

**В. К. Шинкаренко, В. А. Кашпур, Г. Г. Скоряк, А. К. Калиновский**

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина*

## **ОЦЕНКА АЭРОЗОЛЬНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПРОМПЛОЩАДКЕ ЧАЭС ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ НОВОГО БЕЗОПАСНОГО КОНФАЙНМЕНТА**

Исследована кинетика загрязнения приземного слоя атмосферы в ближней зоне объекта «Укрытие» во время проведения работ по строительству нового безопасного конфайнмента. Продемонстрировано влияние метеорологических условий, вида и места проведения работ на объемную активность  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе. Показано, что отсутствие в точках отбора проб превышений допустимых концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе за время наблюдений не гарантирует отсутствия таких превышений в местах проведения работ и по пути распространения факела локального выброса. Консервативная оценка объемной активности изотопов плутония, выполненная в предположении топливного состава горячих частиц, показала, что вероятность локальных и кратковременных превышений допустимых концентраций изотопов плутония в 30 раз превышает вероятность таких превышений для  $^{137}\text{Cs}$ .

*Ключевые слова:* объект «Укрытие», строительство нового безопасного конфайнмента, объемная активность воздуха, автораддиография, кинетика растворения в легочной жидкости.

### **Введение**

Как известно, строительство объекта «Укрытие» полностью не ликвидировало проблему выбросов радиоактивных материалов в окружающую среду [1 - 3]. Строительство нового безопасного конфайнмента (НБК) – один из основных этапов по преобразованию 4-го энергоблока ЧАЭС в экологически безопасную систему и обеспечению безопасности персонала, населения и окружающей среды [4]. Тем не менее, в ходе строительства во время выполнения комплекса работ на промышленной площадке и на прилегающей к объекту «Укрытие» территории происходит распыление ранее накопленных радиоактивных материалов с образованием радиоактивных аэрозолей. Наличие таких антропогенных источников радиоактивного аэрозоля переменной интенсивности и длительности в сочетании с изменчивостью метеоусловий могут существенным образом влиять на радиоаэрозольную ситуацию вблизи объекта «Укрытие».

Ингаляционное поступление радионуклидов в организм является одним из основных факторов радиационного воздействия на персонал, работающий на строительной площадке и в локальной зоне объекта «Укрытие». Согласно опубликованным данным ИПБ АЭС [1 - 3], средние уровни аэрозольного загрязнения в ближней зоне ЧАЭС не превышают допустимых пределов ( $80 \text{ Бк/м}^3$  для  $^{137}\text{Cs}$  [5]), однако их пиковые уровни во время выполнения некоторых видов работ могут выходить за эти пределы. В качестве примера можно привести ситуацию, возникшую при обвале крыши машинного зала в феврале 2013 г., когда образовавшееся аэрозольное облако прошло по территории, на которой велись работы по сооружению НБК. Это привело к превышению допустимых уровней объемной активности радиоактивного аэрозоля ( $120 - 330 \text{ Бк/м}^3$  по  $^{137}\text{Cs}$  и  $\approx 170 - 500 \text{ Бк/м}^3$  по суммарной бета-активности согласно оценке, приведенной в [6]), что и послужило, по-видимому, причиной эвакуации находящегося на стройплощадке персонала французских специалистов.

Целью данной работы является изучения влияния отдельных видов строительных работ при сооружении НБК и метеорологических условий во время их проведения на образование и распространение радиоактивных аэрозолей в ближней зоне объекта «Укрытие».

### **Материалы и методика эксперимента**

По программе контроля радиационного загрязнения приземного слоя атмосферы вблизи объекта «Укрытие» в непрерывном режиме работали три фильтровентиляционные установки (ФВУ): ФВУ-1 «Wentmeca», расположенная с восточной стороны СП-1430 примерно в 500 м от юго-западного угла машинного зала, ФВУ-2 «Тайфун», находящаяся на удалении 1,4 км, возле административного корпуса (АК) объекта «Укрытие» и ФВУ-3 «Град-1.8», размещенная непосредственно возле южной стены машинного зала. Во время проведения работ по демонтажу вытяжной трубы ВТ-2 была запущена дополнительная ФВУ-4 – «Град-1.0», расположенная с северной стороны 4-го блока

© В. К. Шинкаренко, В. А. Кашпур, Г. Г. Скоряк, А. К. Калиновский, 2016

(рис. 1). Технические характеристики ФВУ приведены в табл. 1, материал фильтров ФВУ – ткань Петрянова ФПП-15-1.5, периодичность смены фильтров 7 сут.

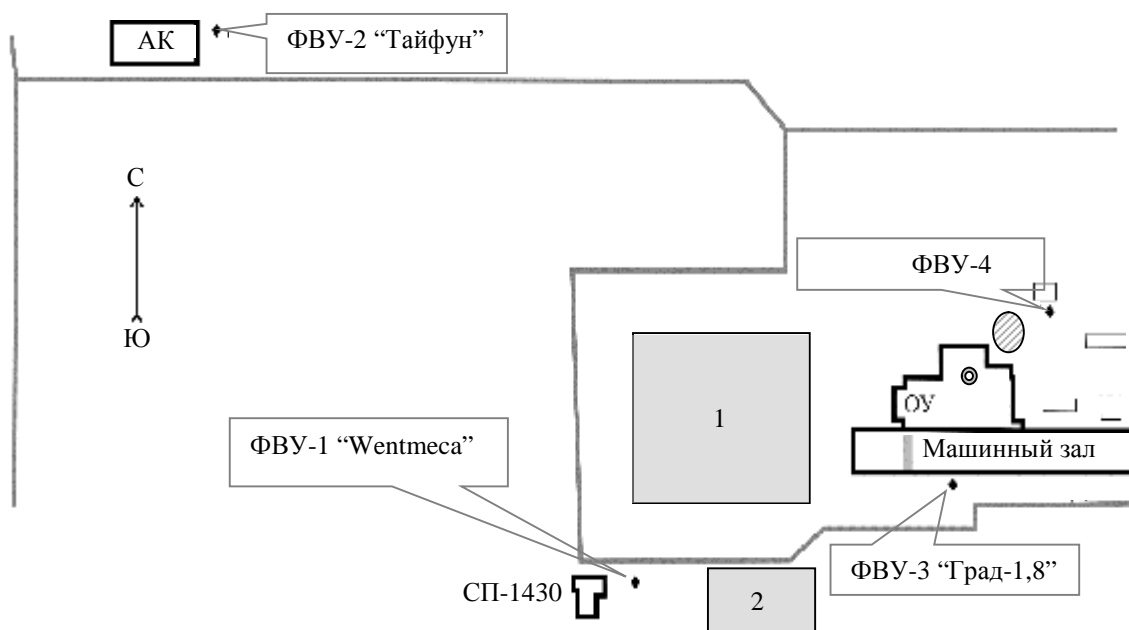


Рис. 1. Схема расположения ФВУ в ближней зоне объекта «Укрытие»:

■ - основная (1) и вспомогательная (2) промышленные площадки; ▭ - место обвала фрагмента крыши; ⊙ - территория складирования и фрагментации секций трубы ВТ-2; ⊙ - труба ВТ-2.

Таблица 1. Основные технические характеристики ФВУ

Характеристики ФВУ	ФВУ-1 «Wentmeca»	ФВУ-2 «Тайфун»	ФВУ-3 «Град-1,8»	ФВУ-4 «Град-1,0»
Высота отбора, м	1,0	2,5	1,8	1,0
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	300	4500	450	450
Площадь фильтра, м <sup>2</sup>	0,36	0,78	0,56	0,56

При обсуждении погодных условий использованы данные мини-метеостанции ИПБ АЭС НАН Украины CR-10, расположенной на крыше административного корпуса. Основные метеорологические параметры (направление и скорость ветра, температура, влажность воздуха, осадки) усреднялись и запоминались по 10-минутным интервалам. Розы ветров для периодов экспозиции некоторых фильтров приведены на рис. 2.

Измерения гамма-активности <sup>137</sup>Cs экспонированных воздушных фильтров проводили с помощью полупроводникового спектрометра фирмы ORTEC.

Кинетику растворения горячих аэрозольных частиц в имитаторе легочной жидкости Gamble исследовали по методике, описанной в [7 - 9], состав имитатора Gamble приведен там же.

Получение автордиограмм горячих частиц, построение калибровочной кривой и вычисление активности горячих частиц по параметрам их радиографических пятен проводили по методикам, описанным в [7,10].

## Результаты и их обсуждение

Динамика удельной активности воздуха в приземном слое атмосферы вблизи объекта «Укрытие» представлена на рис. 3. На этом рисунке можно отчетливо выделить несколько периодов с повышенной удельной активностью <sup>137</sup>Cs в воздухе. Сопоставление данных по удельной активности в точках расположения ФВУ, метеорологических данных, видов и мест расположения проводимых работ позволяют соотнести наблюдаемые пики с указанными факторами. Кратко остановимся на описании соответствующих периодов времени и наблюдаемых пиков, обозначенных на рис. 3 цифрами.

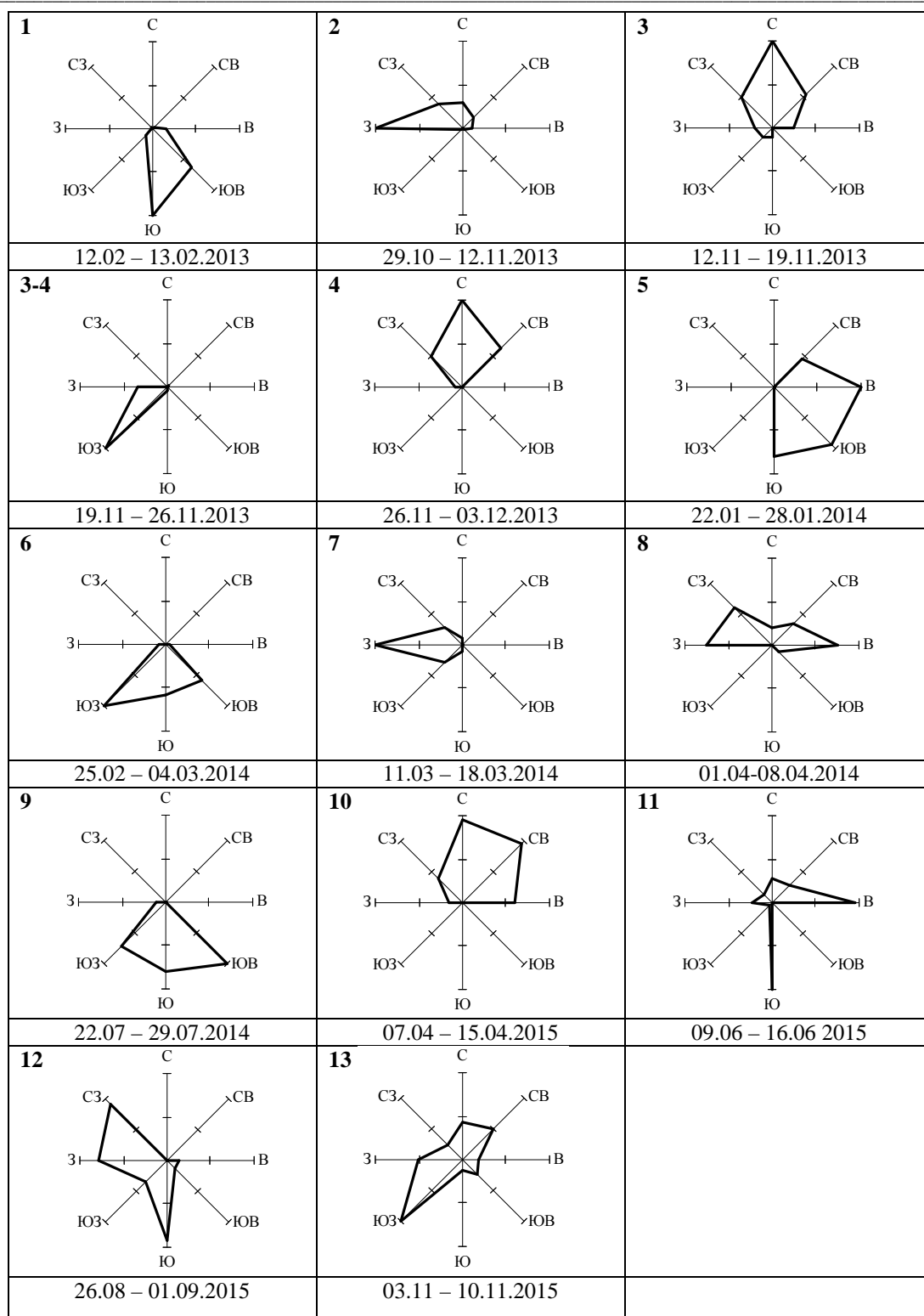


Рис. 2. Розы ветров за время экспозиции фильтров. Номера соответствуют пикам на рис. 3.

Февраль 2013 г. Пик (1) соответствует выбросу радиоактивного аэрозоля во время обрушения части крыши машинного зала 12 февраля 2013 г. В это время в непрерывном режиме работали ФВУ-1 «Wentmesa» и ФВУ-2 «Тайфун». В связи с обрушением интервал смены фильтров был уменьшен с 6-7 до 1 сут. Ветер переменный: на момент обрушения - северо-западный, спустя 10 мин – западный, на протяжении следующих 10 мин западный переходит в южный и юго-восточный. Далее следует переход “восточный - северо-восточный - восточный – юго-восточный”. Скорость ветра 0,3 - 1,5 м/с. Клуб выброса предположительно прошел на расстоянии порядка 280 м от ФВУ-1. Более детальный анализ ситуации приведен в работе [6].

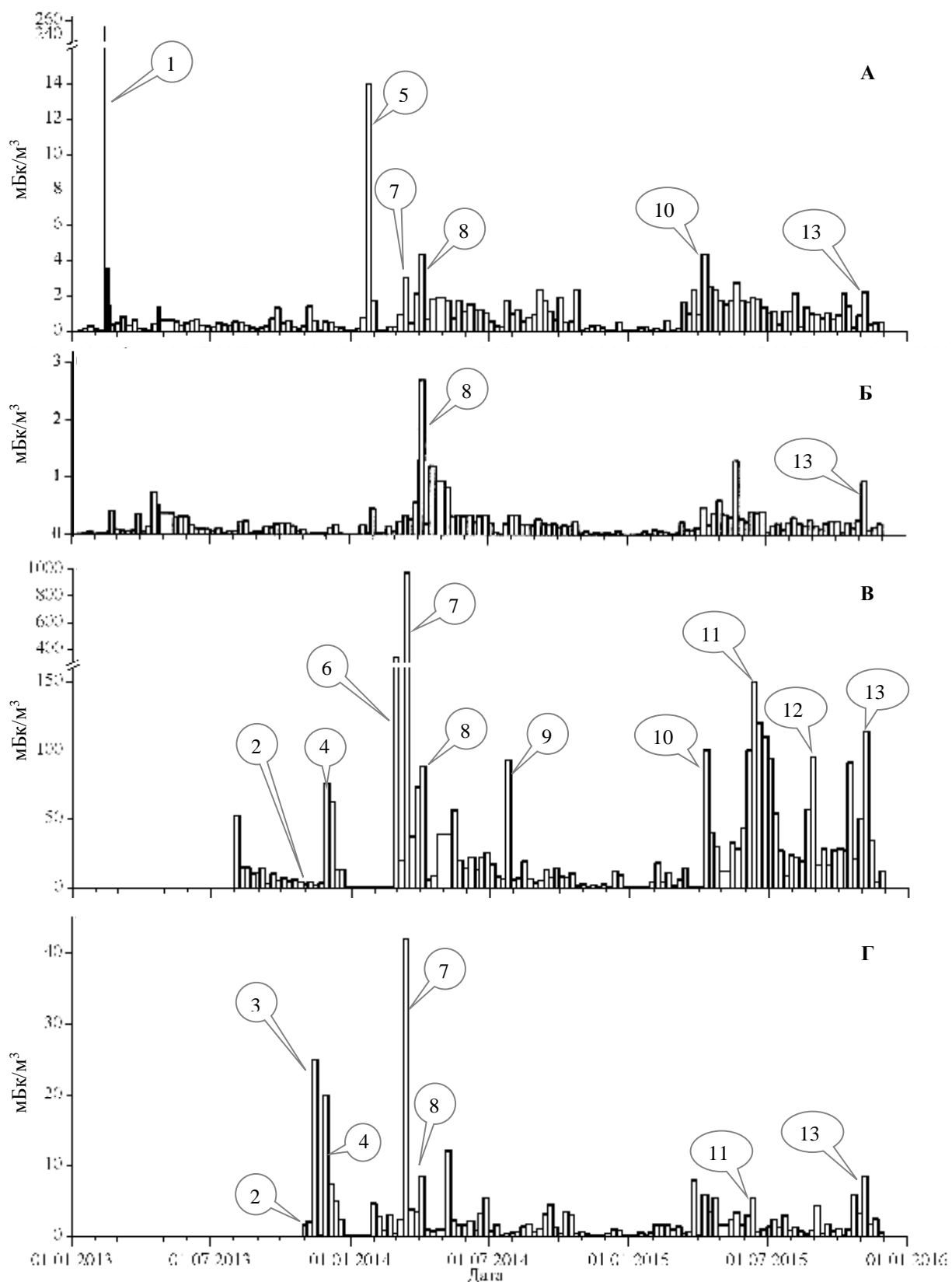


Рис. 3. Динамика объемной активности  $^{137}\text{Cs}$  в приземном слое воздуха вблизи объекта "Укрытие".  
 А – ФВУ-1 "Wentmesa"; Б – ФВУ-2 "Тайфун"; В – ФВУ-3 "Град-1.8"; Г – ФВУ-4 "Град-1.0".  
 Цифрами 1 – 13 обозначены номера обсуждаемых в тексте пиков.

Ноябрь – декабрь 2013 г. Отметка (2) на рис. 3 соответствует началу демонтажа трубы ВТ-2 (секции 1 и 2). Преобладающий в это время умеренный западный ветер и дождливая погода благо-

приятствовали снижению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе возле мест отбора проб. Более интенсивный пик (3) на рис. 3,  $G$  соответствует времени фрагментирования двух демонтированных ранее секций трубы и их вывоза. Сухая погода и сильный западный ветер (до 7 м/с) способствовали росту активности на ФВУ-4. Отсутствие этого пика для установки ФВУ-3 вполне объяснимо наличием западного ветра (см. рис. 1), а также тем, что установившийся позже более слабый северный ветер не смог перебросить аэрозольное облако через здание 3-го и 4-го блоков. Демонтаж секций трубы 3 и 4 происходил 19 - 26 ноября 2013 г., в это время наблюдался юго-западный ветер до 5 м/с, однако сильный дождь (47 мм осадков за неделю) способствовал уменьшению активности в воздухе – для ФВУ-3 и ФВУ-4 наблюдается провал между пиками (3) и (4). Пик (4) соответствует времени фрагментирования ранее демонтированных секций 3 и 4. Установившийся в это время северо-восточный ветер до 10 м/с и отсутствие осадков благоприятствовали не только распространению аэрозоля с места фрагментирования секций в сторону ФВУ-4 (благодаря сложной аэродинамике обтекания здания 3-го и 4-го блоков), но и переносу аэрозоля на южную сторону блоков – пик 4 просматривается и на ФВУ-3. Некоторый вклад в активность на ФВУ-3, конечно, могли дать частицы, осевшие на крышах блоков во время демонтажа секций и поднятые впоследствии ветром. Однако предшествующие сильные дожди, основательно промывшие крышу, должны были свести этот эффект к минимуму.

Январь 2014 г. Пик (5), зарегистрированный на ФВУ-1 22 – 28 января 2014 г. связан, по-видимому, с работами на вспомогательной (южной) промышленной площадке. Ветер до 6 м/с, юго-восточного направления, облачно, периодически осадки в виде снега. Наличие устоявшегося снежного покрова практически исключало ветровой подъем «горячих» частиц с соседствующей территории, ветер не способствовал переносу со стороны объекта «Укрытие».

Конец февраля – середина марта 2014 г. Пик (6) – 25 февраля – 4 марта 2014 г. зарегистрирован только на ФВУ-3. Ветер до 6 м/с при южном направлении, без осадков. Предположительно пик связан с выносом радиоактивной пыли из помещения машинного зала, который происходил через провал в кровле и выломанный фрагмент южной стены (проемы образовались при обрушении части кровли еще 12 февраля 2013 г.). Пик (7) на ФВУ-3 (11 - 18 марта 2014 г.) имеет аналогичную природу и может быть связан с интенсивным выдуванием радиоактивных частиц из машинного зала. Высоким уровням удельной активности способствовала буря с сильным западным порывистым ветром до 10 – 15 м/с и продолжительностью до 15 ч, а также близкое расположение точки отбора проб от места выброса. Этот же пик четко просматривается и для ФВУ-4 – сильный порывистый ветер смог перебросить аэрозольное облако через корпус реакторных блоков.

Ценную информацию о свойствах выброшенных частиц дают автордиограммы фильтра с установки ФВУ-3 от 11 - 18 марта 2014 г., выполненные с экспозициями 24 сут (*a*) и 7 сут (*b*) (рис. 4). Кроме высокого уровня засветки радиogramмы (*a*) на радиogramме (*b*) видны крупные пятна, соответствующие активностям  $\beta$ -излучающих частиц порядка сотен и тысяч беккерель. Такие активности имеют топливные частицы с аэродинамическими диаметрами свыше 100 мкм. (Для частиц другой природы с более низкими удельными активностями материала аэродинамические диаметры будут еще больше.) Отметим, что скорость падения частиц с аэродинамическим диаметром 100 мкм в спокойном воздухе составляет 0,25 м/с [11], следовательно, наличие столь больших частиц свидетельствует в пользу близкого расположения источника.

Начало апреля 2014 г. Пик (8) просматривается на всех четырех ФВУ. Сильный восточный ветер до 7,8 м/с, низкая влажность (41 % в среднем), отсутствие осадков (1,6 мм) способствовали ресуспензии выброшенных ранее (во время бури в середине марта) радионуклидов и их переносу в западном направлении. Следует отметить, что такая сухая погода была характерной и для двух предыдущих двух недель, что способствовало высыханию верхнего слоя почвы.

Конец июля 2014 г. Пик (9) соответствует времени монтажа ограждающего контура провала части крыши машинного зала 4-го блока объекта «Укрытие». Ветер южный до 6 м/с, сухо.

7 - 15 апреля 2015 г. Пик (10) просматривается на ФВУ-1, 3 и 4. В это время проводится выемка грунта под котлован 6 × 6 м и глубиной 3 - 4 м для энергетического короба на участке между НБК и западной стеной машинного зала. В этот же промежуток времени происходил демонтаж большого крана возле южной стены машинного зала. Во время выемки грунта основной факел выброса был направлен в сторону от действующих ФВУ (восточный ветер, до 9 м/с). Следовательно, зарегистрированные пики отображают обстановку лишь на периферии аэрозольного облака.

Июнь 2015 г. Пик (11) - извлечение грунта (на глубину до 2 м) на юго-западном участке локальной зоны, укладка коробов под силовую кабель. Ветер южный и восточный, сухо. Пик просматривается также и на ФВУ-4.

Конец августа 2015 г. Пик (12) представляет собой локальный выброс, он просматривается только на ФВУ-3. В это время проводятся укладка железобетонных блоков под рельсы большого крана вдоль южной стены машинного зала и установка основания крана. Ветер до 5 м/с от западного до северо-западного, сухо.

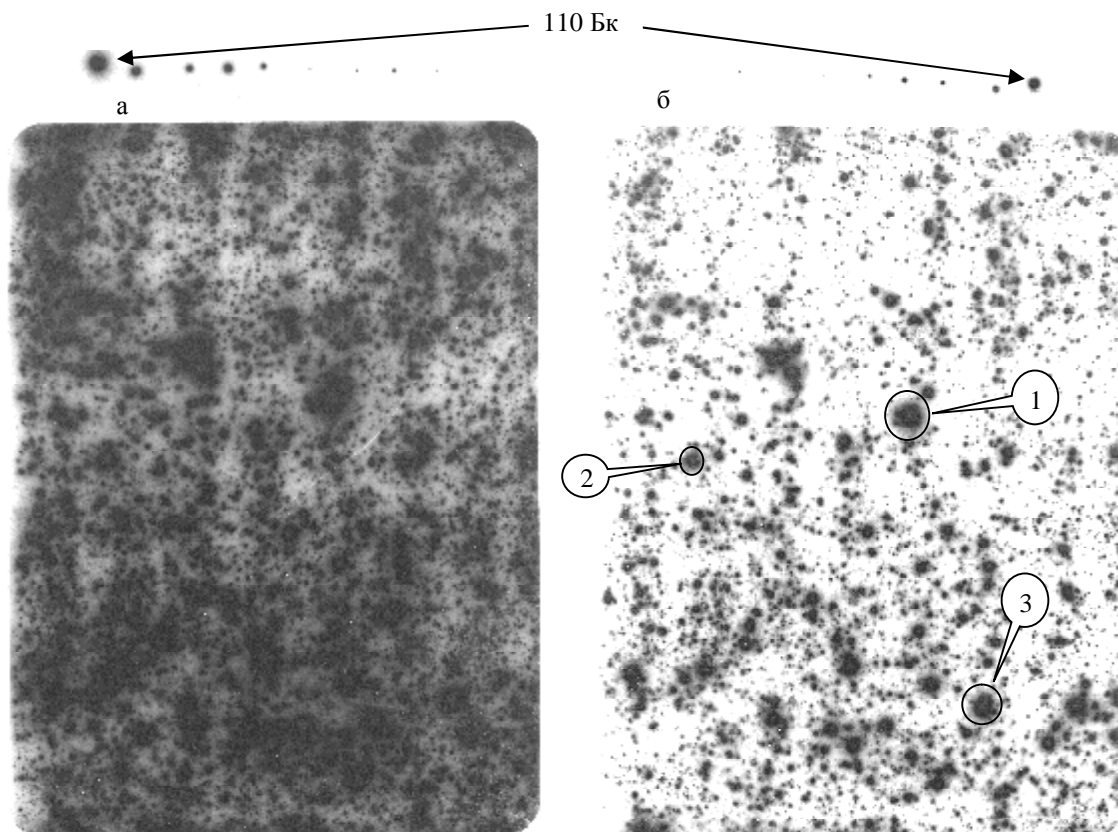


Рис. 4. Авторадиограмма фрагмента фильтра установки «Град-1,8» от 11 – 18 марта 2014 г.: время экспозиции: *а* – 24 сут, *б* – 7 сут;  $\beta$ -активности и аэродинамические диаметры некоторых частиц (см. *б*): 1 – » 3000 Бк, » 210 мкм; 2 – » 700 Бк, » 130 мкм, 3 – » 1100 Бк, » 150 мкм. В верхней части рисунка приведены авторадиографические пятна от линейки частиц с известной активностью.

Ноябрь 2015 г. Пик (13). В это время происходит демонтаж и спуск части западной кровли машинного зала. Несмотря на северо-западный ветер до 5 м/с и дождливую погоду, пик просматривается на всех ФВУ (1 – 4). Наличие этого пика на ФВУ-2 предположительно связано с тем, что автотранспорт, вывозивший элементы кровли, проходил вблизи ФВУ-2 (примерно 80 м южнее).

Из приведенных на рис. 3 графиков видно, что удельные активности вблизи объекта «Укрытие» коренным образом отличаются от удельных активностей  $^{137}\text{Cs}$  в удаленной точке – возле ФВУ-2 они ниже практически на 2 порядка. Следовательно, колебания активности возле объекта «Укрытие» не могут быть объяснены колебаниями фонового уровня, вызванными внешними по отношению к объекту «Укрытие» факторами, такими как влияние лесных пожаров или ветровой подъем на прилегающей территории. С другой стороны, отсутствие корреляций между пиками<sup>1</sup> графиков ФВУ-2 и ФВУ-3 ( $R < 0,1$ ) свидетельствуют об отсутствии выраженного распространения радиоактивного аэрозоля за пределы ближней зоны объекта «Укрытие».

За время наших наблюдений во всех точках отбора проб воздуха не наблюдалось превышения уровня допустимых концентраций  $^{137}\text{Cs}$  для воздуха рабочей зоны персонала категории А – 60 Бк/м<sup>3</sup> [5]. Однако, как это уже было показано в работе [6], проведенные измерения не могут гарантировать отсутствия превышений непосредственно вблизи места выполнения работ или вдоль распростране-

<sup>1</sup> Достоверная корреляция между провалами на этих графиках ( $R \gg 0,5$ ) может быть объяснена одинаковым действием метеорологических факторов, способствующих снижению активности в воздухе – осадки, высокая влажность, слабый ветер и т.п.

ния факела выброса. Кроме того, большое время усреднения во время отбора проб (5 - 7 сут) сильно сглаживает отдельные кратковременные локальные выбросы радиоактивных аэрозолей во время проведения работ в ближней зоне. Учитывая все эти обстоятельства, следует признать, что существует вероятность кратковременных превышений допустимых уровней концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе непосредственно возле места проведения работ в ближней зоне объекта «Укрытие».

Необходимо отметить, что основную радиологическую опасность на территории вблизи объекта «Укрытие» представляет не сам  $^{137}\text{Cs}$ , а суммарное воздействие основных оставшихся радионуклидов –  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239-240}\text{Pu}$ . Некоторые оценки объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239-240}\text{Pu}$  в наших пробах могут быть сделаны исходя из уровня  $^{137}\text{Cs}$ . Как было показано в работах [7 - 9], наблюдаются существенные отличия в изотопном составе и свойствах крупных и мелких «горячих» частиц. Так, для крупных частиц соотношение  $^{137}\text{Cs}/^{239-240}\text{Pu}$  колеблется вблизи среднего значения для облученного топлива и составляет величину порядка 60. В то же время, мелкие «горячие» частицы, обычно не видимые на радиограммах, сильно обогащены  $^{137}\text{Cs}$ . Так, приведенные в [7] соотношения  $^{137}\text{Cs}/^{239-240}\text{Pu}$  для таких частиц превышают среднее соотношение по топливу более чем в 20 раз. В отличие от частиц с топливным составом,  $^{137}\text{Cs}$  из малоактивных цезиевых частиц имеет свойство быстро растворяться в имитаторах легочной жидкости [7 - 9].

На рис. 5 представлена кинетика выщелачивания фрагментов фильтра, экспонированного на ФВУ-3. Линии, аппроксимирующие экспериментальные точки, представляют собой сумму двух экспонент:

$$A_{ост} = a_1 e^{-\frac{\ln 2x}{T_1}} + a_2 e^{-\frac{\ln 2x}{T_2}},$$

где  $A_{ост}$  – остающаяся нерастворенная часть активности;  $a_1$  и  $a_2$  – доли фракций,  $a_1 + a_2 = 1$ ;  $T_1$  и  $T_2$  – времена полурастворения соответствующих фракций, ч. Основные параметры аппроксимирующей функции приведены в табл. 2.

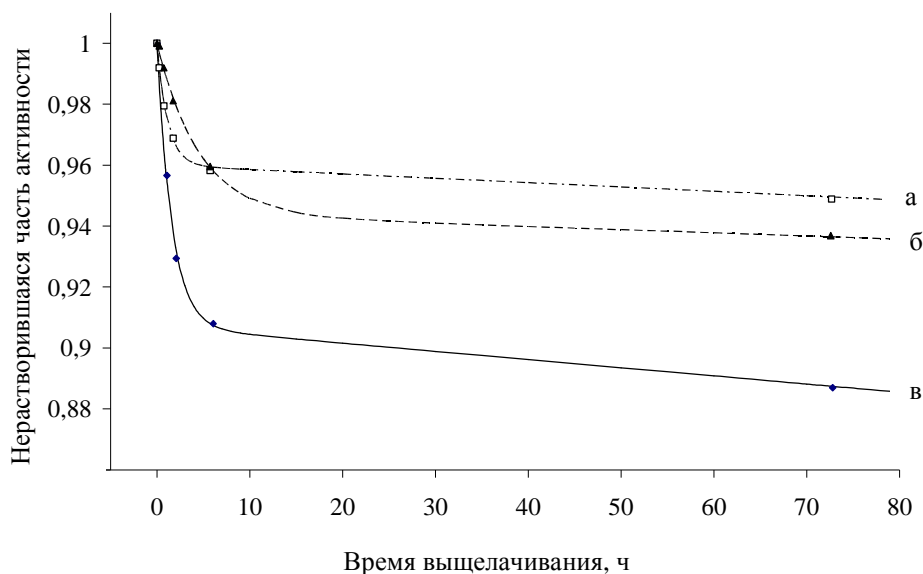


Рис. 5. Кинетика выщелачивания  $^{137}\text{Cs}$  из фрагментов фильтра: а, в – от 1 - 7 июля 2015 г.; б - от 11 - 18 марта 2014 г.

Видим, что содержание обогащенной цезием быстрорастворимой фракции не превышает 10 %. Отметим, что ранее наблюдаемые [7] более высокие уровни (порядка 40 – 50 %) быстрорастворимой цезиевой фракции были характерны только для специально отобранных высечек с минимальным количеством автордиографических пятен. Поэтому, для консервативной оценки, состав основной массы горячих частиц можно считать топливным и принять соотношение  $^{137}\text{Cs}/^{239-240}\text{Pu} \approx 60$ . Поскольку уровень допустимых концентраций  $^{239-240}\text{Pu}$  для воздуха рабочей зоны персонала категории А составляет  $0,03 \text{ Бк/м}^3$  [5], соответствующем критическим допустимым уровнем активности  $^{137}\text{Cs}$  вблизи объекта «Укрытия» следует признать  $1,8 \text{ Бк/м}^3$ .

Таблица 2. Параметры быстрой и медленной компонент скорости растворения  
(обозначения кривых соответствуют рис. 5)

Кривая	Содержание компонент, %		Время полурастворения компонент, ч	
	быстрой	медленной	быстрой	медленной*
<i>a</i>	4	96	0,8	≈ 4600
<i>б</i>	5,6	94,4	3,2	≈ 6300
<i>в</i>	9,3	90,7	1,1	≈ 2300

\* Время полурастворения медленной компоненты определено ориентировочно, для более точного определения необходимо время экспозиции порядка недель и месяцев. Такое определение выходит за рамки данной работы.

Измерения объемной активности  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе в ближней зоне объекта «Укрытие» во время проведения строительных работ по сооружению НБК свидетельствуют:

объемная активность  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе коррелирует с видом, интенсивностью и местом проведения работ, а также метеоусловиями при их проведении;

за все время наблюдений не зафиксировано превышений допустимых концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе, что не гарантирует отсутствия таких превышений в местах проведения работ и по факелу локального выброса. Кроме того, большое время усреднения – (5 – 7 сут) сильно сглаживает отдельные кратковременные локальные выбросы радиоактивных аэрозолей во время проведения работ в ближней зоне. Учитывая все эти обстоятельства, следует признать, что существует вероятность кратковременных превышений допустимых уровней концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе непосредственно возле места проведения работ в ближней зоне объекта «Укрытие»;

учитывая высокую радиотоксичность изотопов плутония и принимая для консервативной оценки топливный состав радиоактивного аэрозоля, получаем в качестве допустимого уровня вблизи объекта «Укрытие» удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе  $1,8 \text{ Бк/м}^3$ , что существенно повышает вероятность локальных и/или кратковременных превышений в местах выполнения работ;

поскольку наибольшую опасность представляют так называемые ингалируемые «горячие» частицы с аэродинамическими диаметрами меньше 10 мкм, необходим контроль активности таких частиц с использованием соответствующих импакторных устройств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаргер Е. К., Каишур В. О., Скоряк Г. Г., Шинкаренко В. К. Физико-химические характеристики аэрозоля 30-километровой зоны ЧАЭС в 1986 - 2013 гг. // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2014. - Вип. 23. - С. 54 - 65.
2. Огородников Б. И., Пазухин Э. М., Ключников А. А. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986–2006 гг.: монография. - Чернобыль: ИПБ АЭС НАН Украины, 2008. – 456 с.
3. Огородников Б.И., Павлюченко Н. И., Пазухин Э. М. Радиоактивные аэрозоли объекта "Укрытие" (обзор). Ч. 2.2: Концентрации радиоактивных аэрозолей на промплощадке объекта "Укрытие". - Чернобыль, 2004. - 44 с. – (Препр. / НАН Украины. МНТЦ "Укрытие"; 04-1).
4. Закон України “Про загальні засади подальшої експлуатації і зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення зруйнованого четвертого енергоблока цієї АЕС на екологічно безпечну систему” // Відомості Верховної Ради України. – 1999. - № 4. - С. 33.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. – К., 1997. - 121 с.
6. Шинкаренко В. К., Каишур В. А., Скоряк Г. Г. Результаты исследований аэрозольных фильтров, экспонированных до, во время и после разрушения крыши машинного зала 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС. // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2014. - Вип. 23. - С. 45 - 53.
7. Гаргер Е. К., Одинцов А. А., Шинкаренко В. К. Оценка степени растворения радиоактивных аэрозольных частиц из объекта «Укрытие» // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2009. - Вип. 12. - С. 125 - 136.
8. Garger E. K., Meisenberg O., Odintsov O.O. et al. Solubility of hot fuel particles from Chernobyl - Influencing parameters for individual radiation dose calculations // Talanta. – 2013. - Vol. 115. – P. 40 – 46.
9. Гаргер Е. К., Одинцов А. А., Шинкаренко В. К. и др. Поведение “горячих” аэрозольных частиц из объекта «Укрытие» в имитаторах легочной жидкости // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2013. - Вип. 21. - С. 43 - 52.
10. Шинкаренко В.К. К определению активности “горячих” частиц радиографическим методом // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2008. - Вип. 9. - С.130 – 139.
11. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли - пыли, дымы и туманы. - Л.: Химия, 1972. - 428 с.



**В. К. Шинкаренко, В. О. Кашпур, Г. Г. Скоряк, А. К. Калиновський**

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна*

**ОЦІНКА АЕРОЗОЛЬНОЇ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ПРОММАЙДАНЧИКУ ЧАЕС ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ ІЗ БУДІВНИЦТВА НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙНМЕНТА**

Досліджено кінетику забруднення приземного шару атмосфери в ближній зоні об'єкта «Укриття» під час проведення робіт із будівництва нового безпечного конфайнмента. Продемонстровано вплив метеорологічних умов, виду та місця проведення робіт на об'ємну активність  $^{137}\text{Cs}$  в повітрі. Показано, що відсутність у точках відбирання проб перевищень допустимих концентрацій  $^{137}\text{Cs}$  в повітрі за час спостережень не гарантує відсутності таких перевищень у місцях проведення робіт і по шляху поширення факела локального викиду. Консервативна оцінка об'ємної активності ізотопів плутонію, виконана у припущенні паливного складу «гарячих» частинок, показала, що ймовірність локальних і короткочасних перевищень допустимих концентрацій ізотопів плутонію в 30 разів перевищує таку ймовірність для  $^{137}\text{Cs}$ .

*Ключові слова:* об'єкт «Укриття», будівництво нового безпечного конфайнмента, об'ємна активність повітря, авторадіографія, кінетика розчинення в легеневій рідині.

**V. K. Shynkarenko, V. O. Kashpur, G. G. Skorjak, A. K. Kalinovsky**

*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine*

**ASSESSMENT OF AEROSOL RADIATION SITUATION ON INDUSTRIAL PLATFORM ChNPP DURING WORK ON BUILDING A NEW SAFE CONFINEMENT**

The kinetics of contamination of a ground stratum of atmosphere in a short-range region of a plant "Ukryttya" is investigated during work on building new safe confinement. Weather influence, a type and a venue of operations on volume activity  $^{137}\text{Cs}$  in air is shown. It is displayed that absence of excess of admissible densities  $^{137}\text{Cs}$  in air during observations in sampling points does not guarantee absence of such overflows in venues of operations and in the propagation direction of a torch of local emission. The conservative assessment of volume activity of isotopes of the plutonium, executed in the conjecture of a fuel compound of "hot" particles, has displayed that the probability of local and short-term exceeding of admissible densities of isotopes of plutonium in 30 times exceeds probability of such overflows for  $^{137}\text{Cs}$ .

*Keywords:* object "Ukryttya", building a new safe confinement, specific activity of air, autoradiography, dissolution kinetics in a pulmonary fluid.

REFERENCES

1. Garger E. K., Kashpur V. A., Skorjak G. G., Shynkarenko V. K. Physical and chemical characteristics of the aerosol of the 30 km zone of ChNPP in 1986 - 2013 // Problemy bezpeky atomnyh elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). – 2014. - Iss. 23. - P. 54 – 65. (Rus)
2. Ogorodnikov B. I., Pazukhin E. M., Kliuchnykov A. A. Radioactive aerosols of the Shelter: 1986 - 2006. Monograph. – Chornobyl: National Academy of Sciences of Ukraine. Institute for Safety Problems of NPP, 2008. - 456. (Rus)
3. Ogorodnikov B.I., Pavlyuchenko N.I., Pazukhin E.M. Radioactive aerosols of the "Ukryttya" object (a review). Part 2.2. Concentrations of radioactive aerosols in industrial site of the "Ukryttya" object. - Chornobyl, 2004. – 44 c. – (Prepr. NAS Ukraine; Intersectorial scientific and technical centre " Ukryttya"; 04-1). (Rus)
4. The Law of Ukraine On General Principles of Further Operation and Decommissioning of Chornobyl NPS and Transformation of Ruined Fourth Power Unit of This NPS into Ecologically Safe System // Supreme Council of Ukraine, 1999, N 4, P.33.
5. Norms of radiation safety of Ukraine (NRBU-97). State hygienic standards. Official edition. Kyiv, 1997, - 121 p.
6. Shynkarenko V. K., Kashpur V. A., Skorjak G. G., Results of studies of the aerosol filters exposed before, during and after the destruction of the roof of the machine hall of Chernobyl NPP 4-th block // Problemy bezpeky atomnyh elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). – 2014. - Iss. 23. - P. 45 – 53. (Rus)
7. Garger E. K., Odintsov O. O., Shynkarenko V. K. Estimation of the degree of dissolution radioactive aerosols particles from object «Ukryttya» // Problemy bezpeky atomnyh elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). – 2009. - Iss. 12. - P. 125 – 136. (Rus)
8. Garger E. K., Meisenberg O., Odintsov O. O. et al. Solubility of hot fuel particles from Chernobyl - Influencing parameters for individual radiation dose calculations // Talanta. – 2013. – Iss. 115. – P. 40 – 46.
9. Garger E. K., Odintsov O. O., Shynkarenko V. K. Behavior of "hot" aerosol particles from object "Ukryttya" in simulators of a pulmonary liquid // Problemy bezpeky atomnyh elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). – 2013. - Iss. 21. - P. 43 - 52. (Rus)
10. Shynkarenko V. K. To definition of activity of hot particles by a radiographic method // Problemy bezpeky atomnyh elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). - 2008. - Iss. 9. - P. 130 - 139. (Rus)
11. Green H.L., Lane W.R. Particulate Clouds: Dusts, Smokes and Mists. 2-d ed. - London, 1964. – 471 p.

Надійшла 21.07.2016  
Received 21.07.2016