

Окончание таблицы 7

Дозы, мЗв	Показатели	Тело матки (С54)	Яичник (С56)	Почка (С64)	Мочевой пузырь (С67)
100–150	H	4	4	1	1
	SIR	1,2 (0,33–3,12)	1,9 (0,52–4,9)	0,7 (0,02–4,03)	2,1 (0,05–11,44)
150–300	H	3	2	0	0
	SIR	0,9 (0,19–2,74)	0,9 (0,11–3,21)	0 (0–2,74)	0 (0–6,81)
> 300	H	4	6	1	3
	SIR	0,9 (0,24–2,29)	2 (0,73–4,33)	0,5 (0,01–3,0)	4,5 (0,93–13,12)
r_s		-0,714	0,371	-0,714	0,371

Как видно из данных, представленных в таблицах 6, 7, статистически значимая сильная прямая зависимость отмечается для ЗН яичка у мужчин — $r_s = 1,0$ ($p < 0,05$). При этом в группе с дозой нагрузки 150–300 мЗв риск превышает популяционный значимо в 9,2 раза ($SIR = 9,2$ (2,5–23,53)). В группе с дозой нагрузки свыше 300 мЗв не было ни одного случая рака яичка при ожидаемом значении 0,6 случая. Для остальных рассматриваемых локализаций значимой корреляционной зависимости между ИД и SIR не обнаружено. Следует сказать, что в группе с дозой нагрузки 20–50 мЗв отмечается достоверно высокий риск заболеваемости раком предстательной железы — $SIR = 1,2$ (1,02–1,31), почки — $SIR = 1,3$ (1,12–1,58) и мочевого пузыря — $SIR = 1,3$ (1,12–1,58) у мужчин.

Заключение

Был проведен расчет дозовой нагрузки на щитовидную железу (105 634), красный костный мозг (87 518) и гонады (88 418). В результате радиационно-эпидемиологического анализа установлен достоверно высокий риск заболеваемости РЩЖ во всех дозовых категориях у мужчин и женщин. У женщин была отмечена значимая положительная корреляционная зависимость между дозой и показателем SIR (коэффициент корреляции Спирмена $r_s = 0,82$; $p = 0,04$), у мужчин корреляционная связь, между дозой и заболеваемостью слабее и статистически незначима (коэффициент корреляции Спирмена $r_s = 0,6$; $p = 0,2$). Однако в целом показатель SIR был выше у мужчин, чем у женщин.

При анализе связи между риском заболеть гемобластозами и дозой нагрузки на ККМ статистически значимая обратная зависимость была отмечена только для хронического лимфоцитар-

ного лейкоза у женщин — $r_s = 0,82$ ($p < 0,05$). Для остальных локализаций значимой корреляционной зависимости между ИД и SIR не отмечается.

Отмечена статистически значимая сильная прямая зависимость между заболеваемостью ЗН яичка у мужчин — $r_s = 1,0$ ($p < 0,05$). При этом в группе с дозой нагрузки 150–300 мЗв риск превышает популяционный значимо — в 9,2 раза ($SIR = 9,2$ (2,5–23,53)). В группе с дозой нагрузки свыше 300 мЗв не было ни одного случая заболевания раком яичка при ожидаемом значении 0,6 случая. Для остальных локализаций значимой корреляционной зависимости между ИД и SIR не отмечается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биологические эффекты при облучении в малых дозах. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКАДР 2000 г. Генеральной Ассамблеи ООН с научными приложениями. — Т. 2: Эффекты (Ч. 3) / Пер. с англ. — М.: РАДЭКОН, 2000. — С. 215.
2. Радиационная безопасность. Рекомендации МКРЗ 1990 г. Публ. 60 МКРЗ. — Ч. 2 / Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1994. — 208 с.
3. Радиационная медицина / М. В. Васин [и др.]; под общ. ред. Л. А. Ильина. — М.: Наука РАН, 2004. — 989 с.
4. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации. Доклад на Генеральной Ассамблеи ООН за 1988 г. — М.: Мир, 1992. — 552 с.
5. Кенигсберг, Я. Э. Облучение населения Беларуси в результате черной катастрофы. Реальные и возможные стохастические эффекты / Я. Э. Кенигсберг, Ю. В. Крюк // Проблемы здоровья и экологии. — 2006. — № 1(7). — С. 17–23.
6. Метод реконструкции индивидуализированных накопленных эквивалентных доз облучения красного костного мозга включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на черной катастрофы АЭС, других радиационных аварий/ РНПЦ РМиЭЧ; А. В. Рожко [и др.] рег. № 096-0914. — Минск, 2014. — 14 с.
7. Метод реконструкции индивидуализированных поглощенных доз облучения щитовидной железы включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на черной катастрофы АЭС, других радиационных аварий/ РНПЦ РМиЭЧ; А. В. Рожко [и др.] рег. № 093-0914. — Минск, 2014. — 5 с.

Поступила 28.08.2015

УДК 577.39:637.07:539.1.047:614.876

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ^{210}Pb И ^{210}Po В РАЦИОНЕ ПИТАНИЯ И ИХ ВКЛАД В ДОЗОВУЮ НАГРУЗКУ ЖИТЕЛЕЙ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Клементьева¹, С. В. Овсянникова², А. Н. Никитин¹¹Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель²Белорусский государственный университет, г. Минск

В ходе исследования было определено содержание радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в продуктах питания растительного и животного происхождения, входящих в рацион жителей Гомельской области. На основании полученных данных рассчитана ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения для различных возрастных групп населения.

Ключевые слова: свинец-210, полоний-210, годовая эффективная доза облучения.

THE EVALUATION OF THE CONTENT OF ^{210}Pb AND ^{210}Po RADIONUCLIDES IN DIET AND THEIR PART IN THE DOSE OF GOMEL REGION RESIDENTS*E. A. Klementyeva¹, S. V. Ovsianikova², A. N. Nikitin¹*¹Institute of Radiobiology of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel
²Belarusian State University, Minsk

The study determined the content of ^{210}Pb and ^{210}Po radionuclides in vegetables and meat products being a part of the diet of residents of Gomel region. By the received data we calculated the expected effective dose of internal irradiation for different age groups.

Key words: lead-210, polonium-210, annual effective irradiation dose.

Введение

Поступление радиоактивных веществ в организм человека с пищевыми продуктами определяется структурой питания, то есть ассортиментом и количеством потребляемых пищевых продуктов, уровнями содержания в них, а также в питьевой воде радионуклидов. Содержание радионуклидов в продуктах питания зависит в основном от их активности и форм нахождения в объектах окружающей среды, а также природных условий, определяющих эффективность миграции радионуклидов по пищевым цепям.

Структура питания является производной социально-экономических условий: места проживания людей, характера их трудовой деятельности, национальных особенностей и т. д. Роль отдельных компонентов рациона как «поставщиков» радионуклидов также определяется структурой питания [1]. Схематическая классификация диет населения разных стран предложена Научным комитетом по действию атомной радиации (НКДАР) при ООН [2]. Согласно этой классификации различают три основные группы диет: западного типа с преобладанием мясо-молочных пищевых продуктов, восточного типа, основным компонентом которой является рис, и смешанного типа. Основную долю продуктов питания растительного происхождения в рационе жителей юго-восточного региона Беларуси составляют хлеб, крупы, картофель, овощи, фрукты, ягоды, животного — свинина, говядина, птица и рыба.

Вопрос о содержании радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в продуктах, входящих в рацион жителей Республики Беларусь, до настоящего времени был мало изучен. Содержание ^{210}Pb и ^{210}Po в продуктах питания растительного происхождения зависит от места их производства, поскольку на поступление в растительные организмы существенно влияет их содержание в окружающей среде.

Цель работы

Изучить содержание радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в основных продуктах питания жителей Беларуси и оценить эффективные дозы внутреннего облучения населения Гомельской области за счет потребления этих продуктов.

Материалы и методы исследования

В течение одного года (2012) в местных магазинах и на продовольственных рынках было отобрано около 100 образцов различных видов продуктов питания, которые являются типичными для населения Гомельской области. Продукты были разделены на 7 групп: молочные, мясные, рыбные, зерновые, листовые овощи, фрукты и корнеплоды, вода и напитки. Перед анализом все твердые образцы прошли обычную подготовку перед кулинарной обработкой и употреблением в пищу: очистку со снятием при необходимости кожуры и тщательную промывку водой. Для анализа были использованы только съедобные части. Подготовленные образцы высушивали до постоянного веса. Жидкие пробы (молоко) концентрировали выпариванием с добавлением азотной кислоты до минимального объема. Далее по стандартным методикам проводили подготовку пищевых продуктов к радиохимическому анализу.

Содержание радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в пробах воды определяли по методике, в соответствии с которой полоний осаждался на полированный медный диск из солянокислого раствора, после в оставшемся растворе осаждался карбонат свинца с применением в качестве носителя радионуклида стабильного свинца. Через 20–25 суток радиометром LB-770PC («Berthold», Германия) измеряли активность ^{210}Bi , по которой оценивали активность материнского радионуклида ^{210}Pb . Минимальная детектируемая активность (МДА) ^{210}Bi составляла 0,033 Бк на пробу.

Высушенные твердые образцы пищевых продуктов кипятили со смесью концентрированной азотной кислоты и перекиси водорода, раствор выпаривали досуха. Обработку повторяли несколько раз. Полученные нитраты переводили в хлориды. Для этого азотнокислый раствор выпаривали до минимального объема, по каплям приливали концентрированную соляную кислоту и вновь упаривали до минимального объема. Процесс повторяли 3–4 раза. Твердый остаток растворяли в 1 М HCl и полученный раствор фильтровали через бумажный фильтр «синяя лента». К фильтрату добавляли аскорбиновую кислоту до обесцвечивания раствора. При этом образовывались прочные комплексы ионов

железа с аскорбиновой кислотой. Затем в раствор помещали полированный медный диск, на котором осаждался полоний. Излучение ^{210}Po регистрировали альфа-спектрометром Alpha Analyst фирмы «Canberra» с полупроводниковыми детекторами типа А 450–20 AM AlphaPips. Эффективность регистрации альфа-излучения радионуклида составляла 30 %, МДА – 0,001 Бк на пробу. Результаты альфа-спектрометрических измерений математически обрабатывались с помощью пакета прикладных программ «Genie 2000 Alpha-арех».

Полученные данные по содержанию радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po были сгруппированы в соответствии с типами пищевых продуктов. Для каждой группы продуктов была определена их средняя удельная активность по рассматриваемым радионуклидам, стандартные отклонения от средних значений, минимальная и максимальная удельная активность.

Среднегодовое поступление радионуклидов в организм человека с рационом питания определяли как сумму произведений среднеарифметических значений удельной актив-

сти компонентов рациона (Бк/кг) на годовое потребление компонентов (кг/год) в соответствии с нормами потребления для каждой возрастной группы населения [2] (таблица 1).

Годовая эффективная доза внутреннего облучения каждой группы населения в результате поступления радионуклида в организм с рационом питания рассчитана с помощью формулы:

$$D_i = C_i \times I \times Q,$$

где: D_i (мкЗв/год) — среднегодовая эффективная доза, обусловленная поступлением i -го радионуклида в организм членов рассматриваемой группы населения с данным типом продуктов питания;

C_i — среднеарифметическое значение удельной активности данного типа продуктов питания по i -му радионуклиду (Бк/кг);

I — годовое потребление продуктов питания соответствующего типа (кг/год);

Q — дозовый коэффициент для рассматриваемого радионуклида при его пероральном поступлении в организм, мкЗв/Бк (таблица 2).

Таблица 1 — Стандартизованное годовое потребление продуктов питания и воды различными возрастными группами населения, кг/год [2]

Продукты	< 1 года	1–10 лет	> 10 лет
Молочные	120	110	105
Мясные продукты	15	35	50
Зерновые	45	90	140
Листовые овощи	20	40	60
Фрукты и корнеплоды	60	110	170
Рыбопродукты	5	10	15
Вода и напитки	150	350	500

Таблица 2 — Дозовые коэффициенты, рекомендованные НКДАР ООН [2]

Q , мкЗв/Бк	< 1 года	1–10 лет	> 10 лет
Q (^{210}Pb)	3,6	1,9	0,7
Q (^{210}Po)	8,8	2,6	1,2

Результаты и их обсуждение

Результаты определения удельной активности изученных групп пищевых продуктов приведены в таблице 3 с указанием средних арифметических удельной активности в расчете на сырую массу соответствующего продукта, стандартных отклонений от них, минимальной и максимальной удельной активности.

Среди изученных пищевых продуктов растительного происхождения относительно высокая удельная активность (50,4–85,6 мБк/кг) наблюдалась для листовых овощей. Это могло быть связано с непосредственным отложением радионуклидов на поверхностных частях растений в период их вегетации (в составе атмосферных выпадений, частиц почвы при ветровом подъеме). В целом для продуктов питания растительного происхо-

ждения прослеживалась тенденция к снижению содержания ^{210}Pb и ^{210}Po в ряду: листовые овощные (67 ± 12 мБк/кг) \geq хлебопродукты, крупы ($57,5 \pm 5,4$ мБк/кг) $>$ клубневые овощи ($20,5 \pm 9,6$ мБк/кг) $>$ фрукты ($9,0 \pm 3,4$ мБк/кг).

Среди пищевых продуктов животного происхождения сравнительно высокая удельная активность (180,2–196,8 мБк/кг) была отмечена для образцов морской рыбы. В целом для продуктов питания животного происхождения выявлена тенденция к снижению содержания ^{210}Pb и ^{210}Po в ряду: морская рыба ($190,4 \pm 8,9$ мБк/кг) $>$ яйца ($87,3 \pm 2,0$ мБк/кг) $>$ мясные продукты ($41,3 \pm 7,0$ мБк/кг) \geq речная рыба ($39,3 \pm 4,8$ мБк/кг) $>$ молочные продукты ($28,6 \pm 3,4$ мБк/кг).

Результаты проведенного исследования хорошо согласуются с данными, полученными ев-

ропейскими учеными и вошедшими в отчет НКДАР ООН 2000 г. Европейские данные свидетельствуют о широком диапазоне варьирования содержания радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в пищевых продуктах в зависимости от геологических, климатических условий и практических приемов ведения сельскохозяйственных работ [3].

С использованием полученных экспериментальных данных оценен вклад содержащихся в изученных пищевых продуктах радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в среднегодовую эффективную дозу внутреннего облучения различных возрастных групп населения: младенцев до 1 года, детей от 1 года до 10 лет и населения старше 10 лет.

В таблице 4 приведены результаты оценки среднегодового перорального поступления радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po с основными продуктами питания для разных возрастных групп населения Гомельской области. Из полученных данных следует, что среднегодовое пероральное поступление ^{210}Pb составляет 14–38 Бк. Соответствующие данные НКДАР ООН: 21–30 Бк. При этом полученное нами поступление ^{210}Pb составляет лишь 5–13 % от установленного в Республике Беларусь предела годового поступления (ПГП) ^{210}Pb с пищей и водой (280 Бк) [4, 5]. В то же время пероральное поступление ^{210}Po (11–30 Бк) в организмы рассмотренных групп населения ниже данных НКДАР ООН 2000 г. (39–58 Бк). При этом рассчитанное пероральное поступление полония составляет 10–27 % от установленного в нашей стране ПГП ^{210}Po с пищей и водой (110 Бк).

Ожидаемые эффективные дозы за счет перорального поступления ^{210}Pb и ^{210}Po в организмы различных возрастных групп населения Гомельской области и вклад отдельных видов пищевых продуктов в эти дозы приведены в таблице 5. Как показывают сделанные оценки, для всех рассмотренных групп населения Гомельской области наибольший вклад (38–50 %) в ожидаемую эффективную дозу за счет перорального

поступления как ^{210}Pb , так и ^{210}Po приходится на питьевую воду. Второе место по вкладу в дозу для младенцев и детей в возрасте от 1 года до 10 лет занимают молочные продукты. Для остальных продуктов питания наблюдаются различия как по возрастным группам, так и по радионуклидам в зависимости от годового потребления продукта питания. Для населения старше 10 лет вклад в дозу внутреннего облучения в результате перорального поступления анализируемых радионуклидов уменьшается в ряду: питьевая вода (48,3–50,4 %) > зерновые и листовые овощи (10,7–12,4 %) > фрукты и корнеплоды (10,2–10,5 %) > молочные продукты (8,0–8,1 %) > мясные продукты (5,5–6,2 %) > рыба (3,6–4,2 %).

По данным ООН [6], среднегодовая эффективная доза облучения среднестатистического жителя Земли учитывает воздействие радиации естественных и техногенных источников излучения: соответственно, 2,0 и 0,421 мЗв; в сумме — 2,421 мЗв. При этом естественное (природное) облучение складывается из «земного» (1,675 мЗв) и «космического» (0,315 мЗв). В составе «земного» облучения 1,325 мЗв приходится на долю внутреннего облучения. К сожалению, аналогичная достоверная информация о структуре облучения жителей Гомельской области или Республики Беларусь за счет всех источников ионизирующего излучения отсутствует. Суммарная годовая эффективная доза внутреннего облучения жителей Гомельской области в результате перорального поступления ^{210}Pb и ^{210}Po в организм человека составляет 4,7–11,5 % от дозы внутреннего облучения среднестатистического жителя Земли. В среднем около 45 % дозы внутреннего облучения, обусловленной ^{210}Po и ^{210}Pb , население Гомельской области получает за счет радионуклидов, содержащихся в питьевой воде. Следовательно, при фоновых уровнях содержания ^{210}Po и ^{210}Pb в окружающей среде вода является критическим компонентом при пероральном поступлении этих радионуклидов для населения Гомельской области.

Таблица 3 — Удельная активность (АУ, мБк/кг) по ^{210}Pb и ^{210}Po различных групп пищевых продуктов (в скобках указано количество проанализированных образцов): средние значения ($X_{\text{ср}}$), стандартные отклонения от них ($S_{\text{ср}}$), минимальная (min) и максимальная (max) удельная активность продуктов

Группа пищевых продуктов	АУ (^{210}Pb), мБк/кг				АУ ^{210}Po , мБк/кг			
	$X_{\text{ср}}$	$S_{\text{ср}}$	min	max	$X_{\text{ср}}$	$S_{\text{ср}}$	min	max
Хлебопродукты, крупы (9)	57,5	5,4	49,4	68,0	42,5	5,2	50,1	34,6
Клубневые овощи (13)	20,5	9,6	10,4	41,2	18,2	7,4	35,7	10,2
Листовые овощи (13)	66,8	12,4	85,6	50,4	61,8	12,1	80,2	49,9
Фрукты (6)	9,0	3,5	5,3	15,1	7,4	2,2	10,3	4,0
Молочные продукты (10)	28,6	3,4	26,1	35,8	23,5	4,3	32,0	19,3
Мясные продукты (9)	41,3	7,0	33,6	51,3	37,4	7,2	47,0	28,9
Яйца (3)	87,3	2,0	85,4	89,3	93,4	3,0	96,4	90,4
Рыба речная (6)	39,3	4,8	32,6	45,3	35,4	4,8	41,1	27,0
Рыба морская(3)	190,5	8,9	180,2	196,8	179,1	11,6	187,2	165,8

Таблица 4 — Среднегодовое пероральное поступление ^{210}Pb и ^{210}Po (Бк/год) с продуктами питания в организмы разных возрастных групп населения Гомельской области

Группа пищевых продуктов	^{210}Pb			^{210}Po		
	< 1 года	1–10 лет	> 10 лет	< 1 года	1–10 лет	> 10 лет
Молочные продукты	3,48	3,19	3,05	2,76	2,53	2,42
Мясные продукты	0,62	1,44	2,05	0,56	1,30	1,85
Зерновые	1,35	2,70	4,20	1,04	2,07	3,22
Листовые овощи	1,36	2,72	4,08	1,24	2,48	3,72
Рыба	0,45	0,90	1,35	0,42	0,83	1,25
Фрукты и корнеплоды	1,38	2,53	3,91	1,08	1,98	3,06
Вода	5,70	13,30	19,00	4,35	10,15	14,50
Итого	14,34	26,78	37,64	11,45	21,34	30,02

Таблица 5 — Ожидаемые эффективные дозы за счет перорального поступления ^{210}Pb и ^{210}Po в организмы различных групп населения Гомельской области (мкЗв/год) и вклад отдельных видов пищевых продуктов в эти дозы (%)

Группа пищевых продуктов	^{210}Pb			^{210}Po		
	< 1 года	1–10 лет	> 10 лет	< 1 года	1–10 лет	> 10 лет
Молочные продукты	12,53 (24,5)	6,06 (11,8)	2,14 (8,1)	24,29 (24,1)	6,58 (11,9)	2,90 (8,0)
Мясные продукты	2,23 (4,4)	2,74 (5,4)	1,44 (5,5)	4,93 (4,9)	3,38 (6,1)	2,22 (6,2)
Зерновые	4,86 (9,5)	5,13 (10,1)	2,94 (11,1)	9,15 (9,1)	5,38 (9,7)	3,86 (10,7)
Листовые овощи	4,50 (8,8)	5,17 (10,2)	2,86 (10,8)	10,91 (10,8)	6,45 (11,6)	4,46 (12,4)
Рыба	1,62 (3,1)	1,71 (3,4)	0,95 (3,6)	3,70 (3,7)	2,16 (3,9)	1,50 (4,2)
Фрукты и корнеплоды	4,97 (9,7)	4,81 (9,5)	2,74 (10,5)	9,50 (9,4)	5,15 (9,3)	3,67 (10,2)
Вода	20,52 (40,0)	25,27 (49,6)	13,30 (50,4)	38,28 (38,0)	26,39 (47,5)	17,40 (48,3)
Итого	51,23 (100)	50,89 (100)	26,37 (100)	100,76 (100)	55,49 (100)	36,01 (100)

Заключение

С использованием современных радиохимических методов анализа и идентификации радионуклидов получены данные о содержании ^{210}Pb и ^{210}Po в продуктах питания, составляющих основу рациона жителей Гомельской области в различные сезоны года при фоновых уровнях содержания этих радионуклидов в окружающей среде.

Полученные данные легли в основу оценки ожидаемых эффективных доз внутреннего облучения различных возрастных групп населения Гомельской области в результате перорального поступления радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в организм человека. Соответствующие дозы для младенцев в возрасте менее 1 года, детей в возрасте от 1 года до 10 лет и населения старше 10 лет в результате перорального поступления ^{210}Pb составили 51,23; 50,89 и 26,37 мкЗв/год, а в результате поступления ^{210}Po — 100,76; 55,49 и 36,01 мкЗв/год.

Среднегодовая эффективная доза внутреннего облучения жителей Гомельской области в результате совместного перорального поступления ^{210}Pb и ^{210}Po в организм человека составляет 4,7–11,5 % от дозы внутреннего облуче-

ния среднестатистического жителя Земли, которая оценивается в 1,325 мЗв. Около 45 % дозы внутреннего облучения, обусловленной ^{210}Po и ^{210}Pb , население Гомельской области получает за счет поступления этих радионуклидов в организм человека с питьевой водой.

Таким образом, при фоновых уровнях содержания ^{210}Po и ^{210}Pb в окружающей среде питьевая вода является критическим компонентом при пероральном поступлении рассматриваемых радионуклидов для населения Гомельской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермолаева-Маковская, А. П. Свинец-210 и полоний-210 в биосфере / А. П. Ермолаева-Маковская, Б. Я. Литвер; под ред. П. В. Рамзаева. — М.: Атомиздат, 1978. — 159 с.
2. UNSCEAR (2000). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Ionizing (2000). Sources and effects of ionizing radiation, New York: Report to the General Assembly with Annex.
3. Assessment of ^{210}Po in Italian diet / M. A. Meli [et al.] // Food Chemistry. — 2014. — Vol. 155. — P. 87–90.
4. Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности» и Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия» (НРБ-2013). — 2013. — 271 с.
5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000) ГН 2.6.1.8 — 2000. — Vol. 127. — 124 с.
6. Хижняк, В. Г. ОСТОРОЖНО! РАДИАЦИЯ / руководитель проекта В. И. Михеев, авт. В. Г. Хижняк. — Красноярск, Гражданский Центр ядерного нераспространения, 2003. — 32 с.

Поступила 18.08.2015