

## ОБ ИЗМЕРЕНИИ $\beta$ -АКТИВНОСТИ БОЛЬШОГО КОЛИЧЕСТВА “ГОРЯЧИХ” АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ С ПОМОЩЬЮ АВТОРАДИОГРАФИИ

Е. К. Гаргер<sup>1</sup>, Б. Л. Горковенко<sup>2</sup>, В. К. Шинкаренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

<sup>2</sup>Институт агроэкологии и биотехнологии УААН, Киев

Проведено сравнение результатов радиографических измерений характеристик “горячих” частиц с прямыми измерениями  $\beta$ -активности отдельных частиц и суммарной активности их ансамбля. Показано, что значения активности, полученные при определении размеров пятен на оптимальном уровне почернения и экспозиции в течение 7 сут, имеют наименьшие относительные ошибки порядка 10 % от значений прямых измерений. Это позволяет использовать данный метод для диагностических оценок общей  $\beta$ -активности “горячих” частиц в воздухе локальной зоны объекта «Укрытие», а также счетной концентрации и функций распределения активности частиц по их размерам. Отмечено, что метод авторадииографии имеет ограничения в условиях очень большого числа “горячих” частиц с общей  $\gamma$ -активностью фрагмента пробы, превышающей 1000 Бк.

### Введение

Различные аспекты возникновения радиоактивных аэрозолей и их поведения в атмосфере были освещены в работах, появившихся сразу после активных испытаний ядерного оружия. При этом основное внимание уделялось прогнозу выпадений радиоактивных аэрозолей и их биологического воздействия [1 - 7]. Особый интерес вызывали “горячие” частицы, имеющие размер порядка микрона с активностью, превышающей среднюю активность фонового аэрозоля на несколько порядков величины. Для обнаружения “горячих” частиц использовался метод авторадииографии, определяющий наличие радиоактивных частиц по дискретным пятнам почернения фотоэмульсии после ее контакта с экспонированным воздушным фильтром. Методика обнаружения “горячих” частиц в аэрозольной пробе подробно описана в [2]. Известно, что размеры пятен почернения от отдельных радиоактивных частиц глобальных выпадений зависят от их активности и периода экспозиции фотоэмульсии.

Существующие модели образования радиографических пятен используют ряд допущений [1, 10, 11], упрощающих расчет. В частности, используют понятие средней максимальной энергии  $\beta$ -частицы, средней поглощающей и средней рассеивающей способности фотографического слоя при учете электронов, возникающих в результате взаимодействия  $\gamma$ -квантов с эмульсией пленки. В результате такого подхода в [1] был сделан вывод о том, что для бомбовых “горячих” частиц возрастом от 30 до 200 дней радиографические пятна радиусом меньше 0,4 мм вызваны в основном облучением  $\beta$ -частицами, а больше 0,4 мм -  $\gamma$ -излучением. Там же отмечено, что для крупных пятен почернения ( $R > 0,4$  мм) размер ореола обусловлен эффектом взаимодействия  $\gamma$ -квантов с веществом эмульсии, а также и для наиболее мелких пятен почернения ( $R < 0,01$  мм), когда изменением поглощения электронов можно пренебречь. При этом было использовано значение средней максимальной энергии  $\beta$ -частиц  $E = 1,0$  МэВ и средней энергии гамма-квантов 0,7 МэВ. Для пятен с радиусом почернения больше 0,4 мм получена зависимость радиуса почернения от активности частицы при постоянном времени экспозиции в степени 0,5 с точностью до эмпирического коэффициента. Таким образом, определение активности частиц аэрозоля может быть проведено по размерам их радиографических изображений с использованием калибровочной кривой и фиксированном времени экспозиции. Ошибки этого метода измерений активностей “горячих” частиц различные авторы оценивают в пределах от 20 и до 60 %. Как правило, описание процедур таких оценок не приводится.

Особенностью упомянутых исследований было образование на фотоэмульсии небольшого числа пятен, измерение диаметров и определение активностей которых с помощью калибровочных кривых не вызывает особых затруднений.

Работы [8, 9] показали, что вынос "горячих" частиц во внешнюю среду через неплотности объекта "Укрытие" значителен, особенно в южной его части. После фильтрации воздуха в течение 2 сут число "горячих" частиц исчисляется сотнями и тысячами. Кроме того, увеличение объема работ в объекте "Укрытие" и непосредственной близости от него вызывает рост загрязнения воздуха "горячими" частицами как за счет выбросов из неплотностей объекта "Укрытие", так и техногенного их подъема в приземный слой атмосферы. В связи с этим важно не только диагностировать наличие "горячих" частиц на фильтрах, но и достоверно оценивать счетную концентрацию частиц, интегральную активность и эмпирическую функцию распределения активности частиц по размерам. В настоящей работе сделана попытка оценить достоверность автордиографических измерений интегральных характеристик "горячих" частиц, сравнив их с прямыми измерениями  $\beta$ -активности отдельных частиц и суммарной активности их ансамбля.

### Методика измерений и обработки экспериментальных данных

Отбор проб радиоактивного аэрозоля проводили с помощью двух типов фильтровентиляционных установок - портативной, с расходом воздуха  $70 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$  и фильтром Whatman-441 ( $0,20 \times 0,30 \text{ м}$ ), и стационарной установкой "Град" с расходом воздуха  $400 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$  и фильтром из ткани Петрянова ( $0,77 \times 0,34 \text{ м}$ ). Их описание можно найти в [8]. Портативная установка была задвинута вовнутрь южного проема в подкровельное пространство машинного зала объекта "Укрытие" на отметке + 36,5. Установка "Град" была расположена в 40 м с южной стороны от объекта "Укрытие". Отбор проб производился непрерывно в течение 2 - 5 сут. Измерения  $\beta$ - и  $\gamma$ -активности аэрозольных фильтров и отдельных их фрагментов осуществляли с помощью низкофонового  $\alpha$ - $\beta$ -счетчика LB-720 и  $\gamma$ -спектрометра на базе полупроводникового детектора серии GMX-30190 фирмы "Ortec" (эффективность 32,5 %, разрешение 1,89 кэВ на линии 1,33 МэВ).

Для создания калибровочной линейки из серии проэкспонированных фильтров были выбраны фильтры с раздельно расположенными "горячими" частицами. После совмещения фильтра с соответствующим негативом высечкой вырубали кружочки диаметром 10 мм, содержащие отмеченные частицы. Вырубленные кусочки фильтра крепили на промаркированных металлических шайбах диаметром 12 мм. Для контроля возможной потери частиц провели повторную автордиографию полученных высечек. По результатам экспонирования было отобрано 12 частиц из 50 (высечки, содержащие более одной "горячей" частицы, отбрасывали) с различными диаметрами пятен почернения и измерены их  $\beta$ -активности. Активности отобранных частиц и соответствующие им диаметры автордиографических пятен представлены в табл. 1.

Таблица 1. Активности и размеры автордиографических пятен, отобранных для калибровочной линейки частиц (время экспозиции - 7 сут, уровень черного - 160 ед.)

Активность, Бк	0,06	0,40	0,56	0,84	1,30	2,56	8,00	10,98	21,40	30,00	174,0
Диаметр, мм	0,0	0,19	0,19	0,29	0,33	0,57	0,86	1,10	1,43	1,86	4,34

Определение размеров радиографических изображений "горячих" частиц проводили двумя методами: с помощью микроскопа с окулярной шкалой и методом фотометрирования пятен с помощью сканера. Одной из проблем, возникающей при измерении диаметра автордиографического пятна есть отсутствие четкой границы его края. Метод фотометрирования позволяет количественно охарактеризовать плотность почернения пленки в каждой ее точке, что дает возможность объективного выбора уровня черного для определения размеров пятна. Использование сканера имеет ряд преимуществ: во-первых, одновременно осуществляется фотометрирование (сканирование) всех пятен на фотопленке, включая и пятна от линейки частиц с известной активностью; во-вторых, результаты фотометрирования вводятся непосредственно в компьютер, что позволяет автоматизировать обработку снимков с большим числом изображений "горячих" частиц. Отсканированный в формате BMP серый

снимок имеет 256 уровней потемнения - белому цвету соответствует значение 0, максимально черному - 255. Под уровнем плотности почернения фотографического слоя в дальнейшем понимается именно это число. Поиск и подсчет числа частиц осуществлялся с помощью разработанной компьютерной программы поэтапно: отсканированное радиографическое изображение фильтра разбивалось по трем - пяти градациям яркости, уровень фона принимался равным нулю. На заданном уровне почернения выделялся контур изображения выбранного пятна, диаметр вычислялся исходя из предположения, что контур представляет собой окружность. Ошибки, обусловленные формой пятен, в подавляющем большинстве случаев не превышали 1 - 3 %. Координаты центров пятен, величины диаметров пятен и их ореолов фиксировались в файле отчета.

### Результаты измерений

На рис. 1 показана радиограмма одного и того же участка фильтра при разных временах экспозиции. Хорошо видно, что при 7-суточной экспозиции проявились дополнительные частицы, но одновременно с этим исчезли частицы, попавших в ореолы более крупных. Табл. 2 иллюстрирует изменение числа пятен, найденных по разным уровням плотности почернения на снимках, соответствующим разным временам экспозиции. Видно, что уровни плотности 190 и 200 ед. эффективно отсекают слабые, диффузные пятна. После суточной экспозиции число пятен на уровнях плотности 110 и 190 отличается только на 20 %, т.е. в основном проявились частицы со значительной  $\beta$ -активностью. Через 7 сут число пятен на уровне плотности 110 ед. возросло в 3,28 раза, на уровне 190 ед. - только в 1,95 раза (82 и 39 пятен соответственно).

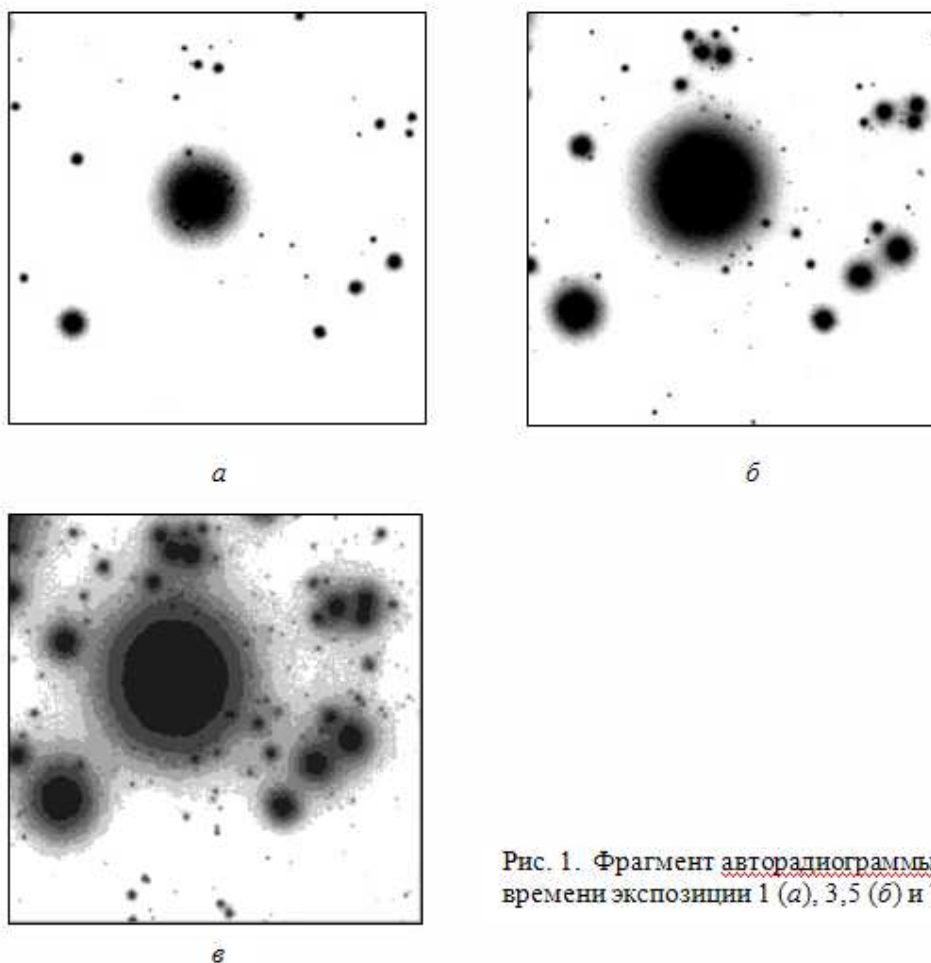
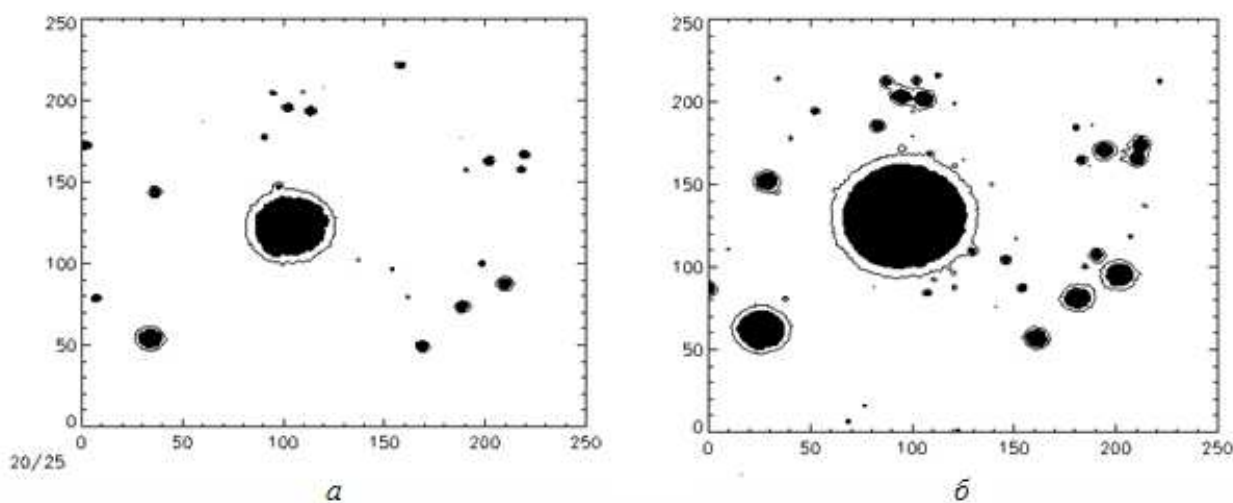


Рис. 1. Фрагмент автораднограммы при времени экспозиции 1 (а), 3,5 (б) и 7(е) сут.

**Таблица 2. Число выделенных пятен в зависимости от периода экспозиции и выбранной плотности почернения**

Уровень плотности почернения	Период экспозиции, сут			
	1	3,5	7	14
110	25	50	82	76
170	22	40	55	48
190	20	32	39	40

Через 14 сут число пятен стабилизировалось и даже уменьшилось для плотности 110 ед. за счет слияния пятен. Рис. 2 иллюстрирует трансформацию изображений пятен на уровнях почернения 110/190 ед. при экспозиции 1 и 3,5 сут. При этом контуры соответствуют уровню 110 ед., черные пятна - уровню 190 ед. Для 7 и 14 сут при уровне 110 ед. пятна сливаются, подсчет числа частиц и оценка их активности происходят с более грубыми ошибками.



**Рис. 2. Трансформация размеров изображения пятен при уровнях плотности почернения 190 и 110 ед.: а – экспозиция 1 сут; б – экспозиция 3,5 сут. Контур соответствует уровню 110 ед., черные пятна – 190 ед.**

Видим, что увеличение времени экспонирования и выбор низкого порога почернения приводят к резкому возрастанию числа отображений радиоактивных частиц. Это служит иллюстрацией высокой чувствительности метода автордиографии, позволяющей получать изображения частиц не только отвечающих критерию активности “горячих” частиц  $A \geq (0,1 - 0,2)$  Бк согласно [2, 4], но и менее активных частиц. В наших измерениях они наблюдаются в большом количестве. Отметим, что ошибки измерений при уровнях активности меньших 0,1 Бк растут. Выбор времени экспозиции и уровня почернения для измерения диаметра пятна ограничивает минимальный регистрируемый его размер снизу. Так, из табл. 1 следует, что при времени экспозиции калибровочной линейки в течение 7 сут и при определении диаметра пятен по уровню черного 160 ед. частицы с активностью меньшей 0,1 Бк не видны. И только увеличение экспозиции при всех других постоянных условиях позволяет получить изображения этих «теплых» частиц.

Для учета различных времен экспозиции оказалось удобным использовать более универсальную зависимость диаметра пятна почернения от произведения двух определяющих независимых факторов: активности “горячей” частицы и времени экспозиции фотоэмульсии, т.е. от количества распадов за время экспозиции:

$$d = \kappa(A t)^\gamma, \tag{1}$$

где  $(A \cdot t)$  – количество распадов;  $A$  – активность частицы;  $t$  – время экспозиции;  $k$  и  $\gamma$  – экспериментальные параметры.

На рис. 3, а показана зависимость диаметров пятен от количества распадов для уровня почернения 110 и 170 ед., соответствующих ореолу и плотной черной части пятна, соответственно (фотометрия с помощью сканера, работающего на просвет). В билогарифмических координатах экспериментальные точки хорошо ложатся на прямые линии до количества распадов около 20 Бк·сут. Это соответствует диаметру пятна 1,0 мм для ореола и 0,6 мм для центральной части, т.е. граничные активности частиц, дающие эти пятна, приблизительно равны 20, 5, 3 и 1,5 Бк соответственно периодам экспозиции 1, 4, 7 и 14 сут. Таким образом, степенная функция (1) аппроксимирует данные для достаточно активных “горячих” частиц.

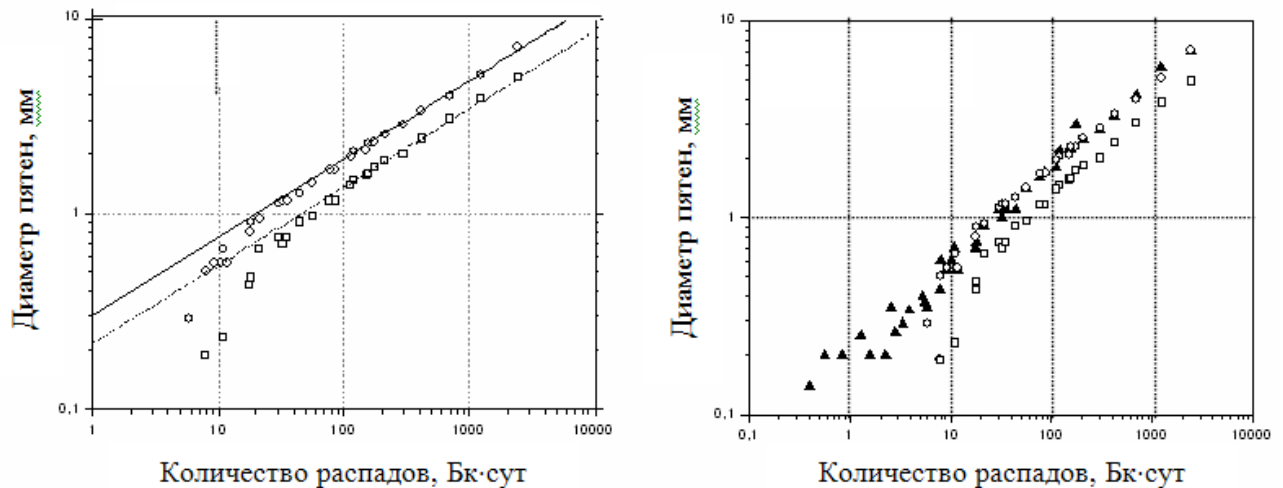


Рис. 3. Зависимость диаметров пятен от количества распадов.

○ - уровень 100; □ - 170; △ - измерено с помощью микроскопа.

При меньших периодах экспозиции наблюдается резкое уменьшение диаметров пятен почернения и увеличение разброса экспериментальных точек. В этой части эмпирической зависимости “диаметр пятна – количество распадов” также можно подобрать степенную функцию с другими коэффициентами и показателями степени, но достоверность оценок активности мелких пятен ( $d \leq 0,6$  мм) резко уменьшается. Дополнительно на рис. 3, б приведены аналогичные зависимости, полученные в случае измерений с помощью микроскопа в отраженном свете. Видно, что они совпадают с данными ореолов, измеренных с помощью сканера, до значения экспозиционной дозы 10 Бк·сут. С помощью микроскопа оператору удастся измерить более мелкие пятна, но с большим разбросом данных. Анализ зависимости “диаметр – количество распадов” для всех видов измерений (на просвет, на отражение) выполненных с помощью сканера и микроскопа, для ореола и черной части пятна показал, что соответствующие величины диаметров пятен, при тех же количествах распадов, могут изменяться в два раза при 100 Бк·сут и в три раза при 10 Бк·сут. Это важно учитывать при сравнении данных измерений автордиографических пятен, полученных различными методами.

Рассмотрим фрагмент радиографического изображения фильтра при экспозициях 7 и 14 сут (рис. 4, сканирование на просвет). Все большие пятна пронумерованы, их диаметры измерены с помощью микроскопа и сканера. Активность фрагмента фильтра была измерена с помощью  $\alpha$ - $\beta$ -счетчика LB-720. Это дало возможность сравнить общую  $\beta$ -активность участка фильтра с суммарной активностью зарегистрированных “горячих” частиц, определенной автордиографическим методом (табл. 3). Способ и условия определения активностей частиц указаны в примечаниях к таблице.

Из таблицы видно, что максимальное расхождение величин  $\beta$ -активности наблюдается при измерениях с экспозицией 14 сут и уровне плотности почернения равном 100 ед. Относительная ошибка при этом не превосходит 25 %. Хорошо видно, что число зарегистри-

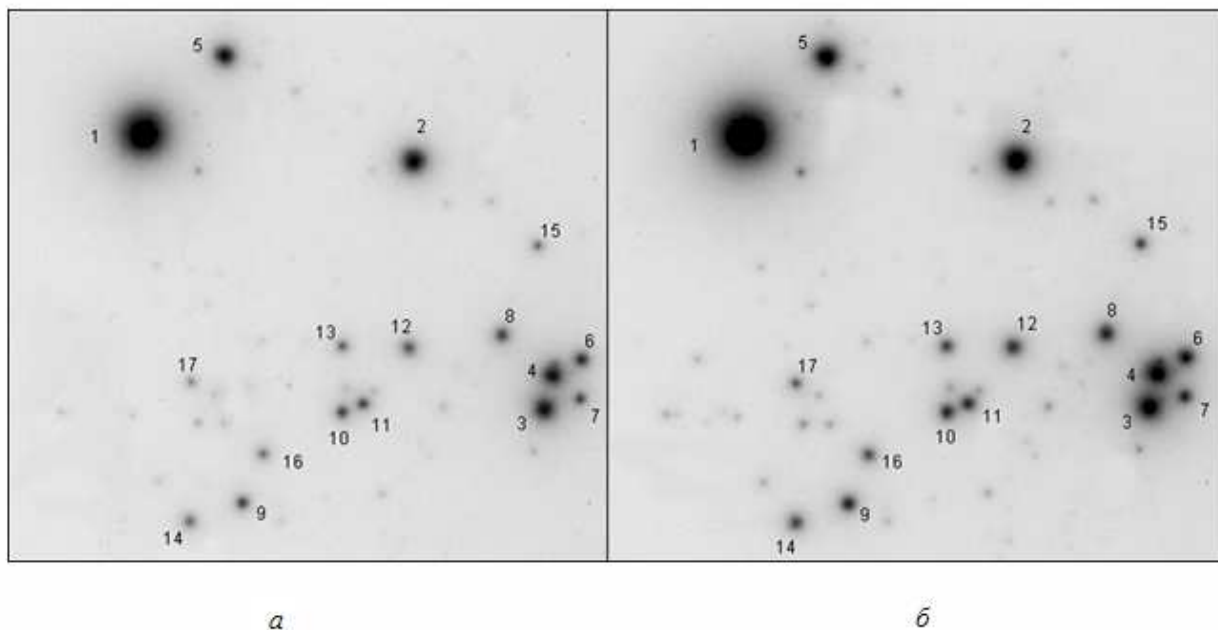


Рис. 4. Фрагмент радиографического изображения фильтра.  
Времена экспозиции 7 (а) и 14 сут (б).

Таблица 3. Сравнение суммарной  $\beta$ -активности и числа "горячих" частиц по измерениям различными способами

Тип измерений*	$A_{пр}$	$A_{микр}$	$A_{170}^o(7)$	$A_{100}^n(14)$	$A_{160}^n(14)$	$A_{200}^n(14)$
$\beta$ -активность, Бк	203,2	156,8	218,8	253,8	211,2	187,4
$A_i / A_{пр}$	1,0	0,77	1,08	1,25	1,04	0,92
Число "горячих" частиц	17	14	15	14**	17	13

\* $A_{пр}$  – прямые измерения активности с помощью  $\alpha$ - $\beta$ -счетчика LB-720.

$A_{микр}$  – автордиография, измерения диаметров пятен помощью микроскопа.

$A_{170}^o(7)$  – автордиография, экспозиция 7 сут, сканирование на отражение, компьютерное определение диаметра на уровне плотности почернения 170 ед.

$A_{100}^n(14)$ ,  $A_{160}^n(14)$ ,  $A_{200}^n(14)$  – автордиография, экспозиция 14 сут, сканирование на просвет, компьютерное определение диаметра на уровне плотности почернения 100, 160, 200 ед. соответственно.

\*\* Пятна с номерами 3 - 6 слились в единое пятно.

рованных частиц при этих условиях измерений уменьшилось. Слияние близко расположенных частиц (номера 3 – 6) в этих условиях было воспринято алгоритмом программы как большое пятно с активностью 42,1 Бк, в то время как при плотности в 160 ед. их активность составляла 9,70, 9,65, 5,60 и 2,23 Бк соответственно номерам частиц с суммарным значением 27,18 Бк. При таких измерениях также растет число частиц с малыми величинами активности, но их вклад по нашей оценке не превосходит 1 % от общей активности. Наименьшие расхождения были получены при измерениях активности с использованием уровня почернения 160 и 170 ед. и экспозиции в течение 7 и 14 сут соответственно. Разница в активности не превосходила 10 % от данных прямых измерений, что позволяет использовать данный метод для определения  $\beta$ -активности в особо загрязненных помещениях, на пром-

площадке объекта “Укрытие” и строительных площадках на территории вокруг объекта “Укрытие”.

В заключение приведем сравнения интегральных значений  $\beta$ -активности по прямым измерениям фильтра с частицами  $A_\beta$  и по измерениям частиц, используя автордиографию при продолжительности экспозиции 7 сут и уровне почернения 160 ед. по девяти опытам  $A_{\Sigma\beta}$  (табл. 4). В этом случае число зафиксированных частиц изменялось от 343 до 4056, общая  $\beta$ -активность фильтров - от 500 до 3223 Бк. В последнем столбце таблицы дано отношение активностей, полученных двумя методами. Известно, что общая  $\beta$ -активность измеренного фильтра создается помимо топливных частиц и радиоактивной пылью, обогащенной  $^{137}\text{Cs}$  конденсационного происхождения. Запыленность наших фильтров была хорошо видна визуально. В связи с этим отношение  $A_{\Sigma\beta}/A_\beta$  не должно было превышать единицу. В то же время видно, что в опытах 3, 4 и 9 это отношение ее превосходит. Опыты 3 и 4, в отличие от остальных, характеризуются наибольшим числом частиц, наибольшей счетной концентрацией и совместно с опытами 2 и 9 наибольшей средней удельной активностью частиц, превосходящей 1,4 Бк/част. Именно в этих опытах из-за наличия большого количества пятен почернения и, по-видимому, близко расположенных “горячих” частиц часть из них могла восприниматься как одна большая частица. А это, как уже было показано, приводит к завышению общей активности пробы.

Среднее значение отношений  $\langle A_{\Sigma\beta}/A_\beta \rangle$  по остальным шести опытам равно 0,8. Отметим, что в этих шести опытах  $\gamma$ -активность пробы по  $^{137}\text{Cs}$  не превышала 1000 Бк, в то время как в опытах 3 и 4 их активность была 1243 и 1678 Бк соответственно. По-видимому, метод автордиографии с использованием сканирования и принятого алгоритма определения диаметров пятен имеет ограничения при наличии очень большого числа “горячих” частиц и  $\gamma$ -активности фильтра площадью  $13 \times 18$  см, превышающей 1000 Бк.

Таблица 4. Сравнение интегральных значений  $\beta$ -активности по измерениям бета-радиометром и “горячим” частицам

Период отбора проб	$\beta$ -активность фильтра $A_\beta$ , Бк	Число “горячих” частиц на снимке	Суммарная $\beta$ -активность “горячих” частиц $A_{\Sigma\beta}$ , Бк	$A_{\Sigma\beta}/A_\beta$
20.08 – 22.08.03	759	577	485	0,64
22.08 – 27.08.03	1852	1306	1848	1,00
27.08 – 29.08.03	2421	2727	4367	1,75
29.09 – 03.09.03	3223	4056	7286	2,27
03.09 – 05.09.03	1169	778	770	0,66
05.09 – 09.09.03	986	506	741	0,75
12.09 – 16.09.03	800	980	510	0,64
16.09 – 19.09.03	502	343	303	0,60
19.09 – 23.09.03	2260	1049	2953	1,31

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

при увеличении времени экспозиции рентгеновской пленки и выборе низкого уровня почернения число отображений радиоактивных частиц возрастает. Это иллюстрирует высокую чувствительность метода радиографии, позволяющей получать изображения частиц не только отвечающих критерию активности  $A \geq (0,1 - 0,2)$  Бк, но и менее активных;

степенная функция (1) хорошо аппроксимирует данные для достаточно активных “горячих” частиц, дающих изображения с диаметрами пятен больше 0,6 мм. При активностях меньше 20 Бк для экспозиции 1 сут, 5 Бк для 4 сут, 3 Бк для 7 сут и 1,5 Бк для 14 сут наблюдается уменьшение диаметров пятен почернения, не соответствующее кривой, постро-

енной согласно соотношению (1) и увеличение разброса экспериментальных точек. В этой части эмпирической зависимости “диаметр пятна – количество распадов” также можно подобрать степенную функцию с другими коэффициентами и показателями степени, но достоверность оценок активности мелких пятен ( $d \leq 0,6$  мм) резко уменьшается;

измерения активности при уровне 170 ед. и экспозиции в течение 7 сут, а также при уровне плотности 160 ед. и экспозиции 14 сут имеют наименьшие ошибки, разница в активности не превосходит 10 % от данных прямых измерений, что позволяет использовать данный метод для диагностических оценок  $\beta$ -активности в воздухе особо загрязненных помещений, на промплощадке объекта «Укрытие» и строительных площадках на территории вокруг объекта «Укрытие».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лавренчик В.Н.* Глобальное выпадение продуктов ядерных взрывов. - М.: Атомиздат, 1965.
2. *Быховский А.В., Зараев О.М.* Горячие аэрозольные частицы при техническом использовании атомной энергии. - М.: Атомиздат, 1974. - 255 с.
3. *Skillern C.* // *Nucleonics.* – 1955. - Vol. 18, No. 12. - P. 54
4. *Малахов С.Г., Маханько К.П.* // *Атомная энергия.* – 1964. - Т. 16, вып. 6. - С. 530.
5. *Сисефский Ж.* Радиоактивные частицы в атмосфере. - М: Госатомиздат, 1963. - С. 210.
6. *Slein B. E.* // *Radiol. Health Data.* - 1965. - Vol. 6, No. 8. - P. 419.
7. *Muh H., Sittkus A.Z.* // *Naturforsch.* – 1962. - Vol.17a. - P. 235.
8. *Научно-технический отчет о ходе выполнения работ по договору № 86 “Мониторинг приземного слоя атмосферы на промплощадке объекта «Укрытие» (заключит.)* – Рук. темы Е. К. Гаргер. – 2002. - Т. 3. - С. 149.
9. *Технический отчет о ходе выполнения работ по договору № 111/03 «Радиационный мониторинг приземного слоя атмосферы объекта “Укрытие” (промежуточ. 2 этап)* - Рук. темы Е. К. Гаргер. – 2003. - С. 199.
10. *Демчук В.В., Мартынюк А.В.* Создание калибровочных кривых для интерпретации радиографических измерений “горячих” частиц из выбросов объекта «Укрытие”: (Отчет НИР по договору P1/2001). - Киев, 2001. - 13 с.
11. *Yoschenko V.I., Kashparov V.A., Protsak V.P., Tsciensch J.* Autoradiographical methods for the assessment of radionuclides in hot particles on filter samples // *Applied Radiation and Isotopes.* - 2002. – Vol. 58. - P. 95 - 102.

Поступила в редакцию 19. 01.05,  
после доработки – 21.03.05.



**4 2 ДО ПИТАННЯ ВИМІРЮВАННЯ  $\beta$ -АКТИВНОСТІ ВЕЛИКОЇ КІЛЬКОСТІ "ГАРЯЧИХ" ЧАСТИНОК ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОРАДІОГРАФІЇ****Є. К. Гаргер, Б. Л. Горковенко, В. К. Шинкаренко**

Проведено порівняння результатів радіографічних вимірювань характеристик "гарячих" частинок із прямими вимірюваннями  $\beta$ -активності як окремих частинок, так і сумарної активності їхнього ансамблю. Показано, що значення активності, отримані при визначенні розмірів плям на оптимальному рівні почорніння й експозиції протягом 7 діб, мають найменші відносні помилки порядку 10 % від значень прямих вимірювань. Це дає змогу використовувати даний метод для діагностичних оцінок загальної  $\beta$ -активності "гарячих" частинок у повітрі локальної зони об'єкта «Укриття», а також концентрацій та функцій розподілу активності частинок за їх розмірами. Відзначено, що метод авторадіографії має обмеження за наявності великої кількості "гарячих" частинок із загальною  $\gamma$ -активністю фрагмента проби понад 1000 Бк.

**4 2 ABOUT MEASUREMENT  $\beta$ -STIVITY OF THE LARGE QUANTITY HOT PARTICLES WITH AUTORADIOGRAPHY.****E. K. Garger, B. L. Gorkovenko, V. K. Shinkarenko**

In the present work it was carried out the comparison radiograph measurements of characteristics of hot particles with  $\beta$ -activity straight measurements of separate particles and the total activity of the particle ensemble. It was shown that activity measurements for the optimal level of darkness and the expose during 7 days have relative errors order of magnitude 10 % from data of straight measurements. This is allowed to use this method for diagnoses estimations of the total  $\beta$ -activity of hot particles in air of the local zone of the object "Shelter" and the numerical concentration and the activity distribution of size particles. It was noted that the autoradiography method has limits for presence very large number hot particles with the  $\gamma$ -activity of the analysed fragment of sample exceeded 1000 Bq.