

Кожемякин В.А.¹, Полищук В.П.²

**ДАТЧИКИ РАДИАЦИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ
БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ АЭРОГАММА-СЪЕМКИ**

**RADIATION SENSORS FOR USE IN UNMANNED AERO-GAMMA
SURVEY SYSTEMS**

¹Научно-производственное предприятие «АТОМТЕХ», Республика Беларусь, г. Минск

²Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

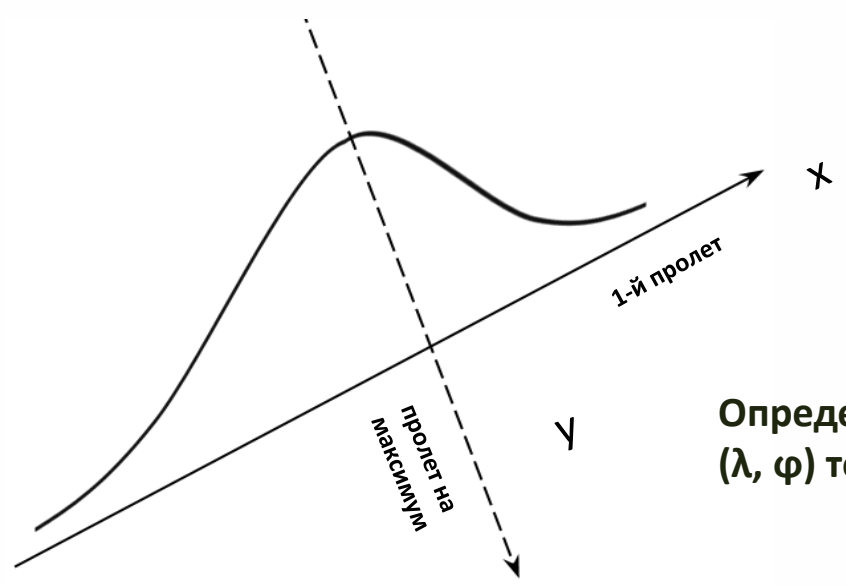
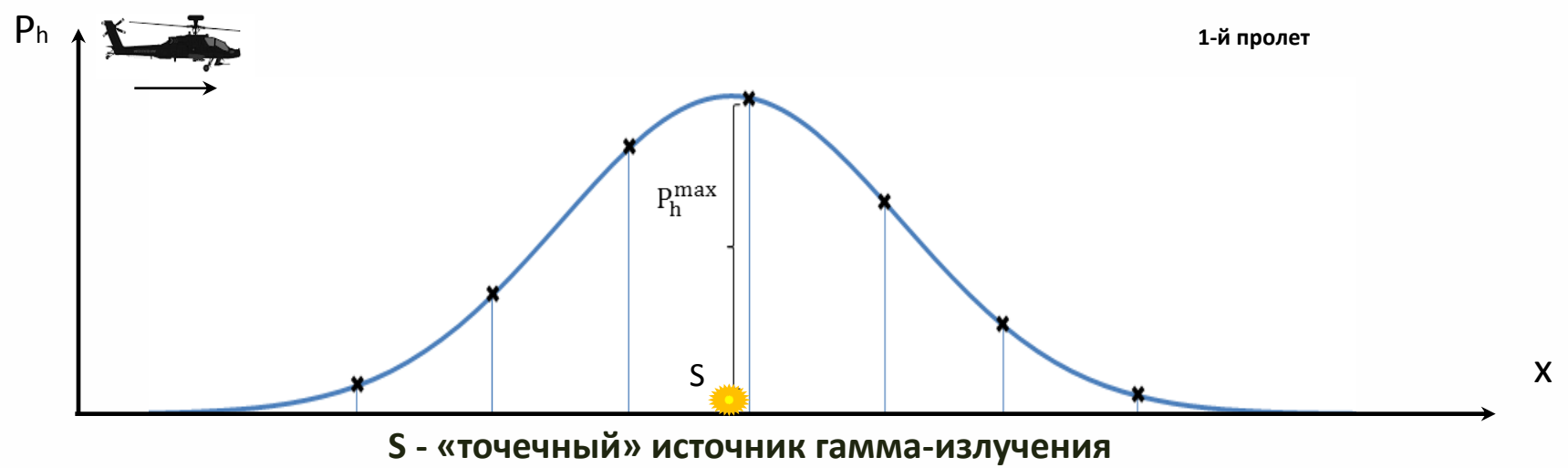
Основные функции:

- обнаруживать источники радиоактивного загрязнения;
- измерять уровни радиации на высоте полета;
- приводить измеренное значение мощности дозы на высоте полета к уровню 1 метр (при наличии информации о высоте полета над поверхностью объекта);
- осуществлять идентификацию радионуклидного состава загрязнения по гамма-спектрам;
- оценивать плотность поверхностного загрязнения гамма-излучающими радионуклидами.

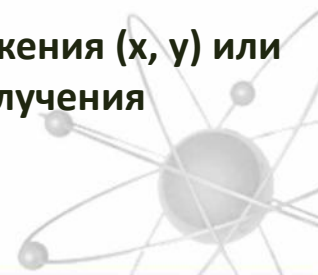




Задача обнаружения

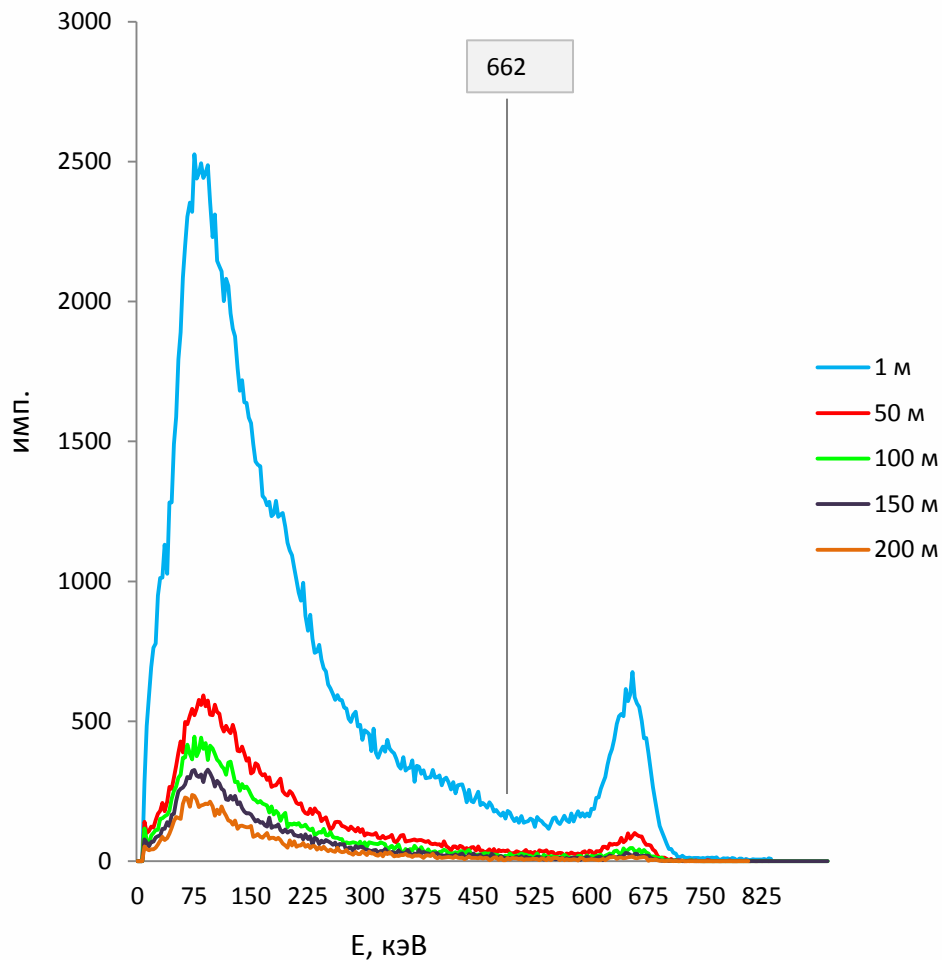


Определение координат местоположения (x, y) или (λ, φ) точечного источника гамма-излучения





Задача измерения спектрального состава гамма-излучения и идентификации радионуклидов



Аппаратурные спектры гамма-излучения на высотах 1, 50, 100, 150 и 200 м над участком местности, загрязненной радионуклидом ¹³⁷Cs (ПГРЭЗ)



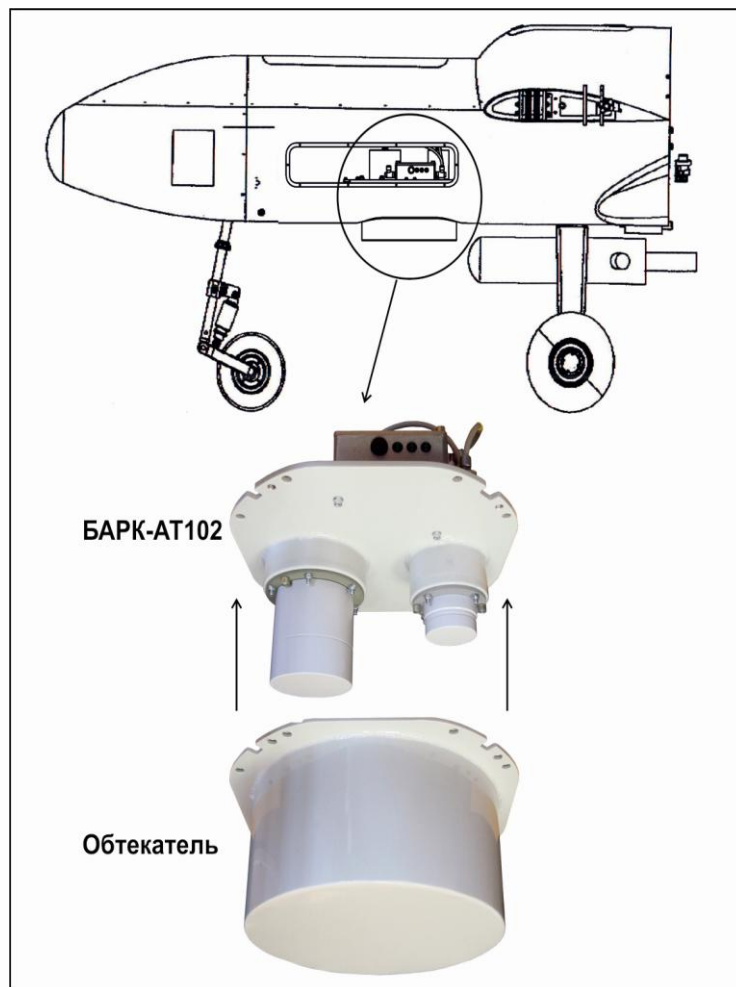


Таблица 1. Спектрометрические блоки детектирования на основе сцинтилляторов NaI(Tl)

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				
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	0,03 – 50 мкЗв/ч
Предел основной относительной погрешности измерения МД	±20%				
Энергетическая зависимость относительно энергии 662 кэВ	±20% (40 кэВ – 3 МэВ)				
Чувствительность к гамма-излучению ¹³⁷ Cs, (имп·с ⁻¹ /мкЗв·ч ⁻¹)	165	400	800	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%	8%	7,5%	7,5%	8%
Степень защиты	IP68	IP68	IP68	IP54 IP68	IP54 IP68
Интерфейс	USB / RS232 / RS485				
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	Ø63x313мм, 1 кг	Ø63x333мм, 1 кг	Ø63x333мм, 1 кг	Ø78x320мм, 1,7 кг Ø90x350мм, 2 кг	Ø76x422мм, 3 кг Ø90x430мм, 3,3 кг

Таблица 2. 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-103
Детектор на основе сцинтилляционной пластмассы	Ø30x15 мм	Ø50x40 мм	Ø50x40 мм	Ø70x80 мм	200x180x70 мм
Диапазон энергий	15 кэВ – 3 МэВ 60 кэВ – 3 МэВ	30 кэВ – 3 МэВ	50 кэВ – 3 МэВ	35 кэВ – 3 МэВ	80 кэВ – 3 МэВ
Диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы	50 нЗв/ч – 10 Зв/ч	30 нЗв/ч – 1 Зв/ч	–	30 нЗв/ч – 500 мЗв/ч	30 нЗв/ч – 50 мЗв/ч
Диапазон измерения мощности поглощенной дозы	–	–	30 нГр/ч – 1 Г/ч	–	–
Предел основной относительной погрешности измерений	±20%	±20% ±15%	±20% ±15%	±20%	±20%
Чувствительность к гамма-излучению ¹³⁷ Cs, (имп·с ⁻¹ /мкЗв·ч ⁻¹)	70	530	600 имп·с ⁻¹ / мкГр·ч ⁻¹	1700	15000
Энергетическая зависимость относительно энергии 662 кэВ	±35% ±25%	±25%	±25%	±25%	±40%
Временная дискретность измерения	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
Интерфейс	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232 RS485
Диапазон рабочих температур	-35...+55°C	-40...+50°C -40...+55°C	-40...+50°C -40...+55°C	-40...+50°C -40...+55°C	-40...+55°C
Относительная влажность воздуха (≤35°C без конденсации влаги)	≤98%	≤98%	≤98%	≤95% ≤98%	≤95%
Габаритные размеры, масса	Ø60x205мм, 0,45 кг Ø60x230мм, 0,55 кг	Ø60x200мм, 0,65кг Ø60x250мм, 0,75кг	Ø60x200мм, 0,65кг Ø60x200мм, 0,75кг	Ø76x245мм, 0,78 кг Ø76x245мм, 0,9 кг	360x220x80 мм, 5 кг



**Аппаратура радиационного контроля
для летательного аппарата «Гриф-100»**



**Таблица 3. Факторы, влияющие на достоверность данных аэрогамма-съемки**

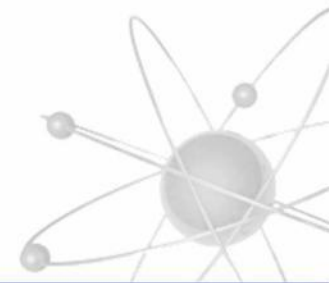
Происхождение погрешности	Характер погрешности		
	случайная	неисключенный остаток систематической погрешности	систематическая
Методическая погрешность $\delta_{мет}$	$\delta_{осн}$	$\delta_{K_h} \left\{ \begin{array}{l} \delta_{K_h}(h) \\ \delta_{K_h}(P) \\ \delta_{K_h}(t^{\circ}C) \\ \delta_{K_h}(d) \end{array} \right.$	$\delta_{K_h}(E_0)$
Аппаратурная погрешность δ_{app}	$\delta_{стат}$ δ_{xy}	$\delta_{внф}$ $\delta_{\eta(E)}$ $\delta_{t^{\circ}C}$	$\delta_{анз}$
Влияние реальных условий, отличающихся от идеальной модели радиоактивных выпадений на местности δ_{py}	δ_{grad}	$\delta(K_{mn})$	$\delta_{МКРФ}$





Таблица 4. Суммарная погрешность дистанционных измерений

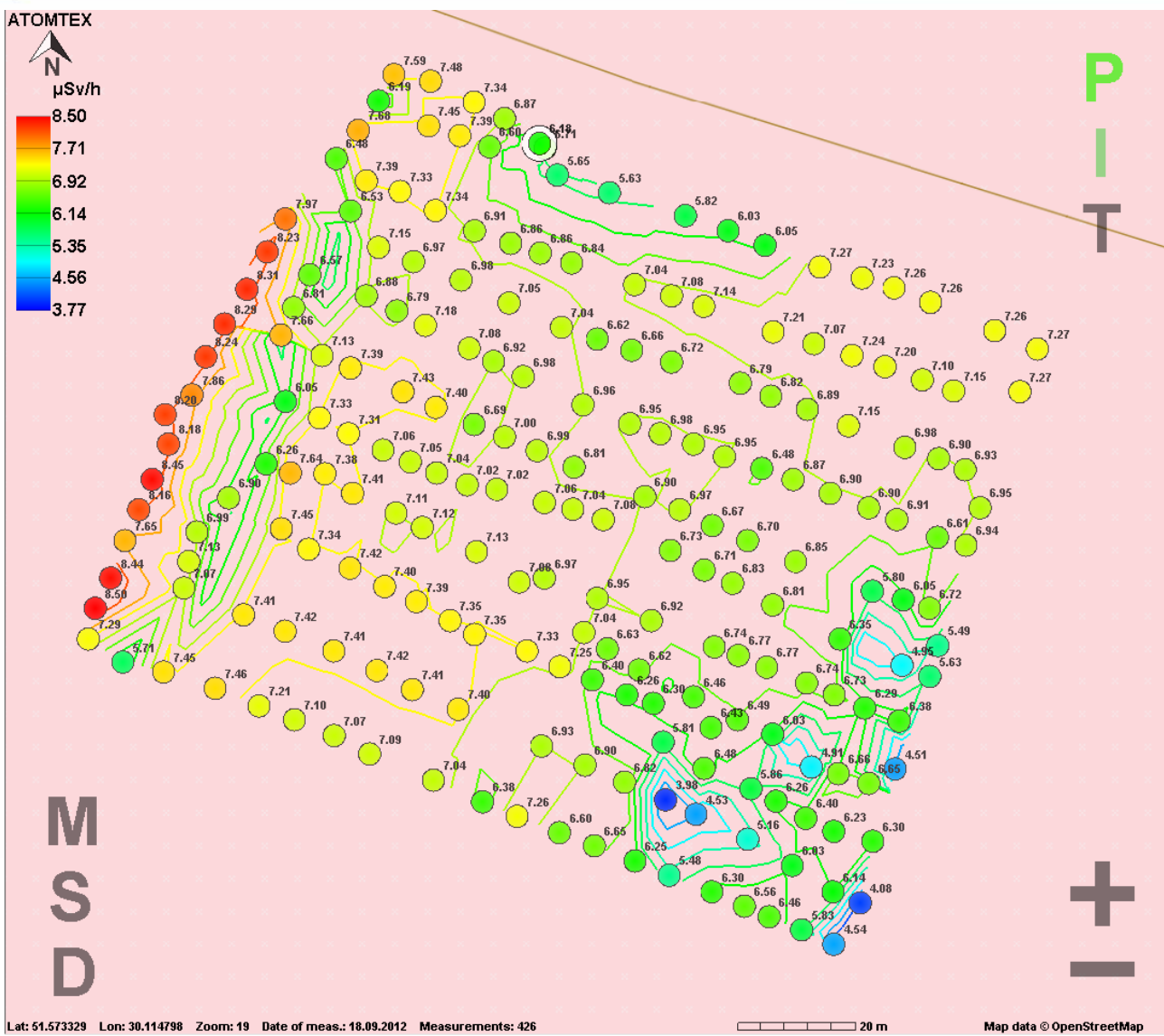
Суммарная погрешность, %	Высота h, м			Энергия первичного гамма-излучения E ₀ , МэВ
	50	150	300	
Суммарная погрешность $\Delta_{осн}$ (при P=0,95)	46,39	46,68	47,69	0,662
$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{осн} + \Delta_{дон}$	45,30	50,78	72,52	0,5-0,9



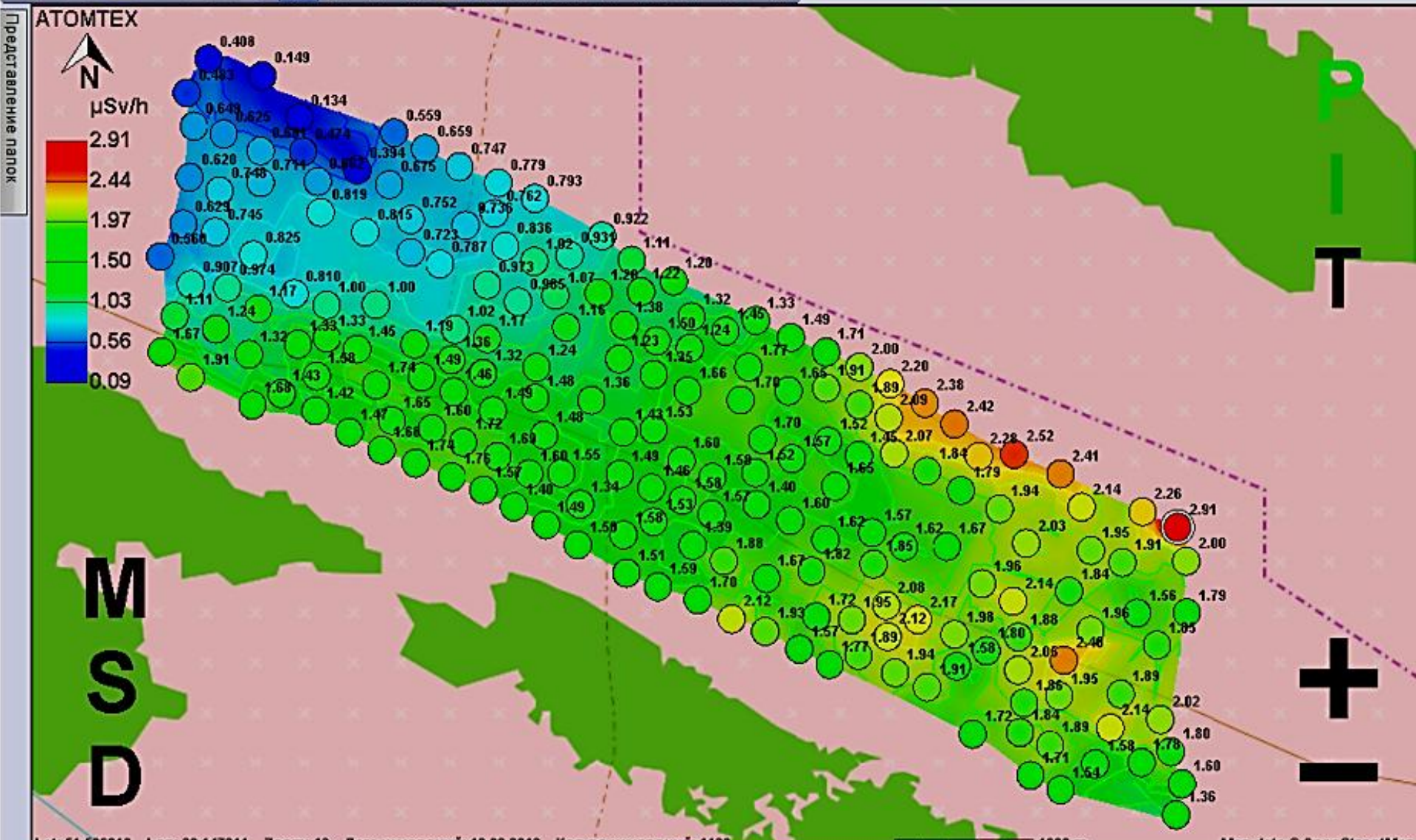


**Спектрометр
МКС-АТ6101С**

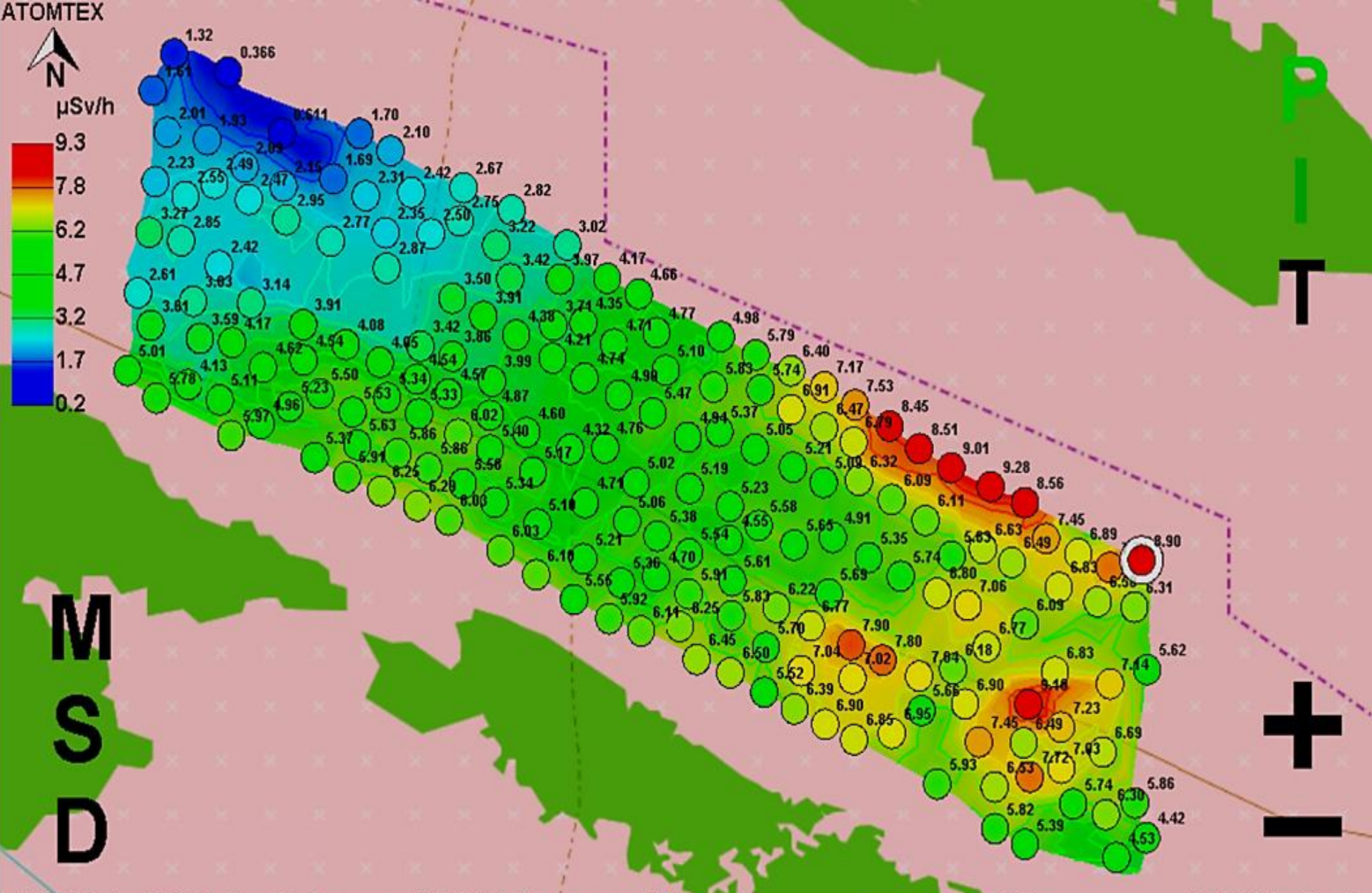




Результаты пешеходного сканирования



Данные аэрогамма-съёмки в ПГРЭЗ. Мощность дозы гамма-излучения на высоте 100 м над поверхностью земли. Размер площадки 8 км на 2 км.



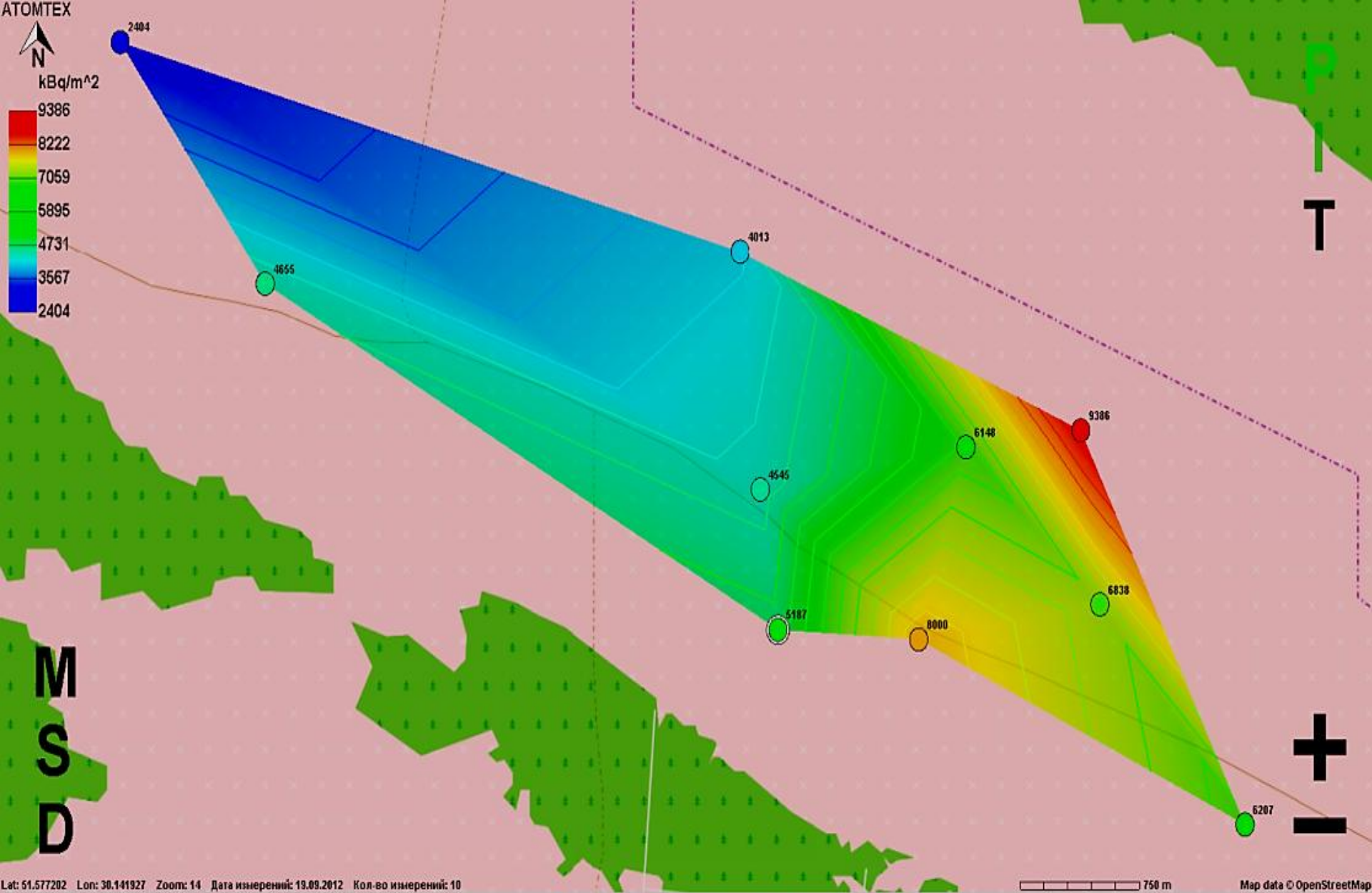
Данные по оценке мощности дозы гамма-излучения на высоте 1 м по результатам измерений на высоте 100 м



Таблица 5. Сравнение результатов дистанционной съемки и наземных измерений на высоте 1 м над поверхностью земли

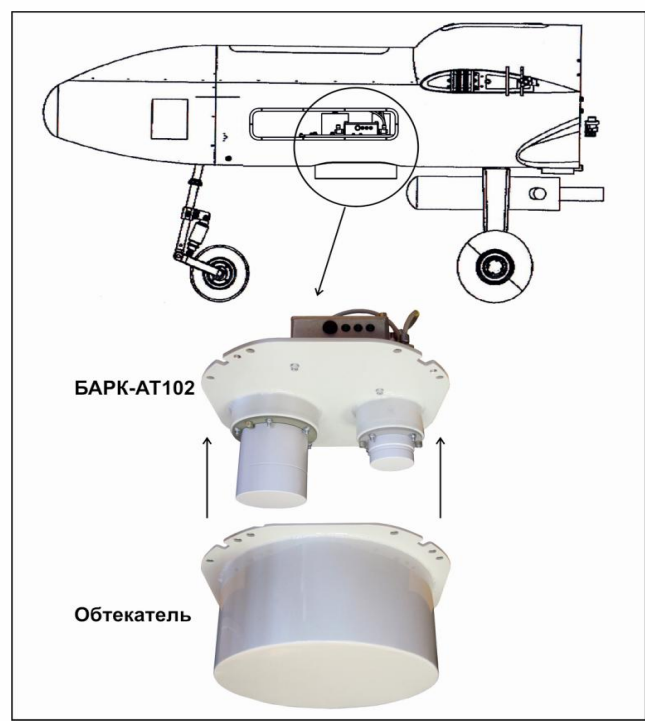
Высота h, м	$K_{h(11M)}^{эксп}$	$K_{h(04)}^{эксп}$	$\bar{K}_h^{эксп}$	$K_h^{теор}$	$K_{nn} \cdot K_h^{теор}$ ($K_h^{теор}$ с учетом поправки K_{nn})	Относительное отклонение теоретических данных от экспериментальных, %
50	1,87	2,28	2,07	2,16	1,94	+6,5
100	3,03	3,63	3,33	3,58	3,23	+3,0
150	4,28	4,96	4,62	5,64	5,08	-9,1
200	7,07	7,85	7,46	8,77	7,90	-5,8





Точки аэрогамма-съемки, совпадающие с точками пробоотбора

а)



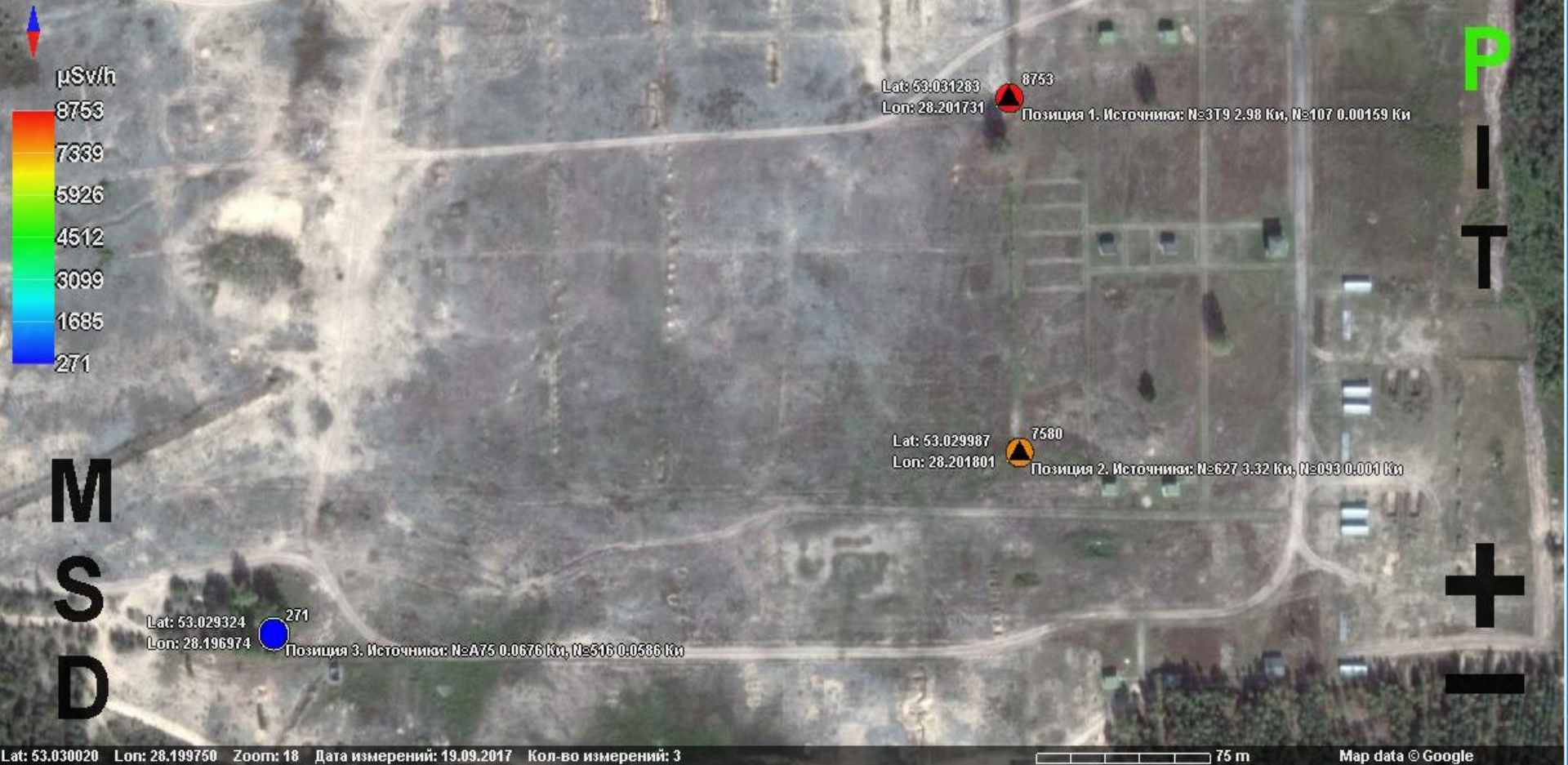
б)



**Аппаратура радиационного контроля
для: а) летательных аппаратов
«Гриф-100» и б) «Буревестник»**



АТОМТЕХ



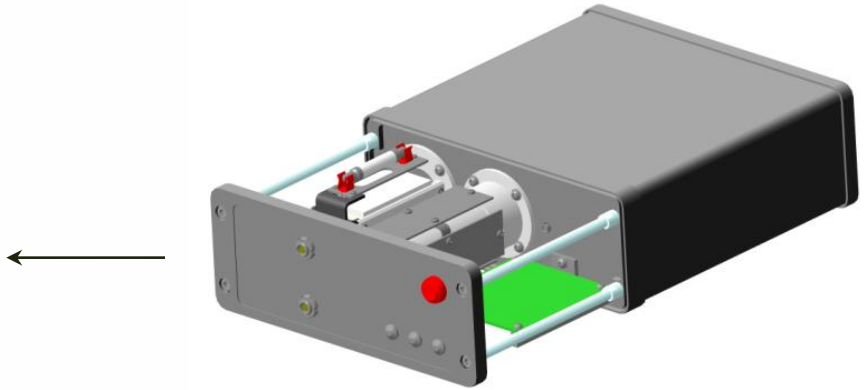
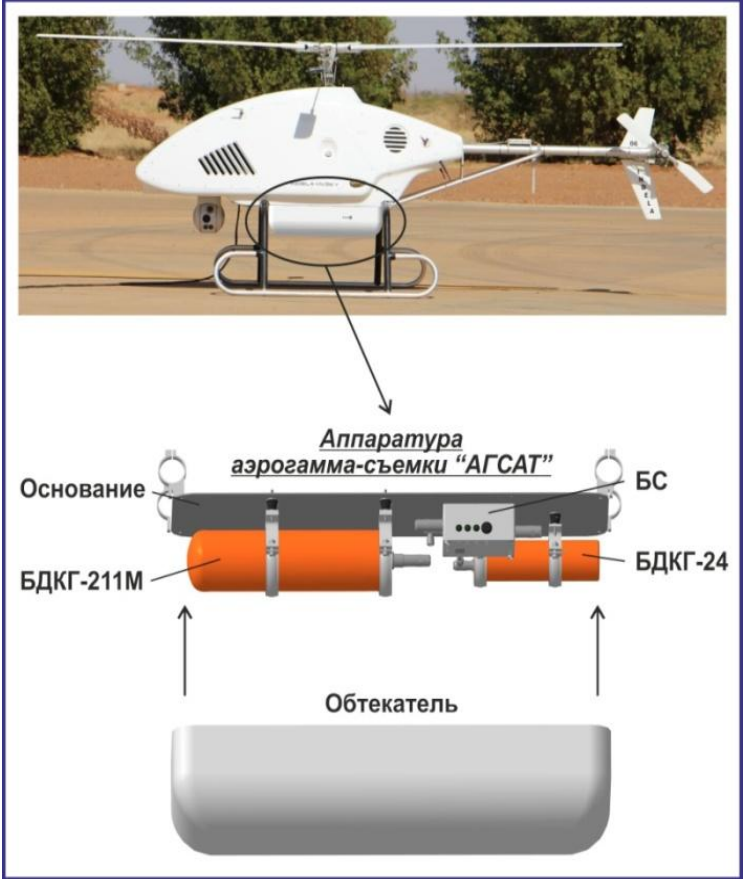
Мощность дозы гамма-излучения в мкЗв/ч на расстоянии 1 м от источников



БДКГ-24

Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М (в составе с КПК)





Аппаратура радиационного контроля для беспилотного вертолета «INDELLA»



а)



б)

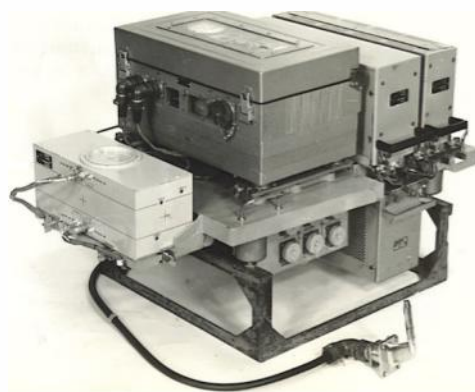


в)



**Аппаратура радиационного контроля
для: а) октокоптера «БАС»;
б) октокоптера и в) БМЛА планерного
типа «ZALA AERO GROUP»**

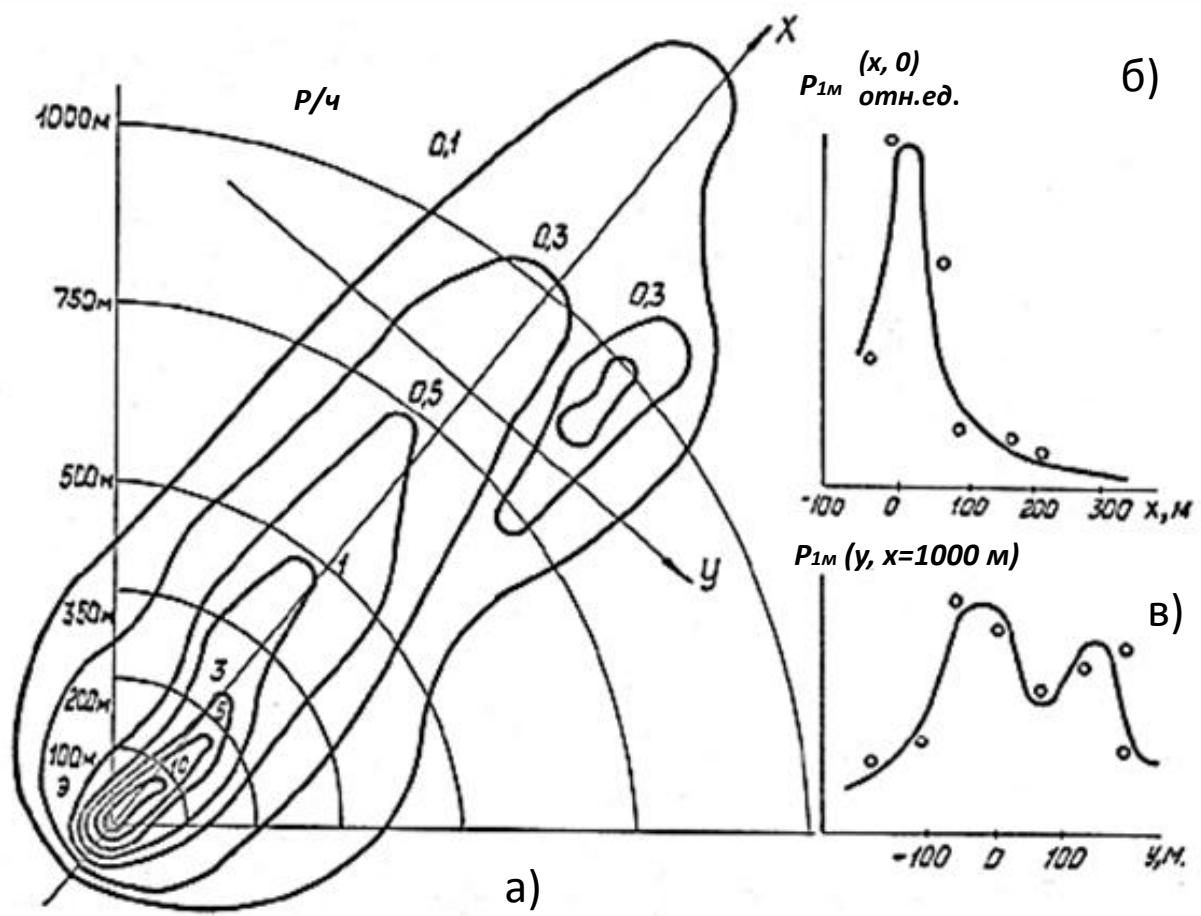




Беспилотные летательные аппараты с аппаратурой радиационной разведки



Беспилотные летательные аппараты с аппаратурой радиационного контроля



Распределение мощности экспозиционной дозы на реальном следе радиоактивных выпадений (а); результаты измерений при пролете вдоль (б) и поперек (в) оси следа (распределения $P_{1m}(x, 0)$ и $P_{1m}(y, x=1000 м)$)



Выводы:

- Разработана и освоена в производстве линейка конкурентоспособных блоков детектирования гамма-излучения, которые могут быть использованы в составе БМЛА для целей радиационного мониторинга.
- Проведена апробация отдельных блоков детектирования в составе БМЛА.
- Организованы и проведены натурные испытания блоков детектирования.
- В результате натурных испытаний определены экспериментально и сопоставлены с расчетными значениями высотные коэффициенты пересчета, установлена высокая степень их согласия.
- Получен достаточный материал для выработки рекомендаций по проведению аэрогамма-съемки для организаций-потребителей.
- Результаты работы актуальны для данного весьма быстро развивающегося направления беспилотных систем при их использовании в задачах радиационного мониторинга окружающей среды.





ATOMTEX[®]

Спасибо за внимание!

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

info@atomtex.com
www.atomtex.com



EAC

EN