

МОНИТОРИНГ ДОЗ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ОТДАЛЁННОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

¹ГУ «РНПЦ радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Беларусь

²УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», г. Гомель, Беларусь

³УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Беларусь

Одной из задач дозового мониторинга в отдаленном периоде Чернобыльской аварии является корректная оценка дозы облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

Корректная оценка дозы внутреннего облучения может быть осуществлена посредством проведения целенаправленных и регулярных СИЧ-измерений жителей, наиболее типичных в отношении условий формирования дозы внутреннего облучения населенных пунктов. Такие населенные пункты выступают в качестве реперных точек системы мониторинга доз внутреннего облучения.

Результаты, полученные в ходе обследования реперных населенных пунктов, могут быть использованы для периодической проверки соответствия зонирования населенных пунктов фактической радиационной обстановке и дозам у населения от радиоактивных выпадений Чернобыльской аварии, а также для выполнения прогнозных текущих модельных оценок.

Проведение СИЧ-обследования в реперных населенных пунктах позволяет сделать мониторинг доз облучения из повсеместного целенаправленным, что оптимизирует материальные затраты без ущерба качеству оценки доз облучения жителей.

Ключевые слова: система дозового мониторинга, СИЧ-измерения, реперный населенный пункт, критерии выбора населённых пунктов

Введение

Радиационный мониторинг доз облучения населения на территориях, загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, является важной составной частью системы обеспечения безопасного проживания и хозяйственной деятельности человека [1].

Основная практическая цель радиационного мониторинга в отдаленный период после чернобыльской аварии состоит в периодической проверке соответствия зонирования населенных пунктов фактической радиационной обстановке и дозам у населения от радиоактивных выпадений Чернобыльской аварии.

Система радиационного мониторинга, основанная на применении спектрометров

излучения человека (СИЧ), реализующих метод измерений, дает возможность определять дозы внутреннего облучения населения с наименьшей погрешностью по сравнению с косвенным и расчетным методами [2, 3]. Однако широкомасштабное проведение СИЧ-измерений предполагает выполнение большого объема работ, требует значительного бюджетного финансирования и вряд ли оправдано в современных условиях.

Вследствие этого возникает необходимость в разработке более эффективного способа проведения мониторинга доз внутреннего облучения, который должен учитывать экономические и технические затраты, не снижая при этом качество оценки уровня доз облучения населения.

В отдаленном периоде после аварии на ЧАЭС предлагается проводить выборочный мониторинг индивидуальных доз внутреннего облучения населения в определенных населенных пунктах (НП), типичных по условиям формирования дозы внутреннего облучения. Типичные НП представляют собой реперные точки мониторинга, в которых проводится оценка средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей [4]. При этом проведение измерений обычно сопровождается обследованиями режима жизнедеятельности и рациона питания населения [5].

Цель исследования: разработать оптимальную систему мониторинга доз внутреннего облучения населения Республики Беларусь, проживающего на радиоактивно загрязнённых территориях в отдалённом периоде после аварии на ЧАЭС.

Материал и методы исследования

Материалом исследования служили СИЧ-измерения Базы данных Государственного дозиметрического регистра за период 2009-2013 гг. Объём использованных данных составил 400 420 записей СИЧ-измерений.

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

Результаты исследования

Из базы данных СИЧ-измерений были выбраны наиболее представительные населённые пункты Гомельской области, количество измерений в которых составляло не менее 30 % численности населения, а также имелись данные по каждому году периода 2009-2013 гг.

В ходе исследования были оценены основные параметры распределения дозы внутреннего облучения жителей этих населённых пунктов Гомельской области по каждому году периода 2009-2013 гг.

Динамика средних значений и доверительных границ средних значений дозы внутреннего облучения по некоторым выбранным НП представлена на рисунках 1-6.

Как можно видеть на рисунках 1-6, прослеживается стабильность во времени средних значений дозы внутреннего облучения, что характерно для современного этапа, т.е. отдалённого периода аварии. Это имеет большое значение при разработке системы мониторинга доз внутреннего облучения.

При наличии репрезентативности и достаточного для статистической оценки количества индивидуальных доз внутреннего облучения у жителей НП, рассчитанных по результатам СИЧ-измерений содержания радионуклида цезия в организме этих жителей, хотя бы по некоторому ряду реперных НП, можно вполне адекватно оце-

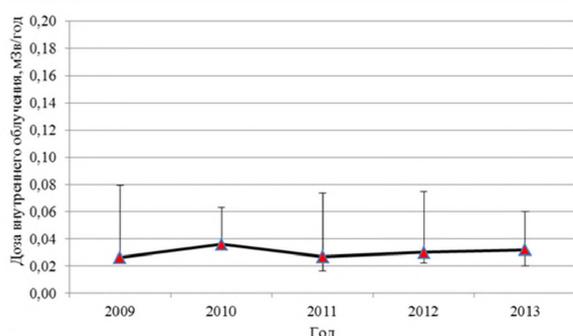


Рисунок 1 – Динамика средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей НП Асаревичи Брагинского района за период 2009-2013 гг.

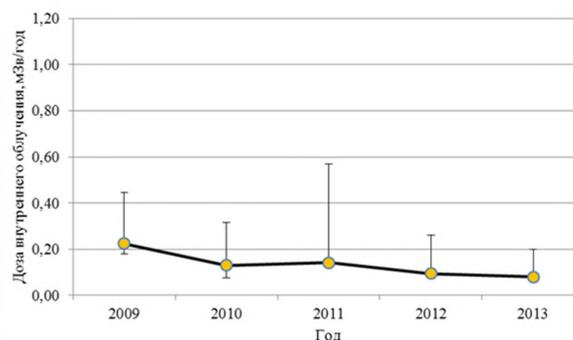


Рисунок 2 – Динамика средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей НП Светиловичи Ветковского района за период 2009-2013 гг.

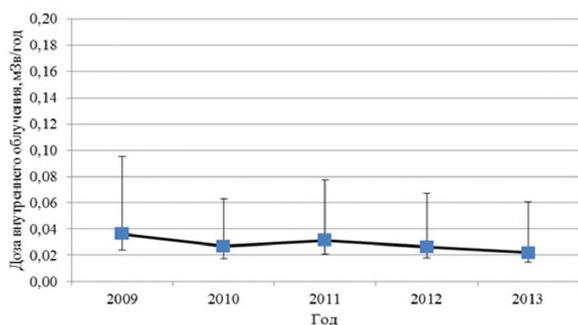


Рисунок 3 – Динамика средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей НП Корма Добрушского района за период 2009-2013 гг.

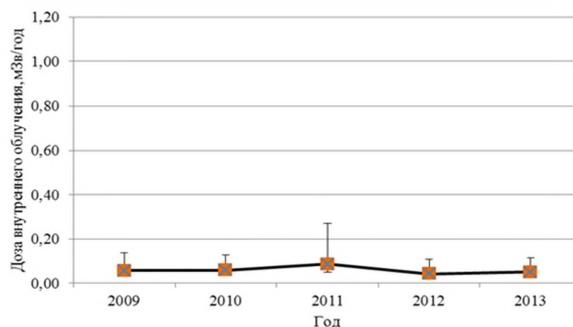


Рисунок 5 – Динамика среднегодовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей НП Ворновка Кормянского района за период 2009-2013 гг.

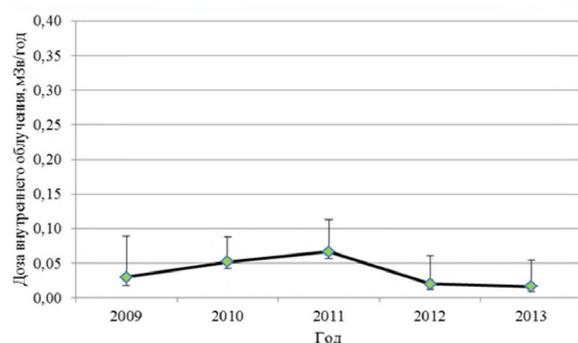


Рисунок 4 – Динамика средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей НП Александровка Кормянского района за период 2009-2013 гг.

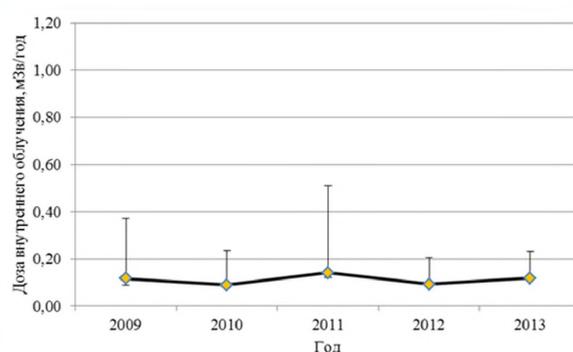


Рисунок 6 – Динамика средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей НП Линов Наровлянского района за период 2009-2013 гг.

нить среднюю годовую дозу внутреннего облучения жителей населённых пунктов, близких по косвенным условиям формирования доз внутреннего облучения.

Проведенное предварительное исследование позволило обосновать критерии выбора реперных НП и конкретизировать подход при их выборе из общего перечня [6].

Критерий представительности предполагает, что реперные НП должны быть выбраны среди наиболее показательных (типичных) пунктов каждого региона, однородного по условиям формирования дозы внутреннего облучения [3, 7].

Критерий демографической полноценности определяет возможность сформировать репрезентативную выборку жителей в обследуемом НП [6].

Здесь важным аспектом при формировании репрезентативной выборки жителей

при СИЧ-обследовании является отсутствие однородности, т.е. обеспечение представительства выборки обследуемых жителей НП по полу, возрасту и роду занятий, а также наличие статистически достаточного числа представителей НП.

Рационально выделить некоторые полупрофессиональные группы, которые в обязательном порядке должны быть представлены в репрезентативной выборке жителей НП:

Женщины:

- служащие, представители сферы услуг, не требующие наличия высшего образования;
- служащие, работники сферы услуг, требующие наличия высшего образования;
- учащиеся средних школ;

Мужчины:

- неработающие по возрасту пенсионеры;

- работники леса;
- работники сельского хозяйства (животноводы, механизаторы, полеводы, механизаторы).

Для обеспечения статистической достоверности необходимая численность выборки для четырех групп населенных пунктов представлена в таблице 1.

Использование таблицы при планировании проведения измерений содержания ^{137}Cs в организме жителей НП позволит быстро, однозначно и с заданной вероятностью 0,95 определить необходимый и достаточный объем выборки для корректной оценки текущих доз облучения.

Критерий оптимизации экономических затрат предполагает целевое использование затрат на проведение СИЧ-обследования оптимального числа реперных НП. Его использование позволяет оптимизировать, существенным образом упростить и снизить затраты при проведении мероприятий по контролю за уровнем доз облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях [4, 6].

Фактическая доля обследованных лиц от всего проживающего на загрязнённых территориях населения на СИЧ-установках в течение последних 5 лет не превысила 10% (по данным базы Государственного дозиметрического регистра на 2013-2015 гг.).

По состоянию на 2015 год на радиоактивно загрязненной территории Гомельской области расположено 1310 НП, Могилёвской – 742, Брестской – 119.

Таблица 1 – Необходимый объем выборки в процентах от общего числа жителей в НП для населенных пунктов различной величины [8]

| Число жителей в НП | Объем выборки |
|--------------------|---------------------------------------|
| <100 | не менее 85 % от общей численности |
| 100 -1000 | не менее 40 % от общей численности |
| 1000 - 10000 | не менее 10 % от общей численности |
| >10000 | 680 человек |

По критерию оптимизации экономических затрат количество реперных НП Гомельской области должно составлять не более 90 НП, Могилёвской – не более 50, Брестской – не более 8 [4].

С учетом всех указанных выше критериев для проведения мониторинга дозы внутреннего облучения выбраны 38 реперных НП, различающихся по плотности загрязнения территории НП ^{137}Cs , численности и демографической структуре жителей НП, преобладающим типам почв в ареале НП. Перечень реперных НП представлен в таблице 2.

Для указанных реперных НП с помощью стационарных установок в районных поликлиниках Брагина, Ветки, Наровли, Чечерска, Славгорода, Столина и Микашевич можно получить достаточный массив СИЧ-измерений в расположенных неподалёку от райцентров реперных НП. Жители удаленных от райцентра НП должны быть обследованы на мобильных установках СИЧ. Преимущество мобильных СИЧ-установок заключается в возможности целенаправленного обследования всех возрастных и социальных групп жителей НП, включая наиболее облучаемую часть населения, т.е. критическую группу.

Время измерения содержания радионуклида ^{137}Cs в организме человека на стационарной установке СИЧ составляет 3-5 минут, при этом, с учётом времени на подготовку обследуемого: измерение веса, роста, ввод и запись паспортных и антропометрических данных, минимальное время на процедуру составляет 10 минут. Это означает, что за один 8-часовой рабочий день, при условии непрерывного потока пациентов на одном аппарате можно обследовать до 40 человек. На мобильной установке в одном НП за день можно определить содержание ^{137}Cs в организме 50 человек при условии хорошей организации местных властей и заинтересованности населения. При максимальной нагрузке – 20 рабочих дней в месяц, на трех мобильных СИЧ-установках, функционирующих в

Таблица 2 – Перечень реперных НП для проведения мониторинга доз внутреннего облучения

| Район | Сельсовет | Населенный пункт | Население, чел. | Плотность загрязнения, Ки/км ² | |
|---------------------|---------------|------------------|-----------------|---|-------|
| Гомельская область | | | | | |
| Брагинский | Бурковский | д. | Рыжков | 136 | 5,10 |
| | | агр.г. | Микуличи | 237 | 10,67 |
| | | д. | Соболи | 61 | 8,28 |
| | Чемерисский | д. | Савичи | 27 | 5,12 |
| Ветковский | Район. Подч. | г. | Ветка | 8245 | 10,0 |
| | Светилович. | д. | Новиловка | 10 | 14,01 |
| | | агр.г. | Светиловичи | 804 | 15,29 |
| | Хальчанский | д. | Хальч | 1245 | 9,42 |
| Добрушский | Рассветовский | д. | Дубовый Лог | 150 | 12,60 |
| Лельчицкий | Гребеневский | д. | Гребени | 216 | 2,81 |
| Наровлянский | Головчицкий | агр.г. | Демидов | 313 | 6,04 |
| | Район. Подч. | д. | Конотоп | 107 | 12,85 |
| | | д. | Физинки | 131 | 5,33 |
| | Кировский | агр.г. | Киров | 351 | 11,93 |
| Хойникский | Борисовщин. | д. | Вить | 482 | 3,71 |
| | Судковский | д. | Езапов | 148 | 4,70 |
| | Поселичский | д. | Листвин | 175 | 10,69 |
| Чечерский | Полесский | д. | Болсуны | 203 | 4,85 |
| | Ровковичский | д. | Крутое | 34 | 15,95 |
| | | агр.г. | Ровковичи | 341 | 9,95 |
| | Залесский | д. | Покоть | 116 | 6,63 |
| Могилевская область | | | | | |
| Костюкович. | Белодубровск. | д. | Видуйцы | 62 | 9,87 |
| Краснопольск. | Яновский | д. | Палуж 1 | 283 | 4,61 |
| | | д. | Палуж 2 | 31 | 14,72 |
| Славгородск. | Лопатичский | агр.г. | Лесная | 365 | 1,73 |
| | Свенский | д. | Роги | 71 | 10,54 |
| | Васьковичск. | д. | Шеломы | 89 | 7,02 |
| Брестская область | | | | | |
| Лунинецкий | Район. подч. | г. | Микашевичи | 12855 | 1,23 |
| Пинский | Хойновский | д. | Б. Диковичи | 68 | 1,21 |
| | | агр.г. | Жидче | 575 | 1,26 |
| | | д. | Невель | 88 | 2,25 |
| | | д. | Хойно | 372 | 1,19 |
| | Ласицкий | д. | Паре | 122 | 1,40 |
| Столинский | Городнянский | д. | Городная | 866 | 1,86 |
| | Стружский | д. | Ольманы | 1061 | 5,61 |
| | Ольшанский | агр.г. | Ольшаны | 7329 | 0,85 |
| | Маньковичск. | д. | Отвержичи | 536 | 5,48 |
| | Рубельский | д. | Хотомель | 839 | 1,82 |

Гомельской и Могилевской областях, в течение рабочего периода календарного года теоретически может быть обследовано до 12000 человек.

Таким образом, для проведения мониторинга доз внутреннего облучения в отдалённом периоде после аварии на ЧАЭС достаточно 8 стационарных и 3 мобильных СИЧ-установок.

Периодичность проведения СИЧ-измерений дозы внутреннего облучения – 1 раз в год, при условии равномерного распределения обследования жителей каждого из реперных НП на СИЧ в осеннее-зимний и весенне-летний периоды года [9]. Если же СИЧ-измерения в НП проводили только в один из периодов, то следует их дополнить измерениями в этом НП в иной период года.

Заключение

Средние годовые дозы внутреннего облучения всех сельских жителей населённых пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, могут быть оценены путем проведения обследования жителей на СИЧ в реперных населенных пунктах. Обоснованы критерии выбора реперных населённых пунктов для проведения мониторинга доз внешнего и внутреннего облучения, как основные элементы дозового мониторинга.

Выбор реперных населенных пунктов позволяет сделать мониторинг доз облучения из повсеместного целенаправленным, что оптимизирует материальные затраты без ущерба качеству оценки доз облучения жителей.

Предложенная система мониторинга оптимизирует экономические и технические затраты на проведение дозового мониторинга без потери качества оценки уровня дозовых нагрузок населения.

Библиографический список

1. Закон Республики Беларусь от 06.01.2009 № 9-3 «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий». Зарегистрировано в национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 13 января 2009г. № 2/1561.
2. Радиационный мониторинг облучения населения в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / ТС проект RER/9/074/ Балонов М.И. и др. / Вена, Австрия, 2007, 119 с.
3. Проведение обследования граждан на счетчиках излучения человека / Инструкция по применению, утв. МЗ РБ 07.12.2007 г. №123-1207.

4. Разработать систему дозового мониторинга населения, проживающего в разных зонах радиоактивного загрязнения / Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на период до 2016 года / Отчёт о НИР (заключительный), Гомель. 2015 – 86 с.

5. Проведение комплексного экспедиционного радиационно-гигиенического обследования населенного пункта для оценки доз облучения населения/ Методические рекомендации МР 2.6.1.0006-10. – Москва, 2010.

6. Дроздов Д.Н. Выбор реперных НП, расположенных на территории радиоактивного загрязнения и их использование в качестве элементов дозового мониторинга / Д.Н. Дроздов // Экологический вестник – 2008, № 1 (4) – С. 25 – 30.

7. Метод проведения мониторинга доз облучения населения Республики Беларусь, проживающего на территориях с разной плотностью радиоактивного загрязнения в отдалённом периоде после аварии на ЧАЭС / Инструкция по применению, утв. МЗ РБ 19.12.2015, рег. № 017-1215, Гомель, 2015.

8. Метод оценки средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС / Инструкция по применению. Утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 12.12.2014 г. № 094-0914. – Гомель, 2014.

9. Власова, Н.Г. Статистический анализ результатов СИЧ-измерений для оценки дозы внутреннего облучения сельских жителей в отдаленный период аварии на ЧАЭС / Н.Г. Власова, Л.А. Чунихин, Д.Н. Дроздов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2009. №4. – С. 397- 406.

L.N. Eventova, D.N. Drozdov, A.N. Mataras, E.A. Drozd, Yu.V. Visenberg, N.G. Vlasova

**THE MONITORING OF INTERNAL EXPOSURE DOSES IN
POPULATIONS IN THE REMOTE PERIOD AFTER THE ACCIDENT
AT THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT**

One of the tasks of dose monitoring in the long-term period after the Chernobyl accident is proper estimation of exposure dose in the population of settlement that are located in the territory of radioactive contamination.

The proper estimation of internal exposure dose is possible due to conducting dedicated and regular whole-body counting of population of those settlements that are the most typical in relation to the terms of internal exposure dose forming. These settlements serve as control points for the monitoring system of internal exposure doses.

The results, which were obtained during the examination of control settlements, can be used for periodic inspection for conformance of settlement zoning to the actual radiation conditions and population dose obtained from radiation fallout after the Chernobyl accident; also, it can be used for current predictive pattern estimation.

The conducting of whole-body counting in the control settlements makes it possible to transform general dose monitoring into dedicated. That optimizes materials costs without quality loss of the radiation exposure estimation in the population.

***Key words:** the system of dose monitoring, whole-body counting, control settlement, criteria of settlement selection*

Поступила 25.02.2016