

**И.А. Мартиненко<sup>1</sup>, М.Э. Сокольников<sup>1</sup>, Н.А. Кошурникова<sup>1</sup>,  
Ю.Г. Мокров<sup>2</sup>, Д.А. Берегич<sup>2</sup>**

**ОЦЕНКА РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЯ РАКОМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ  
У НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПРОЖИВАНИИ ВБЛИЗИ ПО «МАЯК»**

**I.A. Martinenko<sup>1</sup>, M.E. Sokolnikov<sup>1</sup>, N.A. Koshurnikova<sup>1</sup>, Yu.G. Mokrov<sup>2</sup>,  
D.A. Beregich<sup>2</sup>**

**Risk Assessment of Thyroid Cancer Incidence among Population Due to the  
Residence Close to Mayak PA**

## РЕФЕРАТ

**Цель:** Эпидемиологическая оценка радиационного риска заболевания раком щитовидной железы (РЩЖ) среди населения, проживавшего в детском возрасте на территории, загрязненной радиоактивными газо-аэрозольными выбросами в период освоения технологии на ПО «Маяк».

**Материал и методы:** Исследование проведено в когорте, включающей 31836 человек, проживавших в детском возрасте в г. Озерске в период 1948–1962 гг., когда имели место неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы в атмосферу из труб радиохимических заводов ПО «Маяк». В изучаемой когорте было установлено 60 гистологически верифицированных случаев РЩЖ. Стандартизованный относительный риск (СОР) оценен методом косвенной стандартизации по полу и возрасту с 95 %-ным доверительным интервалом. В качестве стандарта избраны возраст-половые показатели заболеваемости РЩЖ в России и среди городского населения Челябинска. Сведения об уровнях облучения щитовидной железы для жителей г. Озерска разного возраста были получены на основе предварительных расчетов дозы для двух сценариев потребления продуктов питания от разных поставщиков. Оценка радиационного избыточного относительного риска на единицу дозы (ИОР/Зв) проведена с использованием модели регрессии Пуассона, реализованной в программном модуле Amfit пакета EpiCure.

**Результаты:** Стандартизованный относительный риск заболевания РЩЖ в изучаемой когорте по сравнению с данными национальной статистики составил у мужчин 3,16 (1,68–5,06), у женщин – 2,07 (1,52–2,65). Также показано достоверное различие заболеваемости РЩЖ в когорте по сравнению с региональной статистикой: СОР у мужчин составил 2,04 (1,08–3,26) и 1,59 (1,17–2,04) у женщин. Величина ИОР/Зв составила –0,03 ( $p > 0,5$ ), т.е. между увеличением заболеваемости РЩЖ и рассчитанными групповыми оценками доз отсутствует корреляционная связь.

**Выводы:** В изучаемой когорте лиц, проживавших в детском возрасте в г. Озерске в период 1948–1962 гг., когда имели место неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы в атмосферу из труб радиохимических заводов, возраст-половые показатели и стандартизованный относительный риск заболевания раком щитовидной железы как у мужчин, так и у женщин в 2–3 раза превышали таковые в национальной и региональной статистике. Корреляция между дозой и наблюдаемым эффектом отсутствует. Этот результат, вероятно, обусловлен использованием групповых доз из-за отсутствия индивидуальных данных.

**Ключевые слова:** рак щитовидной железы, заболеваемость, ПО «Маяк», радиационный риск, стандартизованный относительный риск

## ABSTRACT

**Purpose:** Thyroid cancer incidence rates in the population residing as children in areas contaminated by radioactive gas-aerosol emissions during technological development at Mayak PA were assessed in the current epidemiological study.

**Material and methods:** The study was carried out in a cohort of 31,836 people residing in childhood in Ozersk during 1948–1962. In that period uncontrolled gas-aerosol emissions from chimneys of radiochemical plants took place. There were 60 thyroid cancer cases diagnosed and histologically verified in the study cohort. Standardized incidence rates (SIR) were estimated by the indirect standardization by age and sex with a 95 % confidence interval. Age- and sex-related thyroid cancer incidence rates in Russia and among the urban population of Chelyabinsk were chosen as a standard. Information on radiation exposure levels of thyroid for Ozersk residents of different ages was obtained on the basis of preliminary dose calculations for two scenarios of food consumption from different suppliers. Radiation excess relative risk per unit dose (ERR/Sv) was calculated with the use of a Poisson regression model implemented in Amfit module of the EpiCure software.

**Results:** SIR of thyroid cancer in the cohort was 3.16 among men (1.68–5.06) and 2.07 (1.52–2.65) among women compared to the data of national statistics. Significant difference of thyroid cancer incidence in the cohort compared to the regional statistics was also found: SIR was 2.04 (1.08–3.26) among men and 1.59 (1.17–2.04) among women. ERR/Sv was –0.03 ( $p > 0.5$ ), i.e. increase of thyroid cancer incidence in the study cohort is not associated with the obtained estimates of equivalent doses to the thyroid.

**Conclusion:** In the cohort of persons residing as children in Ozersk in the period of uncontrolled gas-aerosol emissions from the chimneys of radiochemical plants in 1948–1962, age- and sex-related thyroid cancer incidence rates and relative risk of thyroid cancer incidence in men and women significantly (2–3 times) exceeded those in the national and regional statistics. The correlation between dose and effect was not observed. It could be associated with using group doses due to lack of individual doses.

**Key words:** thyroid cancer incidence, Mayak PA, radiation risk, standardized incidence ratio

<sup>1</sup> Южно-Уральский институт биофизики, Челябинская обл., Озерск. E-mail: martinenko@subi.su

<sup>2</sup> ПО Маяк, Озерск, Челябинская обл., Россия

<sup>1</sup> Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk, Russia. E-mail: martinenko@subi.su

<sup>2</sup> Mayak PA, Ozersk, Russia

## Введение

Известно, что главным источником поступления  $^{131}\text{I}$  в окружающую среду являются газо-аэрозольные выбросы из труб ядерных реакторов и заводов по переработке облученного ядерного топлива [1]. В связи с этим не теряет актуальности проблема оценки риска медицинских последствий, в первую очередь канцерогенных, среди населения, проживающего в районе расположения атомных предприятий, которые в период освоения технологии являлись источником сверхфонового радиоактивного загрязнения прилегающих территорий [2].

На протяжении многих лет ЮУрИБФ проводятся исследования онкологической заболеваемости среди жителей г. Озерска — ближайшего к ПО «Маяк» населенного пункта. Актуальность этих исследований обусловлена тем, что в первые годы деятельности предприятия имели место неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы в атмосферу из труб промышленных реакторов и радиохимического завода. Установлено, что основным дозообразующим радионуклидом в составе выбросов был  $^{131}\text{I}$ , образование которого происходило в процессе переработки облученных в реакторах урановых блоков [3]. Изъяты из активной зоны реакторов блоки помещались в бассейн выдержки на период времени, достаточный для распада короткоживущих радионуклидов. Далее облученные блоки транспортировались на радиохимический завод, где производилось их растворение и выделение плутония, урана и осколков деления [4]. Для полного распада  $^{131}\text{I}$  требуется время выдержки блоков в бассейне не менее 80 сут (10 периодов полураспада  $^{131}\text{I}$ ). Однако в связи с тем, что в 1949–1954 гг. перед работниками ПО «Маяк» стояла задача в сжатые сроки получить оружейный плутоний, время выдержки блоков в бассейне было сокращено до 20–50 сут [4]. Короткая выдержка привела к тому, что не полностью распавшийся радиоактивный йод в составе газо-аэрозольных выбросов попадал в атмосферу через вентиляционные системы радиохимического завода, вследствие чего происходило радиационное загрязнение окружающей территории, в том числе го-

рода Озерска. В работе [4] показано, что общий объем поступления  $^{131}\text{I}$  в атмосферу с газо-аэрозольными выбросами из труб радиохимического завода составил 1,0 млн Ки, из них 90 % поступило в 1948–1954 гг.

В ранее опубликованных работах показано, что среди населения, проживавшего в городе в детском возрасте, единственным достоверным медицинским последствием является увеличение заболеваемости раком щитовидной железы (РЩЖ) [5].

Целью настоящей работы является продолжение исследований по оценке риска заболевания РЩЖ и поиску доказательств радиогенной природы этого эффекта. В задачи исследования входила оценка групповых доз облучения щитовидной железы в когорте жителей Озерска, а также расчет стандартизованного и избыточного относительного риска заболевания РЩЖ в изучаемой популяции.

## Материал и методы

Исследование проведено на основе регистров, которые созданы и поддерживаются в лаборатории радиационной эпидемиологии ЮУрИБФ. Детский регистр г. Озерска [6] содержит сведения более чем на 90 тыс. жителей города 1934–2010 гг. рождения, которые родились в городе или приехали в возрасте до 15 лет в период с 1948 (в 1948 г. ПО «Маяк» введен в эксплуатацию) по 2013 гг. Регистр включает сведения о дате и месте рождения, времени проживания в Озерске, жизненном статусе, данные о профессиональном облучении при работе на «ПО Маяк». Характеристика Детского регистра представлена в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1, более 90 % членов регистра имеют установленный жизненный статус.

Анализ риска был проведен в субкогорте лиц, проживавших в детском возрасте в г. Озерске в 1948–1962 гг. — в период, когда в связи с отсутствием эффективной газоочистки население могло подвергаться наибольшему радиационному воздействию, в том числе от  $^{131}\text{I}$  [7]. Изучаемая субкогорта включает 31836 членов Детского регистра, из них 27378 (86 %) — с установленным жизненным статусом.

Таблица 1

Характеристика «Детского регистра г. Озерска»

По состоянию на 31.12.2013	Мужчины		Женщины		Оба пола	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Всего в Детском регистре	46907	51,2	44652	48,8	91559	100,0
С установленным жизненным статусом	43613	93,0	40617	91,0	84230	92,0
— из них:						
живы	35410	81,2*	37080	91,3*	72490	86,1*
умерли от всех причин	8203	18,8*	3537	8,7*	11740	13,9*
Потерины для наблюдения	3295	7,0	4037	9,0	7332	8,0

Примечание: \* — процент рассчитан от числа лиц с установленным жизненным статусом

Таблица 2

**Характеристика изучаемой субкогорты лиц, проживавших в Озерске в 1948–1962 гг.**

По состоянию на 31.12.2013	Мужчины		Женщины		Оба пола	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Количество людей в субкогорте	16196	50,9	15640	49,1	31836	100,0
Количество людей с установленным жизненным статусом	14298	88,3*	13080	83,6*	27378	86,0
Количество заболевших РЩЖ	13	0,09*	47	0,36*	60	0,22*
Средний возраст заболевших, лет	44,4 (28–57)		44,3 (12–64)		44,3 (12–64)	

Примечание: \* — процент рассчитан от числа лиц с установленным жизненным статусом

Данные о случаях заболевания РЩЖ получены из базы данных «Онкорегистр» [8], содержащей сведения о злокачественных новообразованиях всех локализаций, диагностированных у жителей г. Озерска независимо от года рождения в период 1948–2013 гг. во время их проживания в городе. В выделенной когорте рак щитовидной железы диагностирован у 60 человек. Все случаи РЩЖ гистологически верифицированы. Характеристика изучаемой субкогорты представлена в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что в изучаемой субкогорте, как и во всем Детском регистре, количество и доля людей с известным жизненным статусом является достаточно высокой (86 %). Средний возраст заболевших составил больше 40 лет, т.е. РЩЖ диагностирован у взрослых, несмотря на облучение ЩЖ в детском возрасте. Единственный диагноз РЩЖ у 12-летней девочки являлся случайной находкой при гистологическом исследовании удаленного на операции шейного лимфатического узла.

В соответствии с задачами исследования был оценен стандартизованный относительный риск (СОР) методом косвенной стандартизации по полу и возрасту с 95 %-ным доверительным интервалом. В качестве стандартов избраны усредненные возраст-половые показатели заболеваемости РЩЖ в России за 1989–2010 гг. [9] и среди городского населения Челябинска за 1991–2007 гг. Выбор стандарта для сравнения и расчета ожидаемых величин обусловлен тем, что в указанные годы качество диагностики с использованием УЗИ практически не отличалось как в группе сравнения, так и в изучаемой когорте. Региональная статистика предпочтительнее для сравнения, т.к. оба города (Озерск и Челябинск) расположены на эндемичной по зобу территории [5].

Для анализа зависимости «доза–эффект» была проведена работа по оценке радиационного облучения населения в результате выбросов  $^{131}\text{I}$  в атмосферу. Эта задача выполнялась специалистами ПО «Маяк» по проекту 1.4 Объединенного координационного комитета по изучению радиационных воздействий (ОКК ИРВ/ССРЕР) (в рамках российско-американского соглашения о сотрудничестве в области из-

учения радиационных воздействий с целью минимизации последствий радиоактивного загрязнения на здоровье человека и окружающую среду) и состояла из следующих основных этапов:

1. Реконструкция ежемесячных выбросов  $^{131}\text{I}$  из труб реакторного и радиохимического производства за период 1948–1962 гг., когда инструментальный контроль выбросов не проводился. Работы этого этапа включали: расчет накопления  $^{131}\text{I}$  в уране промышленных уран-графитовых ядерных реакторов (ПУГР) [10], учет распада  $^{131}\text{I}$  за время хранения облученного ядерного топлива (ОЯТ) в бассейнах выдержки [3], оценка выхода  $^{131}\text{I}$  в газовую фазу (для трех химических форм йода) при растворении ОЯТ, учет задержки  $^{131}\text{I}$  газоочистными системами радиохимического завода [4]. Для реакторного производства отдельно учитывался выход  $^{131}\text{I}$  в атмосферу при аварийных ситуациях на ПУГР.

2. Расчет атмосферного переноса выбросов  $^{131}\text{I}$  из труб предприятия с использованием программы RATCHET. При проведении этих расчетов использовались реконструированные на первом этапе данные о мощности выброса  $^{131}\text{I}$  в атмосферу и реальные почасовые данные метеорологических наблюдений (направление и скорость ветра, категория устойчивости атмосферы, наличие и интенсивность атмосферных осадков и др.), выполненных на метеостанции ПО «Маяк» за весь рассматриваемый период. В результате расчетов была получена подробная пространственно-временная информация об объемной активности  $^{131}\text{I}$  в приземном слое атмосферы и плотности радиоактивных выпадений на поверхность почвы.

3. Расчет доз внешнего облучения различных возрастных групп населения от радиоактивного облака и от поверхности почвы, загрязненной  $^{131}\text{I}$ , с учетом защитных свойств зданий и продолжительности пребывания на открытой местности.

4. Расчет ингаляционных доз внутреннего облучения для различных возрастных групп населения с учетом объемов дыхания и защитных свойств зданий. Расчет доз на этапах 3 и 4 выполнен с использованием дозовых коэффициентов [11], а результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Предварительные результаты оценки доз облучения щитовидной железы взрослых жителей Озерска (1948–2002 гг.) от атмосферных выбросов <sup>131</sup>I, Гр**

Фактор воздействия	Доза на щитовидную железу, Гр	Примечание
Доза от внешнего облучения	0,01–0,015	Для различных районов города и типов жилой застройки
Ингаляционная доза	0,004–0,01	
Потребление продуктов питания (молоко, овощи и др.)	0,5–1,5	С учетом различных поставщиков продуктов питания

5. Расчет доз внутреннего облучения для перорального (с продуктами питания) поступления <sup>131</sup>I является наиболее сложным и ответственным этапом реконструкции, поскольку этот путь вносит подавляющий вклад в суммарное дозовое воздействие на население. Известно, что основным продуктом питания, с которым <sup>131</sup>I поступает в организм человека, является коровье (козье) молоко (до 90 % общего поступления) и, в значительно меньшей степени, листовые овощи и куриные яйца.

На всех этапах работ специалисты ПО «Маяк» стремились всемерно, где это было возможно, придерживаться методических рекомендаций, разработанных американскими коллегами при выполнении ими Хэндфордского йодного проекта (HEDR). Однако реализовать точную схему расчета миграции йода по цепочке: атмосфера → растительность → почва → корова (коза) → молоко → человек не представлялось возможным из-за существенно различных природно-климатических условий Хэндфорда и Озерска, поэтому расчет пероральных доз облучения жителей Озерска был выполнен по упрощенной схеме, с использованием рекомендаций специалистов ОНИС. Поставки молока и овощей жителям Озерска проводились из нескольких сельскохозяйственных предприятий, удаленных в разных направлениях и на разные расстояния от ПО «Маяк». Поэтому доза облучения щитовидной железы жителей существенным образом зависела не только от объема потребляемого молока, но и от поставщика молочной продукции. При этом следует иметь в виду, что (при прочих равных условиях) содержание <sup>131</sup>I в козьем молоке может быть в разы больше, чем в коровьем [7].

Для расчета индивидуальных доз облучения щитовидной железы каждый член изучаемой субкогорты был отнесен к первому или второму сценарию в зависимости от предполагаемого источника поступления <sup>131</sup>I с продуктами питания, достигнутого возраста и времени проживания в Озерске. Считалось, что до 1956 г. молоко и овощи поступали в город из совхоза № 2 (пос. Метлино). С 1957 г. пос. Метлино был переселен, и снабжение жителей молоком и овощами

Таблица 4

**Стандартизованный относительный риск заболеть РЩЖ в изучаемой субкогорте по сравнению с национальным и региональным контролем**

Контроль	Изучаемая субкогорта	
	Мужчины	Женщины
Национальная статистика	3,16 (1,68–5,06)	2,07 (1,52–2,65)
Региональная статистика	2,04 (1,08–3,26)	1,59 (1,17–2,04)

Примечание: В скобках указаны границы 95 %-го доверительного интервала

осуществлялось из совхозов, расположенных на незагрязненных радионуклидами территориях. В результате расчетов были получены групповые оценки эквивалентных доз облучения ЩЖ для членов субкогорты за каждый год проживания в период 1948–1962 гг. за счет, в основном, перорального поступления радио-йода. Суммируя ежегодные дозы, были рассчитаны накопленные эквивалентные дозы облучения за весь период проживания.

Оценка радиационного избыточного относительного риска на единицу дозы (ИОР/Зв) проведена с использованием модели регрессии Пуассона, реализованной в программном модуле Amfit пакета Epcure [12].

### Результаты и обсуждение

#### Оценка стандартизованного относительного риска заболеть РЩЖ в изучаемой когорте

Результаты оценки COP в настоящем исследовании представлены в табл. 4.

Как следует из данных табл. 4, COP достоверно выше у мужчин и женщин как по сравнению с национальной, так и с региональной статистикой. Более широкий доверительный интервал у мужчин связан с небольшим количеством случаев РЩЖ, тем не менее, результат оценки является высоко достоверным.

Результаты значительного увеличения заболеваемости РЩЖ у мужчин и женщин выделенной субкогорты по сравнению с региональной статистикой могут свидетельствовать о наличии дополнительного канцерогенного фактора. По нашему мнению, таковым фактором является техногенное радиационное воздействие, которому подвергались жители Озерска при проживании в городе в детском возрасте. Это предположение обосновано тем, что различия между сравниваемыми популяциями по другим факторам, влияющим на заболеваемость РЩЖ, были нивелированы путем стандартизации по полу и возрасту, а также выбора контроля из территориально близко расположенного региона, где также имеет место дефицит йода.



Таблица 5

**Предварительные оценки эквивалентной дозы облучения щитовидной железой для различных возрастных групп населения Озерска, Зв**

Начало облучения	Возраст на момент облучения					
	до 1 года	От 1 до 2 лет	От 2 до 7 лет	От 7 до 12 лет	От 12 до 17 лет	Взрослые
1	2	3	4	5	6	7
Сценарий 1. Потребление молока и овощей только из совхоза № 2 (Метлино, р. Теча)						
1949	5,226	10,166	5,882	2,140	1,373	0,707
1950	2,337	4,547	2,631	0,957	0,614	0,316
1951	1,739	3,384	1,958	0,712	0,457	0,236
1952	0,421	0,820	0,474	0,173	0,111	0,057
1953	0,174	0,339	0,196	0,071	0,046	0,024
1954	1,266	2,463	1,425	0,518	0,333	0,171
1955	0,694	1,350	0,781	0,284	0,182	0,094
1956	0,248	0,483	0,279	0,102	0,065	0,034
Сценарий 2. Потребление только местных (Озерск) молока и овощей						
1949	1,229	2,390	1,383	0,503	0,323	0,166
1950	0,342	0,666	0,385	0,140	0,090	0,046
1951	0,423	0,823	0,476	0,173	0,111	0,057
1952	0,121	0,235	0,136	0,049	0,032	0,016
1953	0,060	0,118	0,068	0,025	0,016	0,008
1954	0,544	1,058	0,612	0,223	0,143	0,074
1955	0,121	0,235	0,136	0,049	0,032	0,016
1956	0,060	0,118	0,068	0,025	0,016	0,008
1957	0,020	0,039	0,023	0,008	0,005	0,003
1958	0,040	0,078	0,045	0,016	0,011	0,005
1959	0,00020	0,00039	0,00023	0,00008	0,00005	0,00003
1960	0,010	0,020	0,011	0,004	0,003	0,001
1961	0,002	0,004	0,002	0,001	0,001	0,000
1962	0,004	0,008	0,005	0,002	0,001	0,001

### Оценка эквивалентной дозы облучения щитовидной железой

В табл. 5 приведены предварительные расчетные оценки дозы облучения щитовидной железой для жителей Озерска разного возраста для двух сценариев потребления продуктов питания от разных поставщиков (совхоз № 2 и местные продукты). Значения доз, представленные в каждой клетке табл. 5, характеризуют максимальную годовую дозу для каждого сценария (для полного рациона) за выбранный год (столбец 1) для заданной возрастной группы (столбцы 2–7). В случае смешанной (с разным долевым вкладом) реализации обоих сценариев и частичного (неполного) рациона питания результирующее значение дозы будет лежать в пределах границ, оцененных для каждого сценария.

Следует отметить, что несмотря на тщательность исследования с учетом архивных данных, существуют неопределенности в ретроспективной оценке индивидуальных доз облучения щитовидной железой, которые в основном связаны с невозможностью персонифицировать накопленные дозы для каждого конкретного человека.

### Изучение дозовой зависимости

Результаты оценки индивидуальных доз облучения щитовидной железой, полученные на основании предварительных расчетных оценок доз облучения щитовидной железой для жителей Озерска разного возраста для двух сценариев потребления продуктов питания от разных поставщиков, представлены в табл. 6.

Данные табл. 6 свидетельствуют о том, что более 50 % членов когорты могли иметь эквивалентную дозу облучения ЩЖ более 2 Зв. В результате, как у мужчин, так и у женщин максимальная кумулятивная доза составила 17,6 Зв, средняя доза — 4,5 Зв.

Полученные данные были использованы при расчете избыточного относительного риска заболевания РЩЖ. Величина ИОР/Зв составила  $-0,03$  ( $p > 0,5$ ). Это означает, что между повышенным уровнем заболеваемости РЩЖ и рассчитанными групповыми оценками доз облучения щитовидной железой у членов исследуемой когорты отсутствует связь.

Следует иметь в виду, что отсутствие корреляционной связи между эффектом и дозой нельзя считать свидетельством того, что техногенное облучение в

Таблица 6

**Характеристика эквивалентных доз облучения ЩЖ в изучаемой когорте**

Дозовая категория, Зв	Мужчины				Женщины			
	Средняя доза, Зв	Количество человек	%	Случаев РЩЖ	Средняя доза, Зв	Количество человек	%	Случаев РЩЖ
0	0	1	0,0	0	0	2	0,0	0
>0–0,1	0,02	4554	28,1	4	0,02	4439	28,4	14
0,1–0,5	0,18	1691	10,4	2	0,18	1642	10,5	6
0,5–1,0	0,84	693	4,3	1	0,82	624	4,0	1
1,0–2,0	1,37	499	3,1	0	1,37	507	3,2	2
2,0–4,0	3,2	3289	20,3	5	3,21	3217	20,6	6
4,0–8,0	6,0	1913	11,8	0	5,96	1769	11,3	9
>8,0	14,2	3556	22,0	1	14,1	3440	22,0	9
Всего	4,58	16196	100,0	13	4,54	15640	100,0	47

детском возрасте никак не повлияло на заболеваемость РЩЖ у изучаемого населения. Наблюдаемое отсутствие корреляции может быть обусловлено рядом причин. Величины накопленных доз, использованные для оценки риска, являются групповыми, при этом их значение рассчитано относительно года рождения и периода проживания в Озерске, но не учитывает индивидуальную вариабельность поступления радиоактивного йода, которая зависит от особенностей питания индивидуума в разном возрасте, вида потребляемого молока (коровье/козье) и источников его поступления. К настоящему моменту с целью поиска отсутствующих сведений о снабжении жителей Озерска молоком (из какого совхоза, в какой период и в какой магазин поставлялось молоко, кто содержал коров/коз, употреблял ли человек в детстве молоко магазинное или цельное коровье/козье) нами проверены все доступные источники информации из городского архива и архива ПО «Маяк», медицинские книжки, персональные анкеты, заполненные участниками скринингового исследования [13], но, к сожалению, в этих источниках необходимые данные отсутствовали.

Вместе с тем, нельзя не принять во внимание результаты ранее проведенных исследований по поиску свидетельств радиогенной природы РЩЖ в изучаемой когорте. Так, повышение заболеваемости РЩЖ выявлено среди членов изучаемой когорты, проживавших в городе в детском возрасте в период 1948–1962 гг., когда имели место неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы в атмосферу, содержащие  $^{131}\text{I}$ . Важно отметить, что среди лиц, проживавших в Озерске после введения в 1962 г. эффективной системы газоочистки, не выявлен повышенный уровень заболеваемости РЩЖ [14]. Результаты, полученные в [15], свидетельствуют о том, что среди резидентов, проживавших в Озерске в детском возрасте в 1948–1962 гг., отношение шансов заболеть РЩЖ у жителей пригородного поселка было в два раза выше, чем у городских жителей. Возможно, это связано с особенностями

питания жителей поселка, которые могли содержать личное подсобное хозяйство и употреблять молоко от собственных коз и коров, места выпаса которых находились на загрязненных территориях.

**Выводы**

1. В изучаемой когорте лиц, проживавших в детском возрасте в г. Озерске в период 1948–1962 гг., когда имели место неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы  $^{131}\text{I}$  в атмосферу из труб радиохимических заводов, возрастно-половые показатели и стандартизованный относительный риск заболевания раком щитовидной железы как у мужчин, так и у женщин в 2–3 раза превышали таковые в национальной и региональной статистике.

2. На основе предварительных оценок дозы облучения щитовидной железы для жителей Озерска разного возраста и периода проживания для двух сценариев потребления продуктов питания от разных поставщиков были рассчитаны ежегодные и накопленные групповые эквивалентные дозы для членов изучаемой когорты. В результате, как у мужчин, так и у женщин максимальная кумулятивная доза составила 17,6 Зв, средняя доза — 4,5 Зв. Более 50 % членов когорты имели суммарную дозу более 2 Зв.

3. Между повышенным уровнем заболеваемости РЩЖ и рассчитанными групповыми оценками доз облучения щитовидной железы у членов исследуемой когорты не установлена корреляционная связь. Такой результат обусловлен тем, что величины накопленных доз, использованные для оценки риска, являются групповыми и не учитывают индивидуальную вариабельность поступления радиоактивного йода в организм.

4. Увеличение уровня заболеваемости раком щитовидной железы у лиц, проживавших в детском возрасте в Озерске в период 1948–1962 гг., связано с техногенным облучением, обусловленным неконтролируемыми газо-аэрозольными выбросами из труб радиохимических заводов ПО «Маяк».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин Л.А. с соавт. Радиоактивный йод в проблеме радиационной безопасности. М.: Атомиздат. 1972. 272 с.
2. Аклеев А.В., Крестинина Л.Ю., Престон Д. и соавт. Радиационный риск злокачественных новообразований у жителей прибрежных сел реки Течи // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2008. Т. 53. № 4. С. 13–37.
3. Плаголенко Ю.В., Дрожко Е.Г., Мокров Ю.Г. и соавт. Методика реконструкции радионуклидного состава и активности осколков деления, накапливающихся в облученном уране на момент его радиохимической переработки на заводе «Б» ПО «Маяк» в начале 1950-х гг. // Вопросы радиац. безопасности. Спец. выпуск. 2008. С. 35–51.
4. Плаголенко Ю.В., Дрожко Е.Г., Мокров Ю.Г. и соавт. Реконструкция выбросов в атмосферу йода-131 из труб радиохимического производства ПО «Маяк» за период с 1948 по 1967 гг. // Вопросы радиац. безопасности. Спец. выпуск. 2008. С. 52–61.
5. Ильин Л.А., Аксель Е.М., Дрожко Е.Г. и соавт. Заболеваемость раком щитовидной железы среди жителей г. Озерска (эпидемиологическое исследование) // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2003. Т. 48. № 1. С. 57–64.
6. Кошурникова Н.А., Кабирова Н.Р., Болотникова М.Г. и соавт. Характеристика регистра лиц, проживавших в детском возрасте вблизи производственного объединения «Маяк» // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2003. Т. 48. № 1. С. 27–34.
7. Мокров Ю.Г., Мартюшов В.З., Стукалов П.М. и соавт. Особенности структуры питания населения г. Озерска за период с 1948 по 1966 гг., значимые для оценки пероральной составляющей доз внутреннего облучения // Вопросы радиац. безопасности. Спец. выпуск. 2008. С. 62–75.
8. Фомин Е.П., Окатенко П.В., Кошурникова Н.А. Опыт ретроспективного создания канцер-регистра для населения г. Озерска и анализ показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями на его основе с 1948 по 2005 гг. // Вопросы радиац. безопасности. 2007. № 4. С. 54–62.
9. Давыдов М.И., Аксель Е.М. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ в 2005 г. // Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН. 2007. Т. 18. № 2. 156 с.
10. Плаголенко Ю.В., Дрожко Е.Г., Мокров Ю.Г. и соавт. Методика и результаты реконструкции выбросов инертных радиоактивных газов из труб графитовых реакторов ПО «Маяк» за весь период их эксплуатации // Вопросы радиац. безопасности. Спец. выпуск. 2008. С. 6–21.
11. Sbyder S.F., Farris W.T., Napier B.A., Ikenberry T.A. et al. Parameters used in the environmental pathway and radiological dose modules (DESCARTES, CIDER and CRD Codes) of the Hanford Environmental Dose Reconstruction Integrated Codes (HEDRIC) // In: PNWD-2023. HEDR. Rev. 1. UC-000. Battelle. Pacific Northwest Laboratories. Richland. Washington.
12. Preston D.L., Lubin J.H., Pierce D.A. EPICURE user's Guide. – Seattle: Hirosoft International Corp. 1993. 330 pp.
13. Машарова Е.И., Азизова Т.В., Чутчикова Т.А. и соавт. Распространенность патологии щитовидной железы в когорте жителей г. Озерска, подвергшихся в детском возрасте техногенному облучению // Клинич. и эксперим. тиреоидология. 2011. 7. № 4. С. 56–62.
14. Кошурникова Н.А., Мартиненко И.А., Кайгородова Л.Я. и соавт. Заболеваемость раком щитовидной железы при проживании в детском возрасте вблизи атомного предприятия // В сб.: «Источники и эффекты облучения работников ПО «Маяк» и населения, проживающего в зоне влияния предприятия». Часть IV. Под ред. М.Ф. Киселева, С.А. Романова. – Челябинск: Челябинский Дом печати. 2012. С. 187–204.
15. Мартиненко И.А., Сокольников М.Э. Относительный риск заболевания раком щитовидной железы у жителей двух районов ЗТО г. Озерск // Вопросы радиац. безопасности. 2012. № 2. С. 66–72.

Поступила: 31.12.2015

Принята к публикации: 18.05.2016