

GENERAL ASPECTS OF NEW RADIATION PROTECTION SYSTEM

Pavlenko T., German O., Ryazantsev V.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ НОВОЙ СИСТЕМЫ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

В

2006-2009 годах был опубликован ряд рекомендаций МКРЗ, посвященных новой системе противорадиационной защиты [1-6]. В ближайшее время должна выйти еще одна, не менее важная для практики противорадиационной защиты публикация, посвященная проблемам защиты от радона.

Каждая из этих публикаций подводит итоги многолетних научных исследований, анализ результатов которых привел к пересмотру подходов к ограничению облучения персонала и населения. Появились новые термины и понятия, изменились классификация ситуаций облучений, оценки величин радиационных рисков и т.д.

Публикация 104 МКРЗ впервые коснулась аспектов регулирования в области радиационной безопасности, а Публикация 108 — вопросов защиты окружающей среды. Не менее новаторской является и публикация, посвященная радиологической защите в медицине.

Основные положения этих публикаций стали базовыми для проекта новых Международных стандартов радиационной безопасности (BSS) МАГАТЭ. Ра-

бота над ними ведется уже несколько лет, и сегодня процедуры обсуждения и согласования проходит уже четвертая версия документа (окончательное утверждение запланировано на конец 2011 года).

Данная статья открывает цикл публикаций, посвященных новым международным стандартам радиационной безопасности.

Классификация ситуаций облучения. Современная система противорадиационной защиты предусматривает три ситуации облучения: запланированное, существующее и аварийное.

К запланированным МКРЗ отнесла ситуации, которые предполагают оправданное (с точки зрения радиационной безопасности и противорадиационной защиты) введение в эксплуатацию радиоактивных источников. Они могут обуславливать как ожидаемое (нормальное) облучение, так и облучение, которое, возможно, не произойдет никогда, но потенциально возможно (потенциальное облучение).

К существующим ситуациям облучения отнесены ситуации, которые уже существовали (сложилась) на момент принятия решения о необходимости радиационного контроля источника, включая ситуации пролонгированного облучения.

И, наконец, аварийные ситуации — ситуации, которые могут возникнуть (произойти) в результате потери контроля над источником и требуют проведения срочных контрмер во избежание и для уменьшения нежелательных последствий.

В основу данной классификации положено новое понятие «источника» [2]. Под «источником» МКРЗ понимает физический объект или процедуру, которые обуславливают

**ПАВЛЕНКО Т.А.,
ГЕРМАН О.А.,
РЯЗАНЦЕВ В.Ф.**

ГУ «Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины», Шведское управление радиационной безопасности, Государственный комитет ядерного регулирования

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ НОВОЇ СИСТЕМИ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

Павленко Т.О., Герман О.О., Рязанцев В.Ф.

У статті проаналізовано вимоги до нової системи протирадіаційного захисту, наведено класифікацію ситуацій опромінення, їхні характеристики та основні принципи обмеження. Проведено порівняльний аналіз з діючою в Україні системою захисту населення та персоналу.

GENERAL ASPECTS OF NEW RADIATION PROTECTION SYSTEM

Pavlenko T., German O., Ryazantsev V.

This article provides the analysis of new approaches to radiation protection, explains new classification of exposure situations and their characteristics as well as dose limits. The comparative analysis of the valid Ukrainian radiation protection system for patients and staff is made in the article.

© Павленко Т.А., Герман О.А., Рязанцев В.Ф.
СТАТЬЯ, 2011.

количественную величину дозы облучения индивидуума или группы лиц. Новое определение «источника» является производным от оценки ситуации облучения, следовательно, от выбора стратегии защиты и договоренностей между регулятором и лицензиатом о ее приемлемости [3]. Иными словами, под словом «источник» может пониматься как одиночный радиоактивный источник, так и технологическая операция или сложный производственный процесс.

Эти три ситуации облучения заменяют классификацию нормативных документов, действующих в Украине [7, 8], которые ситуации облучения подразделяют на «практическую деятельность» и «вмешательство». Тем не менее, новая система продолжает использовать эти термины, несколько изменив их контекст. Например, термин «практическая деятельность» используется для обозначения такого рода деятельности, которая обуславливает увеличение доз облучения или радиационных рисков. Термин «вмешательство» используется для описания контрмер, которые повлекут за собой уменьшение доз облучения.

МКРЗ разъясняет применение этих терминов, следующим образом: «Практической деятельностью» может быть не только бизнес, торговля, производство и т.п., это могут быть и правительственные соглашения, и договора, и благотворительность». И далее: «...в концепции «практической деятельности» неявно выражено понятие «радиоактивного источника», который привносится или применяется и может контролироваться прямыми действиями на источник». Иными словами, термин «практическая деятельность» неполно отражает суть понятия «радиоактивный источник» для всех возможных случаев облучения (период, когда вводится в эксплуатацию новый источник, период, когда источник эксплуатируется (поддерживается), при условии, что он может контролироваться прямым воздействием на источник, и т.д.) [2].

В Публикации 103 основные принципы радиологической защиты также связываются поня-

тием «источника» и формулируются следующим образом¹.

Оправданность — «любое решение, которое меняет существующую радиационную ситуацию, должно приносить больше пользы, чем вреда» (относится ко всем ситуациям облучения).

Оптимизация защиты — «при вероятности подвергнуться облучению количество облученных людей и величина их индивидуальных доз должны быть сохранены на столь низком уровне, как это разумно достижимо, принимая во внимание экономические и социальные факторы» (относится ко всем ситуациям облучения).

Ограничение дозы — «суммарная доза любого индивидуума от регулируемых источников для запланированных ситуаций облучения, исключая медицинское облучение пациентов, не должна превышать рекомендованные МКРЗ». Этот принцип индивидуален. Он применяется только для запланированных ситуаций облучения.

Рассмотрим данные принципы более детально.

Оправданность. Принцип оправданности означает, что привнесение нового источника должно приносить такую выгоду, которая бы восполнила вред облучения каждому отдельному человеку и обществу в целом. При анализе процедур оправданности должны рассматриваться прямые последствия (альфа — компонента) и аспекты проблемы, отстраненные от радиационного фактора, но включающие определенные затраты, риски, а также выгоды от эксплуатации нового источника.

Стратегия радиационной защиты для ситуаций существующего и аварийного облучения направлена на уменьшение облучения и также должна соотносить соответствующие выгоды. Причем соотношение польза-вред, как правило, напрямую зависит от выбора стратегии радиационной защиты.

Такой подход обусловлен не только стохастическим (вероятностным) характером влияния на человека ионизирующего облучения, но и учитывает нерадиационные факторы проблемы. Например, новая система предусматривает привлече-

ние к процессу принятия решения всех заинтересованных сторон: населения, общественных организаций, политиков, компаний и т.д. [2, 9]. Каждая из этих групп может иметь свое мнение о радиационных рисках и их последствиях и, соответственно, о приемлемости тех или иных контрмер и их масштабах. Поэтому процедуры оправданности для каждого отдельного случая должны проводиться с учетом всех социально-экономических и психологических аспектов ситуации.

Для анализа имеющихся данных используют методы оценки стоимости каждого отдельного фактора влияния. Для этого им присваиваются эквивалентные величины в стоимостном выражении (например, анализ «стоимость-эффективность» или «стоимость-польза») или денежном эквиваленте (многокритериальный анализ [10]).

Основным дозовым критерием при расчетах является величина коллективной дозы облучения. Например, при анализе «стоимость-польза» коллективная доза выражается в денежном эквиваленте и оценивается по величине денежных средств, которые не поступят в бюджет страны в результате реализации конкретного события. Эта величина пропорциональна расчетам количества возможных летальных исходов как следствия облучения населения. Соответственно ранжируются и другие социальные и иные последствия. Полученная величина называется α -компонентой, или прямым ущербом.

Непрямой ущерб называется β -компонентой. Это моральные, социальные, психологические и другие последствия, которые могут возникнуть в результате облучения. Размер этой компоненты может в десятки, а то и в сотни раз превышать прямые убытки. Например, диапазон «стоимости жизни» для России составляет от 0,5-48 тысяч долларов, а для Европы и США — от 2 тысяч до 5 миллионов долларов, иными словами разница в оценках может составлять 2-3 порядка [11].

Существует несколько методик оценки этой компоненты, например методика страховых компенсаций [12]; методика, учитывающая капитал [13]; методика, определяющая сум-

1 — Определения в данной статье даны в авторском переводе английских версий Публикаций 103 и 104.

марный ущерб для народного хозяйства [14] и т.д.

Оптимизация. Принцип оптимизации — краеугольный камень современной системы противорадиационной защиты и признание, что все уровни радиационного облучения наносят некоторый вред здоровью. Тем не менее, необходимо найти разумный баланс между уровнями радиационного облучения и финансовыми и социальными контрмерами, направленными на их уменьшение.

Для решения этой проблемы МКРЗ в Публикации 103 ввел понятие квоты дозы и ограничения риска, а также значения референтных уровней для реализации процедур оптимизации при гарантии, что она не приведет к «предвзятым и несправедливым результатам». Публикации 103 и 104 подчеркивают важность оптимизации для всех ситуаций облучения (запланированной, существующей и аварийной).

Принципы и методы оценки эффективности контрмер более ранних публикаций МКРЗ остаются в силе [15, 10, 16].

Однако рекомендации 2007 уточняют систему Публикации 60 [17] относительно применения процедур оптимизации, предлагая диапазон различных инструментов и процессов, которые могут использоваться для оптимизации, при этом признавая, что выбор подхода должен соответствовать задачам решаемой проблемы. Другими словами, МКРЗ подчеркивает: «Важно, чтобы ресурсы, израсходованные на оптимизацию, соответствовали потенциальным результатам, направленным на сохранение здоровья, а также чтобы выбранные контрмеры являлись доступными для всех, кого затрагивают его результаты». МКРЗ ясно заявляет, что «оптимизация защиты — это не минимизация дозы».

Необходимо отметить, что в новой системе радиационной защиты процесс оптимизации включает только те защитные мероприятия, которые оправданы. В основу оптимизации положено понятие индивидуальной дозы, а ее процедуры включают оценку доз облучения для всех возможных ситуаций облучения: запланированной, аварийной и существующей.

Этот принцип сегодня применяется для планирования «практической деятельности», когда защитные мероприятия закладываются на стадии планирования. Новые рекомендации распространяют этот подход и на другие ситуации облучения. Основными инструментами оптимизации являются квоты доз и референтные уровни для всех трех ситуаций.

Другими словами, процедуры оптимизации напрямую зависят от типа «источника». При этом защитные мероприятия должны быть разумно взвешенными и давать возможность уменьшить вероятность риска облучения для отдельного индивидуума до величин, ниже соответствующих значений квот доз и референтных уровней, учитывая все социальные и экономические аспекты проблемы [1].

Ограничение индивидуальных доз облучения. Понятие «предела дозы» применяется в новой системе только для запланированных ситуаций облучения. По сути, это совокупные ограничения доз облучения для профессионального облучения или доз облучения населения от всех регулируемых источников. Оценка соответствующих доз облучения выполняется для сравнения с пределами доз, рекомендованными МКРЗ (табл. 1) [2].

Приведенные в таблице 1 пределы эффективных доз (ЭД) являются суммой ЭД от источников внешнего облучения за один год, а также накопленной ЭД от внутреннего поступления радионуклидов за тот же период. Накопленная эффективная доза для взрослых рассчитывается для периода в 50 лет с момента поступления радионуклида, а для детей — на 70 лет.

Для профессионального облучения существует дополнительное условие — эффектив-

ная доза не должна превышать 50 мЗв за один отдельно взятый год. Существуют также дополнительные ограничения для беременных женщин. Для населения МКРЗ также предусматривает особые условия реализации ЭД — ее величина не должна превышать за один отдельно взятый год при условии, что в течение 5 последующих лет ЭД будет составлять не более 1 мЗв в год.

Понятие квоты дозы было предложено МКРЗ еще в 1990 году [17] и до недавнего времени применялось при проведении процедур оптимизации для практической деятельности. По сути, квота дозы является ограничением индивидуальной дозы для запланированной деятельности от источника, который был оптимизирован. В рекомендациях 2007 года МКРЗ [2] распространяет это понятие на все ситуации облучения.

На стадии планирования вариант, при котором дозы облучения превышают референтные уровни, априори считается неприемлемым. В таблице 3 приведены рекомендованные МКРЗ референтные уровни и квоты доз [2].

Данные величины являются верхними пределами для анализа контрмер при проведении процедур оптимизации для случаев, когда могут измениться число факторов, которые необходимо проанализировать, включая все выгоды

Таблица 1
Пределы индивидуальных доз облучения

Тип предела	Профессиональное	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год, в среднем за 5 лет	1 мЗв в год
Годовые эквивалентные дозы на		
Хрусталик	150 mSv	15 mSv
Кожу	500 mSv	50 mSv
Руки и ноги	500 mSv	-

для общества от анализируемой деятельности; стоимость и целесообразность защитных мероприятий, а также общепризнанная выгода для

данной ситуации облучения.

В [3] подчеркивается, что национальные регуляторы должны обеспечить величины лимитов и квот доз для разных

ситуаций облучения на уровне ниже величин, рекомендованных МКРЗ (табл. 3).

Практическое применение новой системы МКРЗ

Запланированные ситуации облучения

— ситуации, когда планируется намеренное введение в действие источников. В этом случае защитные мероприятия могут быть спланированы заранее, за исключением злонамеренного использования радиоактивных материалов (терактов).

Запланированные ситуации могут относиться к нормальному и потенциальному облучению. Кроме того, облучение разделяется на профессиональное, медицинское облучение и облучение населения. К запланированному облучению относят также использование радиоактивных материалов на рабочих местах и облучение населения вследствие выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду.

Возможны случаи, когда аварийная или существующая ситуации облучения становятся запланированными. Например, радиоактивное загрязнение земель «практической деятельностью», которая была завершена до принятия системы радиационной безопасности Публикации 60 (НРБУ-97), может также рассматриваться как ситуация существующего облучения. Однако работы по реабилитации таких территорий уже расцениваются как запланированная ситуация, поскольку мероприятия по реабилитации могут привести к новому облучению, которое в данном случае уже является управляемым.

Облучение населения. В контексте запланированных ситуаций источниками облучения населения могут являться сбросы-выбросы, обусловленные «практической деятельностью», радиоактивные отходы. Облучение техногенно-усиленными источниками природного происхождения, отходами хозяйственной деятельности с повышенным содержанием радионуклидов также относится к запланированным ситуациям облучения и оценивается по тому же сценарию, что и искусственные источники. Рекомендации 2007 года практически не вносят никаких изменений в дей-

Сравнительный анализ референтных уровней Публикации 103 и НРБУ-97 для запланированных ситуаций облучения

Таблица 2

Категории облучения	Публикация 60 (НРБУ-97)	Публикация 103
Облучение населения	1 мЗв в год	1 мЗв в год
Профессиональное облучение	20 мЗв в год в среднем за 5 лет	20 мЗв в год в среднем за 5 лет
хрусталик	150 мЗв в год ²	150 мЗв в год ⁴
кожа	500 мЗв в год ²	500 мЗв в год ²
руки /ноги	500 мЗв в год ²	500 мЗв в год ²
поступление радионуклидов	20 мЗв в год ³	20 мЗв в год ⁵
беременные	2 мЗв в год на брюшную полость 1 мЗв в год на плод	1 мЗв в год на плод
Квоты доз ⁶		
Облучение населения	0.3 мЗв в год	0.3 мЗв в год
РАО	0.3 мЗв в год	0.3 мЗв в год
долгоживущие радиоактивные выпадения	0.3 мЗв в год и 1 мЗв в год	0.3 мЗв в год и 1 мЗв в год
продолжительное облучение	0.1 мЗв в год	0.1 мЗв в год
Если для общества выгодно:		
минимальная	0.1 мЗв	0.1 мЗв
переходная	1 мЗв	1 мЗв
приемлемая	1-10 мЗв	1-10 мЗв
максимальная	10 мЗв	10 мЗв
Профессиональное облучение	Менее 20 мЗв в год	Менее 20 мЗв в год

2 — эквивалентная доза;

3 — накопленная эффективная доза;

4 — эквивалентная доза;

5 — накопленная эффективная доза;

6 — эффективная доза, если не указаны другие величины.

Референтные уровни Публикации 103

Таблица 3

Уровни границ оптимизации (квот доз и референтных уровней) для эффективных доз, мЗв	Характеристика ситуации облучения	Пример
>20-100 Высокие референтные уровни (для хорошо обученного персонала, который работает в аварийных условиях)	Экстремальные ситуации облучения, когда требуются обязательные защитные меры для всех путей облучения, а источник является неконтролируемым.	Ситуация аварийного облучения
>1-20	Индивидуум обычно получает выгоду от данной ситуации. Защита применяется для всех типов облучения или источников.	Профессиональное облучение для запланированных ситуаций, а также для реабилитационных мероприятий после аварий. Существующие ситуации облучения.
1 и менее	Применяется только для ситуаций, когда будет присутствовать выгода для общества, а не для отдельного человека.	Облучение населения для запланированных ситуаций.

ствующую нормативную базу [7, 8]. Практически все старые подходы к ограничению облучения сохраняются, предел дозы для населения будет составлять 1 мЗв в год.

Сегодня обсуждается еще одна величина ограничения индивидуальных доз для населения — 0,3 мЗв в год (новая версия Основных стандартов безопасности МАГАТЭ). Эта величина дает возможность вводить более жесткие ограничения на стадии проектирования, когда защитные мероприятия только закладываются. Например, для новых АЭС, учитывая современные возможности технологий, рекомендуется квота дозы 0,15 мЗв в год. Этот критерий рекомендуется закладывать и в проекты технологического оборудования.

Профессиональное облучение. МКРЗ определяет профессиональное облучение «как всевозможное радиационное облучение рабочих, полученное в результате профессиональной деятельности». Однако радиоактивные источники присутствуют практически везде, поэтому МКРЗ уточняет и ограничивает использование этого термина следующим образом: «Это радиационное облучение на рабочих местах в результате ситуаций, которые могут разумно быть расценены как часть производственного процесса» [2]. Кроме того, Комиссия продолжает настаивать на применении классификации ситуаций облучения с использованием «рабочих зон», а не рабочих специальностей и различать «контролируемые зоны» и «надзорные зоны».

Большинство стран приветствует такое разделение. Международный опыт радиационной защиты показывает, что такой подход дает возможность выделить зоны потенциальной опасности, применить к ним специальные мероприятия для минимизации доз облучения и в режиме нормальной эксплуатации, и в аварийных ситуациях.

Потенциальное облучение. К потенциальным ситуациям облучения МКРЗ относят такие ситуации, которые возникают в результате отклонений от запланированных технологических процедур,

или в случае, когда облучение может быть спрогнозировано. Примером потенциального облучения может считаться гетерогенное загрязнение, когда существует вероятность переоблучения. МКРЗ уже рассматривала сценарии потенциального облучения в [18] — запланированное потенциальное облучение небольшого количества людей, [19] — запланированное потенциальное облучение для больших когорт, [20] — злонамеренные инциденты, [21] — радиоактивные отходы. В [2] МКРЗ использует это понятие для контролируемых ситуаций запланированного облучения и при оценке рисков от существующих ситуаций.

Последовательность действий для оценки потенциального облучения включает следующие шаги [2]:

- определяются все виды деятельности и сценарии, которые могли бы вызвать облучение;

- идентифицируются и определяются вероятности возникновения и величины возможных доз облучения;

- определяются разумные мероприятия, которые позволят предотвратить возникновение таких событий или уменьшить вероятность таких сценариев облучения, которые потенциально можно предотвратить.

Для целей последнего МКРЗ рекомендует использовать критерии радиационных рисков «констрейна риска» («ограничения риска») — этот термин в отечественной прак-

тике отсутствует. Это новое понятие в практике противорадиационной защиты, а для ситуаций потенциального облучения на рабочих местах оно создает специфические проблемы. Например, мы можем столкнуться с отсутствием информации о вероятности возникновения ситуаций потенциальных облучений, тогда становится непонятно, как использовать концепцию «констрейна рисков» по отношению к такой «практической деятельности», ведь принимаемые решения могут значительно меняться в зависимости от входной информации.

Существующие ситуации облучения. К ситуации существующего облучения могут относиться сценарии облучения на территориях, загрязненных радионуклидами в результате завершённой «практической деятельности» или глобальных выпадений после испытаний ядерного оружия, аварийное облучение на поздней стадии аварии, облучение природными источниками (радоном в помещениях, строительными материалами), а также отходами хозяйственной деятельности с высоким содержанием естественных радионуклидов.

Для существующих ситуаций облучения МКРЗ рекомендует референтные уровни в терминах эффективных доз, которые используются при процедурах оптимизации. Основной целью системы радиационной защиты для существующих ситуаций облучения является оптимизация, направленная на

Таблица 4
Сравнительный анализ референтных уровней Публикации 103 и НРБУ-97 для существующих ситуаций облучения

Категории облучения	Публикация 60 (НРБУ-97)	Публикация 103
	Уровни действий	Референтные уровни
Радон в помещениях	3-10 мЗв в год (200-600 Бк м ⁻³ в домах)	10 мЗв в год
на рабочих местах	3-10 мЗв в год (500 - 1500 Бк м ⁻³ на рабочих местах)	10 мЗв в год
Технологические отходы с высоким содержанием ЕРН Вмешательство для ситуации пролонгированного облучения: должно быть оправдано всегда оправдано	10 мЗв в год 10 мЗв в год 100 мЗв в год	Выбирается самостоятельно в диапазоне от 1 до 20 мЗв в год

уменьшение индивидуальных доз ниже референтных уровней. В Публикации 103 МКРЗ отмечает, что облучение ниже референтных уровней не должно игнорироваться. Типичными референтным уровнями для данной ситуации будет диапазон от 1 до 20 мЗв в год [2].

Уровни действий НРБУ-97 (табл. 4) [7] для ситуации «вмешательство» прекрасно вписываются в диапазон доз референтных уровней МКРЗ и останутся практически такими же при разработке нового документа.

Помимо референтных уровней — дозового критерия, для принятия решения не менее важными являются такие параметры, как степень управляемости конкретной ситуацией и наличие национального и международного опыта в этой сфере. МКРЗ рекомендует проводить процедуры оптимизации на основании величины суммарной дозы облучения от всех источников, а референтные уровни соотносить с дозой облучения «репрезентативной персоны»⁷ — средне-статистического человека из критической группы (не путать с понятием «стандартный человек», которое используется для расчета доз облучения). Необходимо заметить, что такие подходы уже были реализованы для четвертой группы радиационно-гигиенических регламентов НРБУ-97.

Заключение

Современная система противорадиационной защиты позволяет реализовать на практике принцип «гибкого» регулирования и дает дополнительные возможности операторам (лицензиатам) для организации системы радиационной безопасности, учитывая экономическое состояние их дел. По своей сути новая система отличается от действующей в Украине, которая предполагает жесткое регламентирование радиационных параметров. Кроме того, для новой системы огромное влияние на принятие решений будет оказывать классификация ситуации облучения, а также наличие других факторов нерадиационной природы.

Появились новые понятия и термины, которым необходимо дать определения на украинском языке.

7 — Этот термин в отечественной практике отсутствует.

Наиболее пристального внимания требует медицинское облучение. Нормативные документы в этой области в Украине практически отсутствуют.

ЛИТЕРАТУРА

1. ICRP Publication 101. Assessing dose of the representative person for the purpose of radiation protection of the public and the optimization of radiological protection (2007) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453>.

2. ICRP Publication 103. Radiological protection (2008) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453>.

3. ICRP Publication 104. Scope of Radiological Protection Control Measures (2008) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453>.

4. ICRP Publication 105. Radiological protection on medicine (2009) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453>.

5. ICRP Publication 108. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants (2009) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453>.

6. ICRP Publication 109. Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453>.

7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 / Комітет з питань гігієнічного регламентування МОЗ України. — Офіц. вид. — К., 1998. — 135 с. — (Державні гігієнічні нормативи).

8. ОСПУ-05.

9. ICRP Publication 82. Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure. — Oxford: Pergamon Press, 2000. — 109 p. — // Annals of the ICRP. — 2000. — Vol. 29, № 1-2).

10. Publication ICRP 55. Optimization and Decision-Making in Radiological Protection. — New York: Pergamon Press, 1988. — 60 p.

11. Европейская база данных «Здоровье для всех» (2005) [Электронный ресурс] / Всемир-

ная организация здоровья. — Режим доступа: <http://www.euro.who.int/ru/what-we-do/data-and-evidence/databases/european-health-for-all-database-hfa-db2>.

12. Корчагин В.П. Экономическая оценка ущерба от людских потерь / В.П. Корчагин, В.Л. Нарожная // Проблемы прогнозирования. — 1998. — № 5. — С. 109-120.

13. Подгузов А.А. Шкала эквивалентности как инструмент измерения уровня жизни / А.А. Подгузов, Д.К. Кукушкин // Проблемы прогнозирования. — 1999. — № 1. — С. 108-122.

14. Трунов И.Л. Экономический эквивалент жизни человека / И.Л. Трунов, Л.К. Трунова, А.А. Востросаблин // Вестник Российской Академии естественных наук. — 2004. — № 4 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.trunov.com/content.php?act=showcont&id=43>

15. Публикация МКРЗ № 37. Оптимизация радиационной защиты на основе анализа соотношения затраты-выгода. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 95 с.

16. ICRP Publication 63. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency — New York: Pergamon Press, 1991. — 120 p.

17. ICRP Publication 60. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. — New York: Pergamon Press, 1991. — 136 p. — // Annals of the ICRP. — 1991. — Vol. 21, № 1-3).

18. ICRP Publication 76. Radiation protection in the case of the potential exposure. — New York: Pergamon Press, 1995. — 61 p. (Annals of the ICRP. — 1995. — V. 27, № 2).

19. ICRP Publication 64. Protection from potential exposure: a conceptual framework. — New York: Pergamon Press, 1993. — 104 p. (Annals of the ICRP. — 1993).

20. ICRP Publication 96. Protection people against radiation exposure in the event of a radiological attack. — New York: Pergamon Press, 2004. — 82 p. (Annals of the ICRP. — 2004. — V. 35, № 1).

21. ICRP Publication 81. Radiation protection recommendation as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste. — New York: Pergamon Press, 1999. — 98 p. (Annals of the ICRP. — 1999. — V. 28, № 4).

Надійшла до редакції 14. 11.2010.