

socio-psychological problems of safety in emergency situations. 2007; (1): 49–51. Russian (Шантырь И.И. Распространенность потребления табака и показатели здоровья никотинзависимых лиц. Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях 2007; (1): 49–51.)

133. Wiersinga WM. Smoking and thyroid. Clin Endocrinol (Oxf.) 2013; 79 (2): 145–151.

134. Morris LG, Sikora AG, Tosteson TD, Davies L. The increasing incidence of thyroid cancer: the influence of access to care. Thyroid 2013; 23 (7): 885–891.

135. Verkooijen HM, Fioretta G, Pache JC, et al. Diagnostic changes as a reason for the increase in papillary thyroid cancer incidence in Geneva, Switzerland. Cancer Causes Control 2003; 14 (1): 13–17.

136. Kaiser JC, Jacob P, Blettner M, Vavilov S. Screening effects in risk studies of thyroid cancer after the Chernobyl accident. Radiat Environ Biophys 2009; 48 (2): 169–179.

137. Rozhko AV, Masyakin VB, Nadyrov EA, Okeanov AE. Screening effect role in estimation of thyroid pathology cohort study. Medical Radiology and Radiation Safety 2010; 55 (1): 19–23. Russian (Рожко А.В., Масыкин В.Б., Надыров Э.А., Океанов А.Е. Роль эффекта скрининга при оценке результатов когортного исследования тиреоидной патологии. Медицинская радиология и радиационная безопасность 2010; 55 (1): 19–23.)

138. ICRP Publication 118. ICRP Statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs — threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. Annals of the ICRP. Ed. by C. H. Clement. Amsterdam; New York: Elsevier, 2012; 325 p.

139. UNSCEAR 2013: Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. United Nations, New York, 2013; 311 p.

УДК [57+61]:575.224.232:616–00

Оригинальная статья

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЛИЦ, РАБОТАВШИХ В ЗОНЕ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ НА АЭС ФУКУСИМА-1 В ЯПОНИИ

В. Ю. Нугис — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, заведующий лабораторией, доктор биологических наук; **М. Г. Козлова** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, научный сотрудник.

CYTOGENETIC EXAMINATION OF PERSONS WORKING IN THE AREA OF RADIATION ACCIDENT AT THE FUKUSHIMA-1 NPP IN JAPAN

V. Yu. Nugis — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Moscow, Head of Laboratory, Doctor of Medical Sciences; **M. G. Kozlova** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, scientific researcher.

Дата поступления — 14.11.2014 г.

Дата принятия в печать — 10.12.2014 г.

Нугис В. Ю., Козлова М. Г. Цитогенетическое обследование лиц, работавших в зоне радиационной аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии. Саратовский научно-медицинский журнал 2014; 10 (4): 796–800.

Цель: биологическая индикация дозы у группы сотрудников Министерства по чрезвычайным ситуациям России, принимавших участие в работах в Японии в связи с аварией на АЭС Фукусима-1, и нескольких журналистов, освещавших это событие. **Материал и методы.** Осуществлен анализ аберраций хромосом в культурах лимфоцитов периферической крови 46 человек. **Результаты.** Только у 3 человек частота хромосомных повреждений превысила фоновые значения, при этом их характер свидетельствовал об облучении в предшествующих поездке ситуациях. **Заключение.** Отсутствует существенное переоблучение данного контингента во время его пребывания в Японии, однако необходимо выполнять предварительный анализ аберраций хромосом, если предполагается осуществление биологической индикации дозы при возвращении людей из зоны возможного облучения.

Ключевые слова: культура лимфоцитов периферической крови, аберрации хромосом, облучение, Фукусима-1.

Nugis VYu, Kozlova MG. Cytogenetic examination of persons working in the area of radiation accident at the Fukushima-1 NPP in Japan. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2014; 10 (4): 796–800.

Purpose: biological dose indication of employees of the Ministry of Emergency Situations of Russia who took part in the work in Japan in connection with the accident at Fukushima-1 NPP and several journalists covering this event. **Material and methods.** The analysis of chromosomal aberrations in peripheral blood lymphocyte cultures of 46 people was performed. **Results.** The frequency of chromosomal damages exceeded background levels in only 3 people, and aberration character testified irradiation in previous situations. **Conclusion.** The significant overexposure of these workers during they stayed in Japan is absent, however it is necessary to perform a preliminary analysis of chromosome aberrations if you intend to exercise of biological dose indication after returning of people from areas of potential exposure.

Key words: peripheral blood lymphocyte culture, chromosome aberrations, irradiation, Fukushima-1.

Введение. Цитогенетический анализ культур лимфоцитов периферической крови является общепризнанным способом биологической индикации

дозы, что отражено в периодически обновляемых методических рекомендациях МАГАТЭ [1, 2]. Необходимость использования данного подхода обусловлена возможностью случайного облучения как профессиональных работников, так и обычных граждан в условиях, когда отсутствуют аварийные дозиметры, а надежность физических расчетов зависит от точности

Ответственный автор — Нугис Владимир Юрьевич
Тел. +79258463120
E-mail: nugisvju@list.ru

показаний пострадавших. Несмотря на определенные трудности, связанные с характером и режимом облучения, подсчет aberrаций хромосом достаточно хорошо зарекомендовал себя в случаях аварийного воздействия в дозах, вызывающих развитие острой лучевой болезни. Однако в большинстве случаев, которые приходится расследовать при подозрении на радиационное поражение, речь идет о гораздо меньших величинах доз. В последнее время, в особенности в связи с аварией на Чернобыльской АЭС и последующих событий в Японии, именно этот диапазон доз привлекает большое внимание со всех точек зрения, включая биологическую «дозиметрию».

Цель: осуществление цитогенетической индикации факта возможного радиационного воздействия и оценки величины его дозы у граждан России, работавших в зоне аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии.

Материал и методы. Исходным материалом для исследования послужила венозная кровь группы сотрудников Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) России, принимавших участие в работах в Японии в связи с аварией на АЭС Фукусима-1, произошедшей 11.03.2011 г., и нескольких журналистов, освещавших это событие.

В целом обследуемые лица находились в командировке примерно неделю, начиная с 14.03.2011 г. Забор венозной крови был произведен в ближайшие сроки после прибытия сотрудников МЧС (38 человек) из Японии 24.03.2011 г. Кровь от журналистов (8 человек) была получена на 4 дня позже. Поэтому для решения поставленной цели был использован классический метод окрашивания препаратов хромосом с последующей регистрацией, aberrаций хромосом преимущественно нестабильного типа с дицентриками в качестве основного индикатора величины радиационного воздействия. Этот подход является наиболее эффективным в ближайшие сроки после облучения, хотя нижним порогом его чувствительности для редкоизионизирующего излучения считается доза 10 сЗв (100 мЗв) [1, 2].

Лимфоциты периферической крови культивировали по нашему варианту стандартной методики [1,

2] при температуре 37°C в среде IRMP-1640 (9 мл) с добавлением фитогемагглютинаина (ФГА) (фирма «ПанЭко», Россия) и антибиотиков стрептомицин и пенициллин (растворены предварительно в среде). Время инкубации культур составляло 50 ч. В наших условиях культивирования в эти сроки при использовании FPG-методики наблюдались метафазы преимущественно только в первом митозе. За 2,5 ч до конца инкубации в культуральную среду добавляли колхицин (0,5 мкг/мл). Гипотонию осуществляли с помощью 0,075 М KCl. Клетки фиксировали охлажденной смесью метанола и ледяной уксусной кислоты в объемном соотношении 3:1. Затем производили смену фиксатора (центрифугирование) еще два раза. Полученную взвесь раскапывали на чистые охлажденные стекла, которые высушивали на термоплате.

После выполнения классической окраски препаратов хромосом по методу Гимза производили подсчет aberrаций в клетках, содержащих 45–46 хромосом, учитывая aberrации хромосомного (парные фрагменты, дицентрики, центрические и ацентрические кольца, атипичные хромосомы) и хроматидного (одиночные фрагменты, хроматидные обмены) типов.

Стандартную ошибку среднего значения рассчитывали, исходя из предположения о нормальном распределении вариант в генеральной совокупности. Межгрупповое сравнение средних частот осуществляли с использованием стандартного t-критерия Стьюдента с помощью пакета статистических программ Statistica 6.0. Для сравнения обнаруженных уровней aberrаций хромосом с фоновыми значениями у отдельных индивидуумов использовали точный критерий Фишера [3]. Критический уровень значимости принимали равным 0,05. В качестве контрольных частот взяты результаты исследований в нашей лаборатории, опубликованные в работе [4] (в данной статье обозначена как лаборатория № 7).

Результаты. Результаты цитогенетического обследования указанной группы работников представлены в таблице.

Таблица

Количество aberrантных клеток и aberrаций хромосом в культурах лимфоцитов периферической крови у сотрудников МЧС и тележурналистов, командированных в Японию в связи с аварией на АЭС Фукусима-1

| № п/п | Ф. И. О. | Число проанализированных клеток | Aberrации хромосомного типа (на 100 клеток) | | | | | | Aberrации хромосомного типа (на 100 клеток) | | |
|----------------|----------|---------------------------------|---|------------------|------------|---------------------|----------------------|---------------------|---|-----------------------|--------------------|
| | | | процент aberrантных клеток | парные фрагменты | дицентрики | центрические кольца | ацентрические кольца | атипичные хромосомы | процент aberrантных клеток | хроматидные фрагменты | хроматидные обмены |
| Сотрудники МЧС | | | | | | | | | | | |
| 1 | А.В. А. | 335 | 0,30 | 0,30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Б.А. В. | 391 | 0,26 | 0,26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Г.А. В. | 867 | 0,58 | 0,23 | 0 | 0 | 0,12 | 0,23 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Г.С. Л. | 442 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Д.Р. А. | 770 | 0,13 | 0,13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,13 | 0,13 | 0 |
| 6 | Д.А. В. | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Д.Д. В. | 610 | 0,33 | 0,16 | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Д.Г. В. | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Е.В. В. | 282 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | К.И. Н. | 156 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | К.Е. С. | 251 | 0,40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,40 | 0 | 0 | 0 |

Окончание табл.

| № п/п | Ф.И.О. | Число проанализированных клеток | Аберрации хромосомного типа (на 100 клеток) | | | | | | Аберрации хромосомного типа (на 100 клеток) | | |
|------------|----------|---------------------------------|---|------------------|------------|---------------------|----------------------|---------------------|---|-----------------------|--------------------|
| | | | процент аберрантных клеток | парные фрагменты | дицентрики | центрические кольца | ацентрические кольца | атипичные хромосомы | процент аберрантных клеток | хроматидные фрагменты | хроматидные обмены |
| 12 | К.Д. Н. | 402 | 0,25 | 0,50 | 1,00 | 0 | 0 | 0,50 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | К.А. А. | 455 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | К.А. Л. | 279 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | К.А. А.2 | 615 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,33 | 0,33 | 0 |
| 16 | М.П. Н. | 293 | 0,34 | 0,34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | Н.С. Н. | 178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | Н.А. А. | 321 | 0,31 | 0,31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | О.Х. Б. | 288 | 0,35 | 0,35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | П.С. В. | 166 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | П.Д. Т. | 362 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | П.М. Н. | 112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | П.М. В. | 654 | 0,15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0 |
| 24 | П.А. А. | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | П.И. Ф. | 535 | 0,75 | 0,56 | 0,93 | 0 | 0 | 0 | 0,19 | 0,19 | 0 |
| 26 | С.В. А. | 319 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | С.С. И. | 555 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,18 | 0,18 | 0 |
| 28 | Х.С. И. | 210 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | Х.И. Е. | 470 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | Ц.В. Л. | 549 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | Ч.А. А. | 161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Журналисты | | | | | | | | | | | |
| 32 | А.В. А.2 | 302 | 0,33 | 0 | 0,33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | Б.А. А. | 376 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | В.А. А. | 572 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | Л.Е. В. | 435 | 0,46 | 0,23 | 0 | 0 | 0 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0 |
| 36 | М.И. Я. | 539 | 0,56 | 0,56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,37 | 0 | 0,37 |
| 37 | М.С. А. | 284 | 0,35 | 0,35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | П.А. П. | 315 | 0,63 | 0,63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | С.В. Н. | 218 | 0,46 | 0 | 0,46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Обсуждение. Как видно из таблицы, у 19 человек (№ 4, 6, 8–10, 13, 14, 17, 20–22, 24, 26, 28, 29–31, 33, 34) аберрации хромосом ни хромосомного, ни хроматидного типов не обнаружены вообще. У 11 обследованных (№ 1, 2, 5, 15, 16, 18, 19, 27, 36, 37, 38) были зарегистрированы парные и/или хроматидные фрагменты, которые не относятся к индикаторам радиационного воздействия [1, 2]. В целом средние частоты (на 100 проанализированных метафаз) всех хроматидных аберраций, парных фрагментов и их суммы были, как ни странно, статистически значимо ниже в группе обследования по сравнению с лабораторным контролем ($0,041 \pm 0,017$; $0,129 \pm 0,031$ и $0,170 \pm 0,041$ против $0,722 \pm 0,117$; $0,611 \pm 0,100$ и $1,292 \pm 0,200$ при $t=4,31$; $4,76$ и $5,71$, числе степеней свободы $df=73$, $p=0,000049$; $0,000009$ и $0,0000001$ соответственно). Причины этого различия остаются не ясными.

У 2 человек (№ 32, 39) наблюдалось по 1 метафазе, содержащей 1 дицентрик с сопутствующим парным фрагментом. Заметим, что про индивидуума № 39 известно, что он какое время был в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. У 4 человек (№ 7, 11, 23, 35) зарегистрировано по 1 метафазной клетке с 1 атипичной хромосомой. Хотя дицентрики и атипичные хромосомы и относят к индикаторам радиационного воздействия, однако у каждого индивидуума это были единичные находки, что в соответствии с рекомендацией Медицинской технологии № ФС-2007/015-У [3] не позволяет сделать вывод о наличии факта переоблучения. У обследованного Г.А. В. (№ 3) общая частота хромосомных аберраций не выходила за рамки размаха колебаний фоновых значений, однако частота аберраций хромосом — индикаторов радиационного воздействия (в данном случае 2 атипичных хромосомы и 1 ацентрическое

кольцо) — несколько превышала спонтанный уровень ($p=0,043$) и могла свидетельствовать, учитывая наличие стабильных перестроек (атипичные хромосомы), о перенесенном в прошлом переоблучении, в том числе и от медицинских источников, в небольших дозах, явно не превышающих 1 Зв. Это мнение основано на результатах наших собственных цитогенетических исследований участников ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленные сроки после облучения [5]. При этом средние частоты (на 100 проанализированных клеток) дицентриков, атипичных хромосом и их суммы в группе командированных в Японию статистически значимо не отличались от контрольных величин ($0,070\pm 0,037$; $0,043\pm 0,018$ и $0,113\pm 0,047$ против $0,056\pm 0,039$; $0,056\pm 0,039$ и $0,111\pm 0,053$ при $t=-0,266$; $0,301$ и $-0,023$, числе степеней свободы $df=73$, $p=0,791$; $0,764$ и $0,982$ соответственно). Однако в данном случае формальный расчет по средним величинам скрыл неожиданные цитогенетические находки.

Так, у обследованного К.Д. Н. (№ 12) обнаружена 1 метафаза, содержащая 4 дицентрика с ассоциированными парными фрагментами, 2 свободных парных фрагмента и 2 атипичные хромосомы. Аналогично у обследованного П.И. Ф. (№ 25), наряду с 1 клеткой, включавшей 1 дицентрик и ассоциированный парный фрагмент, также была обнаружена 1 метафаза, содержащая 4 дицентрика с ассоциированными фрагментами и 1 свободный фрагмент. Нахождение таких единичных клеток, содержащих по несколько дицентриков, явно не относится к понятию нормы и характерно для действия α -излучателей. Однако при аварии на АЭС Фукусима-1 произошел выброс главным образом бета-гамма-излучателей (^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{133}Xe и некоторых других) [6–8]. Поэтому для этих 2 лиц необходимо исключить предыдущее пребывание на других возможно загрязненных радионуклидами территориях или работу на соответствующих предприятиях. К сожалению, нам это выяснить не удалось.

Японские исследователи приводят следующие данные относительно первых цитогенетических исследований культур лимфоцитов периферической крови у 12 рабочих, занимавшихся восстановительными работами непосредственно на АЭС Фукусима-1, т.е. на самой радиационно опасном участке. Дозы, оцененные по дицентрикам, варьировали у них от 0 до 167 мЗв, составляя в среднем 78 мЗв [9]. Эти данные были хорошо согласованы с показаниями персональных дозиметров (коэффициент корреляции равнялся 0,89 при $p<0,01$). В другой работе [10] выполнен цитогенетический анализ у 265 посетителей (между 21 мартом и 15 июнем 2011 г.) зоны аварии. Они были в основном журналистами и спасателями. У 31 из них частота дицентриков превышала свое максимальное значение в контрольной группе (3,5 на 1000 клеток). В этой группе с большим числом дицентриков частота последних варьировала от 4 до 18 на 1000 клеток. При этом оказалось, что у 2 лиц с наибольшей частотой дицентриков незадолго до поездки была осуществлена радиационная или радионуклидная терапия по поводу рака. Другие двое из данной группы подвергались многократным процедурам компьютерной томографии (КТ). Еще 26 человек со слегка увеличенной частотой дицентриков также имели в анамнезе более частые КТ-обследования, чем лица, вошедшие в группу обследованных с низкой частотой дицентриков или в контрольную группу. Когда индивидуумы с такой специфической историей

медицинского воздействия были исключены из анализа, то частоты дицентриков в группе посетителей аварийной зоны и в контрольной группе оказались статистически значимо не различимы. Также было выполнено цитогенетическое исследование у постоянных жителей городов Токио и Ниигаты через 1 год после аварии [11]. При сравнении с контрольной группой из г. Бейджинга (Китай) было показано, что у представителей обеих популяций величины частот дицентриков + центральных колец были примерно одинаковы. Правда, частота ацентриков (не считаются общепринятыми индикаторами радиационного воздействия) была значимо выше в тестируемой популяции. Авторы рассуждали о возможной связи этого явления с действием низких доз облучения, однако, с нашей точки зрения, данный факт обусловлен нерадиационными различиями в образе жизни японцев и китайцев.

В целом же считаем, что приведенные сведения из научной литературы хорошо согласуются с результатами, полученными нами.

Заключение. Таким образом, следует сделать вывод об отсутствии существенного переоблучения обследованного контингента работников МЧС и журналистов во время его пребывания в Японии в зоне аварии на АЭС Фукусима-1. Однако для целей цитогенетической индикации дозы оптимальным представляется делать анализы не только после пребывания людей в регионах радиационного риска, но и до их вхождения в такие районы.

Конфликт интересов не заявляется. Работа финансировалась из бюджета по теме НИР.

References (Литература)

1. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment: a manual. Technical Reports series № 405. Vienna: IAEA, 2001; 126 p.
2. Cytogenetic dosimetry: applications in preparedness for and response to radiation emergencies. Vienna: IAEA, 2011; 229 p.
3. Snigiryova GP, Bogomazova AN, Novitskaya NN, et al. Biological dose indication of radiation exposure to human organism with use of cytogenetical methods. Medicinskaja tehnologija № FS-2007/015-U. Moscow, 2007; 29 p. Russian (Снигирева Г.П., Богомазова А.Н., Новицкая Н.Н. и др. Биологическая индикация радиационного воздействия на организм человека с использованием цитогенетических методов. Медицинская технология № ФС-2007/015-У. М., 2007; 29 с.)
4. Sevan'kaev AV, Khvostunov IK, Snigiryova GP, et al. Comparative Analysis of Cytogenetic Examination of Control Groups of Subjects Carried out in Different Russian Laboratories. Radiacionnaja biologija. Radiojekonomika 2013; 53 (1): 5–24. Russian (Севанькаев А.В., Хвостунов И.К., Снигирева Г.П. и др. Сравнительный анализ результатов цитогенетических обследований контрольных групп лиц в различных отечественных лабораториях. Радиационная биология. Радиоэкология 2013; 53 (1): 5–24.)
5. Nugis VYu, Sevan'kaev AV, Khvostunov IK, et al. The results of 25 years of cytogenetic investigation of survivors exposed to different doses of irradiation in the Chernobyl accident. Radiacionnaja biologija. Radiojekonomika 2011; 51 (1): 81–90. Russian (Нугис В.Ю., Севанькаев А.В., Хвостунов И.К. и др. Результаты 25-летнего цитогенетического обследования лиц, подвергшихся облучению в различных дозах при аварии на Чернобыльской АЭС. Радиационная биология. Радиоэкология 2011; 51 (1): 81–90.)
6. Achim P, Monfort M, Le Petit G, et al. Analysis of radionuclide releases from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part II. Pure and Applied Geophysics 2014; 171 (3-5): 645–667.
7. Christoudias T, Lelieveld J. Modelling the global atmospheric transport and deposition of radionuclides from the Fukushima Daiichi nuclear accident. Atmos Chem Phys 2013; 13 (3): 1425–1438.

8. Thakur P, Ballard S, Nelson R. An overview of Fukushima radionuclides measured in the northern hemisphere. *Sci Total Environ* 2013; 458–460: 577–613.

9. Suto Y, Hraii M, Akiyama M, et al. First report on biodosimetry of restoration workers for Tokyo Electric Power Company Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. In: The Joint International Symposium on EPR Dosimetry and Dating and the International Conference on Biological Dosimetry: Abstracts

of lectures and poster presentations. Leiden, The Netherlands, March 24–28, 2013; p. 119.

10. Lee J-K, Han E-A, Lee S-S, et al. Cytogenetic biodosimetry for Fukushima travelers after the nuclear power plant accident: no evidence of enhanced yield of dicentric. *J Radiation Research* 2012; 53 (6): 876–881.

11. Chen Y, Zhou PK, Zhang XQ, et al. Cytogenetic studies for a group of people living in Japan 1 year after the Fukushima nuclear accident. *Radiat Prot Dosimetry* 2014; 159 (1-4): 20–25.

УДК 613.64

Оригинальная статья

УЧЕТ ВКЛАДА ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА В ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЕ ПОСЛЕ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ НА АЭС

С. М. Шинкарев — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, заведующий отделом, доктор технических наук; **Ю. И. Гаврилин** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук; **А. А. Андросова** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, научный сотрудник.

ESTIMATION OF THE CONTRIBUTION OF GAMMA-EMISSION OF INCORPORATED CESIUM RADIOISOTOPES IN INTERPRETATION OF THE RESULTS OF THE PUBLIC SURVEY TO ASSESS THE THYROIDAL IODINE CONTENT FOLLOWING A RADIATION ACCIDENT AT THE NUCLEAR POWER PLANT

S. M. Shinkarev — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Head of Department, Doctor of Engineering; **Yu. I. Gavrilin** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Leading researcher, Doctor of Engineering; **A. A. Androsova** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Researcher.

Дата поступления — 14.11.2014 г.

Дата принятия в печать — 10.12.2014 г.

Шинкарев С. М., Гаврилин Ю. И., Андросова А. А. Учет вклада гамма-излучения инкорпорированных радионуклидов цезия при интерпретации результатов радиометрического обследования жителей для оценки содержания радиоактивного йода в щитовидной железе после радиационной аварии на АЭС. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2014; 10 (4): 800–804.

Цель: на примере анализа результатов массовых радиометрических обследований щитовидной железы у жителей после аварии на ЧАЭС детально рассмотреть значимость вклада гамма-излучения радиоактивных изотопов цезия в измеряемую мощность дозы над щитовидной железой (ЩЖ) и получить эмпирические соотношения для учета этого вклада при интерпретации результатов обследования. **Материал и методы.** Для оценки вклада гамма-излучения радиоактивных изотопов цезия в измеряемую с помощью радиометрических приборов мощность дозы над ЩЖ проведены модельные расчеты для типовых вариантов поступления радионуклидов в организм жителей, проживавших в загрязненной местности после Чернобыльской аварии. При этом рассматривались два наиболее значимых пути поступления: 1) ингаляционный и 2) пероральный с коровьим молоком. **Результаты.** Согласно полученным оценкам вклад радиоактивных изотопов цезия в результат измерения мощности дозы над щитовидной железой в течение первых 20 дней не превышает 20% для жителей южных районов Гомельской области и 30% для жителей Могилевской области. Спустя 60 дней после аварии этот вклад составит (50–80)% для жителей южных районов Гомельской области и (80–95)% для жителей Могилевской области. **Заключение.** Для периода массовых измерений в южных районах Гомельской области (вторая половина мая) учет вклада инкорпорированных изотопов цезия относительно незначим, а для Могилевской области (конец мая) он существен. В июньских 1986 г. измерениях учет вклада инкорпорированных изотопов цезия актуален для жителей на всей территории Белоруссии.

Ключевые слова: радиоактивный йод, радиоактивные изотопы цезия, Чернобыльская авария, щитовидная железа, население.

Shinkarev SM, Gavrilin Yul, Androsova AA. Estimation of the contribution of gamma-emission of incorporated cesium radioisotopes in interpretation of the results of the public survey to assess the thyroidal iodine content following a radiation accident at the nuclear power plant. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2014; 10 (4): 800–804.

Aim. A detail consideration has been done to assess an importance of the contribution of gamma-emission of incorporated cesium radioisotopes to the exposure rate measured near the thyroid by the public survey for following the Chernobyl accident. Empirical ratios have been derived to take into account that contribution under interpretation of the results of survey meter monitoring of the public. **Materials and methods.** Model calculations for typical radionuclide intake by the residents living in contaminated territories after the Chernobyl accident have been carried out in order to assess the contribution of gamma-emission of incorporated cesium radioisotopes to the exposure rate measured near the thyroid by the survey. Under such calculations two the most important modes of intake have been considered: 1) inhalation and 2) ingestion with cow milk. **Results.** According to the estimates received the contribution of gamma-emission of incorporated cesium radioisotopes to the exposure rate measured near the thyroid during the first 20 days does not exceed 20% for the residents of southern areas of Gomel region and 30% for the residents of Mogil'ov region. During 60 days following the accident that contribution is estimated to be within (50–80)% for the residents of southern areas of Gomel region and (80–95)% for the residents of Mogil'ov region. **Conclusion.** For the period of intensive thyroid measuring in the southern areas of Gomel region (the second part of May) account of the contribution