

victims: a follow-up study to evaluate the stability of symmetrical translocations and the influence of clonal aberrations for retrospective dose estimation. *Int J Radiat Biol* 1995; 68 (3): 257–262.

57. Lindholm C. Stable and unstable chromosomal aberrations among finnish nuclear power plant workers. *Radiat Prot Dosim* 2001; 93 (2): 143–150.

58. Tawn EJ, Whitehouse CA, Tarone RE, et al. FISH chromosome aberration analysis on retired radiation workers from the Sellafield Nuclear Facility. *Radiat Res* 2004; 162 (3): 249–256.

59. Lucas JN, Deng W. Views on issues in radiation biodosimetry based on chromosome translocations measured by FISH. *Radiat Prot Dosim* 2000; 88 (1): 77–86.

60. Savage JRK, Papworth DG, Bauchinger M, et al. Constructing a 2b calibration curve for retrospective dose reconstruction. *Radiat Prot Dosim* 2000; 88 (1): 69–76.

61. Stronati L, Durante M, Gensabella G, et al. Calibration curves for biological dosimetry by fluorescence in situ hybridization. *Radiat Prot Dosim* 2001; 94 (4): 335–345.

62. Pressl S, Romm H, Ganguly BB, Stephan G. Experience with FISH-detected translocations as an indicator in retrospective dose reconstruction. *Radiat Prot Dosim* 2000; 88 (1): 45–49.

УДК 617.741–004.1–053.9

Оригинальная статья

РИСК РАЗВИТИЯ КАТАРАКТЫ В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО И ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ

А. Р. Туков — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, врач-хирург отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, заведующий лабораторией, кандидат медицинских наук; **И. Л. Шафранский** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, врач-хирург отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, старший научный сотрудник, кандидат медицинских наук; **Н. В. Капитонова** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, врач-хирург отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, старший научный сотрудник; **О. Н. Прохорова** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, инженер-исследователь; **А. С. Самойлов** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, генеральный директор, доцент, доктор медицинских наук.

RISK OF CATARACT IN THE CONTEXT OF ACUTE AND CHRONIC EXPOSURE

A. R. Tukov — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan of Federal Medical Biological Agency, Head of the Laboratory, Department of an Interventional Radiology, Surgeon, Candidate of Medical Sciences; **I. L. Shafransky** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan of Federal Medical Biological Agency, Department of an Interventional Radiology, Surgeon, Senior Researcher, Candidate of Medical Sciences; **N. V. Kapitonova** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan of Federal Medical Biological Agency, Department of an Interventional Radiology, Surgeon, Senior Researcher; **O. N. Prokhorova** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan of Federal Medical Biological Agency, Department of an Interventional Radiology, Engineer Researcher; **A. S. Samoilov** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, General Director, Assistant Professor, Doctor of Medical Science.

Дата поступления — 22.11.2016 г.

Дата принятия в печать — 08.12.2016 г.

Туков А. Р., Шафранский И. Л., Капитонова Н. В., Прохорова О. Н., Самойлов А. С. Риск развития катаракты в условиях острого и хронического облучения. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2016; 12 (4): 678–684.

Цель: оценка риска заболевания катарактой при использовании доз различных видов воздействия ионизирующего излучения на человека. **Материал и методы.** Исследование проведено с использованием информационной базы данных работников АЭС, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Для расчета риска использованы дозы профессионального облучения и дозы, полученные при работе в 30-километровой зоне ЧАЭС. **Результаты.** В исследовании показано, что использование доз различных видов воздействия ионизирующего излучения на человека приводит к получению различных уровней риска заболевания катарактой. Небольшой избыточный относительный риск на 1 Зв позволяет с осторожностью говорить о фиксировании радиационных катаракт в старческих катарактах. **Заключение.** Только использование суммарной дозы от различных видов воздействия ионизирующего излучения может привести к получению корректных результатов оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний.

Ключевые слова: риск катаракты, дозы различных видов облучения, суммарная доза.

Tukov AR, Shafransky IL, Kapitonova NV, Prokhorova ON, Samoilov AS. Risk of cataract in the context of acute and chronic exposure. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2016; 12 (4): 678–684.

Purpose: estimation of the risk of cataract using doses of different types of radiation. **Material and methods.** The study is carried out using the information database of the NP, recovery workers of the accident at the Chernobyl NP. Professional exposure and dose received during 30 km zone were used to calculate the risk. **Results.** The study shows the use of one of their parts of the total radiation dose of man, leads to obtaining of different levels of the risk of disease. **Conclusion.** Only use of a total radiation dose can lead to obtaining of the correct results of evaluating the risk of the emergence of the radiation-induced diseases.

Key words: risk of cataract, doses of different types of radiation, the total dose.

Введение. Катаракта — помутнение хрусталика глаза, приводящее к снижению остроты зрения вплоть до полной его утраты. Основную массу за-

болевания составляют старческая и приобретенная катаракты. Врожденная катаракта наблюдается в 5 случаях на 100 тыс. новорожденных, она обуславливает от 10 до 38% случаев детской слепоты.

Старческая катаракта — дистрофические процессы в веществе хрусталика. Частота старческой ката-

Ответственный автор — Туков Александр Романович
Тел.: 89104422365
E-mail: atukov40@mail.ru

ракты повышается с возрастом. В возрасте 52–62 лет катаракта обнаруживается в среднем у 5% людей, в 75–85 лет — у 92% людей.

Приобретенные катаракты возникают на фоне сопутствующих патологий, а также в результате воздействия токсических веществ, травм, воздействия тепла (инфракрасное излучение), электрического тока, радиации. Распространенность катаракты в Российской Федерации по критерию обращаемости составляет 1201,5 на 100 тыс. населения. Это заболевание в разной степени выраженности диагностируют у 60–90% людей, достигших 60-летнего возраста.

На территории РФ распространенность катаракты зависит от этнографических и экологических факторов, связанных с различной территориальной принадлежностью к воздействиям инсоляции (ультрафиолетовые лучи), ионизирующего излучения и др. [1].

Так, Н. С. Игисиловым показано, что диагностика первичной заболеваемости катарактой в Приаралье имела тенденцию к снижению за последние годы (2009–2011), различия в показателях между мужским и женским взрослым населением было статистически незначимым [2].

А. С. Выдров проанализировал удельный вес общей и первичной заболеваемости катарактой среди жителей Амурской области с 1999 по 2010 г. [3].

Установлено, что в структуре офтальмологической патологии у взрослых важное место занимает возрастная катаракта. За исследованный период удельный вес общей заболеваемости катарактой колебался от 18,4 до 22,7%.

Среди городских жителей уровень общей заболеваемости возрастной катарактой в 3–4 раза выше, чем у сельских.

В последнее время в мировой литературе появились новые данные о влиянии ультрафиолетового излучения на возникновение катаракты, что установлено в наблюдениях за людьми [4] и в экспериментах на животных [5, 6].

Наибольшее число исследований посвящено воздействию ионизирующего излучения на хрусталик, который наиболее чувствителен к действию радиации из всех структур глаза. Первое сообщение о рентгеновской катаракте было сделано в 1905 г. Гутманом, который наблюдал катаракту у работников, занятых на фабрике по изготовлению рентгеновских трубок.

Лучевая катаракта имеет ряд особенностей, позволяющих ее отличать от катаракты другой этиологии. Радиация первично поражает растущие клетки эпителия в районе экватора хрусталика. Под влиянием радиации нарушаются митоз и динамика образования волокон хрусталика, в результате чего возникают уродливые волокна, которые перемещаются к полюсам хрусталика, больше к заднему, где и формируют помутнение — лучевую катаракту.

Характерной особенностью развития лучевых поражений хрусталика является наличие скрытого периода развития патологического процесса, величина которого находится в зависимости от дозы и вида облучения. По данным О. Г. Кашириной, полученным в результате обследования пострадавших на ЧАЭС, т.е. при внешнем гамма-бета-облучении, латентный период составлял от 80 месяцев при облучении в дозе 4 Гр до 16 месяцев при дозе 9 Гр. [7]. Клинические признаки катаракты при общем облучении в дозе 200–300 бэр, по данным Н. А. Вишневого и сотрудников, обнаруживаются примерно у 50% людей через 3–7 лет, при 500–700 бэр практически у всех

через 2–3 года, при 800–1500 бэр через 8–12 месяцев. Ими была предложена классификация стадий развития лучевой катаракты по клиническим признакам [8].

При фракционированном гамма-рентгеновском облучении (лучевой терапии) латентный период увеличивается [9].

Наименьшая доза (порог) однократного воздействия ионизирующего излучения, вызывающая развитие лучевой катаракты, составляет, по данным [10, 11], 2 Гр при рентгеновском или гамма-облучении, а при дозе 5 Гр наблюдалось прогрессирующее развитие катаракты.

Анализируя истории болезни 233 пациентов, подвергшихся облучению головы, авторы обнаружили, что катаракта развилась у 128 человек. Согласно этим данным, при фракционированном облучении в период от 3 недель до 3 месяцев минимальная катарактогенная доза составила 4–5 Гр. Ослабление катарактогенного эффекта облучения фракционированием дозы свидетельствует о роли восстановления в поврежденных клетках хрусталика [10].

Г. Р. Hammer et al. в обзоре приводят более низкие цифры порога возникновения катаракты: у выживших взрослых после атомного взрыва — 1 Sv, у детей 0,6–0,7 Sv, у ликвидаторов Чернобыля 0,34 Sv [12].

Суммарная доза общего хронического облучения не более 1 Гр за 10–15 лет профессионального контакта не вызывает достоверных изменений в хрусталике по сравнению с контрольной группой [13].

Особая биологическая активность присуща нейтронам с высокой ЛПЭ. Лучевые катаракты при гамма-нейтронном воздействии более массивны, чем у лиц, подвергшихся только бета-гамма-облучению в близком диапазоне поглощенных доз. Чем выше вклад нейтронов, тем быстрее развиваются изменения хрусталика. Фактор качества излучения нейтронов в зависимости от энергии составляет 5–10 Гр [14, 15].

Э. Н. Львовская, Э. С. Котова при обследовании сотрудников, обслуживающих ускорители и реакторы, получили данные офтальмологического исследования, которые свидетельствуют, что работа на протяжении 6–8 лет в условиях гамма-нейтронного излучения в дозах, близких к предельно допустимым, не вызывает болезненных проявлений в состоянии органа зрения, а биомикроскопическое исследование хрусталика у лиц основной группы существенно не отличается от таковых у лиц контрольной группы [15].

Проведенный анализ возрастного состава среди лиц, переживших взрыв атомной бомбы в Хиросиме, показал, что лучевая катаракта была обнаружена в возрасте моложе 15 лет у 36% лиц, а среди пострадавших старше 41 года у 16,4% [16]. Более высокая частота катаракты отмечена в работе Й. Масуда [17].

Международная комиссия по радиационной защите рекомендует предел дозы в ситуации планируемого облучения выражать в эффективной дозе: для профессионального облучения хрусталика глаза 150 мЗв/год, для облучения населения 15 мЗв/год. Для взрослых ожидаемая эффективная доза рассчитывается для 50-летнего периода, а для детей за период достижения ими возраста 70 лет [18].

Цель: оценка риска заболевания катарактой при использовании доз различных видов воздействия ионизирующего излучения на человека.

Материал и методы. При проведении межведомственными экспертными советами экспертизы

медицинских документов для установления причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие радиационных катастроф и инцидентов, одним из важных источников информации являются сведения о дозовой нагрузке, полученной освидетельствуемым пациентом. Поэтому изучение формирования доз ионизирующего излучения при различных сценариях облучения, а также совершенствование методик их расчета, оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний представляет важную задачу. Наиболее актуальным является изучение влияния суммы отдельных компонент дозовых нагрузок на человека при проведении радиационно-эпидемиологического анализа.

В настоящее время в связи с тем, что ни один мекко-дозиметрический регистр не соответствует требованиям НРБ/99 (наличие в них суммарной дозы облучения для оценки риска), отсутствует возможность проведения корректных исследований по оценке риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний при малых дозах облучения на существующих регистрах как в стране, так и за рубежом.

На данном этапе работы проведена оценка риска заболевания катарактами работников предприятий и организаций Росатома, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС с учетом доз, полученных только при работе в 30-километровой зоне, и суммарной этой дозы с учетом дозы, полученной при профессиональной деятельности.

Помимо уже изложенного актуальность задачи состоит в том, что впервые в радиационно-индуцированные заболевания в контексте рискованного анализа для ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников атомной промышленности России включена такая патология, как катаракта. Между тем сложность решаемой проблемы заключается в несовершенстве Международной классификации болезней (МКБ 10), в которой отсутствует отдельный код для радиационной катаракты, при этом данные больные приписываются к коду Т66 «Неуточненные эффекты излучения». В этой связи данный анализ призван доказать необходимость выделения в отдельную группу болезней такой патологии, как радиационная катаракта. В решении данной проблемы предполагается идти от противного, а именно исходить из представления, что если в ходе оценки радиационных рисков будут получены сколь-нибудь значимые результаты, то можно предполагать, что часть диагнозов «Радиационная катаракта» ошибочно включают в группу «Старческие катаракты и другие катаракты».

По просьбе ФМБА России концерн «Росэнергоатом» предоставил ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России данные о дозах профессионального облучения работников основного производства 10 АЭС, состоящих на индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК), участвовавших в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В разработку включены данные о дозах профессионального облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников Балаковской, Белоярской, Билибинской, Калининской, Кольской, Курской, Ленинградской, Нововоронежской, Ростовской и Смоленской АЭС.

Кроме того, данные о профессиональных дозах были получены от учреждений здравоохранения ФМБА России на работников предприятий и организаций Росатома.

Дозы профессионального облучения представлены по годам работы с радиоактивными веществами (РВ) и источниками ионизирующего излучения (ИИИ) от начала работы на АЭС, предприятиях, в организациях Госкорпорации «Росатом» и по 2013 г. Рассчитаны кумулятивные дозы профессионального облучения, которые были привязаны к участникам ликвидации аварии, включенным в Отраслевой регистр. Для работы сформирована база данных с дозами облучения и заболеваниями катарактами.

Данные о дозах внешнего облучения ликвидаторов различных годов пребывания в 30-километровой зоне ЧАЭС представлены в табл. 1.

Таблица 1

Обеспеченность ликвидаторов последствий аварии данными о дозах внешнего облучения

Годы въезда	Кол-во ликвидаторов	Из них: есть доза		Среднее значение, мЗв
		число лиц	уд. вес, %	
1986–1990	20678	13420	64	55,2
1986	12122	7537	62	68,5
1987	5530	3748	67	29
1988	1950	1426	73	23,7
1989	834	605	72	14,4
1990	242	104	64	12,7

Среди участников ликвидации последствий аварии мужчины составляют 84,7%. Средний возраст в 2013 г. составил у мужчин 61,5±0,1 года.

В табл. 2 представлены некоторые характеристики обобщенной базы данных по пяти дозовым группам. Группы формировались из расчета примерно равного количества лиц и с учетом полученных доз облучения.

Таблица 2

Характеристика базы данных ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС (дозы ЧАЭС, профессиональные дозы)

Дозовая группа (ЧАЭС)	Число ликвидаторов	Средняя доза	Дозовая группа (проф.)	Число ликвидаторов	Средняя доза
0,1–4,9	2864	2,23	0,1–5,9	2922	2,6
5,0–12,9	2237	7,95	6,0–16,7	2222	10,3
13,0–35,1	2490	21,7	17,0–48,8	2468	30,4
36,0–98,8	2516	62,3	49,0–120,5	2482	80,3
99,0–1478,5	2552	181,8	121,0–1985,6	2565	228,4

На рис. 1–3 представлена структура дозовых нагрузок внешнего облучения работников предприятий и организаций Росатома, мужчин, участников ликвидации аварии на ЧАЭС.

Удельный вес доз до 10 мЗв составляет 52% в структуре доз внешнего облучения, полученных ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС, и 11% дозы свыше 50 мЗв.

В структуре доз внешнего облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, полученных в

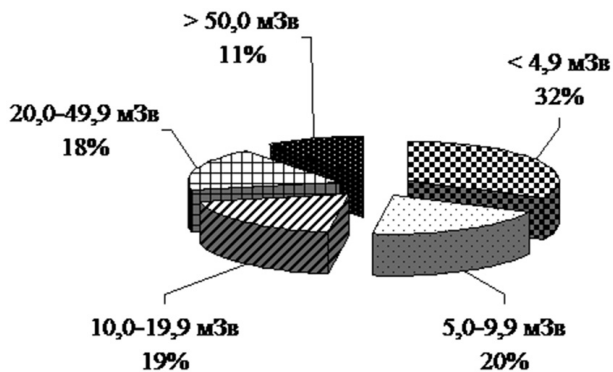


Рис. 1. Структура доз внешнего облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, полученных при работе в 30-км зоне (мужчины)

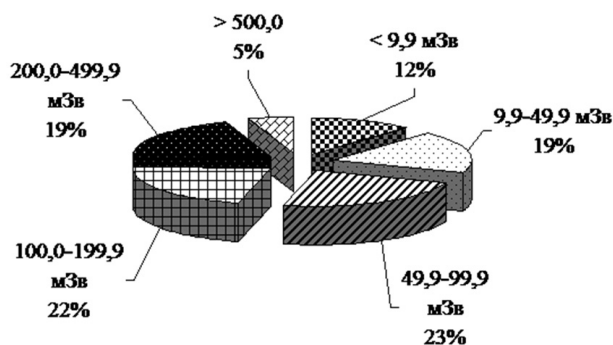


Рис. 2. Структура доз внешнего профессионального облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС (мужчины)

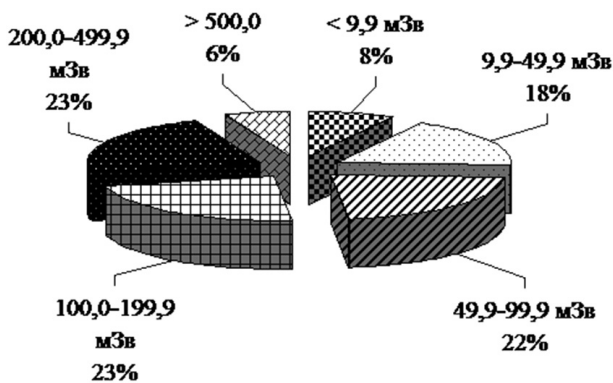


Рис. 3. Структура суммарных доз внешнего облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, полученных при профессиональной работе и работе в 30-км зоне (мужчины)

условиях профессиональной деятельности, дозы до 100 мЗв составили 54%, дозы 500 мЗв и выше — 5%.

В структуре суммарных доз, полученных ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС при работе в 30-километровой зоне и в процессе профессиональной деятельности, 48% составляют дозы до 100 мЗв, 6% ликвидаторов имеют дозы, превышающие 500 мЗв.

В табл. 3 представлена информация о средних, минимальных и максимальных дозах внешнего облучения, полученных ими в различных местах работы.

Дозы внешнего облучения, полученные ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС при работе в 30-километровой зоне, составили 15,5% от доз, полученных этими же лицами в процессе своей профессиональной деятельности.

Таблица 3

Распределение доз облучения в зависимости от места работы

Место получения дозы	Средняя доза, мЗв	Минимальная доза, мЗв	Максимальная доза, мЗв
ЧАЭС	55,2	0,1	419,0
АЭС и предприятия Госкорпорации «Росатом»	180,8	0,1	1574,0
Сумма доз	70,5	0,2	1580,0

Можно было бы предположить, что работники предприятий и организаций Росатома с большей дозой профессионального облучения получают большие дозы и при работе по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Однако такая связь не подтвердилась, коэффициент корреляции между рядами этих доз равен 0,076.

У ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников предприятий и организаций Росатома за период наблюдения выявлено 562 случая катаракты. Однако генеза данной патологии по результатам кодировки диагнозов выявить не удалось. Поэтому априори каждому случаю приписывается случайное происхождение.

Возрастная структура когорты на начало работы с РВ и ИИИ достаточно однородна. Основную часть когорты составляет персонал в возрасте 20–29 лет — 57%. Средний возраст когорты на начало работы с РВ и ИИИ составил 29,6 года. Основной возраст на начало работы с РВ и ИИИ составил 20–39 лет — 85% работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом».

Еще раз следует отметить, что основным отличием данного исследования от подобных исследований других авторов и предыдущих исследований данной группы заключается в том, что оно проводилось по дозам, полученным как при ликвидации аварии на ЧАЭС, так и с учетом доз, полученных во время профессиональной деятельности (профдозы).

Для оценок риска по группированным данным, объединенным в возрастные, дозовые и другие группы, использован пакет прикладных статистических программ EPICURE (модуль AMFIT), широко применяемых в современной радиационно-эпидемиологической практике. В этом пакете программно реализована в целом методика оценки радиационных рисков. Программа AMFIT является признанным стандартом для проведения радиационно-эпидемиологических исследований. Оценки радиационного риска среди персонала предприятий и организаций Росатома выполнены с использованием этой программы. Модель избыточного относительного риска в общем виде представлена как

$$\lambda_d = \lambda_0 * (1 + \beta \cdot d), \quad (1)$$

где λ — показатель заболеваемости; β — избыточный относительный риск; d — доза облучения; g — достигнутый возраст;

$$\lambda_0 = \exp(c_0 + c_1 * \ln \frac{age}{age_0} + c_2 * \ln^2 \frac{age}{age_0}). \quad (2)$$

Функция правдоподобия строится исходя из предположения, что число случаев заболевания являются

Таблица 4

Значения стратифицированных показателей ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин — работников предприятий и организаций Росатома, суммарные дозы (ЧАЭС+профессиональные)

Дозовая группа	Доза (мин-макс), мЗв	Средняя доза, мЗв	Число ликвидаторов (мужчины)	Средний возраст на начало работы с РВ и ИИИ	Число больных катарактой	Относительный риск
1	0,1–5,9	2,60	2922	36,5	130	1,0
2	6,0–16,7	10,3	2222	36,1	105	1,07
3	17,0–48,8	30,4	2468	35,4	101	0,92
4	49,0–120,5	80,3	2482	35,6	103	0,93
5	121,0–1985,6	228,4	2565	35,7	123	1,05

Таблица 5

Значения стратифицированных показателей ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин — работников предприятий и организаций Росатома (дозы ЧАЭС)

Дозовая группа	Доза (мин- макс), мЗв	Средняя доза, мЗв	Число ликвидаторов (мужчины)	Средний возраст на начало работы с РВ и ИИИ	Число больных катарактой	Относительный риск
1	0,1–4,9	2,23	2864	36,4	127	1,0
2	5,0–12,9	7,95	2237	35,7	100	1,01
3	13,0–35,1	21,7	2490	35,9	111	1,01
4	36,0–98,8	62,3	2516	35,6	112	1,02
5	99,0–1478,5	181,8	2552	35,5	112	1,0

ся независимыми пуассоновскими случайными величинами с математическим ожиданием $Y_i = \lambda_i * P_i$, где P_i — число человеко-лет. Функция правдоподобия в общем виде имеет следующий вид:

$$L = \sum \{Y_i * \ln(P_i * \lambda_i) - P_i * \lambda_i\}. \quad (3)$$

Для расчетов по программе AMFIT необходимо представление группированных данных в виде специальной таблицы и написание специального командного файла (скрипта), содержащего выполняемые команды.

Отсутствие в настоящее время агрегированных дозиметрических данных по медицинскому облучению персонала предприятий атомной промышленности России не позволяет провести такие исследования с хорошей статистической достоверностью. Тем не менее, представляется полезным, как предварительный этап, проведение таких исследований и в рамках отдельного анализа заболеваемости персонала предприятий атомной промышленности только с учетом данных по профессиональному и аварийному облучению. Несмотря на ограничения таких исследований, они позволяют более корректно оценить эффект облучения и возможность применения моделей НКДАР ООН при пролонгированном облучении. Наиболее целесообразно проведение таких исследований на большой объединенной когорте лиц, получивших пролонгированное облучение на предприятиях и в организациях Госкорпорации «Росатом».

Результаты. Исследуемая когорта сформирована по следующим критериям.

Для случаев заболеваний, если человек продолжал работать после заболевания, год окончания индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) приравнивался к году диагноза заболевания. Для лиц с недиагностированной катарактой окончанием наблюдения был 2013 г. или дата снятия с учета (смерти).

Для расчетов риска возникновения радиационно-индуцированной катаракты у ликвидаторов послед-

ствий аварии на ЧАЭС по программе AMFIT данные разделены на 5 дозовых групп соответственно для доз, полученных в результате ликвидации аварии на ЧАЭС и по суммарной дозе (табл. 4, 5).

Даже при внимательном рассмотрении не отмечается рост риска заболеваемости катарактой ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС (точечные риски) по группам возрастающих доз внешнего облучения (как для случая суммарных доз, так и для доз, полученных при ликвидации аварии).

Результаты оценки радиационных рисков с использованием программы AMFIT для различных дозовых нагрузок приведены в табл. 6. Как следует из таблицы, избыточный относительный риск имеет место только для случая суммарных доз.

Таблица 6

Оценки радиационных рисков с использованием программы AMFIT для различных дозовых нагрузок (ERR на 1 Зв (95% ДИ))

Дозы получены:	Средняя доза, мЗв	ERR на 1 Зв (95% ДИ)
На ЧАЭС	55,2	- 0,03 (-1,26; 1,19)
На ЧАЭС+профдоза	70,5	0,20 (-0,8; 1,22)

Обсуждение. Имеется расхождение в значении добавленного относительного риска на единицу дозы при использовании только данных по дозам, полученным в результате ликвидации аварии на ЧАЭС, и при суммарных дозах. Отличие от нуля величины риска заставляет задуматься о необходимости использования отдельного кода в МКБ-10 при кодировании такого диагноза, как радиационная катаракта, дабы уточнить, является ли коэффициент бета, полученный при оценке риска и равный 0,2, случайным или это все-таки проявление влияния радиационного

фактора на формирование такого заболевания, как катаракта.

Еще раз подчеркнем: использование суммарных доз внешнего облучения, как профессиональных, так и «чернобыльских», дает несколько завышенные оценки значения риска на 1 Зв.

Необходимо указать, что результаты представленного исследования не могут быть подтверждены данными других исследователей, поскольку ни в отечественной, ни в зарубежной литературе масштабных работ по представленной проблеме (использование доз от различных видов облучения) нами не найдено.

В заключение следует отметить, что дозы от природных источников излучения также могут быть причиной возникновения радиационно-индуцированных заболеваний. В табл. 7 представлены дозы природного облучения по некоторым территориям, обслуживаемым учреждениями здравоохранения ФМБА России. Третья графа сформирована из расчета проживания на территории в течение 75 лет, учитывая, что при таком возрасте катаракта определяется у большинства людей.

Таблица 7

Результаты обработки форм государственного статистического наблюдения, природное облучение № 4-ДОЗ ЕСКИД (2010 г.)

Наименование населенного пункта	Средняя индивидуальная доза, мЗв/год	Средняя индивидуальная доза за 75 лет, мЗв
ЗАТО г. Снежинск	5,9	442,5
г. Обнинск	4,271	320,3
ЗАТО г. Озерск	4,155	311,6
г. Протвино Московской обл.	2,27	170,3
г. Нововоронеж	2,178	163,4
г. Димитровград	1,972	147,9
ЗАТО г. Снежногорск	0,918	68,9
г. Десногорск	0,715	53,6
п. Вольгинский Владимирской обл.	0,57	42,8

Налицо большое различие в уровне природного облучения населения территорий, что не позволяет ликвидаторам последствий аварии на ЧАЭС из этих территорий находиться в одной дозовой группе по дозам внешнего облучения, полученным ими при работе в 30-километровой зоне. При этом также необходимо принимать во внимание, что в табл. 7 приведены средние дозы, и на индивидуумах она может значительно различаться.

В НРБ-99 даются рекомендации: «Суммарная доза от всех видов облучения используется для оценки радиационной обстановки и ожидаемых медицинских последствий...», однако в НРБ-99/2009 эти рекомендации отсутствуют.

Заключение. Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Необходимо в Международную классификацию болезней МКБ-10 ввести отдельный код для радиационной катаракты.

2. В связи с выявленным риском заболевания катарактой (ERR 0,2 на 1 Зв) можно с осторожностью

утверждать, что в «старческих катарактах» включены радиационно-индуцированные катаракты.

3. Использование только отдельных компонент дозовой нагрузки человека приводит к получению некорректных результатов в оценке риска.

Перспективой дальнейших исследований на следующем этапе работы следует считать:

1) сбор данных о профессиональных дозах облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников всех предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом», для увеличения мощности исследования;

2) организацию сбора данных о дозах медицинского и природного облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников всех предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом»;

3) разработку моделей оценки риска заболевания или смерти от радиационно-индуцированных болезней с использованием доз от всех видов облучения;

4) оценку риска с использованием суммарных доз облучения.

Конфликт интересов. Работа выполнена в рамках Госзаказа ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России по теме «Эпидемиологический анализ здоровья работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом», принимавших участие в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС».

Авторский вклад: концепция и дизайн исследования — А.Р. Туков; получение данных — О.Н. Прохорова; анализ и интерпретация результатов — А.Р. Туков, И.Л. Шафранский; написание статьи — И.Л. Шафранский; утверждение рукописи — Н.В. Капитонова, А.С. Самойлов.

References (Литература)

1. Avetisov SE. Ophthalmology: National leadership. All of your vision. Cataract. Part 1. Russian (Аветисов С. Э. Офтальмология. Национальное руководство. Все о зрении. Катаракта. Часть 1. URL: www.zreni.ru/1470-rftarakta.html).
2. Iginov NS, Tereshkevich DP, Korabaeva GT, Mauenova DK. The dynamics of primary morbidity of cataract in the Aral Sea. The young scientist 2011; 2 (5): 200–204. Russian (Игисин Н.С., Терешкевич Д.П., Корабаева Г.Т., Мауенова Д.К. Динамика показателей первичной заболеваемости катарактой в Приаралье. Молодой ученый 2011; 2 (5): 200–204).
3. Vyidrov AS, Komarovskih EN. Dynamics of the incidence of senile cataract population of the Amur region. Bulletin of Physiology and Pathology of Respiration 2012; (4) 6: 95–97. Russian (Выдров А.С., Комаровских Е.Н. Динамика заболеваемости возрастной катарактой населения Амурской области. Бюллетень физиологии и патологии дыхания 2012; (46): 95–97).
4. Delkout C, Cougnard-Cregroice A, Boniol M, et al. Lifetim exposure to ambient ultraviolet radiation and the risk for cataract extraction and age-related macular degeneration: the Alienor study. Invest Ophthalmol vis Sci. 2014, JOVS 14–14471.
5. Galichanin K, Lofgren S, Soderberg P. Cataract alter repeated daily in vivo exposure to ultraviolet radiation Health Phys. 2014; 107 (6): 523–529.
6. Yu Z, Schulmeister K, Talebizadeh N, et al. 1090 nm infrared radiation at close to threshold dose induces cataract with a time delay. Acta ophthalmol 2014; (p.) 12508.
7. Kashirina OG, Abdullaeva VM, Nadyozhina NM, Galstyan IA. The defeat of the visual organ during irradiation. In: Nuclear medicine. M., 2001; Vol. 2, p. 203–213. Russian (Каширина О.Г., Абдуллаева В.М., Надежина Н.М., Галстян И.А. Поражение органа зрения при облучении. В кн.: Радиационная медицина. М., 2001; Т 2, с. 203–213).
8. Vishnevskiy NA, Abdullaeva VM, Ivanova EA, et al. Initial signs and classification of radiation cataracts. Vestnik Oftalmol 1961; (5): 65–68. Russian (Вишневецкий Н.А., Абдуллаева В.М., Иванова Е.А. и др. Начальные признаки и класси-

- фикация лучевой катаракты. Вестник офтальмологии 1961; (5): 65–68).
9. Cogan DC, Donaldson DD, Reese A. Clinical and pathologic characteristics of radiation cataract. Arch Ophthal. 1952; 42: 55–70.
10. Merriam GR, Focht EF. A clinical study of radiation cataracts and the relationship to dose. Am J Roentgenol 1957; 77 (5): 759–785.
11. Hammer GP, Scheidemann-Wesp U, et al. Occupational exposure to low doses of ionizing radiation and cataract development: a systematic literature review and perspectives on future studies. Radiat Environ Biophys 2013; 52 (3): 303–319.
12. Lvovskaya EN. Body condition of in chronic external gamma-neutron and X-ray irradiation: PhD abstract. M., 1969; 25 p. Russian (Львовская Э. Н. Состояние органа зрения при хроническом внешнем гамма-нейтронном и рентгеновском облучении: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1969; 25 с.).
13. Guskova AK, Baysogolov BD. Radiation sickness. M.: Medgiz, 1971; p. 305–317. Russian (Гуськова А. К., Байсоголов Б. Д. Лучевая болезнь. М.: Медгиз, 1971; с. 305–317).
14. Lvovskaya EN, Kotova ES. Body condition of under the influence of gamma-neutron radiation in doses close to the maximum permissible. Medical Radiology 1964; 9 (3): 52–56. Russian (Львовская Э. Н., Котова Э. С. Состояние органа зрения при воздействии гамма-нейтронного излучения в дозах, близких к предельно допустимым. Медицинская радиология 1964; 9 (3): 52–56).
15. Shigeto F, Masuda J. Consequences ray studies of cataracts in Hiroshima. The study of the effects of nuclear explosions. Medicine 1964; 66–68. Russian (Shigeto F, Masuda J. Последствия исследования лучевых катаракт в Хиросиме. Изучение последствий ядерных взрывов. Медицина, 1964; 66–68).
16. Yosiy Masuda. Damage to the eye as a result of the explosion of the atomic bomb. The consequences of the atomic bomb explosion in Hiroshima. Translation. M. 1960; 122–133. Russian (Иосия Масуда. Повреждение глаз в результате взрыва атомной бомбы. Последствия взрыва атомной бомбы в Хиросиме. Перевод. М. 1960; 122–133).
17. Publication 103 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). Translation from English. Edited by M. F. Kiselyova i N. K. Shandalyi. M.: Izd. OOO PKF «Alana», 2009; 312 p. Russian (Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Перевод с английского. Под общей редакцией М. Ф. Киселёва и Н. К. Шандалы. М.: Изд. ООФ ПКФ «Алана», 2009; 312 с.).