

УДК 699.877.3

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ СОГЛАСНО РЕКОМЕНДАЦИЯМ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОМИССИИ ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ

БЕЛИКОВ А. С.¹, *д. т. н., проф.*,
ПИЛИПЕНКО А. В.², *к. т. н., доц.*,
СТЕПАНОВА А. В.³, *асп.*,
ВИШНЕВСКИЙ А. С.⁴, *студ.*

¹ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: a.v.pilipenko79@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

³ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: stepanova-a.v.8888@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0361-5436

⁴ Студент факультета Промышленного и гражданского строительства, гр. ПГС-11-5, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, e-mail: vishnevskevanton@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3182-3790

Аннотация. Введение. При проведении исследований и оценке радиационной опасности на радиационно-загрязненной территории нами были учтены рекомендации по выполнению требований концепции радиационной безопасности в Украине. Концепция радиационной безопасности населения Украины основана на положениях, сформулированных в Рекомендациях Международной комиссии по радиационной защите (далее Рекомендациях МКРЗ). В них изложены научные разработки отечественных и иностранных специалистов [1 – 3] и Нормы радиационной безопасности Украины (далее НРБУ-97), в основу которых положены Нормы радиационной безопасности СССР (НРБ-76/87), опыт ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС, которые являются национальными регламентами в области радиационной безопасности [4]. **Цель.** Согласно Рекомендациям МКРЗ, определено, что: «... Цель радиационной защиты должна заключаться в том, чтобы предупредить вредные стохастические эффекты и ограничить вероятность стохастических эффектов до уровня, считающегося приемлемым ...». Для достижения этой цели Комиссия рекомендует ограничение доз. **Вывод.** Для определения фактических пределов доз (суммарной эффективной дозы облучения персонала или населения) необходимо проводить мониторинг рабочей зоны для персонала и территории предприятия, а также окружающей среды и для населения, что позволяет оценить уровень радиационной опасности с учетом многолетних замеров и выявленной динамики.

Ключевые слова: радионуклид, радиационная опасность, уровень облучения, радиационная защита, эквивалентная доза.

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗГІДНО РЕКОМЕНДАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ КОМІСІЇ З РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *д. т. н., проф.*,
ПИЛИПЕНКО А. В.², *к. т. н., доц.*,
СТЕПАНОВА А. В.³, *асп.*,
ВИШНЕВСЬКИЙ А. С.⁴, *студ.*

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра безпеки життєдіяльності, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: a.v.pilipenko79@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: stepanova-a.v.8888@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0361-5436

⁴ Студент факультету Промислового і цивільного будівництва, гр. ПГС-11-5, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: vishnevskevanton@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3182-3790

Анотація. *Вступ.* При проведенні досліджень і оцінки радіаційної небезпеки на радіаційно-забрудненій території нами були враховані рекомендації з виконання вимог концепції радіаційної безпеки в Україні. Концепція радіаційної безпеки населення України заснована на положеннях, сформульованих у Рекомендаціях Міжнародної комісії з радіаційного захисту (далі Рекомендаціях МКРЗ). У них викладено наукові розробки вітчизняних і закордонних фахівців [1 – 3] і Норми радіаційної безпеки України (далі НРБУ-97), в основу яких покладені Норми радіаційної безпеки СРСР (НРБ-76/87), досвід ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС, які є національними регламентами в області радіаційної безпеки [4]. **Мета.** Згідно з Рекомендаціями МКРЗ, визначено, що: «... Мета радіаційного захисту повинна полягати в тому, щоб попередити шкідливі нестохастическіе ефекти і обмежити ймовірність стохастическіе ефектів до рівня, що вважається прийнятним ...». Для досягнення цієї мети Комісія рекомендує обмеження доз. **Висновок.** Для визначення фактичних меж доз (сумарної ефективної дози опромінення персоналу або населення) необхідно проводити моніторинг робочої зони для персоналу та території підприємства, а також навколишнього середовища і для населення, що дозволяє оцінити рівень радіаційної небезпеки з урахуванням багаторічних вимірів і виявленої динаміки.

Ключові слова: радіонуклід, радіаційна небезпека, рівень опромінення, радіаційний захист, еквівалентна доза.

ASSESSMENT OF RADIATION HAZARDOUS ACCORDING TO RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

BELIKOV A. S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
PILIPENKO A. V.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc.*,
Stepanova A. V.³, *graduate student*,
Vishnevsky A. S.⁴, *stud.*

¹ Department of life safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua. ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of life safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: avpilipenko79@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-9644-3118

³ Department of life safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: stepanova-av8888@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-0361-5436

⁴ A student of industrial and civil construction, c. ICC-11-5, Department of life safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: vishnevskevanton@mail.ru. ORCID ID: 0000-0003-3182-3790

Annotation. Introduction. In conducting research and evaluation of radiation hazards in the radiation-contaminated area we took into account the recommendations to meet the requirements of the concept of radiation safety in Ukraine. The concept of radiation safety of the population of Ukraine is based on the provisions set out in the recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP recommendations below). They set out the research and development of domestic and foreign experts [1 – 3] and the Radiation Safety Standards of Ukraine (hereinafter NRB-97), which are based on Radiation Safety of the USSR (NRB-76/87), the experience of liquidation of the accident at the Chernobyl nuclear power plant, which are national regulations in the field of radiation safety. [4]. **Purpose.** According to the ICRP recommendations, it is determined that: "... The purpose of radiation protection should be to prevent harmful non-stochastic effects and to limit the probability of stochastic effects to a level considered acceptable ...". To achieve this, the Commission recommends limiting doses. **Conclusion.** To determine the actual dose limits (total effective dose to personnel or the population) should be monitored work area for the staff and the territory of the enterprise, as well as the environment and for the population that allows us to estimate the level of radiation hazards, taking into account the multi-year measurement and identification of speakers.

Key words: radionuclide, radiation hazard, exposure, radiation protection, dose equivalent.

Введение. При проведении исследований и оценке радиационной опасности на радиационно-загрязненной территории нами были учтены рекомендации по выполнению требований концепции радиационной безопасности в Украине. Концепция радиационной безопасности населения Украины основана на положениях, сформулированных в Рекомендациях Международной комиссии по радиационной защите (далее Рекомендациях МКРЗ). В них изложены

научные разработки отечественных и иностранных специалистов [1 – 3] и Нормы радиационной безопасности Украины (далее НРБУ-97), в основу которых положены Нормы радиационной безопасности СССР (НРБ-76/87), опыт ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС, которые являются национальными регламентами в области радиационной безопасности [4].

Цель. Согласно Рекомендациям МКРЗ, определено, что: «... Цель радиационной защиты

должна заключаться в том, чтобы предупредить вредные нестохастические эффекты и ограничить вероятность стохастических эффектов до уровня, считающегося приемлемым ...». Для достижения этой цели Комиссия рекомендует ограничение доз со следующими основными требованиями:

а) никакой вид деятельности не должен вводиться в практику, если его применение не дает реальную «чистую» пользу;

б) все дозы облучения должны поддерживаться на таких низких уровнях, какие только можно разумно достигнуть с учетом экономических и социальных факторов;

в) эквивалентная доза облучения отдельных лиц не должна превышать предела, рекомендуемого Комиссией для соответствующих условий.

Согласно Рекомендаций МКРЗ, для оценки вклада в облучение от любого вида деятельности необходимо рассчитать эквивалентную дозу и связанные с ней величины: эффективную эквивалентную дозу, полувектовую дозу для отдельных лиц и групп населения. Для гарантии того, что индивидуальные эквивалентные дозы не превышают соответствующих пределов, в расчет индивидуальных эквивалентных доз необходимо включать вклады от всех видов деятельности. При выполнении оценок, относящихся к источнику, определяется ущерб от данного источника. Такая оценка включает расчет как индивидуальных, так и коллективных эквивалентных доз от настоящих и будущих процессов, связанных с данным видом деятельности. Оценки, применяемые к человеку, относятся к расчету эквивалентных доз на индивидуумы от всех источников. Чтобы выполнить каждый из этих видов оценок, необходимо соответствующим образом учесть как результаты прямых измерений, в соответствии с программой мониторинга, так и расчеты, сделанные на основе моделей.

Рекомендуемый Комиссией предел эквивалентной дозы на все тело 5 мЗв в год, примененный к критическим группам населения, обеспечивает эту степень безопасности. Применение предела годовой эквивалентной дозы 5 мЗв к отдельным лицам из населения вероятнее всего приведет к тому, что средняя эквивалентная доза будет менее 0,5 мЗв при условии, что виды деятельности, вызывающие облучение населения, немногочисленны, а доза облучения остального населения (не входящего в критические группы) будет незначительная. Именно благодаря данным рекомендациям в Украине в 1998 году вышел Закон Украины «О защите человека от воздействия ионизирующего излучения», который и установил предел суммарной эффективной дозы облучения для населения на уровне не более 1 мЗв/год.

Методка. Комиссией разработаны некоторые рекомендации по пределам и уровням облучения. Так в практике радиационной защиты часто необходимо установить пределы величин, отличных от

эквивалентной дозы, ожидаемой эквивалентной дозы, обусловленной поступлением радионуклидов в организм человека. Такие пределы, рассчитанные на основе основных пределов, с помощью определенной модели, называются **производными пределами**. Производные пределы могут быть установлены для таких показателей, как мощность эквивалентной дозы на рабочем месте, загрязнение воздуха, загрязнение поверхностей и других объектов окружающей среды. Точность связи между производными и основными пределами зависит от степени реальности модели, использованной для получения производного предела.

Пределы, установленные руководством учреждения, называются **административными пределами**. Как правило, они должны быть ниже производных пределов, хотя, как исключение, могут быть равны.

В нормативных документах введен термин контрольного уровня, для предприятий с повышенной радиационной опасностью. **Контрольные уровни (КУ)** могут быть установлены для любых величин, определенных в ходе программы радиационной защиты, независимо от того, существуют ли пределы этих величин. КУ не является допустимой величиной и используется для определения образа действий, когда значение какой-то величины превышает или по прогнозу должно превысить КУ. При установлении данных уровней часто встречаются формы КУ: уровень регистрации, уровень исследования и уровень вмешательства.

Уровень исследования можно определить как значение эквивалентной дозы или поступления, выше которого результаты радиационного контроля считаются достаточно важными, чтобы оправдать дальнейшее исследование. Для любого определенного вида измерения можно установить производный уровень исследования таким, чтобы измеренный результат, оказавшийся ниже производного уровня исследования, с разумной определенностью соответствовал значению эквивалентной дозы или поступления ниже соответствующего уровня исследования (табл. 1).

С течением времени появилась необходимость введения нового понятия: «концепция верхних границ». Цель введения понятия «верхняя граница источника» заключается в его влиянии в качестве ограничителя на оптимизацию защиты от этого источника для гарантии того, что величина облучения любого индивидуума останется ниже соответствующего предела эквивалентной дозы, даже если этот индивидуум облучается от нескольких источников. Верхняя граница для одного искусственного источника, таким образом, устанавливается на уровне какой-то части годового предела эквивалентной дозы.

Понимая всю важность рассматриваемых вопросов в 1997 году в Украине была создана собственная система «Нормы радиационной безопасности Украины» (далее НРБУ-97), которые

включают систему принципов, критериев, нормативов и правил, выполнение которых является обязательной нормой в политике государства по

отношению к обеспечению противорадиационной защиты человека и радиационной безопасности.

Таблица 1

Эквивалентные дозы / Equivalent doses

Характерные ситуации облучения	Регламентируемые величины		Допустимые их значения
Нормальная эксплуатация промышленных источников ионизирующего излучения	лимит дозы, мЗв/год	эффективной	20 – (кат. А), 2 (кат. Б), 1 (кат. В)
		эквивалентной	150 (500, 500) – кат. А, 15 (50, 50) – кат. Б, В
	уровни	допустимой	ДПА, ДКА, ДППА, ДМДА, ДЗА; ДПБ, ДКБ, ДПВ, ДКВ
		контрольной	меньше или равны допустимым уровням
Облучение персонала на хвостохранилищах	уровни	допустимой	$370 \leq A_{эф}, \text{Бк/кг}, \leq 1350;$ $R_{пом}, \text{мкГр/ч} \leq 0,26 (0,44);$ $\text{ЭРОА}_{\text{Рп}}, \text{Бк/м}^3 \leq 50;$ $\text{ЭРОА}_{\text{Тп}}, \text{Бк/м}^3 \leq 3$
		производственной	меньше допустимых уровней
		административной	меньше или равны производственным уровням
		контрольной	меньше или равны допустимым, производственным или административным уровням

Целью НРБУ-97 является определение основных требований к:

- охране здоровья человека от возможного вреда, связанного с облучением источниками ионизирующих излучений;
- безопасной эксплуатации источников ионизирующего излучения;
- охране окружающей среды.

Цель НРБУ-97 достигается путем введения гигиенических регламентов, обеспечивающих: предотвращение возникновения детерминированных эффектов у облученных лиц и ограничение на приемлемом уровне вероятности возникновения стохастических эффектов.

Радиационная безопасность и противорадиационная защита по отношению к практической деятельности строятся с использованием следующих основных принципов:

- любая практическая деятельность, сопровождаемая облучением людей, не должна осуществляться, если она не приносит большей пользы облучаемым лицам или обществу в целом, по сравнению с вредом, который она причиняет (**принцип оправданности**);

- уровни облучения от всех, подпадающих под регулирование видов практической деятельности не должны превышать установленные пределы доз (**принцип не превышения**);

- уровни индивидуальных доз и/или количество облучаемых лиц по отношению к каждому источнику излучения должны быть настолько низкими, насколько это может быть достигнуто с учетом экономических и социальных факторов (**принцип оптимизации**).

Согласно НРБУ-97 численные значения пределов доз устанавливаются на уровнях, исключающих возможность возникновения детерминированных эффектов облучения и, одновременно,

гарантирующих настолько низкую вероятность возникновения стохастических эффектов облучения, что она является приемлемой как для отдельных лиц, так и для общества в целом.

С пределом дозы сравнивается сумма эффективных доз облучения от всех промышленных источников излучения. В эту сумму не включают:

- дозу, которую получают при медицинском обследовании или лечении;
- дозу облучения от природных источников излучения;
- дозу, связанную с аварийным облучением населения;
- дозу облучения от техногенно-повышенных (техногенно-усиленных) источников природного происхождения.

Вывод. Для определения фактических пределов доз (суммарной эффективной дозы облучения персонала или населения) необходимо проводить мониторинг рабочей зоны для персонала и территории предприятия, а также окружающей среды и для населения, что позволяет оценить уровень радиационной опасности с учетом многолетних замеров и выявленной динамики.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ / REFERENCES

1. Аглинцев, К. К. Дозиметрия ионизирующих излучений. – М. : Гостехиздат, 1957. – 503 с.
Aglincev, K. K. Dozimetrija ionizirujushih izlucheniij [dosimetry of ionizing radiation.]. – М. : Gostehizdat, 1957. – 503 s.
2. Бурназян, А. И. Основные итоги работ по созданию системы радиационной безопасности в СССР / А. И. Бурназян, С. М. Городинский, Л. А. Ильин, В. М. Козлов, А. Н. Марей, Г. М. Пархоменко, А. Д. Туркин. – «Атомная энергия», 1971. – Т. 31. – Вып. 4. – С. 403.

Burnazjan, A. I. Osnovnye itogi rabot po sozdaniju sistemy radiacionnoj bezopasnosti v SSSR [The main results of the work to create a system of radiation safety in the USSR] / A. I. Burnazjan, S. M. Gorodinskij, L. A. Il'in, V. M. Kozlov, A. N. Marej, G. M. Parhomenko, A. D. Turkin. – «Atomnaja jenergija», 1971. – Т. 31. – Вып. 4. – С. 403.

3. Городинский, С. М. Экспериментальное определение коэффициента перехода радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей в воздух рабочих помещений / С. М. Городинский, Д. С. Гольдштейн, У. Я. Маргулис и др. – «Гигиена и санитария». – 1972. – № 5. – С. 46.

Gorodinskij, S. M. Jeksperimental'noe opredelenie koeficienta perehoda radioaktivnyh veshhestv s zagryaznennyh poverhnostej v vozduh rabochih pomeshhenij [Experimental determination of the conversion coefficient of radioactive substances from contaminated surfaces in the workroom air] / S. M. Gorodinskij, D. S. Gol'dshitejn, U. Ja. Margulis i dr. – «Gigiena i sanitarija». – 1972. – № 5. – С. 46.

4. Городинский, С. М. Средства индивидуальной защиты для работ с радиоактивными веществами : изд. 2-е. – М. : Атомиздат, 1973.

Gorodinskij, S. M. Sredstva individual'noj zashhity dlja rabot s radioaktivnymi veshhestvami : izd. 2-e [Personal protective equipment for work with radioactive substances: Vol. 2nd]. – М. : Atomizdat, 1973.

5. Городинский, С. М. Методы оценки эффективности и качества средств индивидуальной защиты работающих на производстве / С. М. Городинский, А. П. Купчин, С. Л. Каминский и др. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 224 с.

Gorodinskij, S. M. Metody ocenki jeffektivnosti i kachestva sredstv individual'noj zashhity rabotajushih na proizvodstve [Methods for assessing the effectiveness and quality of personal protective equipment employed in manufacturing] / S. M. Gorodinskij, A. P. Kupchin, S. L. Kaminskij i dr. – М. : Legkaja i pishhevaja prom-st', 1984. – 224 s.

6. Запрудин В. Ф. Радиоэкология строительного производства / В. Ф. Запрудин, И. А. Соколов, А. В. Пилипенко. – Д. : ПГАСА, 2003. – 136 с.

Zaprudin V. F. Radiojekoologija stroitel'nogo proizvodstva [Radioecology building production] / V. F. Zaprudin, I. A. Sokolov, A. V. Pilipenko. – D. : PGASA, 2003. – 136 s.

7. Комочков М. М. Величины для контроля радиационной безопасности. – Дубна, 1992. – 24 с.

Komochkov M. M. Velichiny dlja kontrolja radiacionnoj bezopasnosti [Values for the control of radiation safety]. – Dubna, 1992. – 24 s.

8. Крисюк Э. М. Радиационный фон помещений. –

М. : Энергоатомиздат, 1989. – 118 с.

Krisjuk E. M. Radiacionnyj fon pomeshhenij [Radiation background space]. – М. : Jenergoatomizdat, 1989. – 118 s.

9. Маргулис У. Я. Радиация и защита : изд. 3. – М. : Атомиздат, 1974. – 160 с.

Margulis U. Ja. Radiacija i zashhita : izd. 3 [Radiation and Protection: vol. 3.]. – М. : Atomizdat, 1974. – 160 s.

10. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97). – К. : МОЗ, 1997. – 121 с.

Normy radiacionnoj bezopasnosti Ukrainy (NRBU-97) [Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97)]. – К. : MOZ, 1997. – 121 s.

11. Радиационная защита и безопасность источников излучения : Международные основные нормы безопасности [промежуточное издание]. – Режим доступа: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_171690.pdf Radiacionnaja zashhita i bezopasnost' istochnikov izlucheniya : Mezhdunarodnye osnovnye normy bezopasnosti [promezhutochnoe izdanie] [Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards [intermediate edition]]. – Rezhim dostupa: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_171690.pdf

12. Рекомендации МКРЗ и нормы МАГАТЭ по радиационной защите. – Режим доступа: http://profbeckman.narod.ru/RR0.files/L19_4.pdf.

Rekomendacii MKRZ i normy MAGATJe po radiacionnoj zashhite [Recommendations of the ICRP and IAEA standards on radiation protection]. – Rezhim dostupa: http://profbeckman.narod.ru/RR0.files/L19_4.pdf

13. Сидельникова О. П. Влияние активности естественных радионуклидов строительных материалов на радиационный фон помещений / О. П. Сидельникова, Ю. Д. Козлов. – М. : Энергоатомиздат, 1996. – 161 с.

Sidel'nikova O. P. Vlijanie aktivnosti estestvennyh radionuklidov stroitel'nyh materialov na radiacionnyj fon pomeshhenij / O. P. Sidel'nikova, Ju. D. Kozlov. – М. : Jenergoatomizdat, 1996. 161 s.

14. Doffin Q. W., Marley W. Q. Risk evaluation of the public on the event of accidents at nuclear installations. Radiological protection Harwell, Didcot, Bereshire, 1969.

15. International commission on radiological protection. – Режим доступа: <http://www.icrp.org/publications.asp>.

Статья рекомендована к публикации докт. техн. наук, проф. В. И. Большаковым (Украина); докт. техн. наук, проф. Д. В. Лаухиным (Украина)

Поступила в редколлегию 21.01.2015

Принята к печати 24.03.2015