

МИКРОБНЫЙ ФАКТОР, ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И ОБРАЗОВАНИЕ СУБМИКРОННЫХ ЧАСТИЦ В ОБЪЕКТЕ «УКРЫТИЕ»

В. Б. Рыбалка¹, Г. Ф. Смирнова², Г. И. Петелин¹, И. Н. Канцева³,
В. В. Сербинович², В. А. Краснов¹, В. Е. Хан¹

¹Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

²Институт микробиологии и вирусологии им. Заболотного НАН Украины, Киев

³ГСНПП «Экоцентр» МЧС Украины, Чернобыль

Растворение топливосодержащих материалов в результате жизнедеятельности микроорганизмов приводит к появлению новых соединений радионуклидов с органическим веществом, потенциально более подвижных. На основе полученных экспериментальных данных показана связь биотического фактора с аэрозолями объекта «Укрытие». Показано, что пренебрежение биотическим фактором, возможно, приводит к переоценке радиационной опасности субмикронной топливной составляющей аэрозолей.

Диапазон размеров микроорганизмов изменяется в широких пределах [1]. В среднем линейные размеры бактерий лежат в пределах 0,5 – 3,0 мкм. Описаны мелкие бактерии, принадлежащие к группе микоплазм с диаметром клеток 0,10 - 0,15 мкм. Мельчайшие микоплазменные клетки равны и даже меньше частиц другой группы микроскопических организмов – вирусов.

В образцах объекта "Укрытие" были обнаружены микроорганизмы, которые обладают способностью селективно накапливать ионы цезия. Они принадлежат к роду *Rhodococcus* [2]. Их размеры находятся в пределах $0,2 \times 1,0$ мкм, а споры имеют диаметр, примерно, 0,1 мкм. Как было показано нами ранее [3], способность этих культур накапливать цезий и развитие их в среде, где присутствует много радиоактивного цезия, может приводить к повышению удельной активности культур. При дефиците стабильного цезия накопление радиоактивного может обеспечивать удельную активность клеточного субстрата на уровне облученного ядерного топлива [4]. Попадание спор таких культур в аэрозоли объекта «Укрытие» может создавать впечатление наличия субмикронной фракции облученного ядерного топлива в аэрозолях и может приводить к переоценке опасности радиационного фактора. Таким образом, исследования вещественного состава радиоактивных аэрозолей представляет очень важную и актуальную задачу.

Целью этой работы было отработать методику исследования аэрозольных частиц с использованием импактора, проанализировать частицы, отобранные с использованием импактора и фильтров АФА в объекте «Укрытие», изучить вещественный состав субмикронной фракции аэрозолей.

Материалы и методы

Объектами исследования были аэрозоли объекта «Укрытие», отобранные в байпасе.

В работе использовали 5-каскадный импактор ИБФ МЗ России. Характеристики уровней импактора приведены в табл. 1. Для снижения аэродинамического сопротивления вместо 5-го каскада применяли двойной фильтр АФА РСП-20. Таким образом при скорости прокачки воздуха 70 ± 4 л/с на фильтре АФА собирали фракцию с АМАД <1 мкм.

Использовали электронный микроскоп РЭМ-100У, вакуумный пост ВУП-5, образцы анализировали с использованием метода прямого микроскопирования [5], смывы с поверхности импактора сушили на воздухе, фиксировали в пламени спиртовки по стандартным методикам микробиологических анализов [1, 6]. Отмывку аэрозоля от остатков минерального масла выполняли с использованием центрифуги Suprafuga-22 при 10000 об./мин в течение 5 мин, отбор аликвот суспензий для анализов выполняли пипеточными дозаторами 0,05 - 1,00 см³ Ratiolab.

Таблица 1. Характеристики уровней 5-каскадного импактора

№ каскада (уровня)	Диаметр отверстий, мм	Число отверстий на уровне	Аэродинамический диаметр частиц, мкм
1	18	1	9,4
2	8	4	5,4
3	2,5	24	2,5
4	1,2	24	1,0
5	0,65	24	0,4

Рабочие металлические части части импактора выдерживали в 10 % H_2O_2 , промывали стерильной дистиллированной водой и собирали в стерильных условиях в беспылевых условиях. Перед сборкой поверхности импактора протирали этиловым спиртом-ректификатом, высушивали, пластины каскадов смазывали тонким слоем минерального масла, на металлические подложки под дюзами укладывали тонкую лавсановую пленку, на которую также наносили тонкий слой стерильного минерального масла. Сборку и разборку импактора проводили в стерильных беспылевых условиях в боксе из органического стекла. Для проверки чистоты материалов выполняли контрольный опыт. Вне боксов перемещения образцов для гамма-спектрометрических измерений осуществляли в чашках Петри.

Чашки Петри с образцами устанавливали на ребро под углом. Аэрозольные частицы смывали с пленок толуолом, устанавливая чашки Петри под углом 45°. Суспензию аэрозоля отмывали от остатков масла центрифугированием, сушили на часовом стекле, с использованием двустороннего скотча закрепляли на стеклянной подложке, выполняли вакуумное напыление электропроводящего слоя, проводили электронно-микроскопическое исследование.

Обработка методики исследования аэрозольных частиц с использованием импактора и электронной микроскопии

Применение импакторов позволяет достаточно точно характеризовать свойства аэрозолей, главным образом в помещениях и в отношении производственных аэрозолей [7, 8] или аэрозолей однородного состава (одинаковой вещественной природы), например аэрозолей при производстве цемента, радиоактивных аэрозолей атомных электростанций, аэрозолей сажи при пожаре, аэрозолей автомобильных выхлопов. Но если в составе аэрозолей присутствуют частицы различного происхождения, например частицы облученного ядерного топлива (плотность 10 г/см^3), микробные споры, частицы высушенных гифов плесеней, частицы полисахаридной слизи (плотность $1,0 - 0,6 \text{ г/см}^3$), интерпретация результатов становится затруднительной. Еще более затруднительным будет анализ результатов, когда в аэрозоле радиоактивность распределена неравномерно (например, присутствует незначительное число топливных «горячих» частиц на фоне огромного числа бактериальных спор) или химические свойства радиоактивных частиц сильно различаются от образца к образцу (например, соотношение топливных и топливно-конструкционных частиц в пробе сильно меняется от образца к образцу).

Применение фильтров в анализе аэрозолей методически упрощает процесс отбора пробы, но создает трудности при выполнении анализа аэрозоля, отобранного на фильтр. Анализ фильтра АФА как при прямом выделении аэрозоля на фильтр, так и при использовании в качестве окончательного в импакторе (в нашем случае в качестве 5-го каскада импактора) представляет большую сложность по нескольким причинам: материал фильтра (перхлорвинил) легко электризуется, это предъявляет повышенные требования к качеству напыления электропроводящего слоя при подготовке к электронному микроскопированию; фильтры АФА имеют волокнистую структуру, частицы аэрозоля задерживаются в глубине слоя волокон, прямое микроскопирование позволяет наблюдать только те частицы аэрозоля, которые лежат на поверхности и не закрываются волокнами или частицами уже отобранного

аэрозоля. Из-за этого все частицы невозможно одновременно наблюдать под микроскопом, для получения достоверного результата необходимо выделение частиц аэрозоля из фильтра.

При прямом выделении аэрозоля на фильтр наблюдаемый диапазон размеров частиц, как правило, очень велик – размеры частиц различаются на два - три порядка. Нахождение таких частиц в одном исследуемом препарате затрудняет количественные подсчеты, так как требует очень большого объема исследований (фотографирований) при различных увеличениях, а разделение пробы аэрозоля на фракции после отбора на фильтр представляет собой отдельную трудоемкую проблему, которая удлинит и усложнит анализ.

Наиболее мягким способом выделения аэрозоля с фильтра является его растворение в полярных растворителях (ацетоне, хлороформе и т.п.). При этом необходимо учитывать, что применение растворителей может разрушать клетки микроорганизмов, растворять бактериальные слизи, т.е. служить источником различия между реальной и наблюдаемой картиной.

Пробы обрабатывали ацетоном для растворения и удаления волокнистого материала фильтра. С использованием центрифугирования частицы аэрозоля (твердую фазу) отмывали ацетоном от растворенного материала фильтра. Измеряли активность пробы на гамма-спектрометре. Затем несколько аликвот взвеси пробы отбирались на подложку для определения общей картины осевших на фильтре частиц. Другую часть пробы исследовали использованием микронного рентгеновского анализа, а также с использованием отжига проб в условиях высокого вакуума для удаления органического вещества.

Обсуждение полученных результатов Анализ аэрозолей, обобранных на фильтр АФА

В ходе исследования отобранных аэрозолей обнаружены частицы диоксида урана размером 4 - 10 мкм, субмикронные частицы с матрицей диоксида урана не обнаружены. Основную массу мелких частиц составляют частицы органического происхождения: споры, бактерии и неопределенной формы органические остатки. Вид некоторых частиц, обнаруженных в образцах, представлен на рис. 1 - 4

Минеральные частицы в большинстве своем имеют матрицу, содержащую кальций и в намного меньшем количестве кремний. Отдельные топливосодержащие частицы обнаружены как в виде оксида урана, так и с присутствием локальных включений в матрице из кальция и кремния, размер которых колеблется в пределах 3 - 15 мкм (табл. 2).

Таблица 2. Описание частиц, наблюдаемых при анализах аэрозолей

Размер частиц, мкм	Описание
<1	Бактериальные кокки, споры
1 - 10	Бактерии, споры, остатки органики, минеральные частицы, содержащие кальций и кремний
10 - 100	Остатки органики, минеральные частицы, содержащие кальций и кремний
>100	Остатки органики

Анализ аэрозолей с использованием импактора

Теория улавливания частиц аэрозолей импактором достаточно проработана [9, 10]. Сравнение различных методов расчета характеристик аэрозолей [11] показывает, что такие характеристики аэрозоля, как площадь поверхности его частиц и их объем (масса), определяются главным образом крупными частицами, тогда как мелкие частицы определяют, в основном, концентрацию. Наиболее часто в распределении частиц по размерам ориентируются на подлежащий изучению параметр аэрозоля (концентрация частиц, их площадь поверхности или объем/масса [12]). На практике аэрозоли обычно описываются некоей средней величиной, причем, как правило, игнорируется одна из важнейших качественных характеристик аэрозолей – природа происхождения частиц, вещественный состав аэрозоля.

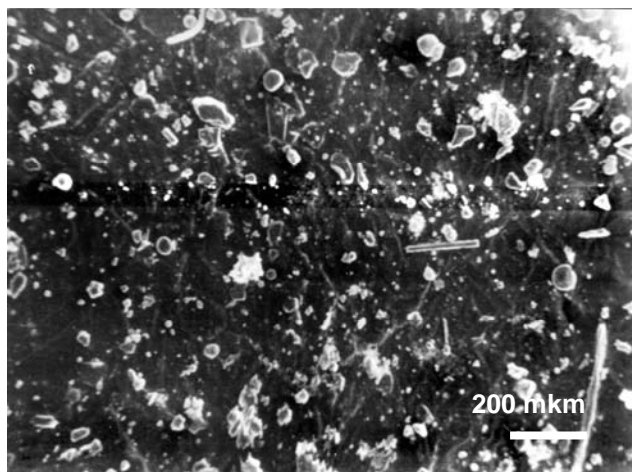


Рис. 1. Частицы аэрозоля, выделенные с фильтра АФА РСП-20.

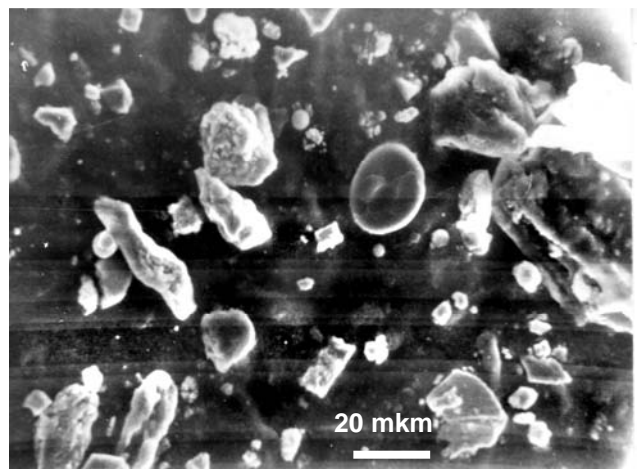


Рис. 2. Частицы аэрозоля, выделенные с фильтра АФА РСП-20.



Рис. 3. Частица оксида урана, обнаруженная на фильтре АФА РСП-20 (отбор пробы аэрозоля на фильтр).

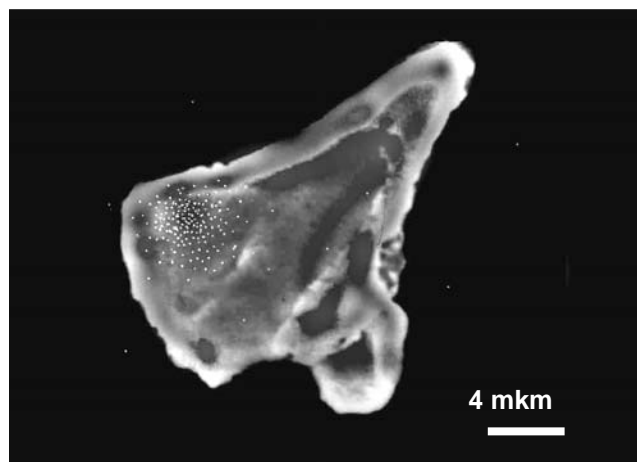


Рис. 4. Топливосодержащая частица. Изображение во вторичных электронах + сканограмма распределения урана (фильтр).

Распределение же частиц одной природы по размерам игнорируется полностью. Такая оценка частиц аэрозолей является очень неточной. Особенно в случаях, когда имеет место неравномерность распределения радиоактивного материала в образце, например при наличии «горячих» частиц облученного ядерного топлива на фоне большой массы нерадиоактивных спор плесеней.

Поскольку основной задачей настоящей работы являлось исследование вещественного состава фракции аэрозолей объекта «Укрытие», были выполнены анализы распределения частиц по диаметрам для уровней 1 - 4 для размеров частиц более 1 мкм. Отдельно выполнен количественный анализ частиц диаметром менее 1 мкм для окончного фильтра АФА РСП-20 (5-го каскада (уровня) импактора – уровня, на котором происходит выделение одних из самых маленьких частиц).

После смывания частиц с 1 – 3-го каскадов проводился контроль поверхности пленки на световом микроскопе МБС-10. Перенос частиц с пленки-подложки на двусторонний скотч приводит к неравномерному распределению частиц в препарате и не позволяет достоверно определить их количество. Поэтому в табл. 1 для 1 – 3-го каскадов указаны только соотношения частиц по размерам для каждого каскада. Контроль промывания 4-го каскада показал, что все частицы локально расположены на пленке под соплами каскада на соответствующих участках диаметром 1,5 мм и удовлетворительно держатся на пленке-подложке. Установлено, что отмывка подложки от минерального масла может выполняться без смыва аэрозоля с подложки, что использовали в дальнейшем.

Для определения количества частиц выполняли электронно-микроскопическое исследование восьми полей зрения в 16 (из 24) точках 4-го уровня (каскада) Результаты определения количества частиц представлены в табл. 4. Наиболее типичные виды аэрозолей представлены на рис. 5 – 8, 11 и 12, а результаты гамма-спектрометрических измерений представлены в табл. 3. Как видно на фотографиях, большое количество частиц представляют собой агрегаты слабо связанных между собой мелких частиц, а субмикронные являются "наездниками" на крупных частицах.

Таблица 3. Результаты анализов уровней (каскадов) импактора*

Номер уровня	Содержание радионуклидов, Бк/образец*
1.	^{137}Cs - 61,7; ^{241}Am - 1,6; ^{154}Eu - 0,42
2	^{137}Cs - 9,2; ^{241}Am < 0,3** ^{154}Eu < 0,4**
3	^{137}Cs - 3,1; ^{241}Am < 0,3 ^{154}Eu < 0,4
4	^{137}Cs - 2,8; ^{241}Am < 0,3 ^{154}Eu < 0,4
5 (Фильтр АФА)	^{137}Cs - 5,0; ^{241}Am < 0,3 ^{154}Eu < 0,4

* Объем воздуха, прошедшего через импактор, 13500 л, скорость прокачки 70 ± 4 л/мин.

** МДА.

По морфологическим признакам аэрозольные частицы делятся на два вида: правильной формы – споры, кокки имеют сферическую или овально-вытянутую форму и легко идентифицируются [1, 2, 6, 13];

остатки микроорганизмов размерами 0,5 – 30,0 мкм;

частицы неопределенной формы, происхождение которых невозможно определить по морфологическим признакам. Часть из них нами идентифицируются как частицы бактериальных полисахаридных слизей, а также частицы, которые могут образовываться при разрушении клеток микроорганизмов при вакуумировании.

Для исследования частиц неопределенной формы применяли микрондовый элементный анализ. На рис. 8 и сканограммах распределения кремния и кальция к нему (рис. 9 и 10) видно, что основная доля этих частиц биологического происхождения. Сравнение рис. 8 - 10 показывает, что в верхнем правом углу имеется частица размером 10 мкм минерального происхождения (предположительно силикат кальция – компонент бетона), такая же частица размером 5 мкм ниже слева, между ними частица размером 1,7 мкм содержит только кальций. Отсутствие или содержание на уровне фона этих элементов в остальных частицах, находящихся на снимке, указывает на их органический состав.

Трудоемкость прямого определения топливосодержащих частиц среди огромной массы частиц, состоящих из органического вещества, требует дальнейшего совершенствования специальных методов подготовки проб.

То, что в состав исследованных проб аэрозолей входит большое число частиц на основе вещества органической природы, подтверждается также следующими наблюдаемыми эффектами:

низкой плотностью вещества, которое наблюдается под микроскопом, объекты наблюдаются как «полупрозрачные»;

деструкцией вещества под действием пучка электронов большой плотности;

отсутствием (низким содержанием) ионов, входящих в состав минеральных компонент (кальция, серы, железа, магния, марганца, алюминия, хлора, урана, циркония, цинка, кремния и др.).

Для получения автордиограмм окончательных фильтров № 1 и № 2 5-го каскада импактора использовали рентгеновскую пленку.

В автордиографические исследования зачастую вносит погрешности процесс хемографии. При этом процессе восстановление ионов серебра в фотослое желатины происходит из-за реакции с веществами-метаболитами, которые продуцируются микроорганизмами при разъедании ими желатины фотослоя или химическими веществами, присутствующими в

образце. Для предотвращения хемографии между исследуемым образцом и фотопленкой укладывали тонкую лавсановую пленку. Фильтры АФА фиксировали на стеклянной подложке двусторонним скотчем, накрывали тонкой лавсановой пленкой, в темноте сверху укладывали медицинскую рентгеновскую пленку (RETINA XBM ISO4090 ТУ У235041111.011-2000), пластмассовую фиксирующую пластину. Полученную сборку зажимали металлическими клипсами, заворачивали в черную фотобумагу. Упаковку укладывали в защитный сейф. После 45 сут экспозиции упаковку разбирали, пленку проявляли, фиксировали, выполняли печать контактным методом. Отсканированные участки автордиограмм фильтров и фоновых участков пленки представлены на рис. 13 - 16.

Таблица 4. Распределение аэрозольных частиц на импакторе

Номер каскада	Размер частиц, мкм.	Процент от общего числа частиц размером >1 мкм*/ Абсолютное количество частиц**
1	30 – 50	15*
	10 – 30	30*
	3 – 10	30*
	1 – 3	25*
2	10 – 30	10*
	5 – 10	40*
	1 – 5	50*
3	5 – 15	22*
	3 – 5	37*
	1-3	41*
4	3 – 5	300000**
	1 – 3	3600000**
	0,1 - 1,0	3800000**

* Относительная погрешность $\pm 5\%$

** Относительная погрешность $\pm 10\%$

Из данных табл. 3 видно, что частицы радиоактивного аэрозоля не полностью улавливаются 1 - 4 каскадами импактора. Результаты гамма-спектрометрических измерений показывают, что фракция аэрозоля на 4-м каскаде импактора имеет почти в два раза меньшую активность, чем фракция, задержанная окончательным фильтром (5-й каскад). Обращает на себя внимание то, что на 4-м каскаде не обнаружены микронные и субмикронные фракции облученного ядерного топлива. Наблюдаемые для импактора кривые распределения частиц по размерам и расчеты показывали, что на 4-й и 5-й уровни могли проникать только частицы ядерного топлива очень маленького, субмикронного, размера. Все топливные частицы большего размера имели достаточно большую массу и инерцию, а также достаточно малые аэродинамические размеры, чтобы избежать удара в стенку импактора. Данные же автордиографии (рис.13 и 15) показывают, что на окончательном фильтре имеется несколько сравнительно активных частиц (частиц с относительно высоким содержанием радионуклида) на фоне большого числа малоактивных частиц.

Как было показано нами ранее, в условиях высокотемпературного отжига в вакууме разрушается и улетучивается органическое вещество пробы. Частички ядерного топлива при этом оставались неизменными [3]. Это явление использовали для поиска субмикронных топливных частиц. Смыв аэрозольных частичек с 4-го каскада наносили на специальную тугоплавкую подложку из тантала, высушивали, напыляли слоем алюминия и фотографировали с использованием электронного микроскопа. Затем подложку помещали в специальный вольфрамовый испаритель и нагревали пропусканием электротока до температуры 1200 – 1100 °С в вакууме при 10 - 5 – 10 - 6 мм рт. ст. в течение 20 мин и после напыления электропроводящего слоя повторно исследовали. Фотографии представлены на рис. 17 и 18.

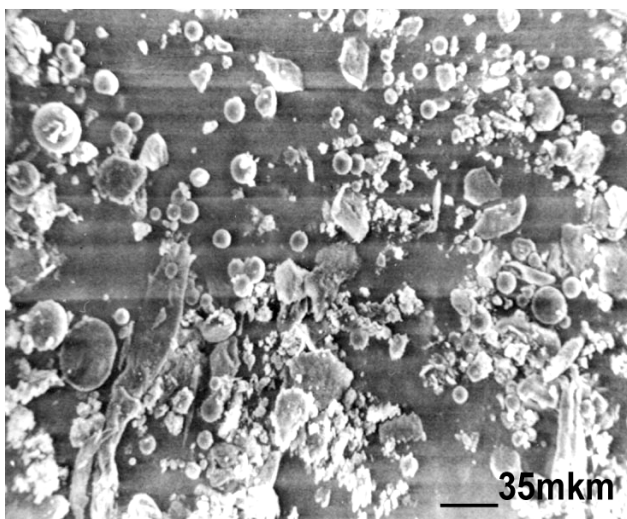


Рис. 5. Вид частиц, смытых с 1-го каскада импактора.

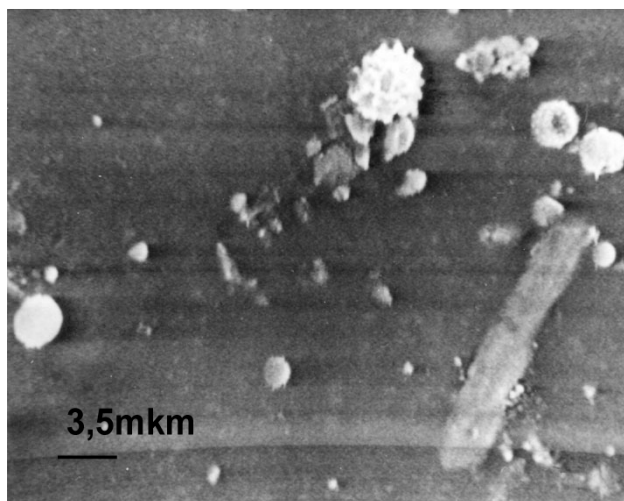


Рис.6. Фрагмент вида поверхности 3-го каскада.

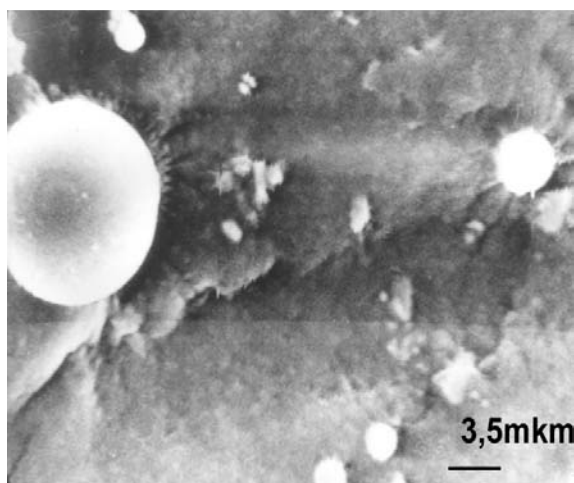


Рис. 7. Вид поверхности 4-го уровня импактора.

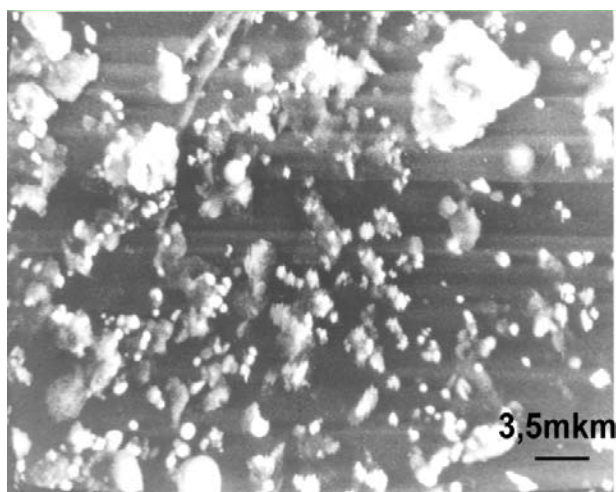


Рис. 8. Поверхность 4-го каскада.

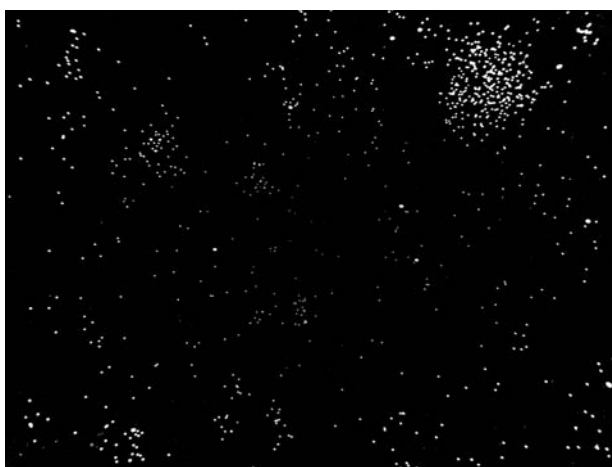


Рис. 9. Сканограмма распределения кремния в образце, представленном на рис. 8.

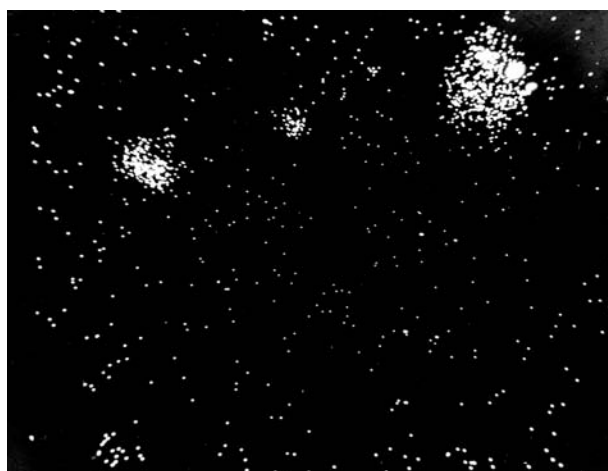


Рис.10. Сканограмма распределения кальция в образце, представленном на рис. 8.

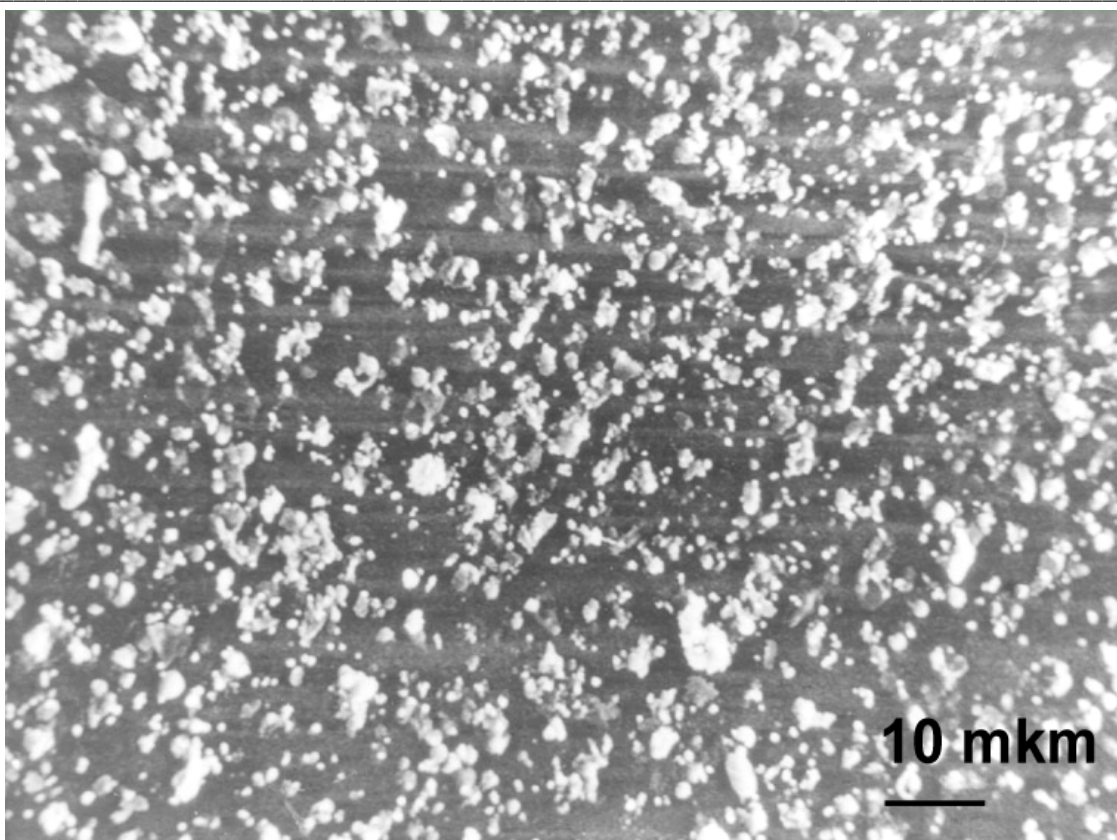


Рис. 11. Фрагмент вида поверхности 4-го каскада импактора.

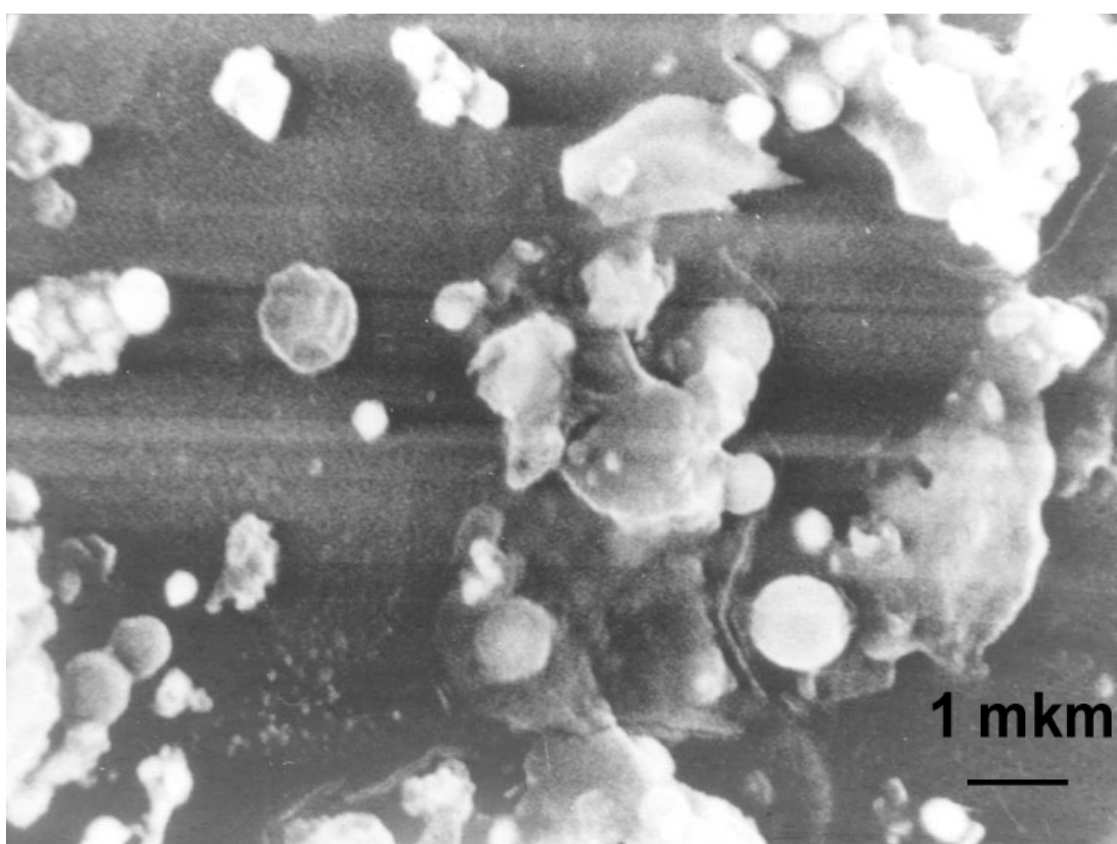


Рис. 12. Фрагмент вида поверхности 4-го каскада импактора.

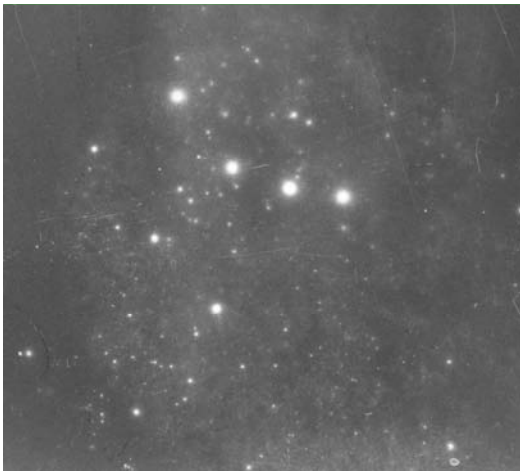


Рис. 13 Фрагмент автордиограммы фильтра АФА импактора (5-й каскад). Увеличение 3х.

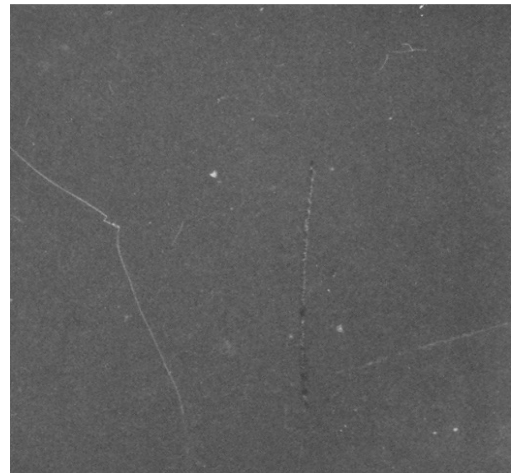


Рис. 14. Фрагмент автордиограммы фонового участка пленки, полученный при проведении автордиографии фильтра АФА импактора (5-й каскад). Увеличение 3х.

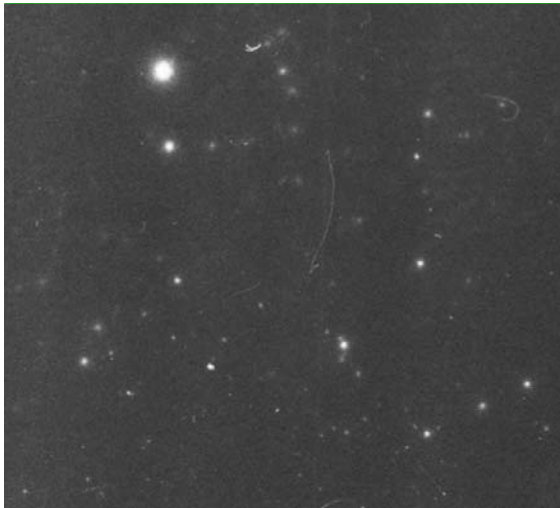


Рис. 15. Фрагмент автордиограммы 2-го фильтра АФА импактора (5-й каскад). Увеличение 3х.



Рис. 16. Фрагмент автордиограммы фонового участка пленки, полученный при проведении автордиографии 2-го фильтра АФА импактора (5-й каскад). Увеличение 3х.

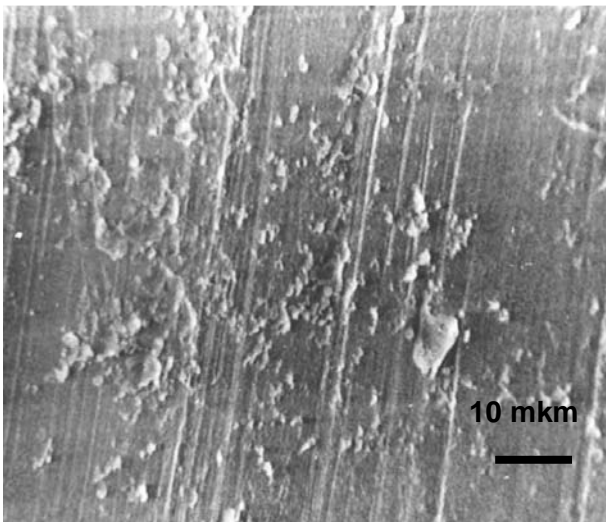


Рис. 17. Вид поверхности танталовой лодочки с частицами аэрозоля до отжига в вакууме.

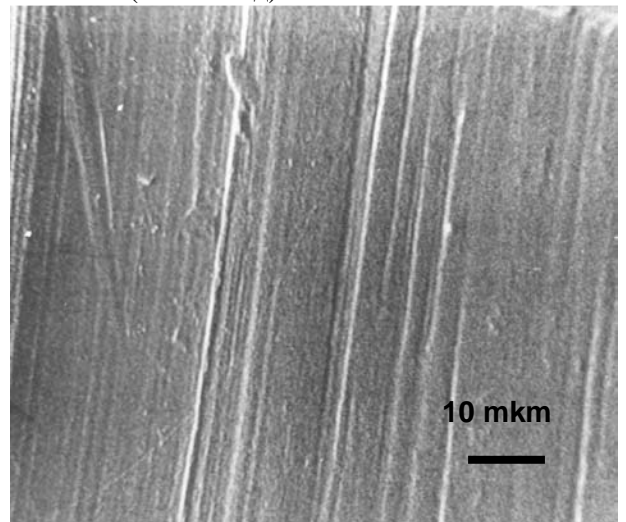


Рис. 18. Вид поверхности танталовой лодочки с частицами аэрозоля после отжига в вакууме.

Как видно из рис. 17 и 18, при нагревании наблюдается практически полное выгорание частиц. Именно так ведет себя органическое вещество. Зольные остатки исследованы на содержание урана. Незначительное количество оставшихся после отжига частиц (см. рис. 6) имеют в составе кальций и кремний. Топливной компоненты урана (оксида урана) в оставшихся частицах не обнаружено.

Наличие в реальных образцах, примерно в 10 - 20 раз более легкой фракции (органического вещества биотического происхождения) обеспечивало в первом приближении выделения на соответствующих уровнях импактора частиц в 10 - 20 раз большего размера, чем те, по которым велась калибровка импактора. Т.е. на уровнях, на которых проходило выделение субмикронных (0,1 - 0,3 мкм) частиц ядерного топлива, проходило выделение частиц органического вещества размером 2 - 6 мкм.

Но реальное наличие органического вещества, клеток микроорганизмов, кокков, спор во внимание не принималось, их свойства аномально накапливать радиоцезий в учет не брались. В результате вся радиоактивность приписывалась облученному ядерному топливу, которое могло находиться, в соответствии с калибровками, на 4 - 5-м уровнях импакторов только в виде частиц субмикронного размера. Факт наличия на 4 - 5-м уровнях импактора радиоактивности приписывали субмикронным размерам облученного ядерного топлива, а общая достаточно большая активность выделенного на каскаде аэрозоля приписывалась большому числу частиц топлива субмикронного размера. Следствием объявлялась повышенная радиационная опасность аэрозолей объекта "Укрытие" [14].

Ранее было показано [3], что многие частицы ядерного топлива прочно обволакиваются органическим веществом биотического происхождения. Это теоретически может объяснить наличие высокоактивных частиц на 4 - 5-х каскадах (см. рис. 15 и 16), когда достаточно большие и массивные (до 1 - 2 - 4 мкм) "горячие" топливные частицы могут попадать на оконечные фильтры 5-го каскада "наездниками" на больших по площади частицах малой плотности, например пленках биослизей.

Выводы

В исследованных образцах аэрозолей объекта «Укрытие» присутствует большое количество частиц, состоящих из органического вещества. Значительное количество этих частиц идентифицируется как клетки микроорганизмов, споры.

Несовершенство методического подхода в области анализа аэрозолей с использованием импакторов может приводить к завышению радиационной опасности аэрозолей объекта "Укрытие". Не принималась во внимание биологическая опасность проникновения в органы дыхания персонала спор патогенных культур, которые развивались в условиях повышенной радиации. Полученные данные показывают актуальность пересмотра методических подходов к анализу аэрозолей на новом уровне, с учетом действия биотического фактора.

Микроорганизмы объекта «Укрытие» являются потенциальным фактором биологической и радиационной опасности и должны быть тщательно исследованы.

Сочетание электронной микроскопии с каскадным импактором, как эффективным средством предварительного разделения аэрозольных частиц на фракции по размерам, позволяет выйти в интерпретации результатов на новый уровень. Дальнейшее совершенствование методического подхода к анализу аэрозолей объекта "Укрытие" является важной и актуальной задачей для адекватной интерпретации данных, получаемых как с использованием импакторов, так и с использованием волоконистых фильтрующих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология. - М.: Изд-во МГУ, 1992 - С. 20 - 22.
2. *Определитель* бактерий Берджи: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита и др. - 9-е изд. - М.: Мир, 1997. - Т.2. - С. 630 - 635.

3. *Краснов А.И., Лагуненко А.С., Огородников Б. И. др.* Изучение физико-химических свойств ядерноопасных делящихся материалов, влияющих на степень ядерной, радиационной и радиоэкологической безопасности объекта «Укрытие» // Проблемы Чернобиля. - 2004. - № 14. - С. 129 - 136.
4. *Изучение* физико-химических свойств ядерноопасных делящихся материалов объекта "Укрытие", влияющих на степень ядерной, радиационной и радиоэкологической безопасности объекта "Укрытие": (Промежуточ. отчет о НИР) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. Руководитель темы Э. М. Пазухин. - Арх. № 3885. - Чернобыль, 2003. - 133 с.
5. *Шиммель Г.* Методика электронной микроскопии. - М.: Мир, 1972. - 300 с.
6. *Гусев М.В., Минеева Л.А.* Микробиология. - 3-е изд. - М.: Изд. МГУ, 1992. - 448 с.
7. *Загрязнение воздуха и легкие* / Под ред. Е. Ахаронсона, А. Бен-Давида, М. Клинберга: Пер. с англ. под ред Ю. И. Москалева. - М.: Мир, 1980. - 275 с.
8. *Радиационная защита в урановых и других рудниках.* Рекомендации МКРЗ, 1977.
9. *Райст П.* Аэрозоли. Введение в теорию. - М.: Мир, 1987. - С. 22 - 32.
10. *Меленевский А.Э.* Экспрессное измерение концентрации и дисперсного состава радиоактивных аэрозолей объекта «Укрытие»// Проблемы Чернобиля. - 2002. - Вип. 11. - С. 102.
11. *Davies C. N.* Air filtration. - Academic press. London-New YorkPublishers, 1973. - P. 112 - 178.
12. *Dorrian M.D., Bailey M.R.* Particle size Distribution of Radioactive Aerosols Measured in Workplaces// Radiat. Prot. Dosimetry.-1995. - Vol. 60, No. 2. - P. 119 - 134.
13. *Шлегель Г.* Общая микробиология. - М.: Мир, 1987. - 567 с.
14. *Бондаренко О.А. Арясов П.Б., Мельничук Д.В. и др.* Субмикронные аэрозоли объекта «Укрытие» // Проблемы Чернобиля. – 2002. - Вип.10, ч. II. - С. 140 - 153.

Поступила в редакцию 09.03.05,
после доработки - 13.05.05.

45 МІКРОБНИЙ ФАКТОР, ПАЛИВОВМІСНІ МАТЕРІАЛИ ТА УТВОРЕННЯ СУБМІКРОНИХ ЧАСТИНОК В ОБ'ЄКТІ «УКРИТТЯ»

**В. Б. Рыбалка, Г. Ф. Смирнова, Г. И. Петелин, И. М. Канцева,
В. В. Сербинович, В. О. Краснов, В. С. Хан**

Розчинення паливовмісних матеріалів у результаті життєдіяльності мікроорганізмів призводить до появи нових сполук радіонуклідів з органічною речовиною, потенційно більш рухливих. На основі отриманих експериментальних даних показано зв'язок біотичного фактора з аерозолями об'єкта «Укриття». Показано, що нехтування біотичним фактором, можливо, призводить до переоцінки радіаційної небезпеки субмікронної паливної складової аерозолів.

45 THE MICROBIC FACTOR, FUEL-CONTAINING MATERIALS AND SUBMICRONIC PARTICLES FORMATION IN OBJECT "UKRYTTYA"

**V. B. Rybalka, G. F. Smirnova, G. I. Petelin, I. N. Kantseva, V. V. Serbinovich,
V. A. Krasnov, V. E. Khan**

Dissolution of fuel-containing materials as a result of ability to live of microorganisms, results in occurrence of new bindings radionuclides - with organic substance, potentially, more mobile. On the basis of the received experimental data the biotic factor connection with aerosols of object "Ukryttya " is shown. It is shown, that the biotic factor neglect probably results in reassessment of radiating danger of a submicronic fuel-containing component of aerosols.

Сведения об авторах.	
Рыбалка Валерий Борисович	К.х.н., доцент, завсектором радиологии ОЯРБ, Институт проблем безопасности АЭС НАНУ, Чернобыль, 8-0501450791.
Смирнова Галина Федоровна	К.б.н., ст.н.с., Институт микробиологии и вирусологии имени Заболотного НАНУ, Киев
Петелин Георгий Иванович	Ведущий инженер, Институт проблем безопасности АЭС НАНУ, Чернобыль
Канцева Ирина Николаевна	Ведущий инженер, Государственное научно-производственно предприятие «Чернобыльский радиоэкологический центр» МЧС Украины, Чернобыль
Сербинович Валентина Васильевна	К.х.н., Институт микробиологии и вирусологии имени Заболотного НАНУ, Киев
Краснов Виктор Александрович	Руководитель ОЯРБ, Институт проблем безопасности АЭС НАНУ, Чернобыль, 8-04493-5-1901. ojarbkva@slavutich.kiev.ua
Хан Валерий Ен-Ильевич	К.х.н., завсектром физико-химических исследований ОЯРБ, Институт проблем безопасности АЭС НАНУ, Чернобыль.