

Ещё одним возможным применением способа является нанесение барьерных слоёв на поверхность подложки. Обычно барьерные слои наносят для предотвращения или ослабления взаимодействия покрытия с подложкой во время его эксплуатации. Однако, при нанесении таких слоёв известными способами они, как правило, плохо сцепляются с поверхностью подложки. Предлагаемый способ позволяет значительно улучшить адгезию и получить на подложке равномерные барьерные слои толщиной 10 – 30 мкм.

Важным преимуществом способа является то, что в качестве наносимых слоёв можно использовать всевозможные сочетания фольг из различных материалов, а также порошковые композиции, наносимые на несущие тонкие плёнки.

Выводы. Дистанционной наплавкой с помощью широкоапертурного импульсного электронного пучка можно наносить на поверхность изделий слои самого разнообраз-

ного состава при хорошем сцеплении с подложкой. Сочетание высоких температур и давлений с регулируемой быстротой закали создаёт новые возможности для осуществления химических реакций с большой энергией активации непосредственно в процессе нанесения покрытия.

Библиографический список

1. Скринский А.Н. и др. Высокопроизводительная наплавка и оплавление порошковых покрытий пучком релятивистских электронов // ДАН, 1985. – Т.283. – № 4. – С. 865-869.
2. Шеремет В.И., Уваров В.Т., Ткач Ю.В., Пашченко А.В. Способ нанесения покрытий на подложку.-1989.
3. Ефимов Ю.В. и др. Сверхбыстрое охлаждение металлических расплавов при высоком внешнем давлении // Физика и химия обработки материалов, 1988. – №6, С. 97-101.
4. Ткач Ю.В., Уваров В.Т., Гадецкий Н.П. и др. Получение сильноточных пучков микросекундной длительности с высоким к.п.д. // Препринт ХФТИ 84-30. – г. Харьков, 1984.

DISTANT MELTING OF MATERIALS ON ARTICLES SURFACES BY IMPULS HIGH CURRENT ELECTRONS BEAM

*V.V. Pashchenko, A.G. Ponomarjov, V.V. Slezov, V.T.Uvarov,
V.I. Sheremet, B.M. Shyrokov
(Ukraine, Kharkiv, NSC KhIPhT)*

The method of coating application allowing to combine high temperature chemical synthesis with superspeedy cooling at large pressures in which electron beam accelerates melted layer in the direction towards cool surface is described. The conditions under which uniform melting up of materials on surface is possible are considered.

УДК 621.039

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЦ, ЭКСТРАГИРОВАННЫХ НА ПЛЕНОЧНЫЕ ПЫЛЕПОДАВИТЕЛИ И МАЗКИ ОБЪЕКТА "УКРЫТИЕ"

*О.В. Бородин, В.В. Брык, И.М. Неклюдов
г. Харьков, ИФТТМТ НИЦ ХФТИ*

В работе изложены результаты электронно-микроскопических и рентгено-спектрометрических исследований образцов проб, полученных из внутренних помещений объекта "Укрытие" (ОУ).

Введение. В результате аварии 1986 г. на 4 блоке ЧАЭС произошел выброс радиоактивных веществ, которые различными путями попали в производственные помещения. В настоящее время внутри Объекта "Укрытие" (ОУ) бетонные стены и металли-

ческие поверхности загрязнены радиоактивными веществами.

Для проведения мероприятий по стабилизации ОУ необходимо выяснить степень загрязнения адгезированными частицами радиоактивного вещества бетонных и ме-

таллических поверхностей в помещениях ОУ.

Мелкодиспергированное топливо ("горячие микрочастицы") размерами 0,1... 100 мкм обнаруживаются практически во всех помещениях объекта "Укрытие" (ОУ), как в ближней, так и в дальней зоне [1]. Микрочастицы обладают высокой удельной активностью, и их излучение определяет радиационную обстановку в помещениях ОУ. Кроме того, они подвижны и могут переноситься по помещениям ОУ и выноситься за его пределы, загрязняя при этом промплощадку. Существует большое количество типов горячих частиц, элементный, структурный и радионуклидный составы которых недостаточно изучены. Поэтому исследовательские работы по определению элементного, радионуклидного составов и по структурному анализу "горячих микрочастиц" ОУ представляет научный и практический интерес. Как отмечалось в работе [2], всестороннее исследование форм выброшенного топлива важно по многим причинам. Во-первых, топливная матрица является носителем многих долгоживущих радионуклидов, представляющих значительную радиационную опасность. Во-вторых, изучение частиц топлива может дать уникальную информацию о процессах в аварийном реакторе. В-третьих, получить возможность оценки происходящих со временем изменений внутри ОУ.

Для устранения переноса горячих частиц по помещениям ОУ и выноса их за его пределы используются пленочные полимерные пылеподаватели, которые через некоторое время могут быть удалены с загрязненных поверхностей, унося на себе ту или иную часть высокоактивных частиц. Ясно, что после утилизации загрязненных пленок общая радиационная обстановка на ОУ должна стабилизироваться. С этой точки зрения, важно знать, какие частицы и сколько их уносятся пленками-пылеподавателями различной природы.

В работе приводятся некоторые результаты по исследованию частиц, удаленных тремя видами пылеподавателей с бетонных и металлических поверхностей, в том числе и частиц диспергированного отработанного топлива.

Исследуемые материалы и методика. Структурные и рентгеноспектральные исследования проводились на пленках Аларадекон, Селан-3, Акрил, мокрых и сухих мазках, взятых из помещения 602/2 (отметка +24,0, ось 51, ряд Е-2М) с использованием аналитического электронного микроскопа, оснащенного сканирующей приставкой и рентгеноспектральным энергодисперсионным Si-Li детектором.



Рис. 1. Структура поверхности пленки Аларадекон с экстрагированными со стены ОУ частицами (яркие частицы – частицы топлива).

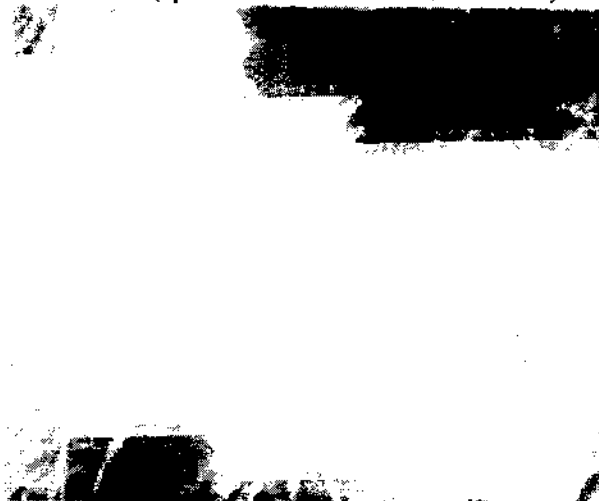


Рис. 2. Структура поверхности пробы (сухой мазок на тканевую основу), снятой с бетонной поверхности в помещении 602/2 ОУ.

ЭМ объекты из пленок и "мазков" готовились в три этапа. Вырезанные из пленки и ткани образцы 5 × 10 мм наклеивались проводящим клеем на углеродный объектодержатель (рис. 1, 2). Затем образец высушивался и обезвоживался. На заключительном этапе образец покрывался тонким слоем

аморфного углерода (10... 20 нм) для удаления накапливающегося в процессе электронно-микроскопического исследования заряда от электронного пучка. Удаление объемного заряда необходимо для исключения электростатического пробоя в непроводящих материалах с целью получения качественного изображения при электронном сканировании.

Результаты исследований. Установлено, что без надрывов, как сплошная пленка, отделяется как от металлической, так и от бетонной поверхности пленка Аларадекон. Ее свойства мало изменяются даже по прошествии двух месяцев с момента нанесения. Другие исследованные пленки хоть и были армированы марлевыми волокнами, имели множество надрывов и несплошностей. Хуже всего по этим качествам оказались пылеподавляющие покрытия из акрила. Очевидно, по этой причине на пленке Аларадекон обнаружено наибольшее число различных частиц, удаленных как с металлических, так с бетонных поверхностей. Общий вид пленок с захваченными ею фрагментами загрязнения приведены на рис. 1, 3, 4, 5.

Во всех взятых пробах основная часть обнаруженных частиц представляет собой пылевидные частицы бетона и песка, содержащие окислы Al, Si, Ca, K в различных пропорциях – мелкодисперсные частицы полевых шпатов, кварца и т.п. (рис. 3, 4, 5а).

Частицы, содержащие уран, обнаружены только на аларадеконовых пленках. Распределение этих частиц по размерам представлено на рис. 2. Их размер колеблется от 1 до 20 мкм. Концентрация сильно меняется от места к месту и составляет $\sim 5 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^3 \text{ см}^{-2}$.

Выявлено два основных вида частиц: имеющие резкие границы (рис. 6), что дает основание полагать об их возникновении в процессе разрушения объекта больших размеров, и частицы с оплавленными краями (рис. 7). На поверхности обоих типов частиц наблюдаются открытые поры размером от 0,2 до 0,3 мкм. Размер отдельных пор достигает 1 мкм. Перечисленные выше признаки дают основание полагать, что это мельчайшие осколки топлива – диоксида урана, проработавшего определенное время в реакторе.

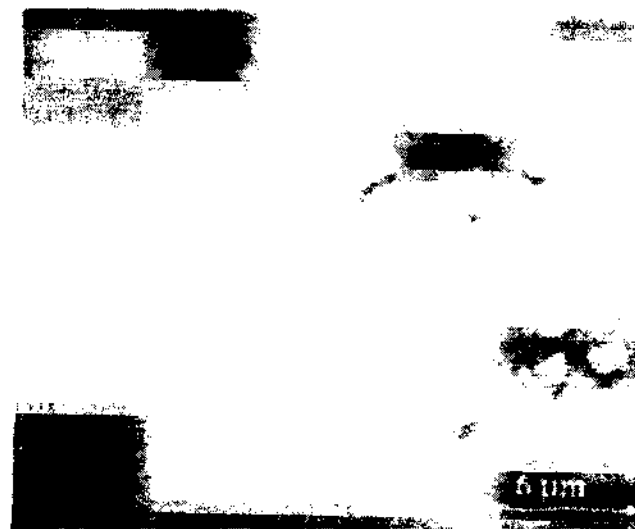


Рис. 3а. Экстрагированные на пленку Селан-3 частицы различного размера и морфологии: А – частица с большим содержанием Ва; В, С – алюмосиликаты.

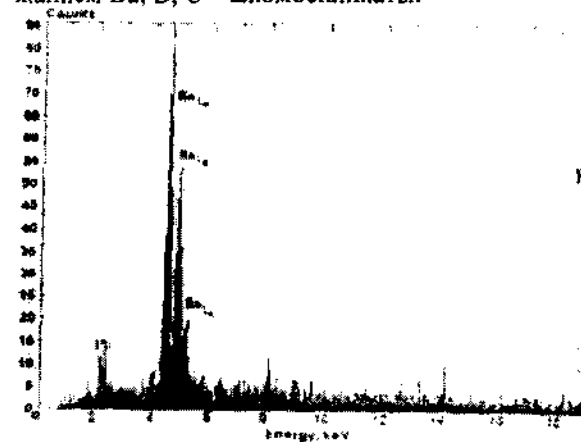
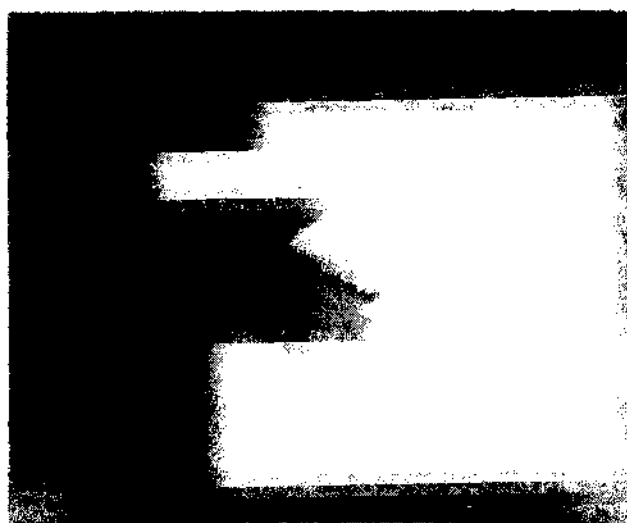


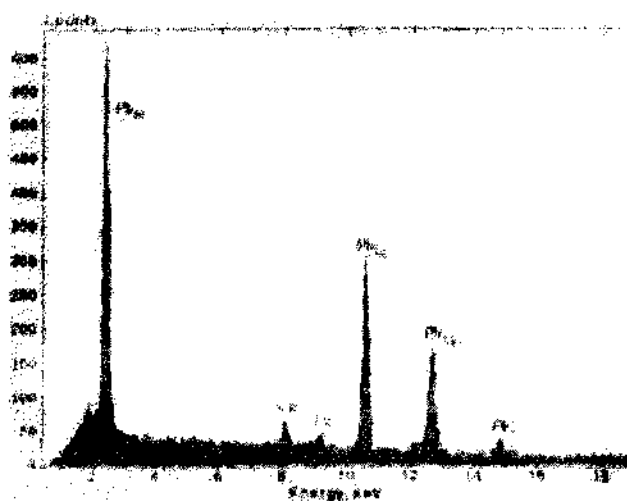
Рис. 3б. Рентгеновский спектр от частицы А (рис. 3 а).



Рис. 4. Изображение пленки Селан-3, снятой с металлической поверхности в помещении 602/2 ОУ.



а)



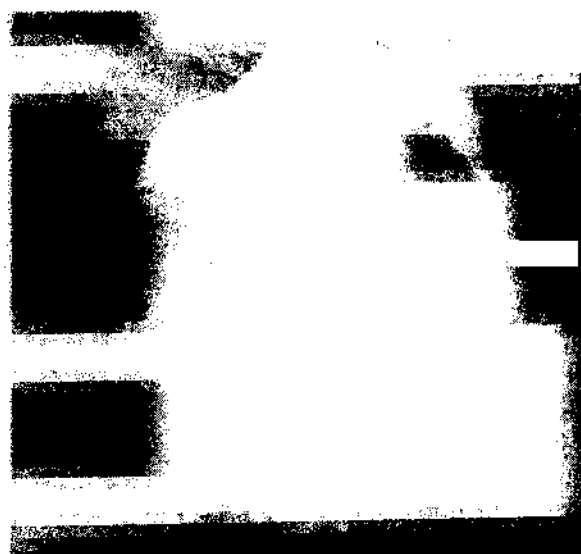
б)

Рис. 5. Экстрагированная частица свинца(а) и рентгеновский спектр от нее(б).

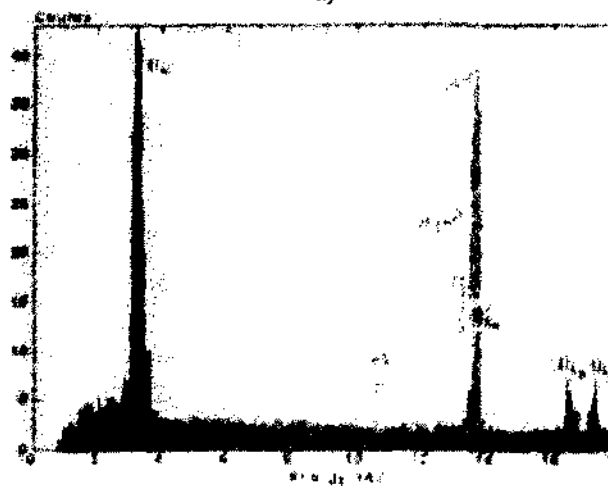
На всех пленках разных типов обнаружено еще два вида частиц, состоящих преимущественно из тяжелых элементов Ва и Рб (рис. 3, 5). В составе Ва частиц зафиксировано присутствие Cs и Sr.

Обсуждение. Наблюдаемые нами горячие частицы облученного топлива совпадают по размеру и близки к распределению по размерам к частицам, извлеченным из воздушных фильтров в октябре-ноябре 1988г. [2]. В обоих случаях наблюдались горячие частицы размером до 20 мкм. Средний же размер в нашем случае в 2 раза больше и составляет 9 мкм против 5 мкм (рис.8).

В состав некоторых частиц входит силикатная примесь в концентрации до 10% и железо (рис. 7 б). Часть частиц не содержала посторонних примесей, что, очевидно,



а)

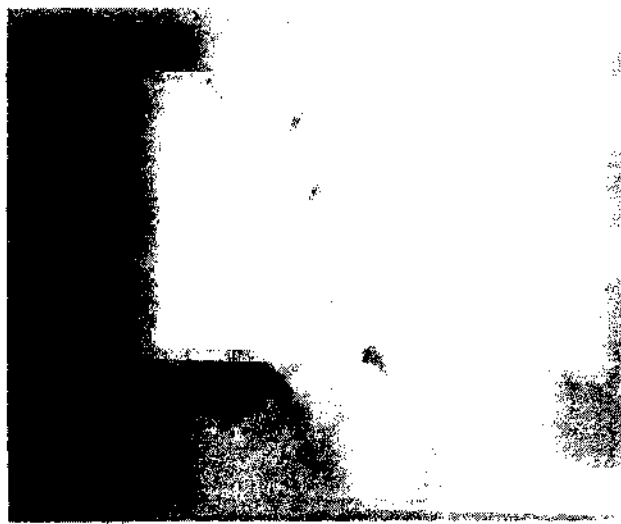


б)

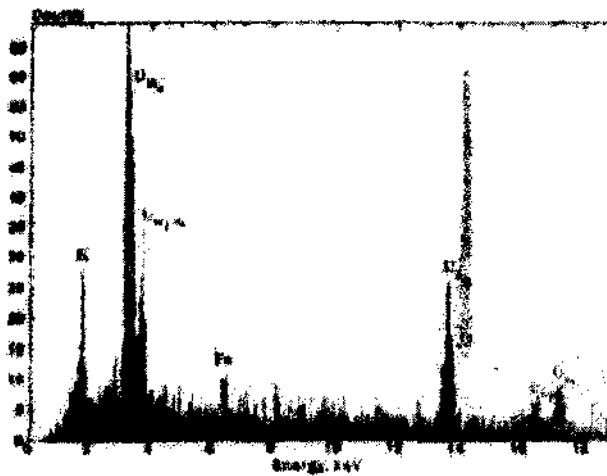
Рис. 6. Экстрагированная на пленку Аларадекон частица топлива: (а) и рентгеновский спектр от нее (б).

свидетельствует о различной истории их эволюции после взрыва (рис. 6а). Та часть частиц, которая не содержала примесей кремния, была рассеяна в холодном виде. Об этом свидетельствует и размер пор в таких частицах. Поры по размеру не превышают 1 мкм и характерны для отработанного топлива в нормальных условиях, без перегрева. Аномально больших пор до 10 мкм, появляющихся в перегретом топливе, в таких частицах не наблюдалось.

Таким образом, форма наблюдаемых топливных частиц, размер пористости и отсутствие в их составе силикатов свидетельствуют о низкотемпературном характере разрушения и аэрозолировании части топлива в момент взрыва. На основании этого



а)



б)

Рис. 7. Экстрагированная на пленку Аларадекон урановая частица с примесью Si (а) и рентгеновский спектр от нее (б).

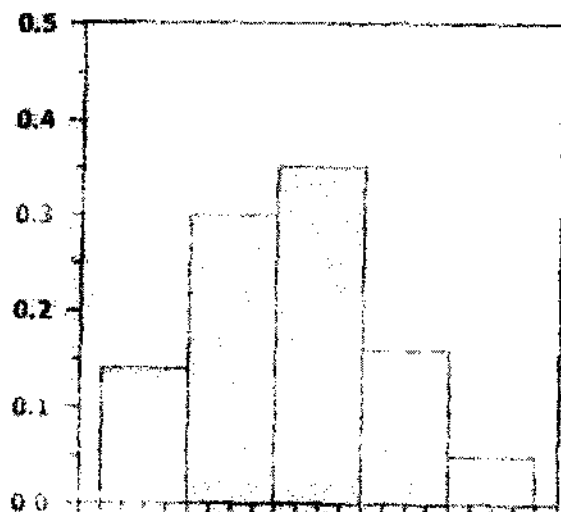


Рис. 8. Распределение топливных частиц по размерам.

авторы считают, что топливо рассыпалось на частицы размером несколько микрометров при относительно низкой температуре, а затем вследствие ухудшения теплосъема началось плавление конструктивных материалов реактора и материалов засыпки.

Учитывая размер и концентрацию экстрагированных урановых частиц на поверхности пленки, нетрудно оценить общее количество топлива, находящегося на исследуемой поверхности. Эта величина оказывается не меньше 1 г/м^2 .

Размер топливных частиц, обнаруженных на стенах помещения 602/2, свидетельствует о том, что эти частицы относятся к мелкодисперсной фракции до 20 мкм из наблюдаемого спектра частиц топлива обнаруженных внутри и вокруг ОУ [2]. По размеру эти частицы совпадают с частицами, извлеченными из воздушных фильтров. Это свидетельствует о том, что после распыления топлива в результате взрыва крупные частицы выпали из воздушно-пылевой смеси непосредственно вокруг станции, а более мелкие образовали воздушно-аэрозольную смесь и, находясь во взвешенном состоянии, вместе с воздушными массами распространились на большие расстояния и в труднодоступные места. Тем самым загрязнили внутренние помещения ОУ и окружающую среду далеко вокруг реактора.

Что касается наличия на поверхностях ОУ частиц Pb, то они попали туда в результате аэрозолирования засыпанного в горящий реактор свинца.

Обнаруженные в значительном количестве частицы Ba образовались, вероятно, в процессе миграции и конгломерации радиоактивного (короткоживущего) Cs и его распада до Ba.

Выводы. 1. Установлено, что без надрывов, как сплошная, отделяется пленка Аларадекон. Ее свойства мало изменяются даже по прошествии двух месяцев с момента нанесения. Пленки Селан-3 и Акрил, несмотря на армирование их марлевыми волокнами, имели множество надрывов и несплошностей. Хуже всего по этим качествам оказались пылеподавляющие покрытия из акрила. По этой причине на пленке Аларадекон обнаружено наибольшее число и наибольшая разновидность частиц, удален-

ных как с металлических, так и с бетонных поверхностей.

2. Среди частиц экстрагированных с поверхностей помещения 602/2 (отметка +24,0, ось 51, ряд Е-2М) пылеподавляющей пленкой Аларадекон обнаружены горячие частицы облученного топлива. Топливные частицы имеют как острые ломаные, так и оплавленные края и представляют собой мелкодисперсные обломки штатного облученного топлива. Их размер лежит в пределах от 1 до 20 мкм. Концентрация сильно меняется от места к месту и составляет $\sim 5 \cdot 10^{-2} \dots 5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-2}$. Оценочная концентрация облученного топлива на стенах помещения 602/2 1 составляет 1 г/м^{-2} .

3. Обнаружены мелкодисперсные частицы Рb. Их наличие на поверхностях ОУ связано, по-видимому, с аэрозолированием засыпавшегося в горящий реактор свинца.

4. Обнаруженные в значительном количестве частицы Ва образовались, вероятно, в процессе миграции и конгломерации радиоактивную Cs и его распада до стабильного изотопа Ва.

5. Форма наблюдаемых топливных частиц, размер пористости и отсутствие в их составе силикатов свидетельствуют о низкотемпературном характере разрушения и аэрозолировании части топлива в момент

взрыва. На основании этого авторы разделяют складывающееся мнение о том, что топливо рассыпалось на частицы размером несколько микрометров при относительно низкой температуре, а затем вследствие ухудшения теплосъема началось плавление конструкционных материалов реактора и материалов засыпки.

6. Во всех взятых пробах основная часть обнаруженных частиц – пылевидные частицы бетона и песка, содержащие окислы Al, Si, Ca, K в различных пропорциях и представляющие собой мелкодисперсные частицы полевых шпатов, кварца и т.п.

Работа проводилась в рамках программы сотрудничества с Международным Чернобыльским центром (МЧЦ) по определению уровня радиоактивного загрязнения сооружений и оборудования на ОУ.

Библиографический список

1. Ключников А.А. Результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых в Объекте «Укрытие» в обеспечение его стабилизации // Чернобыль, 1996.–21с.–(Препр. НАН Украины. Межотрасл. Науч.-тех. Центр «Укрытие»).

2. Богатов С.А., Боровой А.А., Дубасов Ю.В., Ломоносов В.В. Форма и характеристики частиц топливного выброса при аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия.–1990.–Т.69.– Вып.1.– С.36-40.