

## **ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ОБЪЕКТА "УКРЫТИЕ" И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**В. Г. Батий, Л. И. Павловский, А. А. Правдивый, В. М. Рудько,  
А. А. Сизов, В. Н. Щербин**

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль*

**А. В. Дмитриенко**

*ГСП "ЧАЭС", Чернобыль*

Проведен анализ проблем радиационной безопасности при производстве работ в условиях объекта "Укрытие". Предлагаются пути их решения с использованием разработанных в ИПБ АЭС методик и устройств.

### **Введение**

Обязательным условием при эксплуатации объекта "Укрытие" и преобразовании его в экологически безопасную систему является обеспечение радиационной безопасности. Радиационная защита сводится к проведению комплекса мер, направленных на минимизацию радиационного воздействия на персонал и окружающую среду.

В настоящее время начата реализация проекта стабилизации, проводятся другие работы. Через несколько лет предполагается еще более широкомасштабная деятельность – строительство нового безопасного конфайнмента (НБК). Поэтому задача оптимизации радиационной защиты становится все более важной - при больших ожидаемых трудозатратах даже незначительное уменьшение индивидуальных эффективных доз на отдельных рабочих местах приведет к существенному уменьшению коллективной эффективной дозы (КЭД) при выполнении работ.

Цель данной работы - показать основные особенности радиационной защиты в условиях объекта "Укрытие", проблемы, возникающие при разработке мероприятий по обеспечению радиационной безопасности в процессе преобразования объекта "Укрытие", а также пути их решения. Результаты работы основаны на опыте работ по оптимизации радиационной защиты в процессе преобразования объекта "Укрытие" [1 - 4].

### **Особенности радиационной защиты в условиях объекта "Укрытие"**

Главной особенностью при организации радиационной защиты на объекте "Укрытие" по сравнению с другими радиационноопасными объектами является наличие большого количества интенсивных открытых радиоактивных источников, причем расположение значительного количества таких источников не известно (под завалами в блоке Б, под каскадной и за пионерными стенами, активный слой под послеаварийным техногенным слоем на промплощадке и т.д.). Кроме того, практически все конструкции объекта "Укрытие", даже новые, и окружающая территория вследствие выбросов через его неплотности являются радиоактивно загрязненными. Поэтому вместо классической задачи выбора оптимальной защиты от источника излучения с известными параметрами (реактор, ускоритель, закрытый изотопный источник) на произвольном рабочем месте возникает задача определения радиационных условий в предполагаемой зоне производства работ (ЗПР) и оптимизации радиационной защиты на основе анализа этих данных. При этом необходимо учитывать возможное изменение радиационной обстановки в процессе производства работ. Например, при производстве земляных и огневых работ на загрязненных поверхностях произойдет существенное увеличение концентрации радионуклидов в воздухе и уровня поверхностных загрязнений в ЗПР.

Вследствие разрушения при аварии инженерных барьеров на пути распространения аэрозолей по объекту "Укрытие" (локализирующие оболочки, системы вентиляции и др.) при производстве работ концентрация радионуклидов в воздухе может существенно измениться не только непосредственно в месте производства работ, но и в смежных зонах работ. Получение достоверных данных по суммарным поверхностным загрязнениям в ЗПР в большинстве случаев затруднено сильным гамма-фоном, не связанным с поверхностным загрязнением.

При проведении предпроектных исследований в предполагаемых ЗПР часто возникают проблемы, связанные с еще одной особенностью - отсутствием доступа во многие зоны аварийного объекта. Поэтому в ходе проектирования радиационной защиты в некоторых случаях приходится исходить из определенных гипотез, а по мере реализации проекта и создания путей доступа проводить дополнительные исследования радиационной обстановки и вносить соответствующие коррективы.

Отсутствие механизированных средств при производстве работ в объекте "Укрытие" является еще одной особенностью, существенно влияющей на эффективность биозащиты от внешнего гамма-излучения. Это приводит к тому, что в подавляющем большинстве случаев КЭД при ручной доставке и монтаже элементов биозащиты оказывается больше, чем выигрыш в дозе за счет проведения основных работ за биозащитой [5].

Еще одной особенностью организации радиационной защиты является необходимость проведения строительно-монтажных работ в сложных радиационных условиях. Поэтому оптимизация радиационной защиты должна быть увязана с выбором оптимальных, с точки зрения радиационной безопасности, проектных решений, включая пути доступа.

На объекте "Укрытие" ведется большой объем регламентных работ, связанных прежде всего с контролем уровня его ядерной и радиационной безопасности, а также состояния строительных конструкций. Поэтому при организации радиационной защиты необходимо учитывать регламентные работы, чтобы не допустить снижения качества контроля.

### Проблемы и пути решения

В связи с описанными особенностями объекта "Укрытие" возникают определенные проблемы при создании оптимальной системы радиационной защиты в процессе производства работ.

В качестве примера в таблице приведен перечень типичных радиационноопасных работ в объекте "Укрытие", основные проблемы, возникающие при организации радиационной защиты в процессе их производства, а также основные пути их решения.

#### Основные проблемы при организации радиационной защиты в процессе производства работ на объекте "Укрытие"

Виды радиационноопасных работ	Основные проблемы	Пути решения
Работы в ЗПР с высокими значениями мощности экспозиционной дозы (МЭД)	Отсутствие точных данных о расположении и интенсивности основных источников гамма-излучения	Измерение угловых и энергетических характеристик гамма-излучения, математическое и физическое моделирование биозащиты
Работы в ЗПР с сильно загрязненными поверхностями	Сложность измерения полных поверхностных загрязнений в условиях сильного гамма-фона Сложность точного прогноза концентрации радионуклидов на смежных к ЗПР участках	Разработка специальных методик измерения уровней поверхностных загрязнений Оперативное определение концентрации радионуклидов в воздухе

Виды радиационноопасных работ	Основные проблемы	Пути решения
Земляные работы	Отсутствие достоверных данных о коэффициентах дефляции и пылеподавления, характеристиках и объемах радиоактивных отходов (РАО) под техногенным слоем Большие объемы РАО при земляных работах, вероятность обнаружения высокоактивных РАО	Проведение специальных исследований в предполагаемых ЗПР  Выбор оптимальных проектных решений и схемы обращения с РАО, создание эффективной системы сортировки
Буровые работы	Большая вероятность распространения радионуклидов в процессе бурения. Проблема обращения с керновыми материалами	Разработка специальных методик безопасного проведения буровых работ

### Работы в ЗПР с высокими значениями МЭД

Опыт реализованных первоочередных стабилизационных мероприятий и выполненная оценка доз персонала для других планируемых работ на объекте "Укрытие" показывает, что при соблюдении требований радиационной безопасности относительный вклад внешнего облучения в суммарную дозу составляет от 90 до 99 % и, соответственно, внутреннего облучения от 1 до 10 % в зависимости от места проведения работ. Таким образом, наибольшее внимание должно быть уделено защите персонала от внешнего облучения, особенно в ЗПР с высокими значениями МЭД.

Основными способами радиационной защиты персонала от внешнего гамма-облучения на объекте "Укрытие" являются защита расстоянием и экранирование.

При планировании деятельности по преобразованию объекта "Укрытие" защита расстоянием в разной степени используются на практике, например сборку конструкций НБК предполагается проводить на удалении от объекта, а демонтаж нестабильных конструкций производить при помощи дистанционно управляемой техники. Тем не менее, большой объем работ будет проводиться персоналом непосредственно в рабочих зонах с высокими значениями МЭД. В этих случаях единственным эффективным способом защиты персонала от внешнего гамма-облучения является организация биозащиты (экранирование). До недавнего времени [5] для оптимизации экранирования использовались данные только по интегральной МЭД в предположении об изотропном распределении интенсивности гамма-излучения. Однако такой подход не отражает реальных условий в объекте "Укрытие" и вблизи него. Поэтому было показано [6], что задача оптимизации может быть решена только при наличии данных об угловых распределениях гамма-излучения и их энергетических характеристиках.

В ИПБ АЭС НАН Украины разработаны методики и установки, позволяющие выполнить исследования угловых распределений и энергетических характеристик гамма-излучения в предполагаемых зонах проведения работ:

ШД-1 (шар детекторный) [7,8] - многодетекторное устройство на основе термолюминесцентных детекторов;

ДКС-04К с выносным коллимированным детектором дозиметра-радиометра ДКС-04;

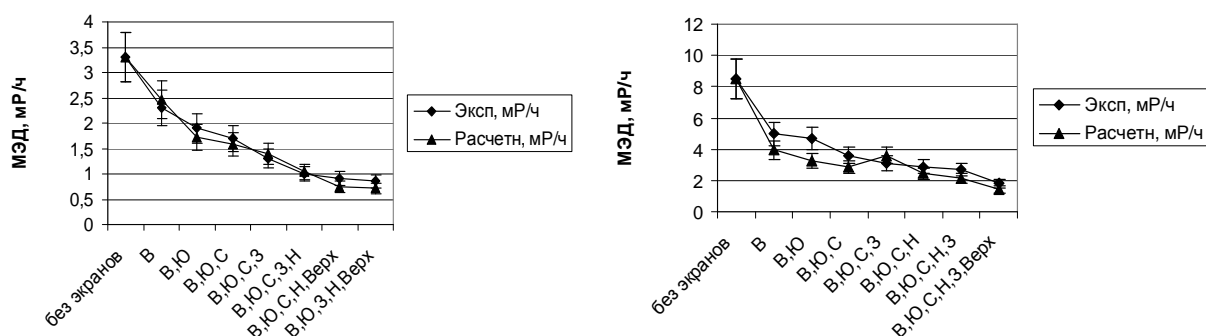
СЕГ-04К с коллимированным детектором переносного спектрометра СЕГ-04;

"Экран".

Для оценки эффективной энергии гамма-излучения методом фильтров используется коллимированный дозиметр ДКС-04К. Для измерения гамма-спектров в выбранных направлениях используется коллимированный спектрометр СЭГ-04К. Использование данного спектрометра позволяет выполнять определения угловых распределений гамма-излучений, спектральные исследования их характеристик и дополнительно оперативно оценивать среднюю кратность ослабления гамма-излучений, регистрируя изменение загрузки спектрометра в зависимости от толщины фильтра (свинцового экрана).

Для предварительной оценки интенсивности излучения с основных направлений и физического моделирования биозащиты используется установка "Экран".

На рисунке представлено сравнение результатов физического моделирования при помощи установки "Экран" и математического моделирования биозащиты на основании данных об угловых распределениях для двух точек измерения. Наблюдаемое согласие указывает на хорошую точность получаемых различными методиками экспериментальных данных и достоверность оценок при математическом моделировании биозащиты.



Сравнение результатов физического и математического моделирования биозащиты для двух точек измерения в локальной зоне объекта "Укрытие".

### Работы в ЗПР с сильно загрязненными поверхностями

При производстве огневых работ, а также осуществления деятельности, связанной с повышенным пылеобразованием существует два основных фактора воздействий на персонал:

внешнее бета-облучение хрусталика глаза и открытых поверхностей кожи;

внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радионуклидов при температурном или механическом воздействии на загрязненные поверхности.

Второй фактор воздействий может представлять опасность и на смежных ЗПР вследствие переноса радионуклидов воздушными потоками.

Для планирования радиационной защиты необходимо иметь данные о плотности суммарного поверхностного загрязнения в местах проведения работ. В условиях преобладающего влияния гамма-излучения часто измеряют только уровень снимаемого поверхностного загрязнения (методом мазка или сдува с последующим анализом в лаборатории). Для определения полного загрязнения требуется взятие образцов с последующим их исследованием в лаборатории. Осуществление процедуры взятия и анализа образцов затруднена особенностями объекта "Укрытие", а в некоторых случаях вообще неосуществима. Прямые же измерения суммарной плотности поверхностного загрязнения стандартными приборами в высоких смешанных радиационных полях, характерных для объекта "Укрытие", приводят к большой погрешности измерений, а во многих случаях не позволяют получить достоверный результат.

В ИПБ АЭС на основании анализа существующих методик и имеющейся приборной базы разработана методика измерений полного бета-загрязнения поверхностей в радиационных условиях объекта "Укрытие". Для этого предлагается проводить измерения в свинцовом коллиматоре с помощью малогабаритного кремниевого бета-детектора. Применение колли-

мирующего устройства для экранирования детектора от внешнего гамма-излучения с учетом фактора угловой анизотропии гамма-поля значительно снижает вклад гамма-излучения в общее радиационное поле, измеряемое детектором, и позволяет выполнять прямые измерения плотности суммарного поверхностного загрязнения бета-частицами в условиях объекта "Укрытие".

Эффективная доза за счет поступления радиоактивных веществ в организм работающего через органы дыхания (ингаляционная доза), в основном, вносит небольшой вклад в суммарную эффективную дозу. Следует отметить, что возможны и ситуации, когда ингаляционная доза может превысить внешнюю дозу, например при земляных или огневых работах, когда возможен перенос радиоактивных веществ на соседние рабочие места, в то время как работающий здесь персонал не защищен дополнительными средствами индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

Наиболее значимыми факторами при оценке ингаляционной дозы являются коэффициенты вторичного пылеподъема, эффективности применяемых средств пылеподавления и эффективности средств защиты органов дыхания. Наибольшую неопределенность при расчете вносит коэффициент вторичного пылеподъема, поэтому его определение в различных условиях работы является очень необходимой и актуальной задачей.

Учитывая неопределенности при определении воздухопотоков внутри объекта "Укрытие" необходимо проводить постоянный экспресс-контроль активности воздуха. Существующими системами измерения радиоактивности воздуха это сделать трудно, поэтому в ИПБ АЭС ведутся разработки способов оперативного мониторинга радиоактивного загрязнения воздуха [9, 10].

### **Земляные работы**

Одним из основных принципов, которыми следует руководствоваться при планировании земляных работ, является принцип минимизации РАО. Поэтому при работах вблизи объекта "Укрытие" предпочтение отдается проектным решениям, при которых извлекается минимальное количество радиоактивного грунта. Тем не менее, при реализации больших проектов, в частности строительства НБК, этого избежать не удастся. Поэтому большое значение для оптимизации радиационной защиты имеет предварительная оценка характеристик образуемых РАО [11] и выбор оптимальной схемы обращения с ними в процессе реализации проектов [12].

Для минимизации объемов образующихся РАО в объекте "Укрытие" разработана специальная классификация таких грунтов и предусмотрено повторное использование определенной их части. Однако эффективная система сортировки не создана. Это является одной из серьезных нерешенных проблем перед началом реализации широкомасштабных проектов преобразования объекта "Укрытие".

### **Буровые работы**

С целью минимизации объемов РАО при реализации дальнейших проектов предполагается широко применять свайные фундаменты. При этом предполагается использовать буронабивные сваи и, соответственно, планируется большой объем буровых работ. В ходе прохождения активного слоя не исключено распространение активностей в чистые доаварийные техногенные и естественные грунты. Поэтому уделяется большое внимание использованию специальных технологий бурения и постоянный оперативный контроль для предотвращения распространения загрязнений в окружающую среду [13].

### **Многокритериальный подход**

Как было показано выше, существует большое количество факторов, которые необходимо учитывать при оптимизации радиационной защиты. Одним из наиболее эффективных методов является так называемый многокритериальный анализ. Для решения этой задачи в

ИПБ АЭС разработана методика выбора оптимальных решений на основе многокритериального анализа различных факторов [14]. В качестве основных сравнительных критериев приняты следующие факторы:

стоимость выполнения работ (включая затраты на противорадиационную защиту и обращение с РАО),

коллективная эффективная доза (КЭД);

коллективный радиологический риск персонала;

коллективный радиологический риск населения;

финансовый риск;

величина риска ухудшения условий проведения регламентных работ, строительства НБК, извлечения топливосодержащих материалов.

### Выводы

Главной особенностью при организации радиационной защиты на объекте "Укрытие" является наличие большого количества неидентифицированных интенсивных открытых радиоактивных источников. При этом практически все конструкции объекта "Укрытие" и окружающая территория являются радиоактивно загрязненными вследствие выбросов через неплотности "Укрытия".

Отсутствие путей доступа во многие ЗПР до начала практической деятельности и сложная радиационная обстановка затрудняет своевременное получение достоверных исходных данных.

Существующие стандартные методики и установки не позволяют получить весь комплекс необходимых данных об угловых и энергетических характеристиках гамма-излучения, а также об уровнях полного поверхностного загрязнения. В ИПБ АЭС создан и продолжает развиваться комплекс экспериментальных методик для получения таких данных в объеме, необходимом для оптимизации радиационной защиты.

Для обеспечения необходимого уровня радиационной безопасности при производстве работ в объекте "Укрытие" и вблизи него необходимо в комплексе оптимизировать проектные решения и мероприятия по радиационной безопасности. Для решения этой задачи с учетом всех возможных факторов целесообразно применять многокритериальный подход, развитый в ИПБ АЭС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключников А.А., Щербин В.Н., Рудько В.М. и др. Анализ радиационной безопасности в процессе производства работ по стабилизации // Проблемы безпеки АЕС і Чорнобиля. - 2004. - Вип. 1. - С. 24 - 34.
2. Batiy V.G., Paskevich S.A., Rudko V.M. et. al. Mathematic modelling of "Shelter" object release impact // Problems of atomic science and technology. Series "Nuclear physics investigations". - 2004. - No. 5(44). - P. 96 - 100.
3. Батий В.Г., Рудько В.М., Закревский Ю.А. и др. Оптимизация противорадиационной защиты и вероятностный анализ безопасности при осуществлении деятельности по преобразованию объекта "Укрытие" // Проблемы Чернобиля. - 2004. - Вип. 14. - С. 65-72.
4. Батий В.Г., Егоров В.В., Ключников А.А. и др. Анализ потенциального облучения персонала в процессе реализации проекта по стабилизации объекта "Укрытие" // Там же. - С. 34 - 42.
5. Батий В.Г., Деренговский В.В., Кочнев Н.А. и др. Оптимизация разовой дозы и толщины биозащиты при проведении работ на объекте "Укрытие" // Там же. - 2000. - Вип. 6. - С. 44 - 53.
6. Батий В.Г., Егоров В.В., Закревский Ю.А. и др. Оптимизация биозащиты с использованием экспериментальных данных об угловых распределениях интенсивности гамма-излучения // Там же. - С. 53 - 55.
7. Батий В.Г., Егоров В.В., Ключников О.О. та ін. Спосіб вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання // Пат. 51989 МПК7 G01T 1/28. - Опубл. 15.07.04. - Бюл. "Промислова власність", № 7.

8. *Батий В.Г., Єгоров В.В., Закревський Ю.А. та ін.* Пристрій для вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання // Пат. 51989 МПК7 G01T 1/28. - Опубл. 15.07.04. - Бюл. "Промислова власність", № 7.
9. *Меленевский А.С.* Экспрессное измерение концентрации и дисперсного состава радиоактивных аэрозолей объекта "Укрытие" // Проблемы Чернобиля. - 2002. - Вып. 11. - С. 102 - 110.
10. *Батий В.Г., Сизов А.А.* Метод экспресс - детектирования удельной активности атмосферных аэрозолей при работах на объекте "Укрытие" // Там же. - 2003. - Вып. 13. - С. 139 - 141.
11. *Панасюк Н.И., Скорбун А.Д., Павлюченко Н.И. и др.* Оценка свойств радиоактивных отходов в грунтах основания сооружения для обеспечения проекта стабилизации объекта "Укрытие" // Там же. - С. 120 - 126.
12. *Ключников А.А., Рудько В.М., Батий В.Г. и др.* Схема обращения с твердыми радиоактивными отходами при проведении стабилизационных мероприятий // Проблемы безпеки АЕС і Чорнобиля. - 2004. - Вып. 1. - С. 35 - 42.
13. *Правдивый А.А.* Экспресс-контроль процессов миграции радиоактивных веществ при проведении буровых работ в локальной зоне объекта "Укрытие" // Проблемы Чернобиля. - 2003. - Вып. 13. - С. 148 - 151.
14. *Батий В.Г., Деренговский В.В., Михайлюк В.П. и др.* Проведение анализа доз/затрат/выгод по стабилизационным мероприятиям 14, 14а, 4 и б/н. // Там же. - С. 108 - 115.

Поступила в редакцию 04.03.05,  
после доработки – 10.03.05.

**44 ПРОБЛЕМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ" ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

**В. Г. Батій, Л. І. Павловський, О. А. Правдивий, В. М. Рудько,  
А. О. Сізов, В. М. Щербин, О. В. Дмитрієнко**

Проведено аналіз проблем радіаційної безпеки при виконанні робіт в умовах об'єкта "Укриття". Пропонуються шляхи їх вирішення з використанням розроблених в ІІБ АЕС методик і пристроїв.

**44 FEATURES OF RADIATION PROTECTION IN CONDITIONS OF "UKRYTTYA" OBJECT, PROBLEMS AND PROSPECTS OF THEIR DECISION**

**V. G. Baty, L. I. Pavlovsky, A. A. Pravdivyj, V. M. Rudko,  
A. A. Sizov, V. N. Shcherbin, A. V. Dmitrienko**

The analysis of radiation safety problems at works in conditions of the "Ukryttya" object have been carried out. The means of its solution with use of developed in ISP NPP techniques and devices are offered.