PACS 89.70

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» (ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ)

С.Б.Кумшаев*, Ю.О.Васильев*, Н.Ю.Кибкало*,
Ю.К.Максимов*, А.Р.Спекторовский*, К.П.Чечеров**

** Аналитический центр «Качество» ГСП «Техноцентр», Украина, 252128 г. Киев, проспект Науки 46;*

*** Российский научный центр «Курчатовский институт», Россия, 123182 г. Москва, площадь академика И.В. Курчатова 1*

Статья поступила 10 декабря 1997 г.

Высокий радиационный фон является одной из основных проблем, ограничивающих возможность исследования состояния объекта «Укрытие» и принятия адекватных мер по его стабилизации и превращения в экологически безопасную систему.. Статья посвящена обобщению обширной информации по измерению параметров, характеризующих радиационную обстановку за период с момента аварии. Проведен обзор разработанного программно-аналитического обеспечения, которое осуществляет обработку и анализ информации по радиационной обстановке.

1. Введение

Для “активной” стадии ликвидации последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС (1986 - 1988 г.г.) было характерным существенное непрерывное изменение радиационной обстановки как внутри 4-го энергоблока, так и на промплощадке. Основными причинами этого были естественные процессы резкого уменьшения радиоактивности из-за распада короткоживущих изотопов и интенсивный антропогенный и техногенный ее перенос.

После сооружения объекта «Укрытие» (ОУ), завершения основных строительно-монтажных работ по укреплению строительных конструкций послеаварийного блока, установки стальных кровельных блоков над машинным залом и деаэраторной этажеркой, а также пространством между западной и контрфорсной стеной - темп работ и количество работающих внутри 4-го энергоблока резко снизились; радиационная обстановка начала стабилизироваться. Этому способствовало также введение в эксплуатацию системы пылеподавления в

© С.Б.Кумшаев, Ю.О.Васильев, Н.Ю.Кибкало, Ю.К.Максимов, А.Р.Спекторовский, К.П.Чечеров, 1997

центральном зале ОУ и ряд других организационно-технических мероприятий. Стабилизация радиационной обстановки создала предпосылки для обоснованного прогнозирования изменений радиационных условий внутри ОУ.

Исходными данными для прогнозирования изменений радиационной обстановки являются измеренные значения мощности экспозиционной дозы (МЭД), радиационные α, β, γ и нейтронные поля, активность и радионуклидный состав проб лавообразных топливосодержащих масс (ЛТСМ), воды, воздуха, мазков и т.д. Изменения во времени вышеперечисленных параметров, характеризующих радиационную обстановку в ОУ, определяются известными закономерностями естественного распада изотопов и их концентрацией в конкретном месте, помещении.

Таким образом, для планирования работ на ОУ, необходима, в первую очередь, база исходных данных, содержимым которой является информация, полученная в результате измерений всех возможных параметров, характеризующих радиационную обстановку, в первую очередь - МЭД за весь послеаварийный период (т.е. систематизация информации).

2. База данных результатов измерений МЭД на объекте «Укрытие»

Радиационная разведка на ОУ велась различными методами, которые условно можно разделить на три основных категории:

- измерения при обследовании помещений сотрудниками исследовательских групп, которые осуществлялись различными приборами;
- измерения, которые проводились в пробуренных исследовательских скважинах;
- измерения, которые осуществлялись стационарными датчиками контролирующих систем (информационно-диагностического комплекса (ИДК) «Шатер» и исследовательской системы «Финиш»).

Для ввода и хранения результатов измерений МЭД при обследовании помещений ОУ, а также измерений в исследовательских скважинах разработано программное обеспечение, которое объединяет: графический интерфейс, базу данных, содержащую в настоящее время более пяти тысяч записей (результатов измерений МЭД) внутри ОУ [1-32], и программное обеспечение восстановления радиационных полей и прокладки маршрутов в интерактивном и автоматическом режиме.

Программное обеспечение (рисунок 1[1]) обладает следующими функциональными возможностями:

1. Работа с файлами:
   - загрузка (чертежа, данных, диапазона дат);
   - сохранение;
   - печать с просмотром;
   - печать;
   - установки для печати;
   - выход из программы.
2. Работа с данными:
   - начальными;
   - восстановленными;
   - маршрутами;
   - скважинами;
   - установка высоты от уровня пола;
   - служебная информация.
3. Установки режима работы:
   - масштабирование;
   - ввод;
   - редактирование;
   - перемещение;
   - исключение;
   - важная точка;
   - удаление;
   - группа;
   - маршрут.
4. Отображение:
   - слоев чертежа;
   - исходных данных;
   - восстановленных данных;
   - маршрута;
   - легенды.
5. Восстановление:
   - в текущем окне;
   - по описанию;
   - с сопровождением.
6. Маршрут:
   - расчет дозы;
   - оптимальный.

---

[1] Цветные ристунки к данной статье представлены на прилагаемом к журналу гибком 3.5" магнитном диске в подкаталоге с названием К5.

7. Опции (установки):
    - система координат (СК) мировая;
    - СК пользовательская;
    - залить изолинии;
    - число диапазонов;
    - настройка диапазонов;
    - звук;
    - настройка цветов;
    - сохранение установок.
8. Помощь:
    - содержание;
    - использование помощи;
    - о программе.

3. Восстановление радиационных полей

Восстановление радиационных полей по данным измерений МЭД является необходимым этапом для решения многих задач эксплуатации и преобразования ОУ в экологически безопасную систему.

Для решения задачи восстановления радиационных полей в ОУ были программно реализованы несколько методов аналитического приближения имеющихся дискретных данных МЭД в помещениях блока. Разработанное программное обеспечение использует аналитически заданные функции для процедуры восстановления, что позволяет оперативно корректировать и тестировать результат восстановления поля.

В качестве аппроксимирующих функций использовались глобальные сплайны и бикубические полиномы. В зависимости от того, на какой сетке задаются исходные данные - регулярной прямоугольной или нерегулярной, в программе применялись два вида алгоритмов восстановления.

Алгоритм восстановления значений поля, заданного на регулярной прямоугольной сетке достаточно прост и состоит в двухпроходном последовательном восстановлении поля вдоль линий сетки с помощью глобального сплайна. Единственным параметром, определяющим форму восстановленного поля, является величина кривизны глобального сплайна.

В случае восстановления значений поля с небольшими градиентами и использования параметра кривизны сплайна, близкого к максимальному, восстановленные значения в узлах отличаются от исходных на величину менее 1% . Полученный в результате работы программы массив восстановленных значений может быть передан другим процедурам для дальнейшего

использования, как, например: построения трехмерных графиков, построения карты изолиний, получения поля градиентов.

Восстановление значений поля, заданного на нерегулярной сетке состоит из двух процедур: предварительного восстановления значений поля в некоторых дополнительных точках рассматриваемой области определения и "уточняющего" восстановления значений поля во всех точках двухмерного массива выбранной размерности с помощью глобального сплайна.

Большинство данных по радиационной обстановке имеют ориентировочную привязку к месту измерения и часто отсутствует ссылка на тип прибора, которым осуществлялось измерение. По этой причине восстановленные поля не могут претендовать на высокую точность, а дают возможность лишь качественной оценки радиационной обстановки. В том случае, если понадобится восстановить поле другими методами, предусмотрен импорт - экспорт данных.

4. Прокладка маршрутов движения по помещениям ОУ

Восстановив поле МЭД и задав скорость перемещения оперативного персонала к местам проведения работ на ОУ, разработанное программное обеспечение позволяет выбрать варианты путей перемещения с минимальными дозовыми нагрузками. Кроме этого, можно оценить суммарную дозу, полученную за время проведения работ, либо определить минимальную скорость движения при фиксированной дозовой нагрузке, выбрать соответствующие средства индивидуальной защиты и т.д.

На рисунке 2 представлено поле МЭД в помещении 217/2, в котором находится ЛТСМ "слоновая нога". В интерактивном режиме был проведен маршрут из помещения 214/2 к подножию "слоновой ноги". Расстояние по прямой между двумя выбранными точками составляет около 10 м.

Критериями выбора маршрута являлись его гладкость и минимум накопленной дозы. Полученное расстояние составило около 25 м. Расчеты показывают, что при движении вдоль маршрута со скоростью 1м/с, персонал получит дозу внешнего γ - облучения оцениваемую в 500 мР по состоянию на 1989 год. Из анализа поля изолиний видно, что при движении вдоль этого маршрута с отклонениями от него до 0.5 м доза облучения заметно не изменится. Любой другой путь уже не будет оптимальным с точки зрения полученной дозы.

Определение путей следования через помещения с повышенным уровнем радиации является одним из начальных этапов в задаче планирования радиационно-опасных работ. На этом этапе предполагается, что персонал может пройти к местам

проведения работ по плоскому полу без ограничивающих факторов (провалы в полу, завалы, ограничение по высоте и т.д.). На втором этапе предполагается выбор маршрута из нескольких альтернативных с учетом указанных факторов. Для этого вводится дополнительный параметр - реально достижимая скорость движения по маршруту на разных его участках. При выборе скорости движения можно исходить из предлагаемых значений минимальной скорости (0.5 м/сек = 1.8 км/час, медленный шаг) и максимальной скорости (2 м/сек = 7,2 км/час, быстрый шаг).

Критерий выбора оптимального маршрута движения - накопленная доза вдоль него должна быть минимальной и не превышающей нормы радиационной безопасности при выполнении неаварийных работ.

5. Программное обеспечение трехмерной (3D) динамической физической модели ОУ на основании анализа данных измерений

Участники ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, работавшие непосредственно внутри ОУ и проводившие измерения МЭД, нейтронных потоков, тепловых параметров, осуществлявшие фото- и видео съемку, а также отбор высокоактивных проб ЛТСМ, получали дозовую нагрузку, которая намного превышала предельно допустимую.

Однако, если планировать работу по Европейским Нормам Радиационной Безопасности (меньше 1.5-2.0 бэр/год·чел.), необходимо использовать такие методы организации работ, которые дали бы возможность предельно сократить пребывание человека в радиационных полях. Одним из перспективных методов в таком контексте является создание компьютерных моделей ОУ, которые учитывали бы не только послеаварийные геометрические формы строительных конструкций, оборудования, скоплений ТСМ, но и радиационную обстановку, причем в динамике изменений, определяемой и распадом радионуклидов, и любыми технологическими преобразованиями ОУ. Такая модель получила название динамической физической модели (ДФМ) [33].

В качестве исходных данных для первого шага компьютерного восстановления объемного распределения радиационных полей были использованы результаты γ-измерений в исследовательских скважинах 4-го блока ЧАЭС [34]. На рисунке 3 показан план подаппаратного помещения 305/2 четвёртого блока. Красным цветом обозначены исследовательские скважины, пробуренные в подаппаратном помещении с целью поиска и изучения состояния ядерного топлива после аварии. В скважины вводились датчики, измеряющие температуру, тепловой поток, мощность экспозиционной дозы и нейтронный поток. Измерения

проводились при дискретном продвижении датчиков вдоль скважин.

В качестве примера на рисунках 4,5 приведены результаты измерений МЭД, выполненные в шахте реактора и в подаппаратном помещении (3.15.Г и 3.15.И) через скважины на высотных отметках от 12.00 м и выше. Измерения в скважине 3.15.Г проводились в июле, сентябре и октябре 1988 года, в скважине 3.15.И - в октябре 1988 г. и феврале 1989 г. На этих же рисунках приведены данные о самих скважинах и вертикальных разрезах помещений, иллюстрирующих положение скважины в пространстве. Все результаты измерений собраны в компьютерную базу данных.

Разработанное программное обеспечение позволяет интегрировать накопленные данные измерений в скважинах и визуализировать их в виде плоскостных проекций трехмерных 3D-распределенных радиационных полей. Поле мощности экспозиционной дозы является трехмерной 3D-функцией: $P = P(x, y, z)$.

На рисунке 6 показаны проекции $P_{xy} = \int_{z\,\min}^{z\,\max} dz P(x, y, z)$, $P_{yz} = \int_{x\,\min}^{x\,\max} dx P(x, y, z)$, $P_{xz} = \int_{y\,\min}^{y\,\max} dy P(x, y, z)$ объемного распределения МЭД в шахте реактора и в подаппаратном помещении на южную и восточную стены шахты реактора и пол подаппаратного помещения.

Понятно, что это еще не адекватная модель объемного распределения МЭД, но это шаг, в понимании принципов создания такой модели в условиях недостаточной информации. Что может дать такое изображение? Прежде всего, наглядность. Во-первых, уже в таком виде изображение является своего рода компьютерным аналогом γ-визора, с помощью которого экспериментально исследовалось распределение активности на стенах машинного зала и центрального зала 4-го блока ЧАЭС, и позволяет предварительно устанавливать наиболее опасные направления при планировании технологических работ. В частности, эти представления можно использовать для выбора конкретных направлений и глубин мест введения нейтронопоглощающих материалов (особенно, твердых).

При соответствующей модификации γ-камер («СПЛАВ»), которые использовались для измерения МЭД в скважинах, аналогию с γ-визором можно было бы сделать полной. Однако поскольку экспериментально это не было сделано, представляется перспективным сочетание визуализации плоскостных проекций пространственного распределения радиационных полей с компьютерным восстановлением трехмерного изображения [35] и идентификацией соответствующих материальных источников

излучений, в результате чего появляется принципиальная возможность подхода к созданию адекватной реальности объемной компьютерной модели радиационной обстановки в конкретном помещении. В развитие идеи γ-визора, дающего представление о плоскостном распределении активности, появляется возможность сделать это представление объемным и в то же время наглядным.

6. Анализ временных рядов измерений МЭД

Мощность экспозиционной дозы – один из основных контролируемых параметров, характеризующих радиационную обстановку на объекте «Укрытие».

Многолетние систематические измерения МЭД в некоторых помещениях объекта «Укрытие» (в фиксированных точках расположения датчиков) отражают изменения в радиационной обстановке за счет естественного распада радиоактивных продуктов, наработанных за период эксплуатации реактора. Уменьшение МЭД со временем за счет естественного распада радионуклидов можно описать с помощью системы уравнений:

$$P_{\gamma_\Sigma}(t_m) = \sum_{i=1}^{n} \omega_i P_{\gamma i}(t_m) \qquad (1)$$

где: $P_{\gamma\Sigma}$ - измеренное значение МЭД, n - число радионуклидов, ω_i - их статистические веса в смеси изотопов или их доля в суммарной активности, $P_{\gamma i}$ - парциальная МЭД, обусловленная i-тым радионуклидом, t_m – момент измерения. В принципе, при достаточном количестве измерений (m) в различные моменты времени t $(m>i)$ можно получить систему уравнений, число которых больше или равно числу неизвестных. Очевидно, что даже с учетом малозначащих (по вкладу в суммарную γ-активность) радионуклидов в продуктах деления ядерного топлива на момент аварии их число будет порядка 10^2. Однако, если ограничиться 5-10 изотопами, дающими основной вклад в суммарную МЭД (например, на основании данных γ-спектрометрического анализа), задача может быть существенно упрощена. Зная периоды полураспада отобранного спектра радионуклидов, спад во времени экспериментальной зависимости МЭД можно представить в виде суммы отдельных экспонент, и минимизируя функционал F:

$$F = \sum_{m=1}^{k} \frac{\left[Y_m^{Exp} - \sum_{i=1}^{n} \omega_i Y^i{}_m^{Theo} \right]}{\sigma^2{}_m}, \qquad (2)$$

где Y_m^{Exp} – экспериментально измеренное значение МЭД в момент времени t_m, $Y^i{}_m^{Theo}$ – расчетное парциальное значение МЭД, обусловленное i-тым нуклидом в момент времени t_m, $\sigma^2{}_m$ – погрешность измерения, попытаться определить их относительные веса ω_i, т.е. радионуклидный состав [36].

Интересно отметить, что ещё в 1986 году такого типа разложение было выполнено в RAG Umwelt Rohstoff und Recycling GmbH профессором Хельмутом Вёлькером и его сотрудниками по данным измерения МЭД за период с 02.05.1986 по 20.06.1986, когда из кривой возросшего γ-фона были выделены составляющие экспоненты, обусловленные распадом короткоживущих изотопов ^{131}I, ^{132}Te, ^{132}I и почти линейная составляющая суммы долгоживущих радионуклидов ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{103}Ru, ^{106}Ru (рисунок 7).

Систематические измерения P_γ в ОУ были начаты в 1987 г. с вводом в эксплуатацию информационно-диагностического комплекса «Шатер» (ИДК).

На рисунке 8 показаны геометрические места размещения двух γ-датчиков ИДК G271 и G281 в помещении ПРК 210/6 (желтым цветом на рисунке 8 показаны ЛТСМ, красным - видимые расплавы металла). Данные измерений указанных выше датчиков приведены на рисунке 9. Задавая тот или иной набор радионуклидов, можно получить различающиеся разложения и их вклады в $P_{\gamma\Sigma}$. На рисунке 10 показаны три примера разложения на 5, 7 и 9 составляющих. При этом были заданы общие для всех вариантов пять продуктов деления (^{125}Sb, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{106}Ru, ^{154}Eu), для варианта 7 добавлены ^{144}Ce и продукт нейтронной активации переплавленных конструкционных материалов ^{60}Co, а для варианта 9 еще ^{110m}Ag и ^{54}Mg.

Как видно из рисунка 10, вариант с пятью составляющими хуже описывает экспериментальную кривую в начальный период измерений, когда существенна роль излучателей с меньшими периодами полураспада. В то же время варианты с семью и девятью составляющими, из-за близости периодов полураспада (~ 1 года) группы радионуклидов, практически совпадают. С целью получения более точного разложения исходная экспериментальная кривая была подвергнута некоторой математической обработке.

На рисунке 11 синим цветом показана исходная кривая с удаленными резкими пиками, которые могут быть связаны скорее не с распадом, а с техническими причинами, связанными с особенностями эксплуатации оборудования в неблагоприятных условиях ОУ, а также с опущенной частью кривой, связанной предположительно, с заменой γ-датчика в августе 1989 г., что должно было привести к появлению систематической погрешности (первоначальный ход этой кривой показан на рисунке 11 черным цветом). Разложение этих двух распределений (коричневая и желтая кривые) показывает сильную зависимость разложения от

сдвигов частей исходной кривой. Уходя, по возможности, от необходимости обоснования превентивной обработки экспериментальной кривой, были выполнены разложения трех интервалов кривой, результаты которого показаны на рисунке 12 (интервалы с марта 1988 г. по август 1988 г. и с декабря 1988 г. по апрель 1989 г. на рисунке 12 а) и с февраля 1988 г. по январь 1989 г. на рисунке 12 б)).

Расчетное определение соотношений $P_{\gamma i}$ (%) при различном наборе исходных радионуклидов, как для варианта без предварительной обработки, так и для варианта с удалением выбросов и провалов, связанных с техническими причинами, очень чувствительно к задаваемому набору радионуклидов. Несмотря на это, удается выделить более и менее устойчивые соотношения: так, например, доля ^{154}Eu оказывается на уровне ~15%, а ^{137}Cs ~ 20%. Убедительной представляется и доля ^{106}Ru (15-20%), тем более, что в переплавленном металле застывшем под ЛТСМ (и в ЛТСМ) в помещении 210/6 и в соседнем помещении 210/5 (в котором нет ЛТСМ, но есть только переплавленный металл) составляет до ~96 % γ-активности по данным γ-спектрометрического анализа образцов. К тому же, спад кривой $P_{\gamma\Sigma}$ в два раза за два года говорит в пользу значительной доли радионуклидов с $T_{1/2}$ ~1 год (^{106}Ru и ^{144}Ce).

Представлялось перспективным для уточнения разложения (2) воспользоваться естественным соотношением продуктов деления ядерного топлива на момент аварии (с учетом их распада к текущему моменту времени t) - рассчитанные А.А.Строгановым активности на момент аварии приведены в таблице 1, из которой видно, что $A_{0\gamma}(^{106}Ru)/ A_{0\gamma}(^{144}Ce) \sim 1/5$.

Таблица 1.

Радионуклид	^{106}Ru	^{125}Sb	^{134}Cs	^{137}Cs	^{144}Ce	^{154}Eu
Расчетная γ-активность на 26.04.1986г.	0.21	0.0047	0.042	0.064	1	0.0034
Экспериментальные γ-спектрометрические исследования образцов п.210/6 1990-1991 гг.	0.06 - 0.12	0.01	0.12 - 0.55	1 - 4.2	1	0.0016 - 0.09

На рисунке 13 представлено описание экспериментальных данных измерений МЭД датчиками G271 и G281 за период времени с 02.02.1988 по 21.02.1992 года в предположении, что все значимые изменения (более 3σ от ближайшего предыдущего значения) экспериментальных данных явились следствием технических неисправностей, а сдвиги участков экспериментальной зависимости приводят к увеличению

систематической погрешности. Погрешность измерения в каждом канале определялась классом точности прибора и частотой измерений (от одного до 24 раз в сутки).

Предполагая, что вклад в МЭД определяется двумя основными составляющими – продуктами активации, сосредоточенными в основном в расплавах металла вблизи места установления датчиков (см. рисунок 8) и продуктами деления, находящимися в ЛТСМ, можно описать поведение экспериментальной зависимости, оставив всего два варьируемых параметра: суммарные активности продуктов деления и продуктов активации (P1 и P2). Соотношение активностей компонент - ^{144}Ce, ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{154}Eu, ^{125}Sb и ^{106}Ru было взято из расчетов А.А.Строганова.

В данном варианте задача разложения решается однозначно, а решение оказывается асимптотически устойчивым. Значения отношения P1/P2 оказывается близким: 12.5 и 12.0 для обоих датчиков, что, по-видимому, объясняется их близким геометрическим расположением.

Таким образом, можно ожидать, что и для других датчиков подобного типа данное соотношение будет отражать наличие (или отсутствие) вблизи места расположения датчиков скоплений ЛТСМ и расплавов металлов. Абсолютное значение P1 и P2 определится мощностью потенциальных источников вблизи датчиков и расстоянием до них. Достаточно надежное описание поведения экспериментальных данных измерения МЭД датчиками системы «Шатер» позволяет выполнить прогнозные расчеты для планирования дозовых нагрузок персонала и используемой техники.

7. Заключение

Анализ исходных данных о радиационной обстановке на ОУ позволяют выбрать наиболее рациональную с точки зрения радиационной безопасности персонала технологию проведения работ (например, работ по преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему).

Разработанное программное обеспечение позволяет вплотную приблизиться к решению задач моделирования изменения радиационной обстановки при некоторых операциях, таких как:

- перемещения на карте радиационной обстановки источников ионизирующего излучения - аналог расчистки территории;
- изъятие с карты радиационной обстановки радиоактивных источников - аналог дезактивации, либо покрытия защитным экраном.

Кроме того, оперативно моделировать варианты изменения радиационной обстановки в помещениях, а с некоторыми усовершенствованиями - и на промплощадке, и принимать обоснованные технические решения.

Литература

[1] Фокин В., Климов И., Заболоцкий О., Черных Л. Акт по результатам обследования радиационной обстановки вдоль стены между помещениями 4004/1 и 4005/2. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0077.

[2] Ходалев Г.Ф., Петушков В.С., Лелянов В.Н. Акт радиационного обследования пом. 2005/2 на отм. 43 главного корпуса 4-го энергоблока АЭС. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0342.

[3] Александров А.А, Перетятько Н.И., Кукушкин Ю.Б. Акт о проведении разведки радиационной обстановки в помещении 401/2 на отм. 12.50. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0461.

[4] Афанасьев В.А., Конкин Е.Д., Таратушко В.А., Олейник М.С. Акт обследования радиационной обстановки и организации прохода пом. 515/3 из пом. 405/2 в осях 44-43/Е. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0604.

[5] Афанасьев В.А., Ковтун В.П., Немиров Н.В., Гырдымов Ю.Н. Акт обследования радиационной обстановки и рекомендации по нормализации РО и организации прохода в помещение 601/2 до ряда «М». Архив МНТЦ «Укрытие» № 0605.

[6] Афанасьев В.А., Черемисин П.И., Смирнов А.В., Саркисян Ю.С. Акт обследования радиационной обстановки и состояния строительных конструкций на лестнице с отм. 22.30 в осях И/44 вверх до отм. 25.90. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0606.

[7] Афанасьев В.А., Олейник М.С., Конкин Е.Д., Таратушко В.А. Акт обследования радиационной обстановки и организации прохода в пом. 405/2 в осях 44-43/Е. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0607.

[8] Афанасьев В.А., Олейник М.С., Конкин Е.Д., Таратушко В.А. Акт радиационного обследования пом. 616/4 (отм.22.30). Архив МНТЦ «Укрытие» № 0611.

[9] Маркушев В.М., Коренков А.Г., Петров Б.Ф., Плескачевский Л.А. Протокол обследования радиационной обстановки в помещениях бассейна-барботера 4-го блока ЧАЭС. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0707.

[10] Каратаев Б.А., Чечеров К.П. Акт обследования радиационной обстановки в пом. 303/3. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0711.

[11] Каратаев Б.А., Калинин В.Г., Чечеров К.П. Акт обследования радиационной обстановки и состояния строительных конструкций в пом. 304/3. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0713.

[12] Калинин В.Г., Фролов Н.П. Акт обследования радиационной обстановки коридора 301/5 в осях 46-49. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0714.

[13] Калинин В.Г., Папурин Н.М. Акт дополнительного обследования радиационной обстановки в помещении 318/2 и рекомендации по ее нормализации. Архив МНТЦ «Укрытие» № 0721.

[14] Чечеров К.П., Шевченко В.М., Уланов В.Е., Русанов В.А. Акт обследования радиационной обстановки коридора 217/2 (около

"слоновой ноги") и прилегающих помещений. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1320.

[15] Шевченко В.М., Калашников С.Е., Французов А.П., Чечеров К.П. Акт предварительного радиационного обследования пом. 217/2 4-го блока ЧАЭС (отм.+6.00) в районе "слоновой ноги". Архив МНТЦ «Укрытие» № 1321.

[16] Санитаров В.А., Алексеев В.В., Максимов М.Н., Уланов В.Е., Кишкин С.А., Русак О.Б., Русанов В.А., Чечеров К.П. Акт обследования радиационной труднодоступных участков пом. 210/5-7 ПРК (южная часть). Архив МНТЦ «Укрытие» № 1324.

[17] Шилов В.В., Борисов В.И., Ефремов Б.В., Лагунов А.П., Родионов Ю.А., Русанов В.А. Акт обследования радиационной обстановки в помещениях 208/9-12 на отм. 6.00 и рекомендации по ее нормализации. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1326.

[18] Русанов В.А., Голубятников В.И., Калинин В.Г., Родионов А.А. Акт дополнительного обследования радиационной обстановки в пом. 428/4 и рекомендации по ее нормализации. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1327.

[19] Шилов В.В., Борисов В.И., Ефремов Б.В., Лагунов А.П., Родионов Ю.А., Русанов В.А. Акт обследования радиационной обстановки в помещениях 208/9-12 на отметке 8.45 и рекомендации по ее нормализации. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1328.

[20] Чечеров К.П., Ширай А.П., Алешин А.М., Голубев А.Р., Галкин В.М., Власов В.В. Акт дополнительного обследования радиационной обстановки в пом. 210/5 ПРК в рядах К-Л. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1694.

[21] Чечеров К.П., Ширай А.П., Алешин А.М., Галкин В.М., Голубев А.Р., Власов В.В. Акт обследования радиационной обстановки помещений объекта "Укрытие" (ряды Д-Л, оси 49-51) на отм. +24.00. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1697.

[22] Сивенков Г.П., Лысенок Ю.М., Аверьянов И.А., Херувимов А.Н., Симановская И.Я., герасимова Т.С. Акт обследования радиационной обстановки в пом. 012/16 и рекомендации по ее улучшению. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1777.

[23] Чечеров К.П., Каратаев Б.А., Калинин В.Г., Силинский А.В. Акт обследования радиационной обстановки в коридорах 806/3,4 и помещениях 828, 832/2 на отметках +29.0 и 32.0 м. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1804.

[24] Чечеров К.П., Каратаев Б.А., Калинин В.Г., Прокопенко В.А., Алешин А.М., Шульгин А.М., Силинский А.В. Акт обследования радиационной обстановки в помещении шахты ремонта РЗМ 219/2 и помещениях 807/2, 808/2 на отметках 28.70 и 29.80. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1805.

[25] Чечеров К.П., Каратаев Б.А., Калинин В.Г., Шульгин А.В. Акт обследования радиационной обстановки в насоснотеплообменном боксе бассейнов выдержки 213/2. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1806.

[26] Чечеров К.П., Каратаев Б.А., Степанов В.Ю., Алешин А.М., Прокопенко В.А., Силинский А.В., Калинин В.Г. Акт обследования радиационной обстановки в пом. 610/2, 709/2 и на лестнице 328 объекта "Укрытие". Архив МНТЦ «Укрытие» № 1807.

[27] Чечеров К.П., Каратаев Б.А., Калинин В.Г., Шульгин А.В. Акт обследования радиационной обстановки в пом. 510/2 на отметке 12.5. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1808.

[28] Чечеров К.П., Каратаев Б.А., Шульгин А.В. Акт обследования радиационной обстановки в транспортном коридоре (помещение 061/2) на отметке 9.00. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1811.

[29] Чечеров К.П., Каратаев Б.А., Калинин В.Г., Прокопенко В.А., Силинский А.В., Акт обследования радиационной обстановки и состояния конструкций в коридоре 301/6 и помещениях 312/2, 312/3, 311/2 в рядах И-Л на отм. 9.00. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1812.

[30] Чечеров К.П., Каратаев Б.А., Калинин В.Г. Акт радиационного обследования шахты лифта "грязного" 058/4. Архив МНТЦ «Укрытие» № 1813.

[31] Чечеров К.П., Ширай А.П., Галкин В.М., Алешин А.М., Казаров Г.Д. Акт обследования радиационной обстановки в пом. 208/9-12 отм. 6.00 и 8.45, ряды Г-Ж, оси 45-49. Архив МНТЦ «Укрытие» № 2112.

[32] Чечеров К.П., Калинин В.Г. Акт обследования радиационной обстановки и состояния помещений объекта "Укрытие". Архив МНТЦ «Укрытие» № 2180.

[33] Кумшаев С.Б., Токаревский В.В., Чечеров К.П. Динамическая физическая модель объекта «Укрытие». Пятая международная научно-техническая конференция: Чернобыль-96: «Итоги 10 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС». Сб. тезисов, Зеленый Мыс, 1996, с. 142.

[34] Гринченко Г.П., Ненаглядов А.Ю., Сурин А.И., Чечеров К.П. Измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в исследовательских скважинах 4-го блока ЧАЭС. Препринт ИАЭ-5854/3, М, 1995, 25 с,

[35] Кумшаев С.Б., Свистунов С.Я., Сурин А.И., Спекторовский А.Р.,Ермоленко А.И., Хайнацкий К.О., Чечеров К.П. Восстановление трехмерных объектов по фотографиям применительно к объекту «Укрытие». Пятая международная научно-техническая конференция Чернобыль-96: «Итоги 10 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Сб. тезисов, Зеленый Мыс, 1996, с. 185.

[36] Кумшаев С.Б., Максимов Ю.К., Кибкало Н.Ю., Чечеров К.П. Расчет соотношения радионуклидного состава гамма-излучателей по измеренным значениям мощности дозы. Пятая международная научно-техническая конференция Чернобыль-96: «Итоги 10 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС». Сб. тезисов, Зеленый Мыс, 1996, с. 148.

RADIATION SITUATION IN THE PREMISES OF THE "SHELTER" OBJECT (informational and analytical provision)

S.B.Kumshayev, Yu.O.Vasilyev, N.Yu.Kibkalo,
Yu.K.Maximov,A.R.Spectorovski, K.P.Checherov

High radiative background is a basic problem restricting investigations on the "Shelter" object state and, thus, taking adequate measures to stabilize it and transform into an ecologically safe system. A lot of parameters of the radiation situation have been measured since the accident by numerous research teams with the help of various methods and equipment. The paper is dedicated to the generalization of this information and the review of the elaborated analytical software providing its handling and analysis.

РАДІАЦІЙНИЙ СТАН В ПРИМІЩЕННЯХ ОБ'ЄКТУ "УКРИТТЯ" (інформаційно-аналітичне забезпечення)

С.Б.Кумшаєв, Ю.О.Васильєв, Н.Ю.Кібкало,
Ю.М.Максімов, А.Р.Спекторовський, К.П.Чечеров

Однією з основних проблем, які обмежують можливість дослідження стану об'єкту "Укриття", а отже, і вживання адекватних заходів з його стабілізації і перетворення в екологічно безпечну систему, є високий радіаційний фон. За роки, що минули від моменту аварії, різними групами дослідників та різноманітними методами і приладами була проведена велика кількість вимірів параметрів, які характеризують радіаційну ситуацію. Стаття присвячена узагальненню цієї інформації, а також огляду опрацьованого програмно-аналітичного забезпечення, яке здійснює її обробку та аналіз.