ATOMTEX®

Международное совещание ППСР-2019
«Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии», 7 – 10 октября 2019 г.
г. Казань

ПРИБОРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЯДЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ АППАРАТУРЫ ВОЗДУШНОЙ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ

Кожемякин В. А., к.т.н., директор

Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»
Республика Беларусь, г. Минск

НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВОЗДУШНОЙ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ МЕСТНОСТИ

- дистанционная разведка и контроль радиационной обстановки на радиоактивно зараженной местности вследствие масштабных ядерных аварий или военных инцидентов;
- мониторинг радиационной обстановки на местности в зоне АЭС и промышленных предприятий по переработке и хранению радиоактивных отходов;
- поиск, обнаружение и локализация точечных источников гамма-излучения, радиоактивно загрязненных конструкций и их элементов, радиоактивных пятен на местности;
- геофизика в части поиска месторождений урановых руд.

Задача поиска, обнаружения и локализации

Касается точечного или ограниченного источника гамма-излучения

Цель: обнаружение и определение местоположения гамма-источников, измерение уровней радиации (мощности дозы) на высоте полета с последующей оценкой максимальной мощности дозы на уровне 1 м от поверхности земли

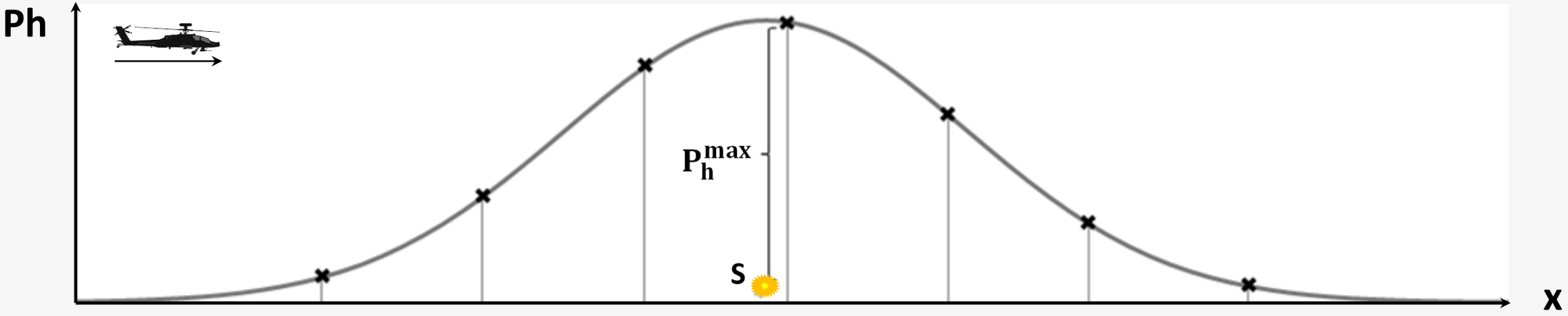


Рис. 1. S - «точечный» источник гамма-излучения

Основная измерительная задача

Касается площадного источника гамма-излучения условно бесконечного или больших радиоактивных пятен

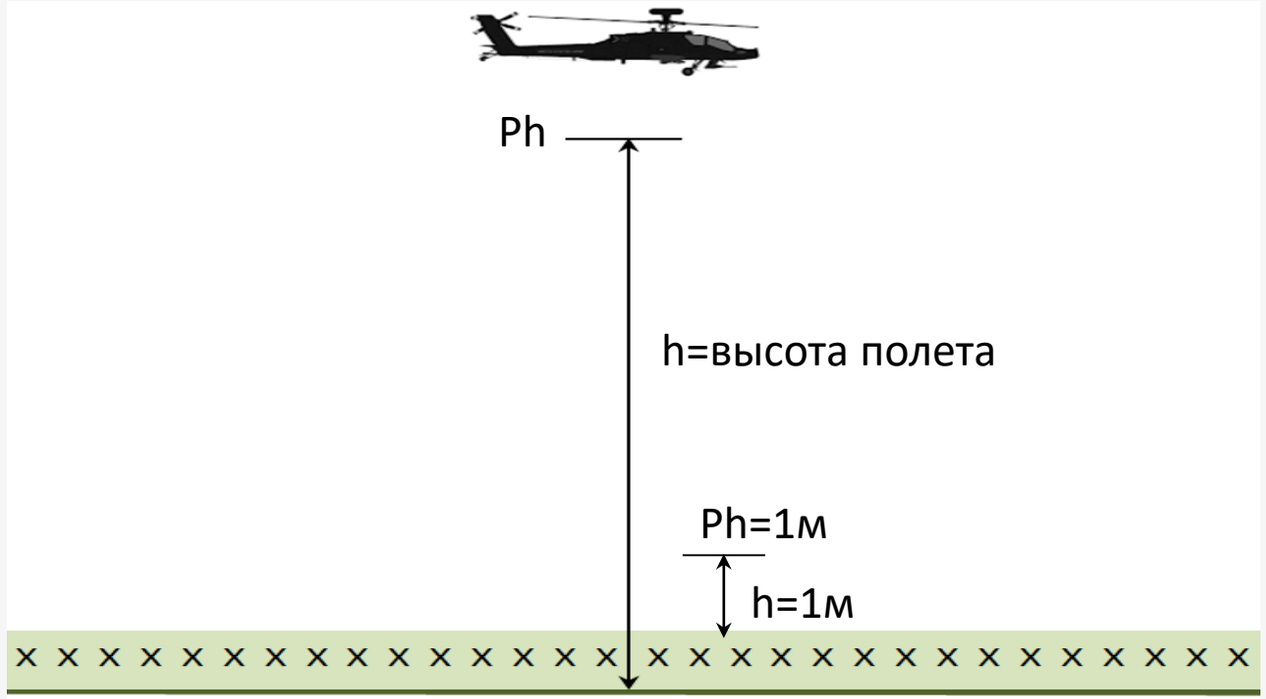


Рис. 2.Территория, загрязненная радиоактивными выпадениями

Цель:

- измерение уровней радиации на высоте полета;
- приведение измеренных значений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на высоте полета к уровню 1 метр над поверхностью радиоактивно загрязненной местности;
- оценка плотности поверхностного загрязнения территорий гамма-излучающими радионуклидами;
- определение границ зоны радиоактивного загрязнения;
- определение радиоизотопного состава гамма-излучателей в режиме спектрометрии (в т.ч. геофизика).

Высотный коэффициент пересчета K_h

Важнейшим элементом в задаче дистанционных измерений является определение и аппаратурная реализация алгоритма пересчета результатов измерений на высоте полета к уровню 1 м от поверхности земли через высотный коэффициент:

$$P_{h=1} = P_h \cdot K_h$$

Значения высотных коэффициентов K_h зависят от множества факторов, влияющих на процесс переноса гамма-излучения в воздушной среде: первичной энергии гамма-квантов, размеров источника гамма-излучения, высоты полета, температуры и давления воздушной среды, толщины активного слоя излучателя, растительного покрова и пр.

Современные методы математического моделирования, в частности, метод Монте-Карло в задаче переноса гамма-излучения, используемый нами, позволяет получить хорошие по точности данные для высотных коэффициентов K_h с учетом вышеупомянутых влияющих факторов.

Аппроксимирующий алгоритм при этом выглядит следующим образом:

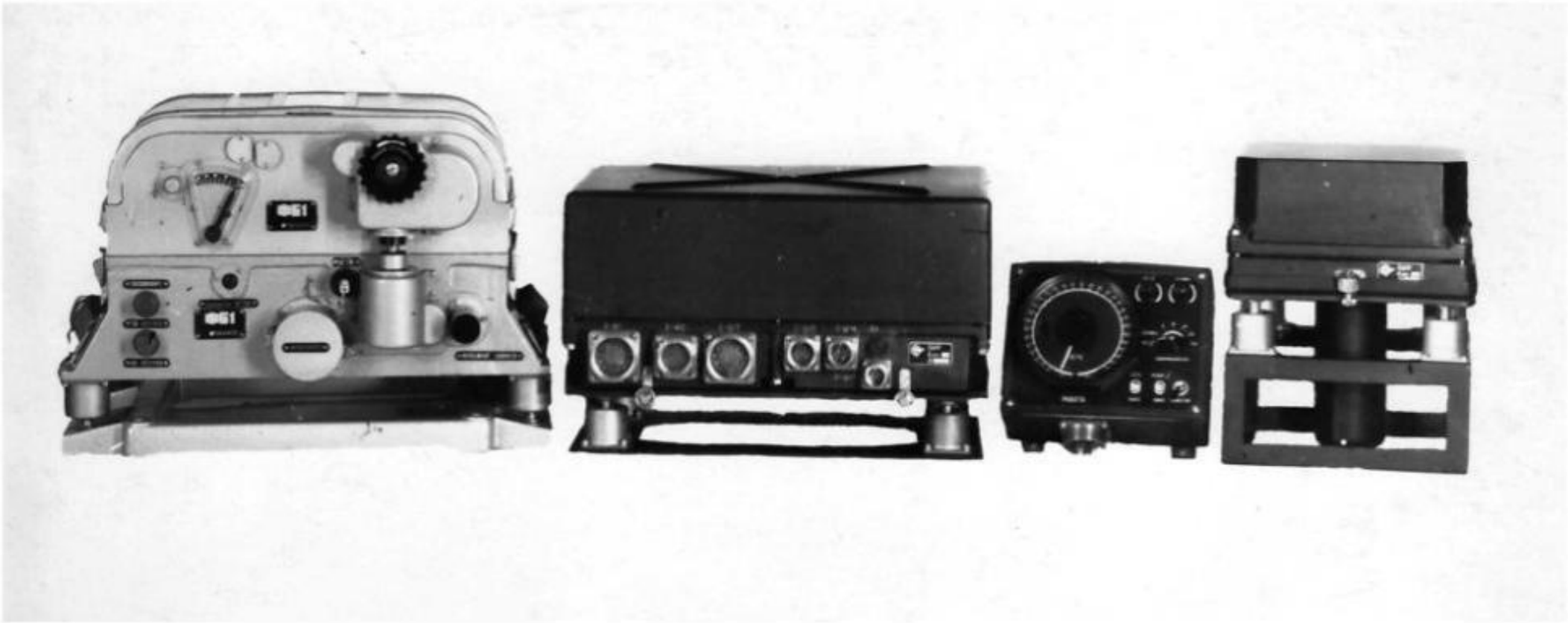
$$K_h^{теор} = exp(k_1 h + k_2 h^2 + k_3 h^3 + k_4 h^4), \text{ где}$$

k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты, определяемые выбранными начальными условиями

Историческая справка

Бесценный опыт создания средств воздушной радиационной разведки как пилотируемых, так и беспилотных был получен в период с 1968 по 1992 гг., в течение которого сотрудники предприятия активно занимались их разработкой, испытаниями и внедрением в производство.

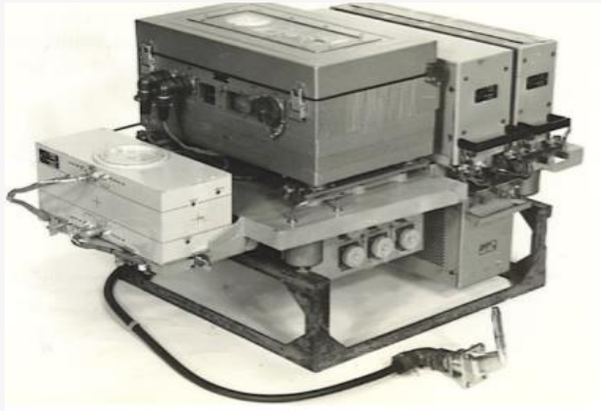
Историческая справка (1968 г.)



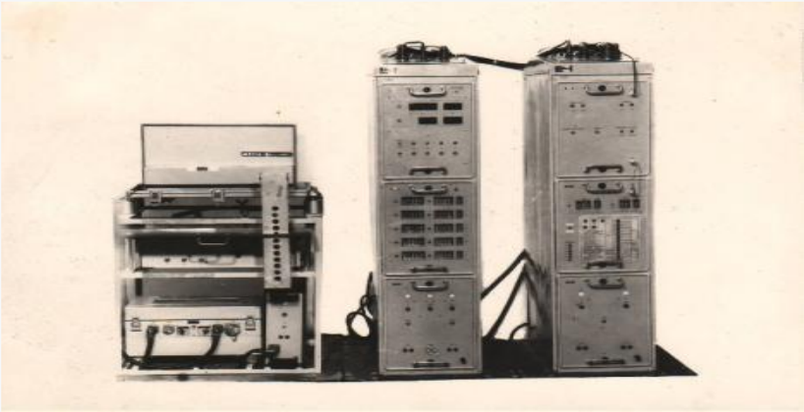
Авиационный рентгенометр «Воздух-2А» для пилотируемых летательных аппаратов

Историческая справка (1970-1986 гг.)

Аппаратура для беспилотных самолетов-разведчиков: Ту-143, Ту-243, Ту-141, Ту-300 и др. Создавалась в различных модификациях.



Бортовая аппаратура



Наземная аппаратура обработки данных

Контрольно-поверочная аппаратура

ATOMTEX®
Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

Историческая справка (1972-1986 гг.)

Историческая справка (1989-1992 гг.)

Блок детектирования полупроводниковый для ДПЛА «Шмель», «Пчела-1Т», «Пчела-1М», а также для комплекса «Еженедельник»

Историческая справка (1991-1993 гг.)

Воздушный комплекс радиационной разведки ВКР «Еженедельник»

Бортовая аппаратура радиационной разведки для Ту-95 МС

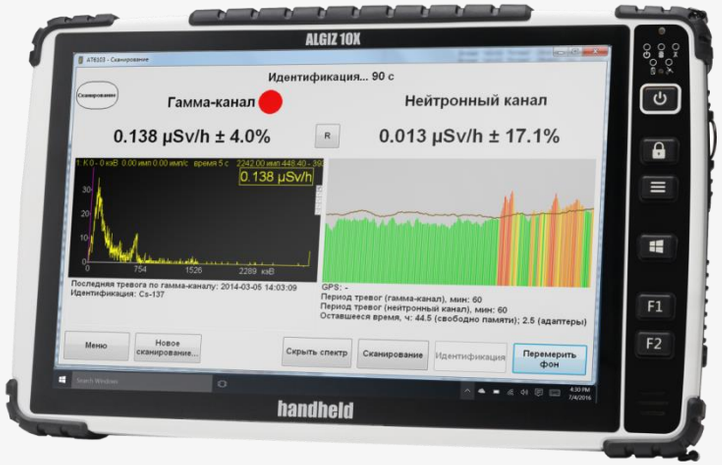
(проект не состоялся)

Возвращение к проектированию аппаратуры для авиационных носителей состоялось в 2011 г. благодаря заказу на аэрогамма-спектрометр-дозиметр, сделанному Международной организацией по Договору о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (СТВТО).

Тема получила свое дальнейшее развитие в плане создания многофункциональной гамма-нейтронной аппаратуры с гибким «наращиванием» по чувствительности, предназначенной для применения в составе как любых пилотируемых авиационных, так и мобильных наземных средств.

ATOMTEX®
Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

Мобильный комплекс радиационного сканирования МКС-АТ6103



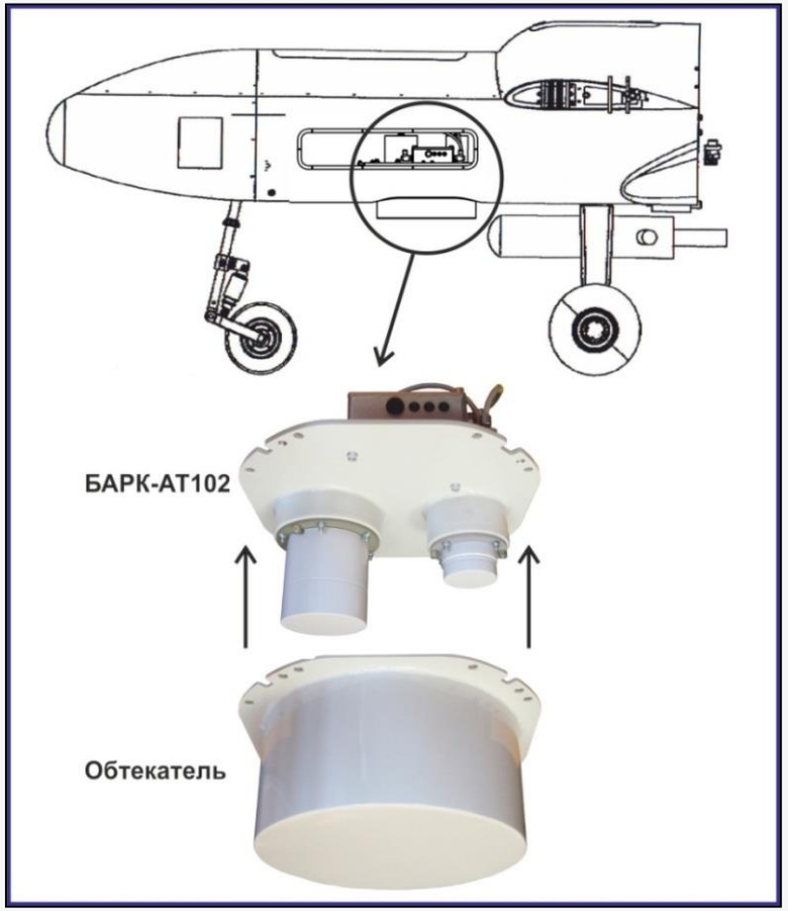
Управление с планшетного ПК
Обработка данных
Беспроводная связь
GPS
Возможность наращивания до 18 измерительных каналов

Спектрометр высокочувствительный гамма-излучения

Спектрометр-дозиметр-радиометр гамма- и нейтронного излучения

Также в 2011 г. в течение 1 года была выполнена НИР по разработке аппаратуры воздушной радиационной разведки для БПЛА «Гриф-100». В 2012 г. одновременно появились экспериментальные образцы аппаратуры БАРК-АТ102 («Гриф-100») и аппаратуры МКС-АТ6103 («СТВТО»).

Аппаратура радиационного контроля БАРК-АТ102 для беспилотных летательных аппаратов:



«Гриф-100»

также →

«Буревестник»

Основные тактико-технические характеристики БАРК-АТ102	
Высота ведения разведки	от 50 до 300 м
Время установления рабочего режима	менее 2 минут
Время непрерывной работы	не менее 8 ч
Диапазон путевых скоростей	от 0 до 120 км/ч
Углы крена и тангажа относительно линии горизонта	не более ±30°
Основные технические характеристики	
Диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в точке размещения	30 нЗв/ч – 10 Зв/ч
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения мощности дозы гамма-излучения	не более ±20 %
Диапазон приведенных значений измерения мощности дозы гамма-излучения к уровню 1 м от поверхности земли	1 мкЗв/ч – 100 Зв/ч
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения на высоте полета	60 кэВ – 3 МэВ
Энергетическая зависимость чувствительности	не более ±25 %
Нестабильность показаний за время непрерывной работы	не более ±5 %
Интерфейс приема/передачи данных	RS485
Питание	От источника постоянного тока +27 В
Диапазон рабочих температур	от -35 °С до +50 °С
Относительная влажность воздуха при температуре 35 °С и более низких без конденсации влаги	до 98 %
Габаритные размеры, масса	310x310x264 мм, 6 кг

За счет средств СТВТО были проведены натурные испытания МКС-АТ6103 в зоне Полесского государственного радиационно-экологического заповедника с участием представителей СТВТО, и одновременно – экспериментального образца БАРК-АТ102.

Натурные испытания над площадным источником радиоактивных выпадений

Место и условия испытаний

Местность, радиоактивно загрязненная в результате аварии на ЧАЭС, находящаяся в 30-км зоне от станции на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ), Республика Беларусь, Гомельская обл., Хойникский р-н, недалеко от деревни Радин.

Характеристика местности: песчано-луговая, с плотным и высоким травяным покровом, редким кустарником, верхний слой почвы на глубину 5 см «пропитан» достаточно однородно радиоизотопом ^{137}Cs чернобыльского происхождения.

Время проведения испытаний – сентябрь 2012 г.

Объект испытаний

Экспериментальные образцы блоков детектирования (высокочувствительный и широкодиапазонный) интеллектуального типа из состава БАРК-АТ102, размещенные на борту вертолета Ми-2, карманный защищенный персональный компьютер «Nautiz», специально разработанное программное обеспечение – геолокационное приложение «GARM» для целей мобильного радиационного мониторинга, позволяющее получить карту радиационной обстановки.

Цель натурных испытаний

Экспериментальное определение значений высотных коэффициентов пересчета мощности дозы гамма-излучения, измеряемой на высоте полета (от 50 до 300 м), к уровню 1 м от поверхности земли и их сопоставление с данными расчетного моделирования методом Монте-Карло.

ATOMTEX®
Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

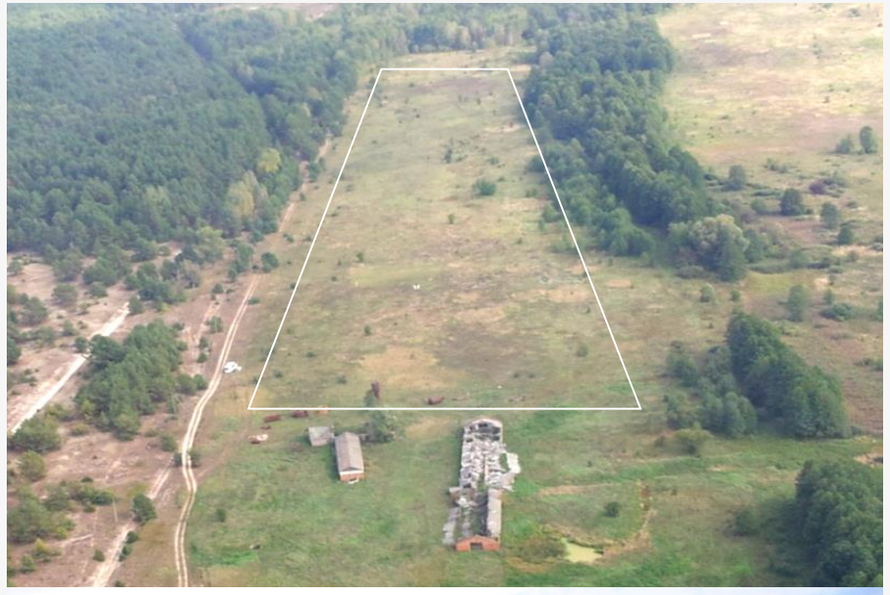
Месторасположение зоны испытаний

ATOMTEX®
Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

Месторасположение зоны испытаний

Порядок испытаний

- определение границ площадки воздушного радиационного сканирования с борта вертолета МИ-2;
- определение границ площадки пешеходного радиационного сканирования;
- выполнение воздушного радиационного сканирования с борта вертолета МИ-2;
- выполнение пешеходного радиационного сканирования;
- сличение и обработка результатов.



Зона пешеходного сканирования

Обеспечение наземной гамма-съемки

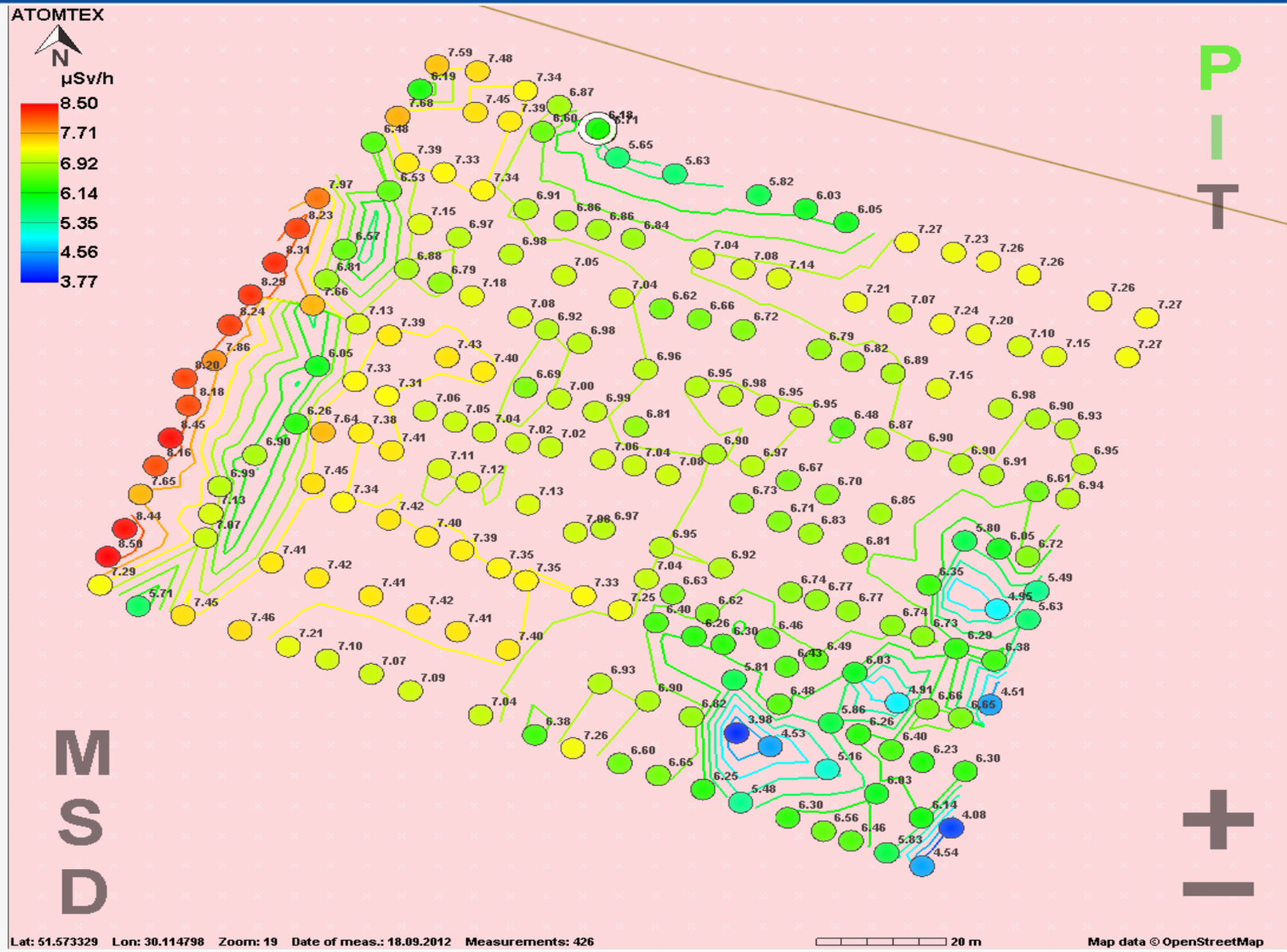
Спектрометр МКС-АТ6101С

(поиск, измерение МД, идентификация радионуклидов)

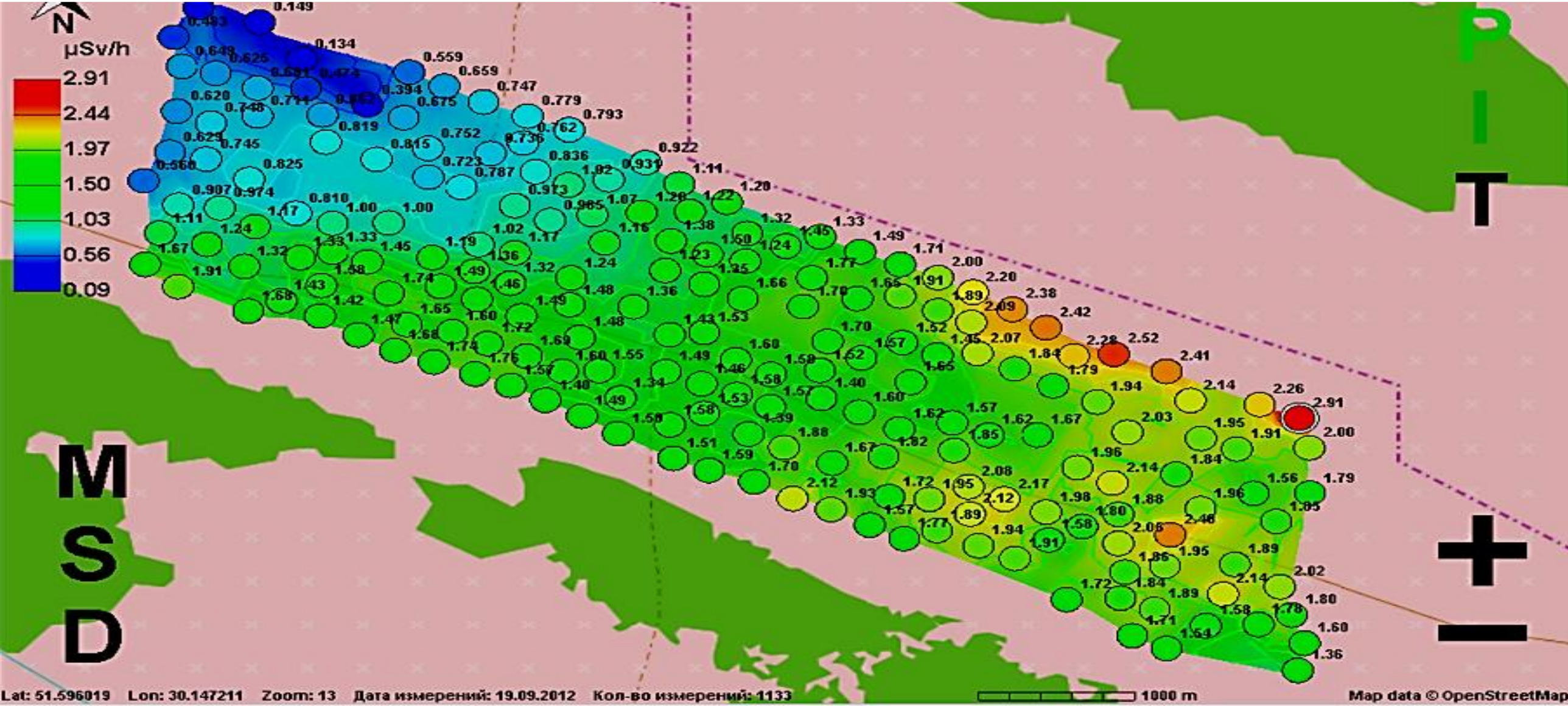
ATOMTEX®
Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

Результаты пешеходного сканирования

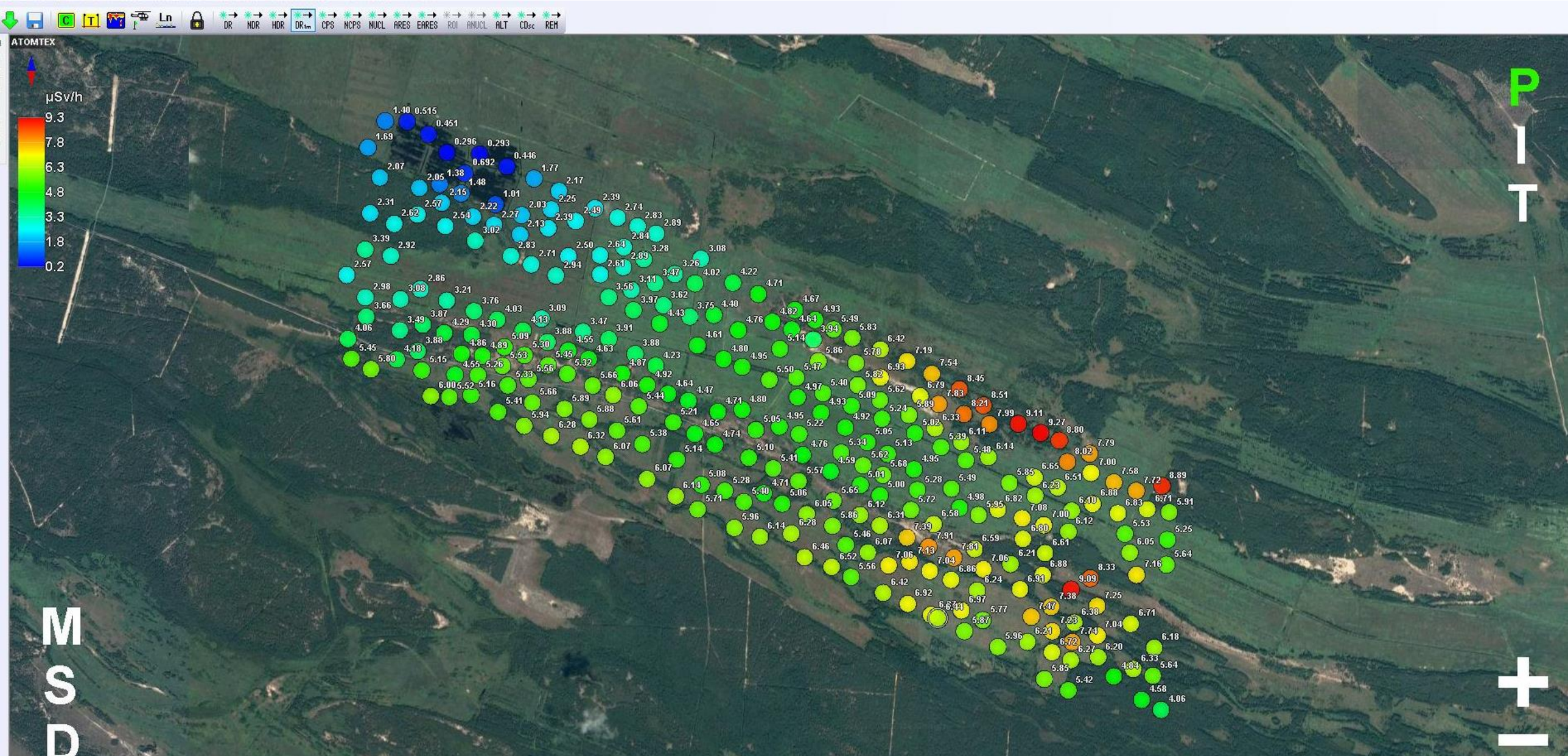
Карта мощности дозы гамма-излучения на уровне 1 м от поверхности земли (ПО «GARM»)



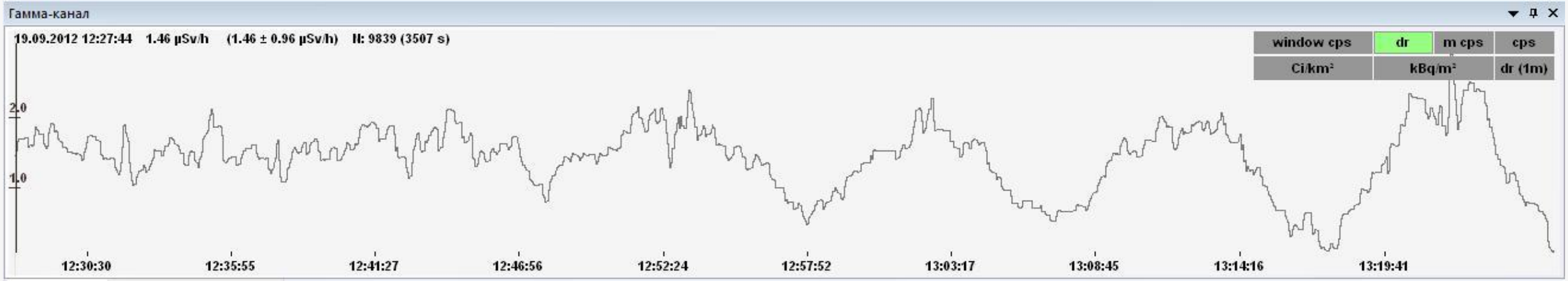
Проверка однородности радиоактивного загрязнения протяженного участка местности. Данные аэрогамма-съемки в ПГРЭЗ. Мощность дозы гамма-излучения на высоте 100 м над поверхностью земли. Размер площадки 8 км на 2 км (ПО «GARM»)



Данные по оценке мощности дозы гамма-излучения на высоте 1 м по результатам измерений на высоте 100 м (ПО «GARM»)

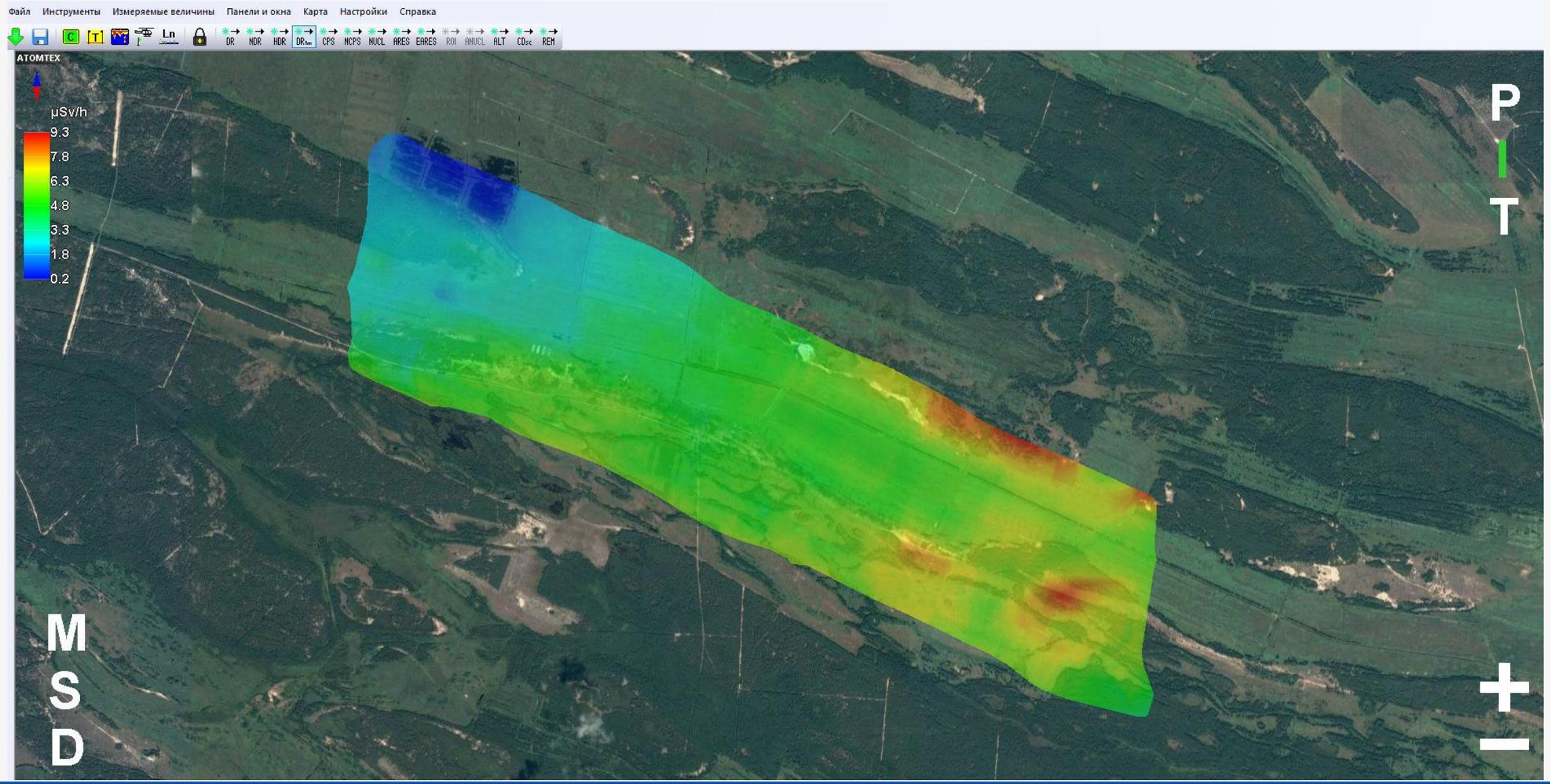


Данные изменения мощности дозы на высоте полета 100 м по маршруту движения

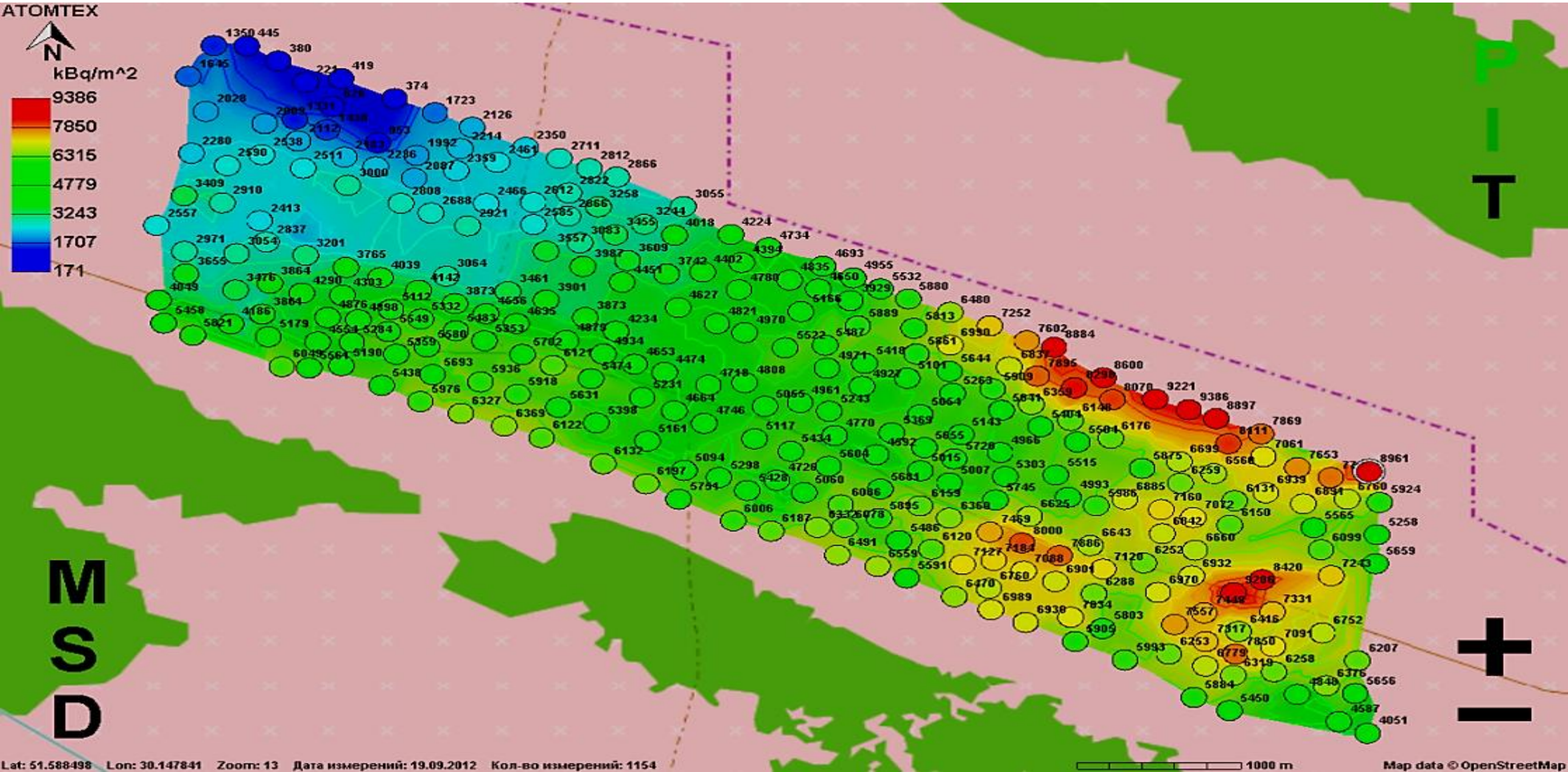


ATOMTEX®
Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

Визуализация данных уровней радиации

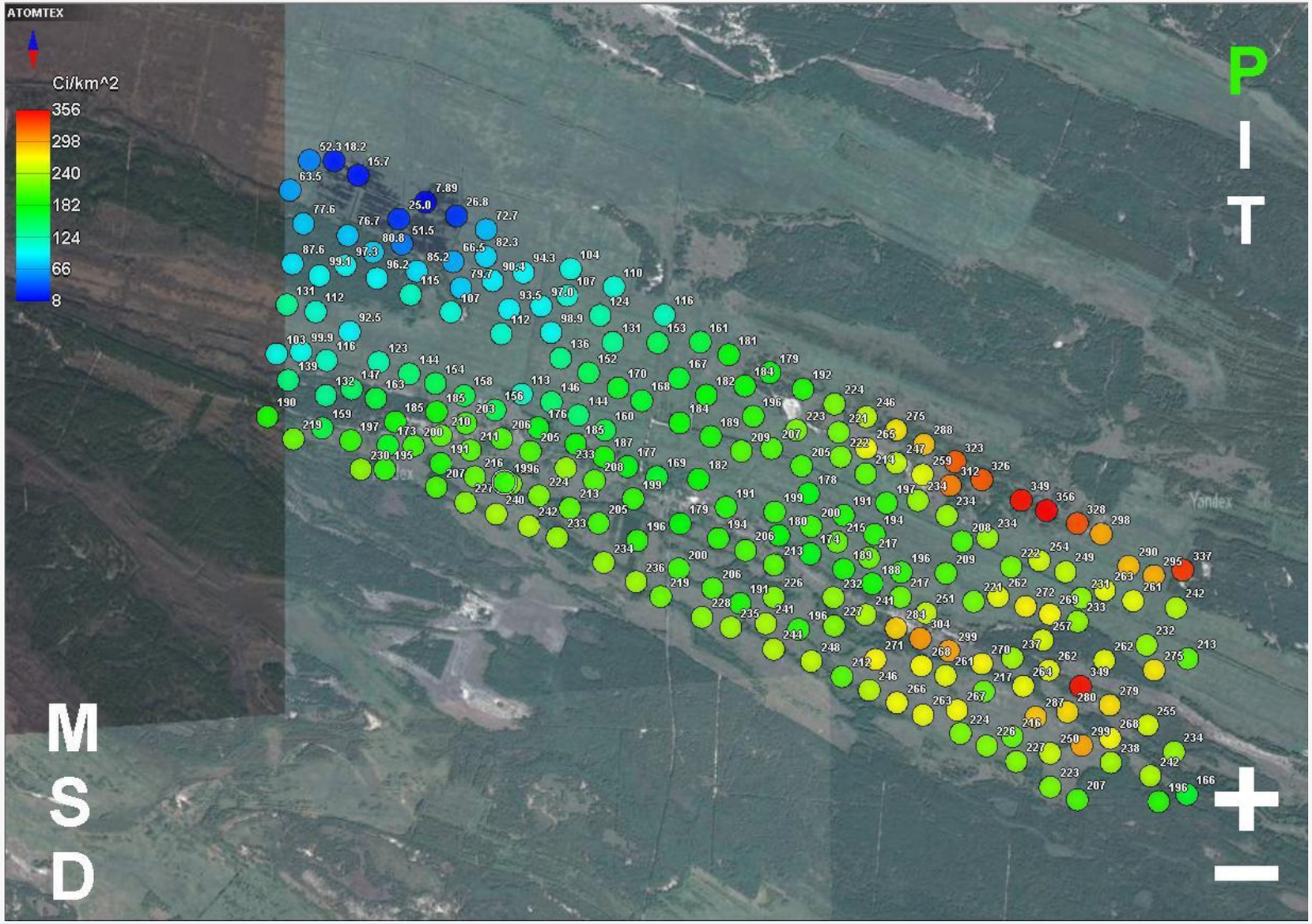


Оценка плотности загрязнения (kBq/m²) местности радионуклидом ^{137}Cs (средняя глубина залегания ^{137}Cs в почве на всей территории составляет 5 см, средняя плотность почвы 1,26 г/см³) по результатам аэрогамма-съемки

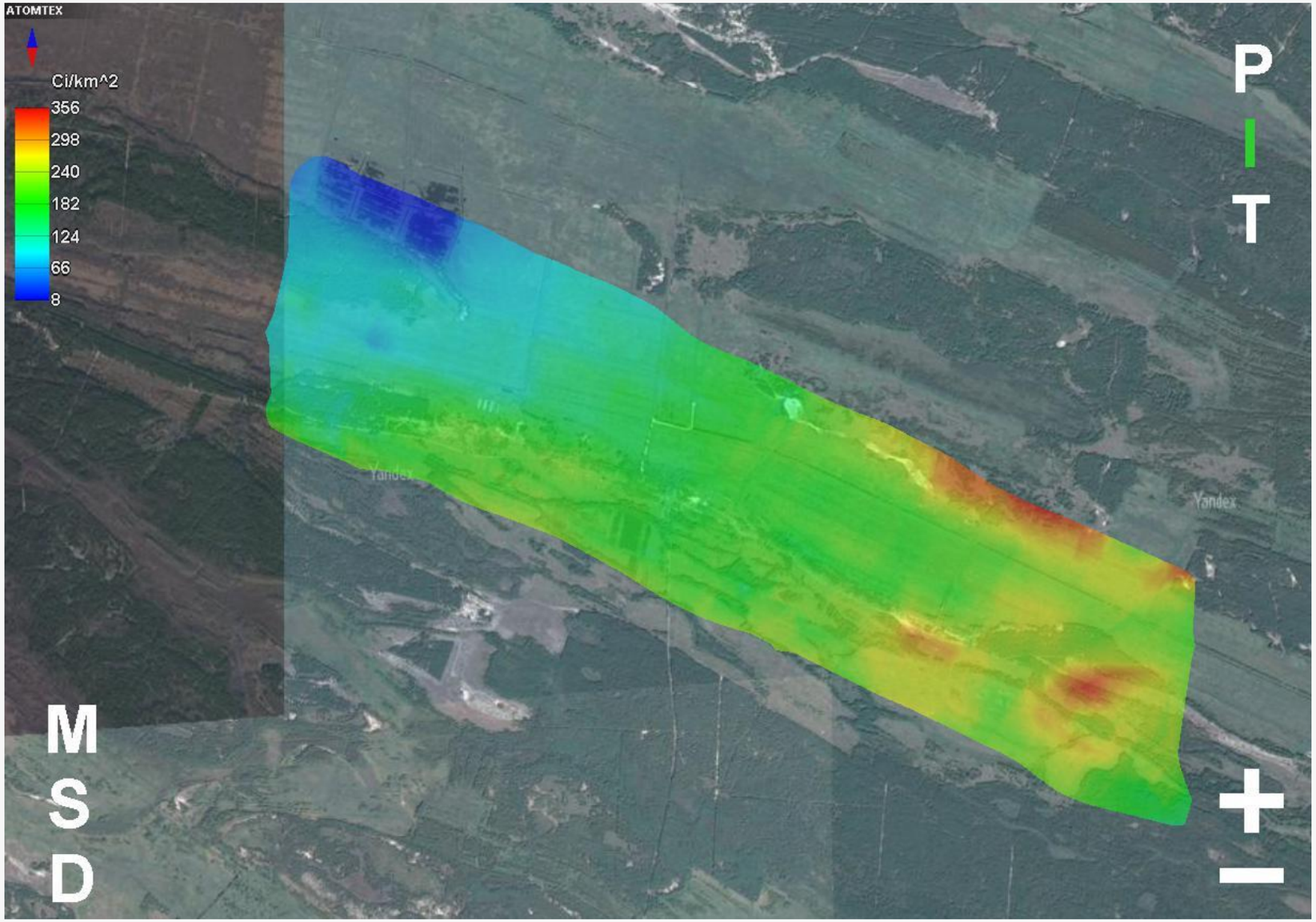


ATOMTEX®
Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

Оценка плотности загрязнения (Ci/km ²)

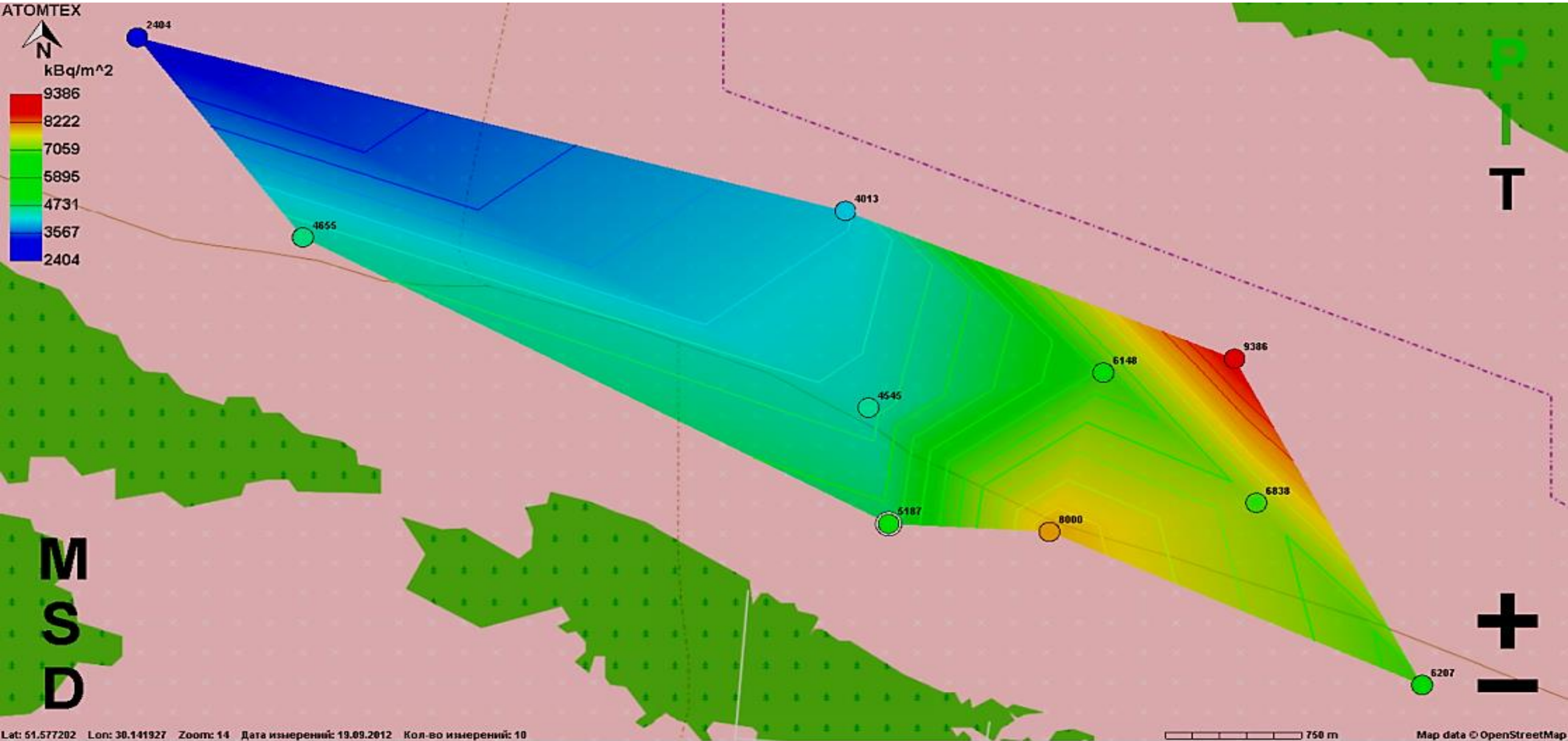


Визуализация данных поверхностной плотности загрязнения

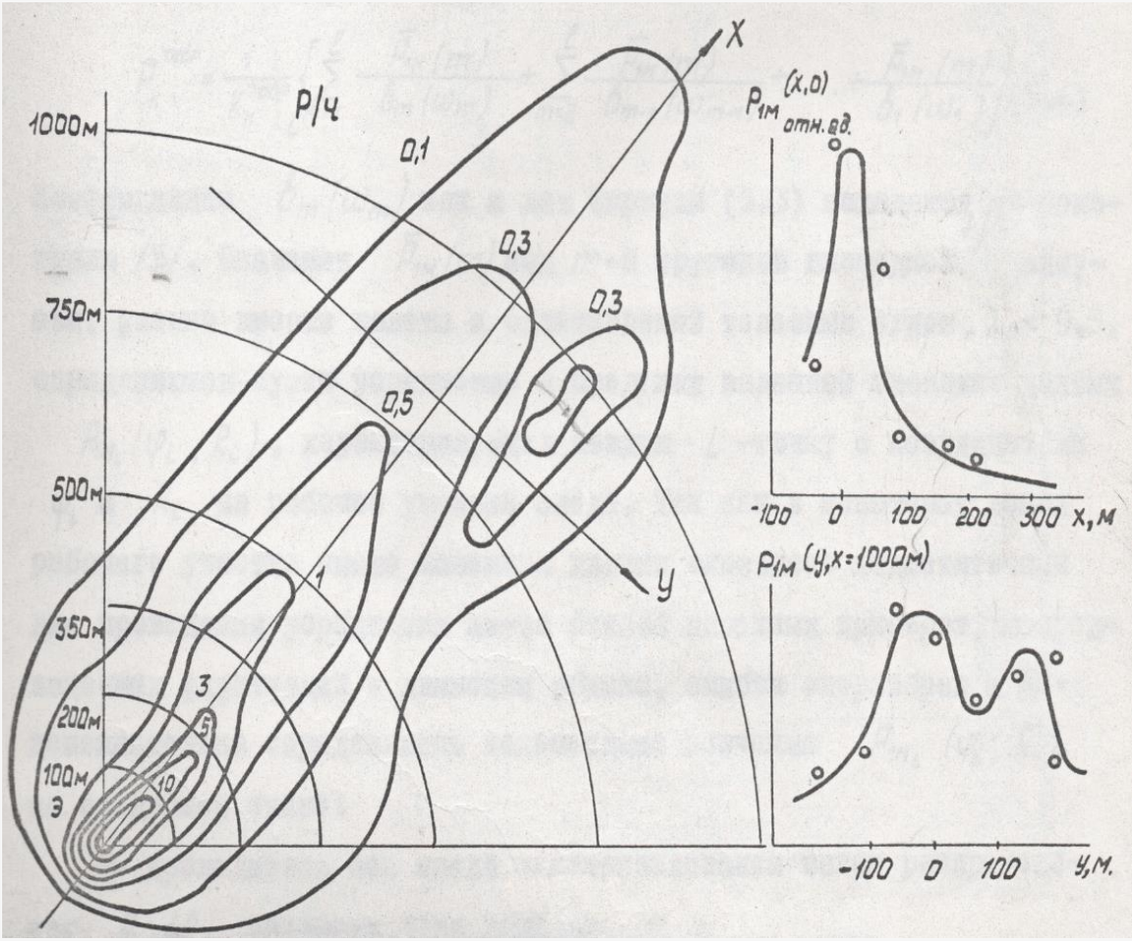


Сопоставление данных по оценке плотности поверхностного загрязнения дистанционным методом и методом пробоотбора (лабораторным анализом)

Точки аэрогамма-съемки, совпадающие с точками пробоотбора



Историческая справка



Особенности следа радиоактивных выпадений
(ядерные испытания, 1975 г., Семипалатинский полигон)

Из сопоставления данных, полученных теоретически и экспериментальным путем для высотных коэффициентов пересчета с учетом конкретных значений влияющих факторов следует их согласие в пределах ± 10%:

Высота полета , м	**50**	**100**	**150**	**200**
Относительное отклонение Kh, %	+ 6,5	+ 3,0	- 9,1	- 5,8

В таблице представлена классификация компонент суммарной погрешности, учитывающая их происхождение и характер

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ	ХАРАКТЕР ПОГРЕШНОСТИ		
	случайная	неисключенный остаток систематической погрешности	систематическая
МЕТОДИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ $\delta_{мет}$		$\delta_{K_h}\begin{cases}\delta_{K_h}(h)\\ \delta_{K_h}(P)\\ \delta_{K_h}(t°C)\\ \delta_{K_h}(d)\end{cases}$	$\delta_{K_h}(E_0)$
АППАРАТУРНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ $\delta_{апп}$	$\delta_{осн}$ $\delta_{стат}$	$\delta_{внф}$ $\delta_{\eta(E)}$ $\delta_{t°C}$	$\delta_{анз}$
ВЛИЯНИЕ РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ОТ ИДЕАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА МЕСТНОСТИ $\delta_{ру}$	δ_{xy} δ_{grad}	$\delta(K_{пп})$	$\delta_{МКРФ}$

Методическая погрешность:

Составляющие: $\delta_{K_h}(h, P, t°C, d), \delta_{K_h}(E_0)$

Аппаратурная погрешность

Составляющие : $\delta_{\text{осн}}, \delta_{стат}, \delta_{\eta(E)}, \delta_{внф}, \delta_{анз}, \delta_{t°C}$

Погрешность, обусловленная влиянием реальных условий, отличающихся от идеальной модели радиоактивных выпадений

Составляющие: $\delta_{\text{grad}}, \delta_{xy}, \delta(K_{nn}), \delta_{МКРФ}$

- Случайные ошибки и неисключенные остатки систематических погрешностей объединяются в основную погрешность $\Delta_{осн}$
- Систематические погрешности объединяются в дополнительную погрешность $\Delta_{доп}$
- Суммарная погрешность определяется как $\Delta_{\Sigma} = \Delta_{осн} + \Delta_{доп}$
- Границы основной погрешности $\Delta_{осн}$ определяются как, $\Delta_{осн} = K \cdot S_{\Sigma}$ причём S_{Σ} является оценкой суммарного СКО:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \frac{\theta_i^2}{3}} + \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \delta_i^{сл^2}} = \sqrt{\Delta_{но}^2 + \Delta_{сл}^2}$$

- При оценке учитываются законы распределения составляющих погрешностей

- Коэффициент *K* вычисляется по формуле:

$$K = \frac{t \cdot \sum_{i=1}^{n} \delta_i^{сл^2} + \tilde{\theta}}{\sum_{i=1}^{n} \delta_i^{сл^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \frac{\theta_i^2}{3}}}$$

где $\tilde{\theta} = \tilde{K} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \theta_i^2}$;

t – коэффициент Стьюдента, равный 1 при доверительной вероятности равный 2 при доверительной вероятности P=0,95;

$\tilde{K}$ – коэффициент, равный 1 при доверительной вероятности P=0,68 и равный 1,1 при доверительной вероятности P=0,95.

(ГОСТ Р 8.736-2011)

Суммарная погрешность, %	Высота h, м			Энергия первичного гамма-излучения E_0, МэВ
	50	200	300	
Суммарная среднеквадратическая погрешность $\Delta_{осн}$(при P=0,68)	22,82	22,98	23,54	0,662
$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{осн} + \Delta_{доп}$	21,73	27,08	48,37	0,5 – 0,9
Суммарная погрешность $\Delta_{осн}$ (при P=0,95)	46,39	46,68	47,69	0,662
$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{осн} + \Delta_{доп}$	45,30	50,78	72,52	0,5 – 0,9

Натурные испытания по обнаружению и локализации точечных гамма-источников

Объект испытаний: аппаратура БАРК-АТ102 (БДКГ-111, БДКГ-104)

Условия испытаний

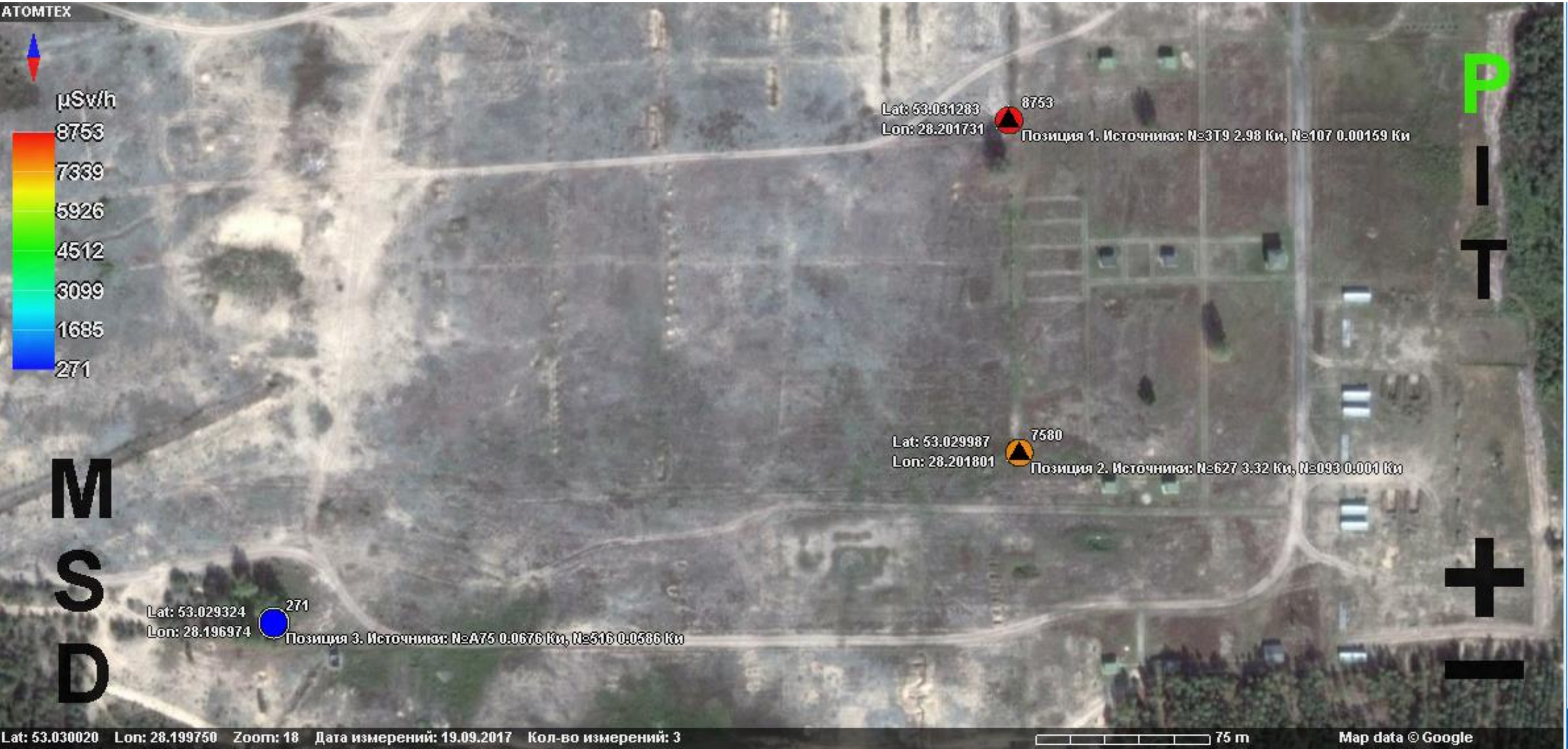
Площадка, на которой установлены 2 облучателя из войскового комплекса ПРХМ, из облучателей извлечены и установлены на земле по одному гамма-источнику с радионуклидом ^{137}Cs активностью порядка 3 Кюри каждый. Расстояние между гамма-источниками около 150 м, размещены вдоль полетного курса. Высота полета – 200 м.

ATOMTEX®
Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

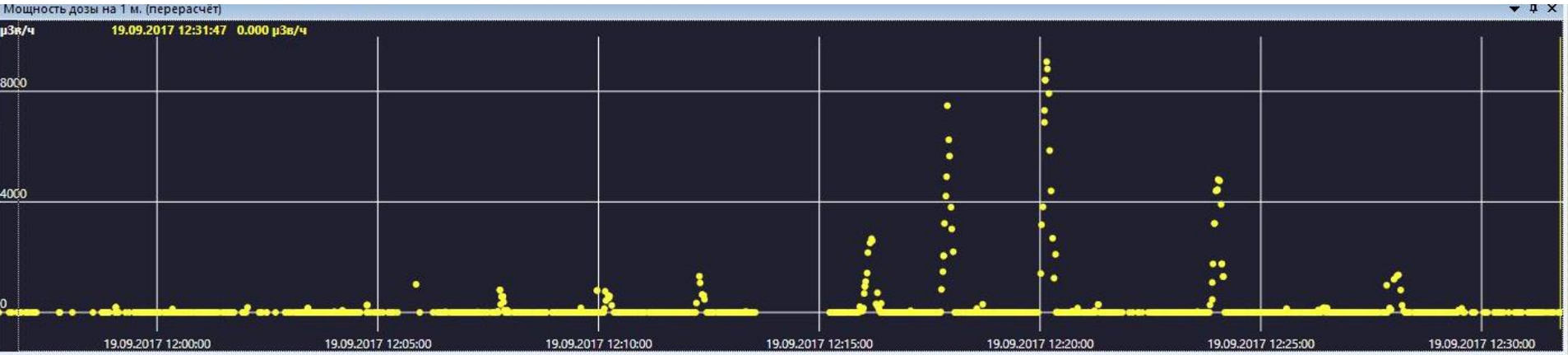
Наземные измерения

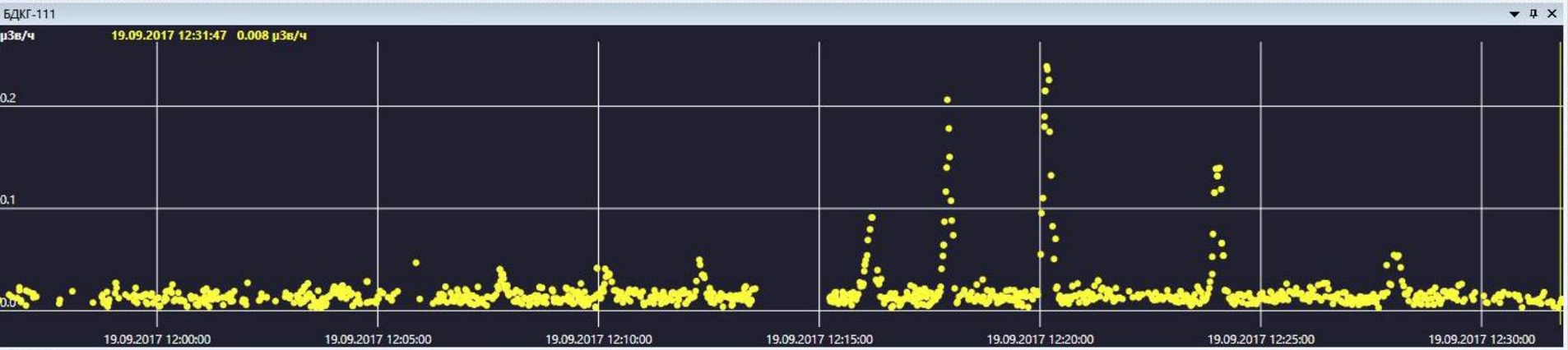
Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М (в составе с КПК) для наземной пешеходной гамма-съемки

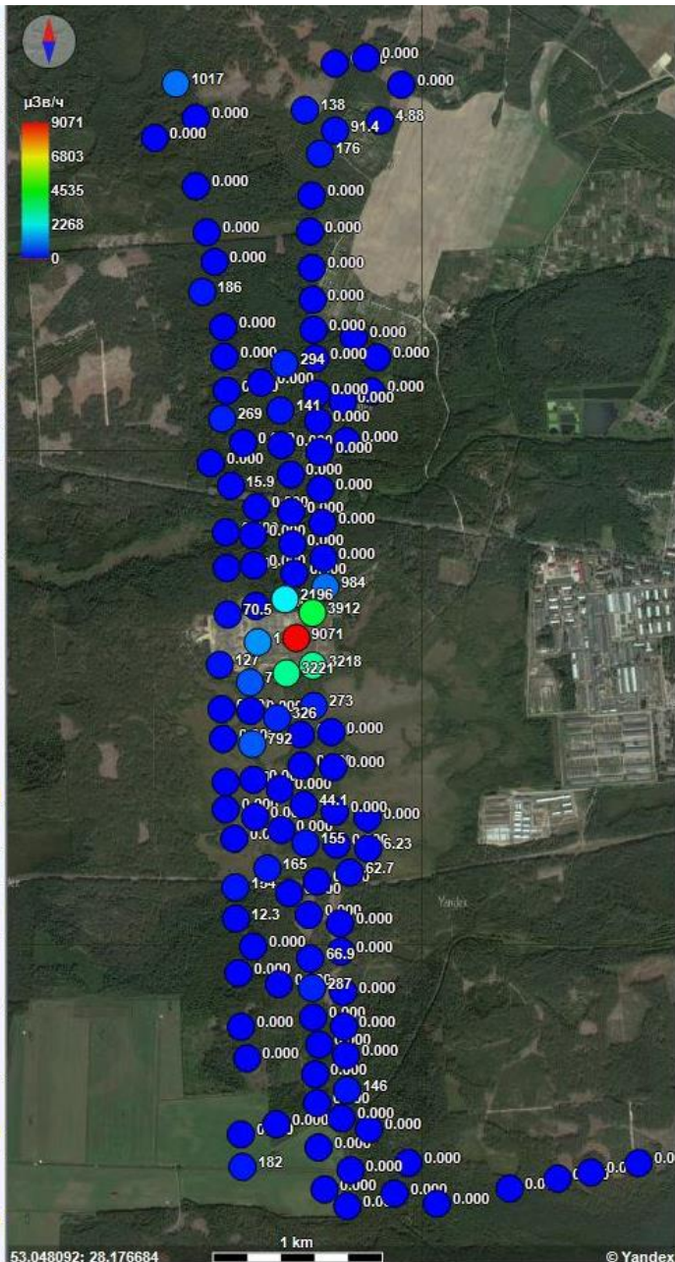
Мощность дозы гамма-излучения в мкЗв/ч на высоте 1 м от точечных источников, измеренная дозиметром-радиометром МКС-АТ1117М



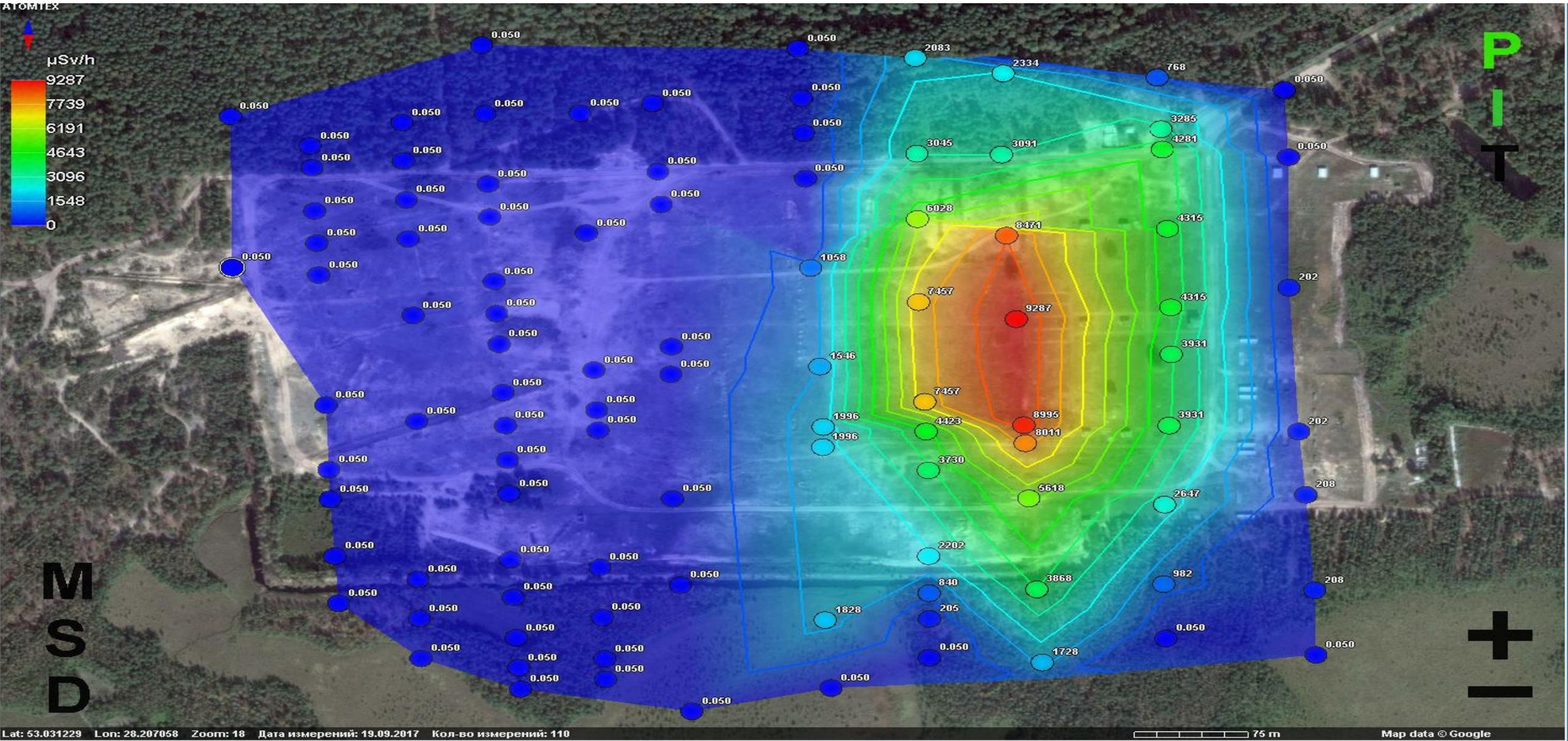
Данные аэрогамма-съемки точечных источников для высоты полета 200 м







Обнаружение, определение местоположения и оценка МД. Карта радиационных уровней от точечных источников для высоты 1 м по результатам аэрогамма-съемки на высоте 200 м (ПО «GARM»)



Интеллектуальные блоки и устройства детектирования

Начиная с 2000 г. предприятием создается и выпускается постоянно расширяемая номенклатура приборов и аппаратуры для ядерных измерений и радиационного контроля, охватывающая дозиметрическое, спектрометрическое и радиометрическое направление.

Основу этих средств измерений составляет семейство интеллектуальных блоков и устройств детектирования (более 50 наименований), значительная часть из которых может эффективно использоваться в составе современных беспилотных средств воздушной радиационной разведки, а также в роботизированных системах наземного и морского базирования.

Блоки детектирования имеют различные технические характеристики, что позволяет осуществлять оптимальный выбор для конкретного беспилотного средства.

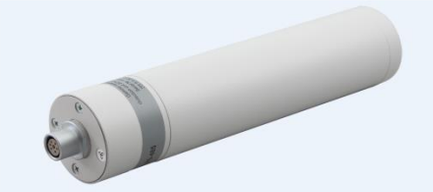
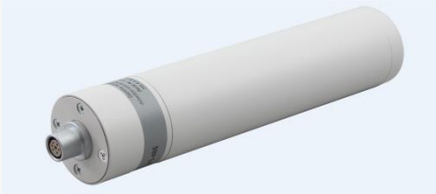
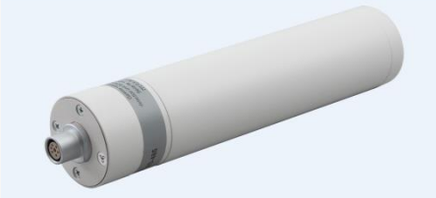
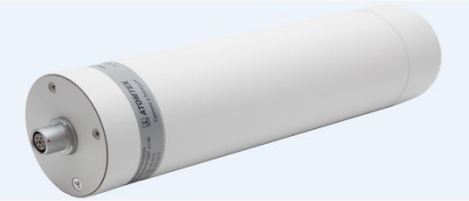
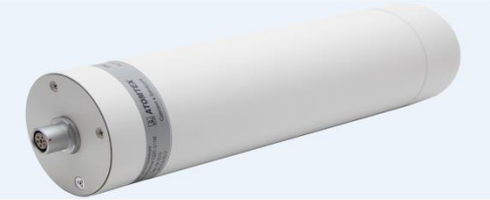
Дозиметрические блоки детектирования на основе сцинтилляционной пластмассы

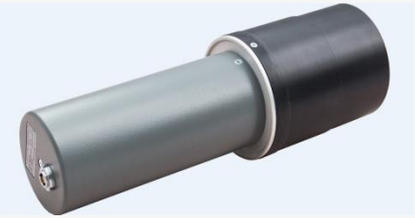
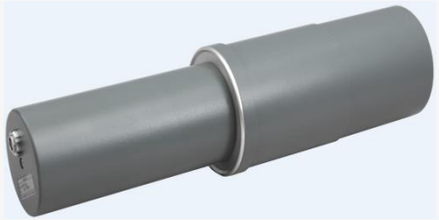
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	БДКГ-04 БДКГ-204	БДКГ-24 БДКГ-224	БДКГ-30 БДКГ-230	БДКГ-32 БДКГ-232	БДКГ-36	БДКГ-103
ДЕТЕКТОР НА ОСНОВЕ ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНОЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ ПЛАСТМАССЫ	Ø30x15 мм	Ø50x40 мм	Ø50x40 мм	Ø70x80 мм	Ø89x89 мм	200x180x70 мм
ДИАПАЗОН ЭНЕРГИЙ	15 кэВ – 10 МэВ 20 кэВ – 10 МэВ	25 кэВ – 10 МэВ 40 кэВ – 10 МэВ	50 кэВ – 10 МэВ	40 кэВ – 10 МэВ	40 кэВ – 10 МэВ	80 кэВ – 3 МэВ
ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ АМБИЕНТНОГО ЭКВИВАЛЕНТА ДОЗЫ	50 нЗв/ч – 10 Зв/ч	20 нЗв/ч – 1 Зв/ч 40 нЗв/ч – 1 Зв/ч	–	20 нЗв/ч – 500 мЗв/ч	20 нЗв/ч – 200 мЗв/ч	30 нЗв/ч – 50 мЗв/ч
ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ	–		20 нГр/ч – 1 Г/ч 40 нГр/ч – 1 Г/ч		–	
ПРЕДЕЛ ОСНОВНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ	±20%	±20%	±20%	±20%	±10%	±20%
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЮ ^{137}Cs, имп·с$^{-1}$/мкзв·ч$^{-1}$	70	530	600 имп·с$^{-1}$/ мкГр·ч$^{-1}$	1700	2600	15000
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНО ЭНЕРГИИ 662 кэВ	БДКГ-04: ±25% (15кэВ – 3МэВ) ±40%(3 – 10 МэВ) БДКГ-204: -45%...+35%(20 – 60 кэВ) ±25% (60 кэВ – 3 МэВ) ±50% (3 – 10 МэВ)	БДКГ-24: ±25% (15кэВ – 3МэВ) ±40%(3 – 10 МэВ) БДКГ-224:±25%(30кэВ – 3МэВ) ±50% (3 – 10 МэВ)	БДКГ-30: ±25% (50кэВ – 3МэВ) ±50% (3 – 10 МэВ) БДКГ-230:±25%(50кэВ – 3МэВ) ±50% (3 – 10 МэВ)	±25% (40 кэВ – 3 МэВ) ±40%(3 – 10 МэВ)	±30% (40 – 60 кэВ) ±15% (60 кэВ – 3 МэВ) ±20% (3 – 10 МэВ)	±40%
ВРЕМЕННАЯ ДИСКРЕТНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ	0,1 с	0,1 с	0,1 с	0,1 с	0,1 с	0,1 с
СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ	IP64 IP57	IP64 IP67	IP64 IP67	IP64 IP67	IP64	IP64
ИНТЕРФЕЙС	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232	RS232 RS485
ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР	-40...+50°C -40...+60°C	-40...+50°C -40...+55°C	-40...+50°C -40...+55°C	-40...+50°C -40...+55°C	-50...+50°C	-40...+55°C
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА (≤35°C БЕЗ КОНДЕНСАЦИИ ВЛАГИ)	≤98%	≤98%	≤98%	≤95% ≤98%	≤95%	≤95%
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ, МАССА	Ø60×200мм, 0.46 кг Ø60×230мм, 0.55 кг	Ø60×205мм, 0.5 кг Ø60×250мм, 0.6 кг	Ø60×207мм, 0.6 кг Ø60×250мм, 0.6 кг	Ø80×245мм, 0.78 кг Ø76×245мм, 0.9 кг	Ø93×250 мм, 1.2 кг	360×220×80 мм, 5 кг

Спектрометрические блоки детектирования на основе сцинтилляторов NaI(Tl)

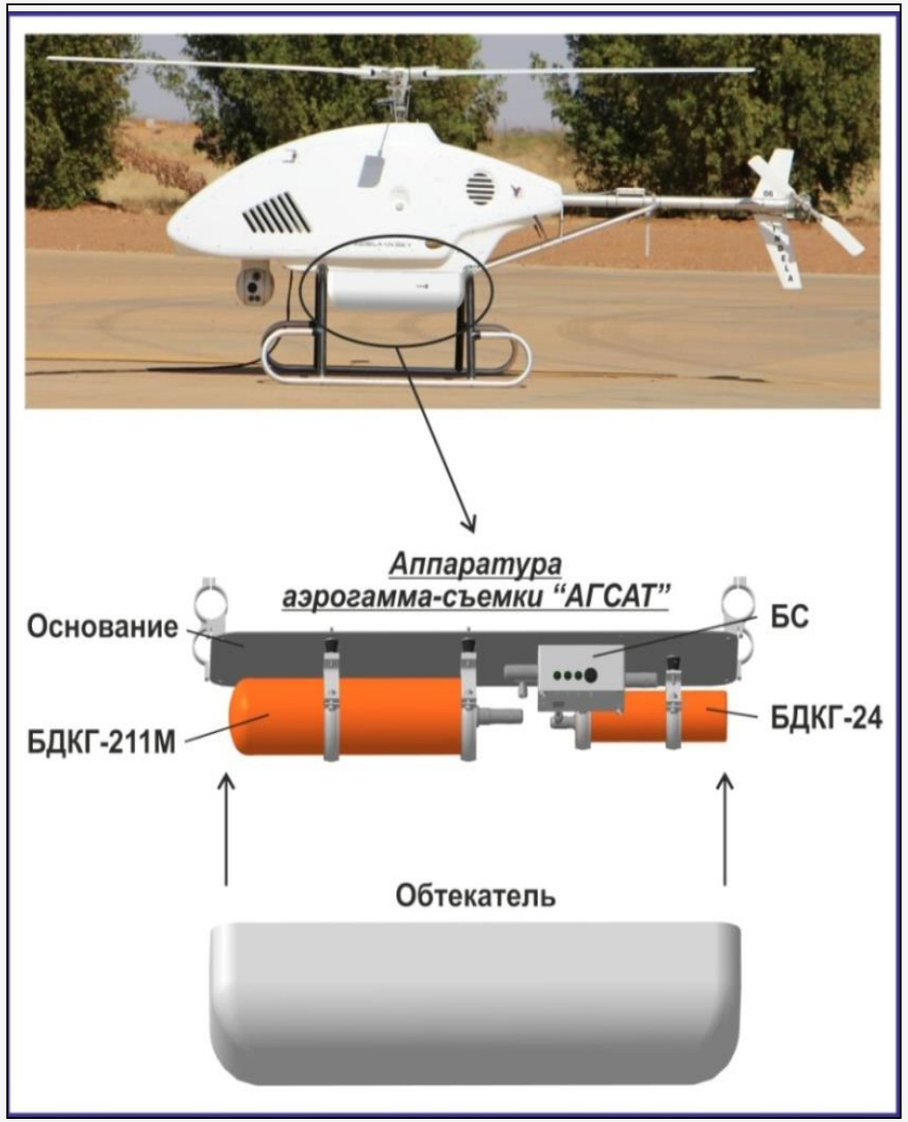
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	БДКГ-201М	БДКГ-203М	БДКГ-205М	БДКГ-11М БДКГ-211М	БДКГ-19М БДКГ-219М
ДЕТЕКТОР NAI(TL)	Ø25x16 мм	Ø25x40 мм	Ø40x40 мм	Ø63x63 мм	Ø63x160мм
ДИАПАЗОН ЭНЕРГИЙ	20 кэВ – 3 МэВ	20 кэВ – 3 МэВ	20 кэВ – 3 МэВ	20 кэВ – 3 МэВ	20 кэВ – 3 МэВ
ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ АМБИЕНТНОГО ЭКВИВАЛЕНТА ДОЗЫ (МД)	50 нЗв/ч – 1 мЗв/ч	30 нЗв/ч – 500 мкЗв/ч	30 нЗв/ч – 300 мкЗв/ч	30 нЗв/ч –150 мкЗв/ч 30 нЗв/ч –120 мкЗв/ч	0,03 – 50 мкЗв/ч
ПРЕДЕЛ ОСНОВНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МД			±20%		
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНО ЭНЕРГИИ 662 кэВ	±20% (40 кэВ – 3 МэВ)	±20% (40 кэВ – 3 МэВ)	±20% (40 кэВ – 3 МэВ)	±15% (15 кэВ – 3 МэВ) ±20% (40 кэВ – 3 МэВ)	±15% (15 кэВ – 3 МэВ) ±20% (40 кэВ – 3 МэВ)
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЮ ^{137}Cs, (имп·с$^{-1}$/мкЗв·ч$^{-1}$)	165	400	800	2200 2450	6000
ВРЕМЕННАЯ ДИСКРЕТНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ	1/3 с	1/3 с	1/3 с	1/3 с	1/3 с
ТИПОВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ДЛЯ ЭНЕРГИИ 662 кэВ (^{137}Cs)	8,5 %	8 %	7,5 %	7,5 %	8 %
СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ	IP68	IP68	IP68	IP54 IP68	IP54 IP68
ИНТЕРФЕЙС	USB / RS232 / RS485 / Bluetooth (через адаптер интерфейсный)				
ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР	-35...+55°C	-35...+55°C	-35...+55°C	-20...+50°C -35...+55°C	-20...+50°C -35...+55°C
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА (≤35°C БЕЗ КОНДЕНСАЦИИ ВЛАГИ)	≤98%	≤98%	≤98%	≤95% ≤98%	≤95% ≤98%
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ, МАССА	Ø63×313мм, 1 кг	Ø63×333мм, 1 кг	Ø63×333мм, 1 кг	Ø78×320мм, 1.7 кг Ø90×350мм, 2 кг	Ø76×350мм, 3 кг Ø90×430мм, 3.3 кг

Внешний вид некоторых БД

БДКГ-201М	БДКГ-203М	БДКГ-205М	БДКГ-211М	БДКГ-219М
				
Ø 63×313 мм, 1 кг	Ø 63×333 мм, 1 кг	Ø 63×333 мм, 1 кг	Ø 90×350 мм, 2 кг	Ø 90×430 мм, 3.3 кг

БДКГ-04 БДКГ-204М	БДКГ-24 БДКГ-224М	БДКГ-30 БДКГ-230	БДКГ-32	БДКГ-36
				
Ø 60×200 мм, 0.46 кг Ø 60×230 мм, 0.55 кг	Ø 60×205 мм, 0.5 кг Ø 60×250 мм, 0.6 кг	Ø 60×207 мм, 0.6 кг Ø 60×250 мм, 0.6 кг	Ø 80×245 мм, 0.78 кг	Ø 80×320 мм, 1.2 кг

Применение интеллектуальных БД



БДКГ-103

Аппаратура радиационного контроля для беспилотного вертолета «INDELLA»

Основные технические характеристики БДКГ-103

Диапазон путевых скоростей	от 0 до 100 км/ч	**Чувствительность к гамма-излучению источника 137Cs**	15000 имп·с-1/мкЗв·ч-1
Высота ведения аэрогамма-съемки	от 25 м до 300 м (возможно от 1 м)	**Временная дискретность измерения**	0,1 с
Рекомендуемая высота аэрогамма-съемки, при которой обеспечивается наилучшая достоверность результатов измерения МД	от 50 м до 150 м	**Время отклика измерительных каналов во всем диапазоне МД на высоте полета**	1 с
Суммарная погрешность измерений МД, приведенных к 1 м от поверхности земли, в диапазоне высот от 50 м до 150 м	менее 30%	**Радиационный ресурс**	100 Зв
Суммарная погрешность измерений на высоте полета	менее 20%	**Интерфейс приема/передачи данных**	RS232 / RS485
Диапазон измерения МД гамма-излучения на высоте полета	30 нЗв/ч – 100 Зв/ч	**Электропитание от источника постоянного тока**	12В / 24В / 27В
Диапазон получаемых данных о мощности дозы на уровне 1 м от поверхности земли при высотах съемки от 50 м до 150 м	0,2 мкЗв/ч – 200 Зв/ч	**Диапазон рабочих температур**	-40...+55°С
Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения на высоте полета	80 кэВ – 3 МэВ	**Относительная влажность воздуха при температуре +35°С и более низких без конденсации влаги**	≤95%
Энергетическая зависимость относительно энергии 662 кэВ (137Cs)	±40%	**Габаритные размеры** **Масса**	360x220x80 мм 5 кг

Малоразмерные БПЛА

дозиметрические блоки детектирования БДКГ-24 для БМЛА планерного типа («ZALA AERO GROUP», концерн «Калашников»; НПО «Тайфун», Росгидромет)

БДКГ-24 для октокоптера «ZALA AERO GROUP»

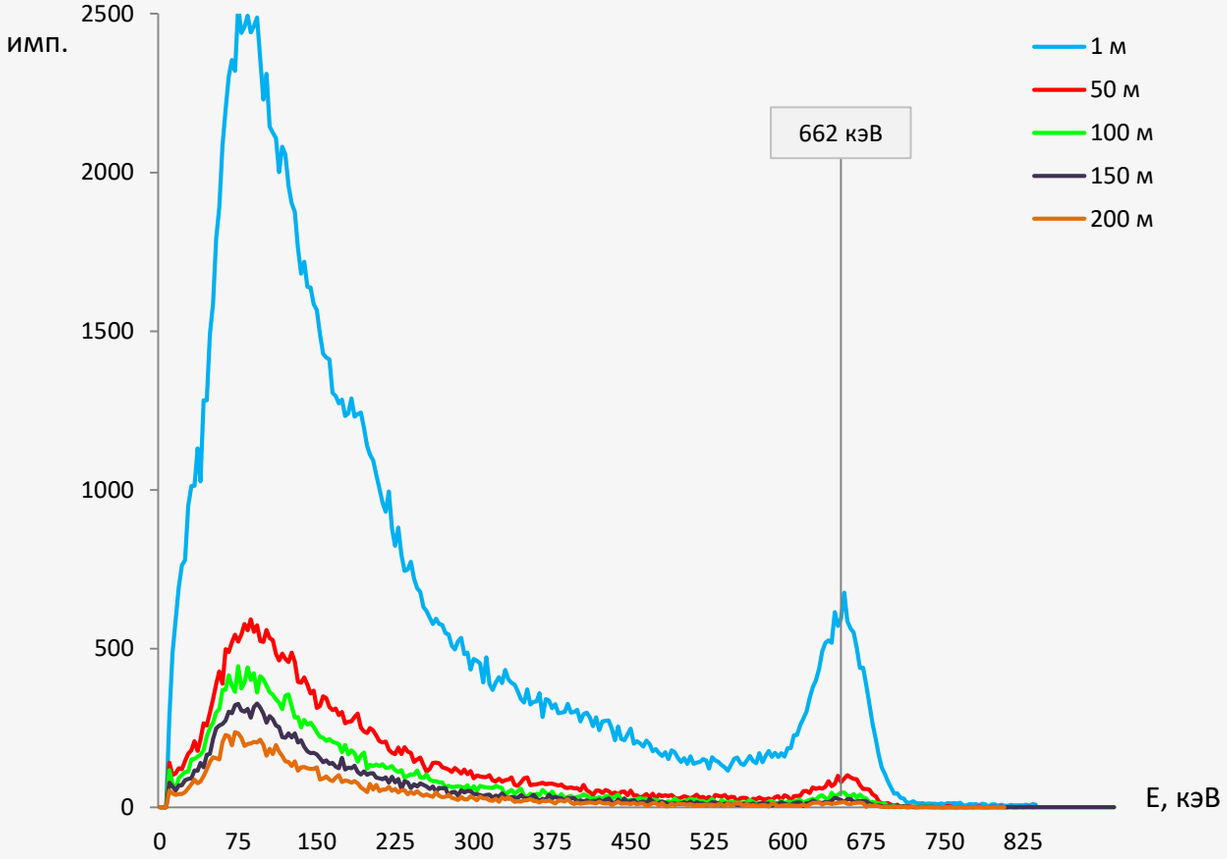
Эксперимент в условиях неоднородного радиоактивного загрязнения территории

Блок детектирования БДКГ-24 в составе октокоптера компании «ZALA AERO GROUP» (концерн «Калашников») по инициативе компании испытан специалистами ВНИИТФ (ГК «Росатом») на одном из объектов ГК «Росатом» над радиоактивно-загрязненной территорией и объектами, т. е. в условиях высоких градиентов мощности дозы. Получены хорошие результаты для неоднородного излучателя, дополнившие ранее приведенные данные для случаев однородного протяженного и точечного излучателей.

Задача спектрометрии и идентификации радионуклидов

Цель: Оценка радиоизотопного состава

дозиметр-спектрометр БДКГ-11М для октокоптера «БАС» (Болгария)



Аппаратурные спектры гамма-излучения на высотах 1, 50, 100, 150 и 200 м над участком местности, загрязненной радионуклидом ^{137}Cs

В перспективе – применение интеллектуальных блоков детектирования гамма-излучения в составе малоразмерных БПЛА:

1) «Бусел-10»
2) «Суперкам-С100»
3) «Суперкам-С350»

дозиметрия

4) Аэрогамма-съемка месторождений урана в геофизике в составе мультикоптеров
5) Спектрометрический БД на основе сцинтиллятора $SrI_2(Eu)$ с одновременным выводом измеренного спектра и мощности дозы с последующей идентификацией радионуклидов (энергетическое разрешение менее 3,5 %)

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

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

info@atomtex.com
www.atomtex.com