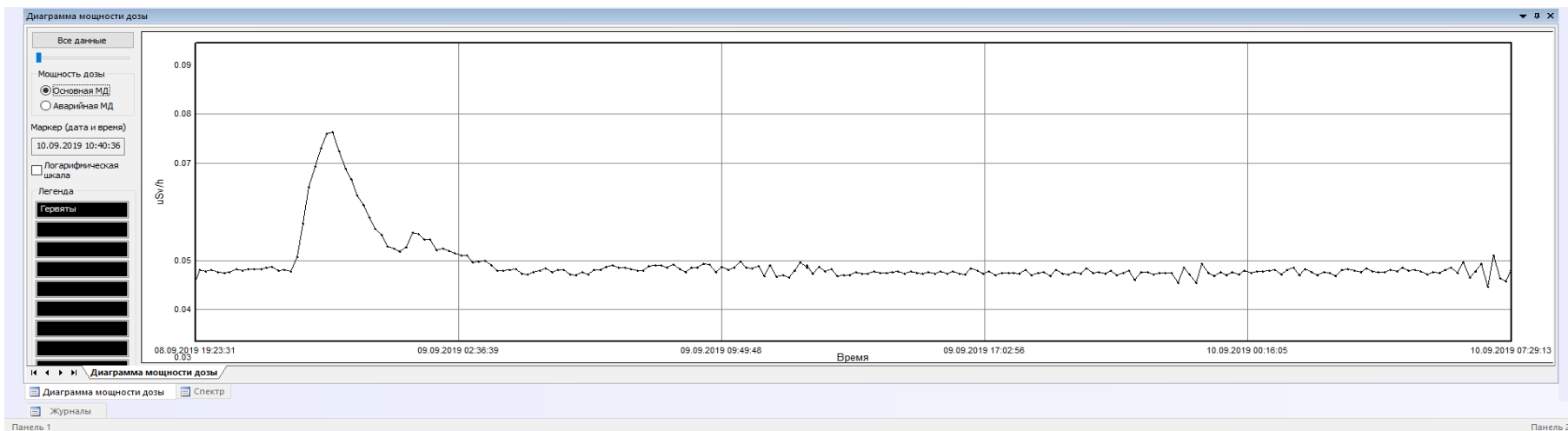
Аппаратурный спектр, полученный от спектрометрического блока детектирования БДКГ-211М из состава АСКРО



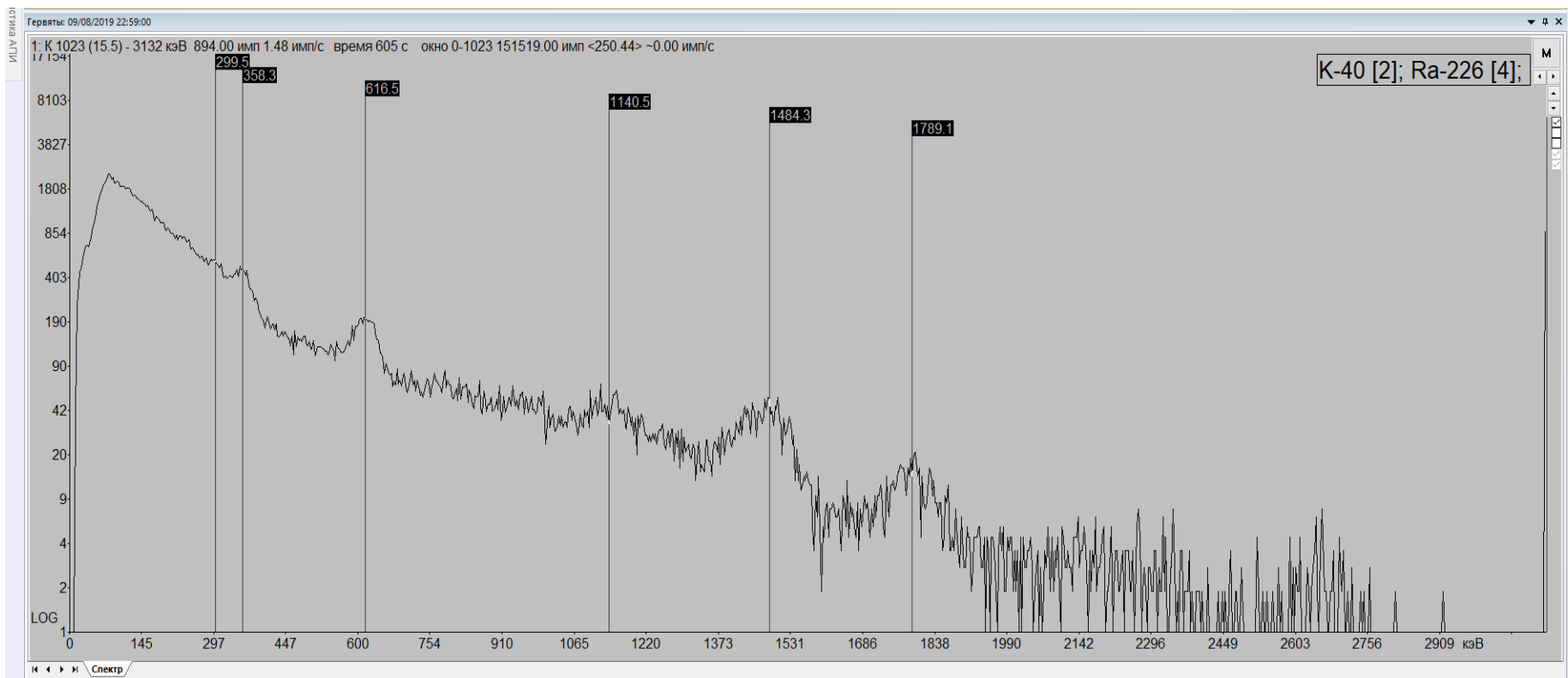
Данные из пунктов АСКРО, принадлежащие Минприроды РБ.

Вверху – данные мощности дозы от высокочувствительного БД БДКГ-211М (спектрометрический блок), внизу - данные от аварийного БДКГ-22

Гервяты с 08/09/2019 по 10/09/2019



Аппаратурный спектр, полученный от спектрометрического блока детектирования БДКГ-211М из состава АСКРО





Выводы:

Проверка дозовой характеристики от 0,1 мкЗв/ч осуществляется на эталонной дозиметрической установке гамма-излучения УДГ-АТ110 или УДГ-АТ130. Значения мощности дозы от 0,1 до 10 мкЗв/ч получены с использованием приближенного закона обратных квадратов расстояний от аттестованных значений мощности дозы, проверены и скорректированы с использованием блоков-компараторов БКМГ-АТ1102 и БКМР-АТ1104, которые откалиброваны от 0,1 мкЗв/ч во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Для проверки контрольных точек в первой декаде диапазона измерений мощности дозы средств измерений (0,03 – 0,1 мкЗв/ч) используется низкофоновая камера КФ-АТ12. Измерения мощности дозы проводится в низкофоновой камере с использованием блока-компаратора БКМГ-АТ1102 или БКМГ-АТ1106 и точечного источника гамма-излучения типа ОСГИ с радионуклидом ¹³⁷Cs методом замещения.

Представлены результаты проверки дозовой характеристики использованных для исследования уровней мощности дозы вокруг строящейся Белорусской АЭС средств измерений в диапазоне 0,03 – 0,1 мкЗв/ч.



Результаты исследования докладывались на следующих конференциях:

- 11-м Международном совещании «Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии» ППСР-2009 (п. Агой Краснодарского края РФ, 2009 г.);
- 16-м Международном ежегодном семинаре «Спектрометрический анализ. Аппаратура и обработка данных на ПЭВМ» (г. Обнинск, 2009 г.);
- 3-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2010» (г. Минск, 2010 г.);
- 2-й Международной конференции "Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии» ИСМАРТ-2010 (г. Харьков, 2010 г.);
- 5-й отраслевой конференции по метрологическому обеспечению измерений в ГК "Росатом" (г. Сочи, 2012 г.);
- 64-й Международной конференции «ЯДРО-2014» (г. Минск, 2014 г.);
- 4-й Международной конференции «Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии» ИСМАРТ-2014 (г. Минск, 2014 г.);
- 10-й Всероссийской научно-технической конференции «Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в РФ» (г. Мытищи, 2014 г.);
- 13-м Международном совещании «Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии» ППСР-2015 (г. Санкт-Петербург, 2015 г.);
- 5-й Международной конференции «Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии» ИСМАРТ-2016 (г. Минск, 2016 г.);
- 7-й научно-практической конференции «Обеспечение единства измерений в области использования атомной энергии» (г. Сочи, 2016 г.);
- Международной научно-технической конференции «Метрология-2017» (г. Минск, 2017 г.); Международной конференции «175 лет ВНИИМ им. Д.И. Менделеева и Национальной системе обеспечения единства измерений» (г. Санкт-Петербург, 2017 г.);
- 67-ой Международной конференции «Ядро-2017» (г. Алматы, 2017г.);
- 14-м Международном совещании «Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии» ППСР-2017 (г. Москва, 2017 г.),
- 6-й Международной конференции «Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии» ИСМАРТ-2018 (г. Минск, 2018 г.);
- 69-ой Международной конференции «Ядро-2019» (г. Дубна, 2019г.);

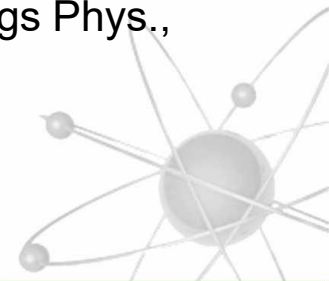


Публикации в рецензируемых научных журналах:

- Сцинтилляционные блоки-компараторы для измерений мощности кермы в воздухе в диапазоне от 0,03 нГр/с до 50 нГр/с / Р. В. Лукашевич [и др.] // Метрология и приборостроение. – 2017. – Т. 75, № 1. – С. 33–37.
- Лукашевич, Р. В. Применение спектрометрического метода расчета мощности дозы для создания высокочувствительных образцовых средств измерения на базе сцинтилляционных блоков детектирования / Р. В. Лукашевич, Г. А. Фоков // Приборы и методы измерений. – 2017. – Т. 3, № 8. – С. 246–253.
- Лукашевич, Р. В. Калибровка сцинтилляционного блока-компаратора в низкоинтенсивных полях фотонного излучения по мощности дозы / Р. В. Лукашевич, Ю. А. Верхуша // Метрология и приборостроение. – 2017. – Т. 77, № 3. – С. 21–26.

Находятся в печати:

- Дозиметрия полей гамма-излучения околофонового уровня с использованием высокочувствительного сцинтилляционного блока-компаратора / Р.В. Лукашевич, В.Д. Гузов, В.А. Кожемякин // АНРИ №3, 2019
- Application scintillation comparators for calibration low intense gamma radiation fields by dose rate in the range of 0,03 – 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ / R.Lukashevich // Springer Proceedings Phys., Vol.227





Прочие публикации:

- Применение сцинтилляционных блоков детектирования для калибровки полей гамма-излучения по мощности дозы / Р. В. Лукашевич [и др.] // Состояние и перспективы развития функциональных материалов для науки и техники. Аспекты сцинтилляционной техники: сб. ст. / Ин-т сцинтилляц. материалов ; ред.: А. В. Гектин. – Харьков, 2017. – С. 199–207.
- Кожемякин, В. А. Новое оборудование для градуировки дозиметрических приборов и аппаратуры / В. А. Кожемякин, Р. В. Лукашевич // Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации : материалы X Всерос. науч.-техн. конф., Мытищи, 27–29 октября 2014 г. / М-во обороны России. – Мытищи, 2014. – С. 59–62.
- Кожемякин, В. А. Поверочные эталонные дозиметрические установки нового поколения / В. А. Кожемякин, В. Д. Гузов // Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации : материалы XI Всерос. науч.-техн. конф., Поведники, 2–3 ноября 2016 г. / М-во обороны России. – Мытищи, 2016. – С. 64–66.
- Спектрометрический блок-компаратор для аттестации дозовых характеристик полей от источников рентгеновского и гамма-излучения в диапазоне энергий от 5 до 250 кэВ / Р. В. Лукашевич [и др.] // Приборостроение-2010 : материалы 3-й междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10–12 ноября 2010 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2010. – С. 89–91.





Заключение

Сопоставление результатов измерений мощности дозы от источника гамма-излучения ^{137}Cs и оценка радиационного фона в низкофоновой лаборатории в соляной шахте, на водохранилище и в низкофоновой камере дают основание использовать низкофоновую камеру для измерений и калибровки полей гамма-излучения околофонового уровня по мощности дозы методом замещения с использованием блока-компаратора.

Сравнительный анализ полученных данных при калибровке блока-компаратора с применением компенсационной и экстраполяционной методик в низкофоновой лаборатории в соляной шахте, на водохранилище и в низкофоновой камере дал сопоставимые результаты, что свидетельствует о правомерности использования компенсационной методики при измерениях и калибровке дозиметрических средств измерений в условиях минимального влияния естественного радиационного фона.

Применение компенсационной методики калибровки околофоновых полей фотонного излучения по мощности дозы, результаты калибровки блока-компаратора в диапазоне 0,03 - 0,1 мкЗв/ч и следование рекомендациям стандартов IEC 61017:2016 и IEC 60846-1:2009 дают основание использовать блок-компаратор для проверки нижней границы диапазона измерения мощности дозы, дозовой характеристики и калибровки высокочувствительных дозиметрических средств измерений в околофоновых полях фотонного излучения в условиях минимального влияния естественного радиационного фона с использованием низкофоновой камеры.





Белорусский энергетический и экологический форум 8 – 11 октября 2019 года





ATOMTEX[®]

Республика Беларусь
220005, Минск, ул. Гикало, 5
Тел./Факс: +375-17-292-81-42

info@atomtex.com
www.atomtex.com



EAC

EN