

Анализ полученных данных вновь показал присутствие НТ в воздушной среде обоих участков, приблизительно в одних и тех же пределах. Объемная активность НТ в атмосферном воздухе составила от 1,4 Бк/м³ до 12 Бк/м³, в почвенном воздухе – от 0,8 Бк/м³ до 16 Бк/м³.

Проведенные исследования свидетельствуют, что процесс поступления и перераспределения ³Н в воздухе может быть различным в зависимости от среды, в которой он содержится, от форм его нахождения в ней, а также от механизмов трансформации или образования ³Н в различных средах.

Таким образом, при рассмотрении источников и механизмов образования НТО в воздушной среде в зоне влияния РОО, в первую очередь, необходимо рассматривать такие процессы как испарение с поверхности воды, испарение с поверхности почвы, особенно в случае неглубокого залегания грунтовых вод, процессы транспирации растений. Рассматривая газообразные соединения ³Н в воздухе, необходимо обращать внимание на процессы жизнедеятельности растений и биологические процессы, происходящие в почве, в результате которых образуется широкий класс органических соединений с различными физико-химическими свойствами. В случае исследований на СИП немаловажную роль в процессах образования и поступления ³Н в воздух играет характеристика проведенного ядерного испытания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Старков, В. Д. Радиационная экология / В. Д. Старков, В. И. Мигунов. – Тюмень: ФГУ ИПП, 2007. – 396 с.
2. Вакуловский, С. М. Содержание ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и трития в Балтийском море в 1972 г. / С. М. Вакуловский, И. Ю. Катрич, С. Г. Малахов и др. // Атомная энергия. – 1975. – Т. 39. – № 3. – С. 183–185.
3. Болсуновский, А. Я. Тритий в водоемах бассейна реки Енисей в зоне влияния Горно-химического комбината Минатома РФ / А. Я. Болсуновский, Л. Г. Бондарева // Экология. – 2005. – № 1. – С. 59–63.
4. Jean-Baptiste, P., Baumier, D., Fourre, E. The distribution of tritium in the terrestrial and aquatic environmental of the Greys-Malville nuclear power plant // Journal of Environmental Radioactivity. – 2007. – Vol. 94. – P. 107–118.
5. Report of the independent Advisory Group on Ionising Radiation. Review of Risks from Tritium. / Documents of the Health Protection Agency Radiation, Chemical and Environmental Hazards, November, 2007. URL: http://www.rachel.org/lib/tritium_risks.070601.pdf.
6. Trevorrow, L. E., Kullen, B. J., Jarry, R. L. Tritium and noble gas fission products in the nuclear fuel cycle // I. Reactors. ANL-8102, 1974.
7. Tritium in the Environment // NCRP No. 62. / National Council on Radiation Protection and Measurements. – 1979. – 78 p.
8. Баталин, Ю. Модель переноса трития в окружающую среду персоналом ядерных объектов / Ю. Баталин, А. Кречетова // Journal of environmental engineering and landscape management. – 2004. – Issue. 1. – Vol. XII. – С. 25–30.
9. Субботин, С. Б. Выявление путей миграции техногенных радионуклидов за пределы испытательной площадки «Балапан» / С. Б. Субботин, С. Н. Лукашенко [и др.]. // [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2010 г.] / под рук. Лукашенко С.Н. – Вып. 3. – Павлодар: Дом печати, 2011. – С. 161–233
10. Актаев, М. Р., Айдарханов, А. О. и др. Определение источников формирования загрязненных подземных вод площадки «Балапан» на Семипалатинском испытательном полигоне / М. Р. Актаев, А. О. Айдарханов, О. Н. Ляхова, С. Н. Лукашенко // Материалы V Междунар. конф. «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека». – Томск, 2016. – С. 43

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННЫХ ДОЗ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИИ ВСЛЕДСТВИЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС

INDIVIDUALIZED EXTERNAL DOSE ASSESSMENT IN PERSONS AFFECTED AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT

А. Н. Матарас, Л. Н. Эвентова, Н. Г. Власова

A. Mataras, L. Eventova, N. Vlasova

Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека,

г. Гомель, Республика Беларусь

natalie_vlasova@mail.ru

The Republican Research Centre for Radiation Medicine and Human Ecology,

Gomel, Republic of Belarus

Основой методического подхода оценки индивидуализированных доз внешнего облучения лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС, являются установленные гендерные и возрастные закономерности формирования дозы внешнего облучения индивида. Выявлены семь половозрастных групп, значительно различающиеся по среднему значению дозы внешнего облучения. Установле-

на связь средней дозы внешнего облучения половозрастной группы со средней дозой внешнего облучения в населенном пункте, выраженная в «коэффициенте индивидуализации», значения которого определены для каждой половозрастной группы. Проведена апробация методического подхода оценки индивидуализированной дозы внешнего облучения. Различие между расчетной и инструментально измеренной дозой внешнего облучения составляет в среднем 21 %.

The basis of the methodical approach to individualized external dose assessment of persons affected in the result of the Chernobyl accident are the revealed gender and age peculiarities in external dose formation. Seven age-gender groups had been identified. The average external doses in these groups significantly differ. Relationship between average external dose of the age-gender groups and such one of a settlement had been revealed. It was expressed in the so-called «coefficient of individualization». Its values had been calculated for each age-gender group. Approval of the method had been conducted. The difference between calculated and instrumentally measured external dose was on average 21 %.

Ключевые слова: доза внешнего облучения, термо-люминесцентная дозиметрия, половозрастная группа, «коэффициент индивидуализации».

Keywords: external dose, thermoluminescent dosimetry, age-gender group, «coefficient of individualization».

Для проведения радиационно-эпидемиологических исследований по установлению зависимости «доза-эффект» необходимо знание индивидуальных накопленных с момента аварии на ЧАЭС доз облучения. В идеале корректная оценка накопленной индивидуальной дозы внешнего облучения может быть выполнена, если имеется достаточная информация по дозам внешнего облучения, полученная по результатам индивидуального дозиметрического контроля (ИДК). Но в действительности такой информации недостаточно, поэтому разработка методического подхода оценки индивидуальных доз внешнего облучения актуальна.

Как показал анализ существующих методик оценки накопленных доз облучения населения, проживающего на загрязнённой территории, сверхконсервативны и в лучшем случае дают усредненные значения дозы [1–3]. В методических указаниях [1] предлагается реконструировать дозы облучения в соответствии с принадлежностью индивида к одной из четырех видов профессий. В методиках [2; 3], индивиду приписываются средние по населенному пункту накопленные дозы облучения для возрастных групп населения, рекомендованных МКРЗ в 1990 г. [4]. Возрастные группы, рекомендованные МКРЗ, сформированы по усредненным антропометрическим данным и с тех пор не пересматривались.

Основным инструментом для проведения радиационно-эпидемиологических исследований является Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (Госрегистр) [5]. Из 280 тыс. лиц, включенных в Госрегистр, лишь у единиц имеются разрозненные сведения о годовых дозах внешнего облучения. Эти данные не могут служить основой для радиационно-эпидемиологических исследований. Для лиц, включенных в Госрегистр, необходимо реконструировать индивидуализированные дозы внешнего облучения, накопленные с момента Чернобыльской аварии. Это обусловило необходимость разработать методический подход для оценки индивидуализированных доз внешнего облучения. Данную задачу можно решить, изучив закономерности формирования доз внешнего облучения.

Доза внешнего облучения зависит не только от плотности загрязнения радионуклидами территории проживания и жизнедеятельности индивида, но и от социально-обусловленного поведения человека, от его личностных характеристик.

Так как в Госрегистре содержатся сведения о поле и возрасте лиц, исследовали зависимость дозы внешнего облучения от гендерных и возрастных характеристик жителей районов, загрязненных радионуклидами вследствие аварии на ЧАЭС.

Цель исследования – выявить закономерности формирования дозы внешнего облучения с учетом личностных характеристик человека – пола и возраста, на основе которых разработать методический подход оценки индивидуализированной дозы внешнего облучения лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.

В исследовании использованы данные ИДК жителей населенных пунктов Гомельской обл., полученные методом термолюминесцентной дозиметрии сотрудниками Гомельского областного центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья за период 1988–1991 гг. Объем использованных в настоящем исследовании данных ИДК у жителей 246 населенных пунктов 12 районов Гомельской обл. за 1988 г. и 1990–1991 гг. составил более 15 тыс. измерений.

Для выявления статистически значимых различий в дозах внешнего облучения у мужчин и женщин и различий по возрасту следует объединить данные ИДК за весь период в одну выборку. Для корректности объединения данные индивидуальных годовых доз внешнего облучения жителей пронормировали на плотность загрязнения цезием-137 территории соответствующего населенного пункта по «Базе данных плотностей загрязнения территорий населенных пунктов Республики Беларусь радионуклидами цезия, стронция и плутония по состоянию на 1986 год», сформированной в ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», рег. свид-во № 58709000639 от 20.05.09 г.

Статистический анализ данных проводили методами прикладной статистики: непараметрические критерии сравнения выборок и их распределений (критерии Колмогорова–Смирнова, ранговый дисперсионный анализ Краскела–Уоллиса).

Обработка данных проводилась с использованием СУБД Microsoft Access и программного пакета для статистического анализа Statistica 8.0.

Первый этап состоял в исследовании гендерных различий в формировании дозы внешнего облучения. Основываясь на результатах теста Колмогорова–Смирнова для двух независимых выборок можно утверждать, что дозы внешнего облучения мужчин и женщин подчиняются законам логнормального распределения, а их распределения различаются с высоким уровнем значимости как для всего исследуемого временного интервала, так и по каждому году в отдельности.

На втором этапе исследовали возрастные различия в формировании дозы внешнего облучения – в выборках, различающихся по полу, выявлены пять возрастных групп. Парное тестирование всех возрастных групп показало, что у детей и подростков в возрасте до 18 лет гендерных различий в средних дозах внешнего облучения нет, что позволило их объединить в одну группу. Аналогично были объединены женщины двух возрастных групп 19–40 и 46–54 лет, и мужчины 19–54 и 60–64 лет. Средние дозы внешнего облучения половозрастных групп представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Средние нормированные дозы внешнего облучения половозрастных групп

Половозрастная группа	Пол	Возраст, лет	Средняя нормированная доза внешнего облучения, $(\text{мЗв}\cdot\text{год}^{-1}/\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2})\cdot 10^{-3}$
I	Мальчики, девочки	0–18	5,92±0,11
II	Мужчины	19–54, 60–64	8,73±0,11
III	Женщины	19–40, 46–54	7,78±0,14
IV	Мужчины	55–59	10,41±0,35
V	Женщины	41–45	9,62±0,27
VI	Мужчины	≥65	7,65±0,27
VII	Женщины	≥55	7,22±0,11

Среди образованных групп выделяются: группа IV и V, у которых доза внешнего облучения выше среднего значения всей выборки на 35 % и 24 %, соответственно.

Различия в средних дозах внешнего облучения выявленных половозрастных групп наглядно представлены на рис. 1.

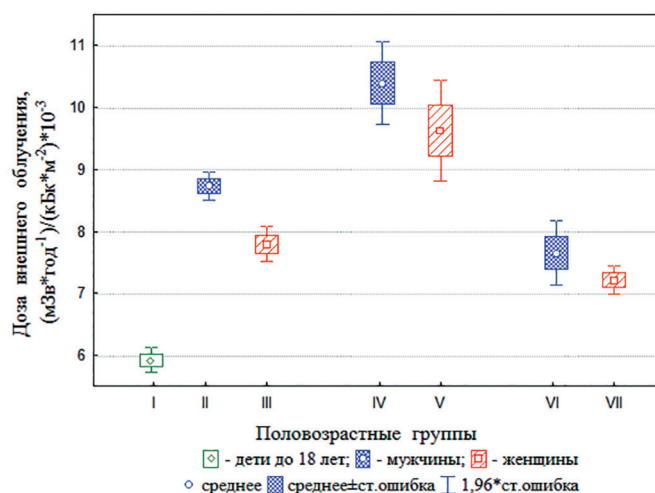


Рисунок 1 – Распределение возрастных групп мужчин и женщин по средней дозе внешнего облучения

На основе выявленных закономерностей формирования дозы внешнего облучения рассчитан «коэффициент индивидуализации», который представляет собой отношение средней дозы внешнего облучения половозрастной группы к средней дозе всей выборки в целом. Значения «коэффициента индивидуализации» для каждой половозрастной группы представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Значения «коэффициента индивидуализации»

Половозрастная группа	«Коэффициент индивидуализации», отн. ед.
I	0,77±0,01
II	1,13±0,02
III	1,01±0,02
IV	1,35±0,04
V	1,24±0,05
VI	0,99±0,03
VII	0,93±0,02

Значения «коэффициента индивидуализации» максимальные у групп IV и V, минимальное – у группы I. «Коэффициент индивидуализации» близок к единице: доза внешнего облучения близка к среднему значению в населенном пункте, для группы III и группы VI.

Методический подход оценки индивидуализированной дозы внешнего облучения основан на выявленных гендерных и возрастных закономерностях формирования дозы внешнего облучения. Индивидуализированная доза внешнего облучения определяется произведением «коэффициента индивидуализации» соответствующей половозрастной группы и средней дозы внешнего облучения в населенном пункте проживания человека. Среднее значение дозы внешнего облучения в населенном пункте рассчитывают по данным ИДК или, в случае их отсутствия, по методическим документам соответствующего временного периода [6–9].

Была проведена верификация предлагаемого методического подхода. Рассчитаны индивидуализированные дозы внешнего облучения 30 жителей различных населенных пунктов, находящихся на территориях с плотностью загрязнения цезием-137 от 405 до 878 кБк/м², Кормянского, Ветковского и Брагинского р-нов Гомельской обл., у которых имеются данные об инструментально измеренных дозах внешнего облучения в 1993 г. и не вошедшие в выборку для разработки предлагаемого метода. Сравнительный анализ индивидуальных доз внешнего облучения, полученных по результатам ИДК и рассчитанных по предлагаемому методическому подходу, показал, что различия между ними составили в среднем 21 %.

В результате проведенного исследования установлены значимые различия в формировании дозы внешнего облучения по полу и возрасту. Выявлено семь половозрастных групп с высокой степенью достоверности, различающихся по среднему значению дозы внешнего облучения. Установлена связь среднего значения дозы внешнего облучения половозрастной группы со средним в населенном пункте, выраженная «коэффициентом индивидуализации». Для каждой из групп рассчитано значение «коэффициента индивидуализации».

Предложен методический подход оценки индивидуализированной дозы внешнего облучения лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС и за весь послеаварийный период, основой которого являются выявленные гендерные и возрастные закономерности формирования дозы внешнего облучения человека.

Апробация методического подхода показала, что реконструированная среднегодовая доза внешнего облучения отличается от инструментально измеренной примерно на 21 %.

В плане развития методического подхода оценки индивидуализированной дозы внешнего облучения целесообразно учитывать профессию человека, но, к сожалению, в Госрегистре такая информация отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка поглощённой дозы внешнего и внутреннего гамма-излучения для лиц, включенных в Белорусский государственный регистр: метод. указ. – Минск, 1993. – 15 с.
2. Реконструкция среднегрупповых и коллективных накопленных доз облучения жителей населенных пунктов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС: метод. указ. / В. Ф. Миненко, С. С. Третьякевич, С. В. Трофимик, Т. С. Кухта. – Минск, 2002. – 24 с.
3. Реконструкция средней (индивидуализированной) накопленной в 1986–1995 гг. эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году: метод. указ. 2.6.1.2004-05 (Дополнение № 2 к МУ 2.6.1.579-96). – Москва, 2005. – 28 с.
4. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part I: A report of Task Group of Committee 2 of the International Commission on Radiological Protection. Publication 56. International Commission on Radiological Protection. – Oxford: Pergamon Press, 1990. –122 p.
5. О создании Белорусского государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС: постановление Совета Министров Республики Беларусь № 283 05.05.93 г. – Минск, 1993. – 6 с.
6. Методические основы прогноза уровней облучения населения от радиоизотопов цезия при постоянном проживании на территориях, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС / Г. М. Аветисов, Р. М. Бархударов, М. Н. Савкин, И. А. Лихтарев и др. – Москва, 1988. – 22 с.
7. Определение годовых суммарных эквивалентных доз облучения населения для контролируемых районов РСФСР, УССР, БССР, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС: метод. указ. – Москва, 1991. – 16 с.
8. Методика определения величины среднегодовых эффективных доз облучения населения, проживающего на территориях, загрязненных радионуклидами вследствие чернобыльской катастрофы. – Инструкция по применению: утв. 12.03.2004 г., Рег. № 22-0304. – Гомель, 2004. – 12 с.
9. Оценка средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь, для целей зонирования. Инструкция по применению: утв. 27.06.2008 г., Рег. № 044-0508. – Гомель, 2008. –16 с.