

Злокачественные новообразования центральной нервной системы у персонала ПО «Маяк»

Денисова Е.В., Кузнецова И.С., Сокольников М.Э.

Южно-Уральский федеральный научно-клинический центр медицинской биофизики
Федерального медико-биологического агентства, Озёрск, Челябинская область, Россия

Цель исследования – изучение заболеваемости злокачественными опухолями центральной нервной системы персонала производственного объединения «Маяк». *Материал и методы:* В работе использованы данные медико-дозиметрического регистра персонала производственного объединения «Маяк» 1948–2016 гг. найма и канцер регистра населения города Озёрска. Проведена оценка стандартизованного отношения показателей заболеваемости среди населения города и персонала производственного объединения «Маяк». *Результаты исследования и обсуждение:* За период наблюдения с 1948 по 2017 год в городе Озёрске было зарегистрировано 220 случаев злокачественных новообразований центральной нервной системы, из которых 70 случаев приходится на персонал производственного объединения «Маяк», включенный в медико-дозиметрический регистр (57 случаев среди мужчин персонала, 13 – среди работниц). В структуре исследуемых злокачественных новообразований преобладали злокачественные опухоли головного мозга (87,1 %), наиболее часто поражения затрагивали несколько областей головного мозга (28,5 %) и височную область (14,3 %). До 1960 года среди мужчин персонала не было зафиксировано случаев злокачественных опухолей центральной нервной системы, а до 1980 года такие случаи не регистрировались среди женщин персонала. Стандартизованное по возрасту отношение показателей заболеваемости злокачественными опухолями центральной нервной системы среди персонала производственного объединения «Маяк» и населения города Озёрска у мужчин составило 1,00 (95 % ДИ: 0,76; 1,29), у женщин – 0,91 (95 % ДИ: 0,48; 1,56). Полученные оценки оказались статистически не отличающимися от единицы, что свидетельствует об отсутствии различий в уровнях заболеваемости населения г. Озёрска в целом и персонала производственного объединения «Маяк» как его части. *Заключение:* Результаты исследования подтверждают ранее полученные данные об отсутствии влияния производственного радиационного фактора на заболеваемость злокачественными новообразованиями центральной нервной системы населения города Озёрска, включая персонал производственного объединения «Маяк».

Ключевые слова: злокачественные опухоли центральной нервной системы, заболеваемость, персонал, медико-дозиметрический регистр, радиационный фактор, ионизирующее облучение.

Введение

На протяжении последних десятилетий в Российской Федерации (РФ) наблюдается постоянный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО). Основные причины роста онкологической заболеваемости связаны с продолжающимся процессом старения населения (удельный вес пенсионеров с 1959 по 2020 годы возрос с 11,8 до 26 %), внедрением новых методов диагностики и мероприятий, направленных на раннее выявление онкозаболеваний [1]. В РФ опухоли головного и спинного мозга занимают ведущее место по темпам роста заболеваемости среди всех локализаций опухолей. Однако в общей структуре онкологической заболеваемости первичные злокачественные опухоли центральной нервной системы (ЦНС) не занимают лидирующих позиций [2].

Данные о влиянии высоких доз ионизирующего излучения на центральную нервную систему человека указывают на повышение риска развития злокачественных новообразований [3, 4, 5]. В частности, выявлен радиогенный риск для развития опухолей ЦНС у лиц, переживших атомную

бомбардировку в Японии [6, 7, 8]. В ранее проведенной работе было получено статистически значимое превышение показателей заболеваемости у населения города Озёрска в период с 1980 по 1999 год по сравнению с национальными данными [9]. Поэтому исследование показателей заболеваемости опухолями ЦНС среди населения г. Озёрска, подвергающегося техногенному облучению, и работников основных предприятий ПО «Маяк», является важным этапом установления количественных оценок связи показателей с радиационным фактором.

Цель исследования – изучение заболеваемости злокачественными опухолями центральной нервной системы у работников ПО «Маяк» 1948–2016 годов найма.

Материалы и методы

Исследуемым контингентом являются работники ПО «Маяк», включенные в медико-дозиметрический регистр персонала. Регистр персонала ПО «Маяк» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020620210) содержит кадровые, дозиметрические и медицинские данные на более чем 35 тысяч работников ПО «Маяк» (25,4 % –

Денисова Елена Владимировна

Южно-Уральский федеральный научно-клинический центр медицинской биофизики

Адрес для переписки: 456783, Челябинская область, Озёрск, Озёрское шоссе, д. 19; E-mail: denisova@subi.su

женщины), нанятых в период с 1948 по 2016 годы. Период эпидемиологического наблюдения составляет более 70 лет (до 31.12.2017). Для 95,2 % лиц установлен жизненный статус. Более половины от числа лиц с установленным жизненным статусом умерли от различных причин, из них 24 % – от онкологических заболеваний. Доля лиц с данными индивидуального дозиметрического контроля составляет 65,7 % от общего числа лиц в регистре, а количество лиц с данными об измерениях активности радионуклидов, главным образом ²³⁹Pu в экскретах, и последующей интерпретации результатов и оценки доз внутреннего альфа-облучения – 22,0 % [10]. По данным специалистов ПО «Маяк», повышение радиационного фона на территории города в ранние годы деятельности предприятия было обусловлено неконтролируемыми газоаэрозольными выбросами. Основным дозообразующим радионуклидом был ¹³¹I. Авария 1957 г. не внесла существенного вклада в дозу, поскольку радиоактивный след миновал город, расположенный с наветренной стороны (строительство города велось с учетом розы ветров). С 1962 г. осуществлялся регулярный контроль радиоактивных выбросов. С 1974 г. и по настоящее время в городе регистрируется стабильная радиационная обстановка [11].

Данные о заболеваниях ЗНО содержатся в канцер регистре населения г. Озёрска. Основная информация о случаях новообразований ЦНС населения г. Озёрска, включая работников ПО «Маяк», получена из архивных документов лечебно-профилактических подразделений клинической больницы № 71 ФМБА России. Кроме того, источниками информации служили документы отдела ЗАГС Озёрска и медицинских учреждений областного центра (г. Челябинск).

В исследовании были включены все зарегистрированные случаи ЗНО головного мозга и других отделов центральной нервной системы, закодированные по МКБ-10 в рубриках С70 – ЗНО мозговых оболочек, С71 – ЗНО головного мозга, С72 – ЗНО спинного мозга, черепных нервов и других отделов ЦНС.

Сравнительный анализ заболеваемости ЗНО ЦНС среди персонала ПО «Маяк» и населения г. Озёрска проведен на основании частоты заболеваний. В случае оценки заболеваемости в популяции за период времени (несколько лет) показатель определялся как отношение накопленного количества случаев (сл) к сумме человеко-лет нахождения индивидуумов под наблюдением (чг).

$$ПЗ = \sum \frac{сл_i}{чг_i},$$

$$СО_{ПЗ} = \frac{ПЗ}{\sqrt{сл}} \text{ или } СО_{ПЗ} = \frac{ПЗ \cdot (1-ПЗ)}{чг},$$

где ПЗ – грубый показатель заболеваемости;

i – индекс возрастной группы;

сл_{*i*} – количество случаев исследуемого заболевания в *i*-й возрастной группе;

чг_{*i*} – количество человеко-лет наблюдения в *i*-й возрастной группе;

СО – стандартная ошибка показателя.

Для расчета человеко-лет наблюдения населения г. Озёрска использовались данные городской статистики о численности населения г. Озёрска на годы переписи (1959, 1970, 1979, 1989 гг.), для более позднего периода, начиная с 1990 года, данные представлены ежегодными величинами. Поскольку отсутствуют сведения о численности

населения до 1959 года, было принято, что численность и структура не менялись с 1948 по 1959 год.

Для расчета человеко-лет наблюдения персонала ПО «Маяк» использовались данные о пожизненном наблюдении за здоровьем лиц, включенных в регистр персонала. Период наблюдения за работником начинался в момент его найма на ПО «Маяк» и заканчивался при наступлении одного из следующих событий:

- выбытие из-под наблюдения (выезд из города или смерть);
- установление диагноза первого ЗНО;
- окончание наблюдения (31.12.2017).

Ограничение периода наблюдения годом выезда из города связано с отсутствием в регистре полной информации об онкологических заболеваниях, зарегистрированных при проживании человека вне г. Озёрска. В то же время на лиц, проживавших в городе в момент постановки диагноза, в регистре собраны все данные, включая информацию из медицинских учреждений, расположенных в других населенных пунктах.

Сравнение показателей проводилось на основании стандартизованного по возрасту отношения [12]. Для оценки статистической значимости различий оценивались границы 95 % доверительного интервала (ДИ) отношения в соответствии с формулами N.E. Breslow [13]. Стандартизованное отношение рассчитывалось отдельно для мужчин и женщин и для отдельных периодов наблюдения.

Результаты

За период наблюдения с 1948 по 2017 год у населения г. Озёрска было зарегистрировано 220 случаев ЗНО ЦНС, в том числе 70 случаев среди персонала ПО «Маяк» (табл. 1).

Таблица 1

Количество случаев ЗНО ЦНС среди населения г. Озёрска и персонала ПО «Маяк» в период наблюдения с 1948 по 2017 гг.

[Table 1

Number of cases of malignant neoplasms of the central nervous system among the population of Ozyorsk and the personnel of the Mayak Production Association during the observation period from 1948 to 2017]

Пол [Sex]	Кол-во случаев ЗНО ЦНС среди населения (доля) [Number of cases of CNS malignant neoplasms among the population (portion)]	Кол-во случаев ЗНО ЦНС среди персонала (доля) [Number of cases of CNS malignant neoplasms among staff (portion)]
Мужчины [Male]	125 (56,8 %)	57 (81,4 %)
Женщины [Female]	95 (43,2 %)	13 (18,6 %)
Всего [Total]	220 (100 %)	70 (100 %)

Как среди всего населения, так и среди персонала ПО «Маяк» в структуре злокачественных опухолей ЦНС наиболее часто встречаются случаи неоплазм головного мозга. Среди опухолей ЦНС персонала ПО «Маяк» опухоли головного мозга составляют 87,1 % (61случай), опухоли оболочек головного и спинного мозга – 11,4 % (8 случаев) и 1,4 % – опухоли спинного мозга (один случай). При детализации локализации не выявлено особенностей у работников

ПО «Маяк»: ЗНО ЦНС среди персонала чаще регистрировались как поражение, выходящее за пределы одной и более вышеуказанных локализаций головного мозга, – 28,5 % (20 случаев); второй часто встречающейся локализацией опухолевого процесса была височная доля – 14,3 % (10 случаев).

Морфологическая верификация диагноза была доступна в 83 % (182 случая) среди всего населения города, в том числе в 80 % (56 случаев) среди персонала ПО «Маяк». При этом 84 % (153 случая) среди населения и 86 % (48 случаев) среди персонала представлено опухолями, относящимися к группе злокачественных нейроэпителиальных опухолей. Из них на самую злокачественную опухоль – глиобластому – пришлось около половины случаев как среди населения (53 %), так и среди персонала (50 %).

У персонала ПО «Маяк» мужского пола количество случаев больше, чем у женщин (~ 4,4 : 1), у населения это соотношение меньше (1,3 : 1), что связано в первую очередь с преобладанием мужчин во всей когорте персонала (75 %) (табл. 1).

Среди мужчин из персонала ПО «Маяк» не было зарегистрировано случаев заболевания ЗНО ЦНС до 1960 г. С 60-х годов отмечается практически двукратный рост «грубого» показателя по двадцатилетним интервалам (3,9⁰/₀₀₀₀ – 7,9⁰/₀₀₀₀ – 13,9⁰/₀₀₀₀ соответственно). Среди женщин, работниц ПО «Маяк», до 1980 г. не было зарегистрировано ни одного случая ЗНО ЦНС. С 1980-х до 2000-х годов показатель вырос в два раза. В целом за весь период наблюдения показатель заболеваемости у мужчин персонала составил 7,5⁰/₀₀₀₀, у работниц ПО «Маяк» – 4,6⁰/₀₀₀₀ (табл. 2).

Таблица 2

«Грубый» показатель заболеваемости ЗНО ЦНС среди персонала ПО «Маяк» и населения г. Озёрска в различные календарные периоды, (случаев на 10⁵ человеко-лет)

[Table 2]

Non-standardized incidence rate of CNS malignant neoplasms among the personnel of the Mayak Production Association and the population of Ozyorsk in various calendar periods (cases per 10⁵ person-years)

Периоды наблюдения [Observation periods]	1948–2017	До 1960	1960–1979	1980–1999	2000–2017
Мужчины [Male]					
Все население [The entire population]	5,4 ± 0,5	0,3 ± 0,3	4,1 ± 0,8	6,0 ± 0,9	8,1 ± 1,1
Персонал ПО «Маяк» [Personnel of PA "Mayak"]	7,5 ± 0,6	–	3,9 ± 0,8	7,9 ± 1,0	13,9 ± 1,4
Женщины [Female]					
Все население [The entire population]	3,7 ± 0,4	1,3 ± 0,7	2,1 ± 0,6	4,8 ± 0,8	4,7 ± 0,8
Персонал ПО «Маяк» [Personnel of PA "Mayak"]	4,6 ± 0,4	–	–	5,1 ± 0,8	10,5 ± 1,1

Показатель заболеваемости ЗНО ЦНС среди мужчин персонала ПО «Маяк» достигших возраста 60 и более лет на момент установления диагноза, в три раза превышает

показатель для лиц трудоспособного возраста. У женщин в аналогичных возрастных категориях разница в уровнях заболеваемости составляет почти пять раз (табл. 3).

Таблица 3

Показатель заболеваемости отдельных возрастных групп среди персонала ПО «Маяк» и населения г. Озёрска (случаев на 10⁵ человеко-лет)

[Table 3]

Morbidity rate of individual age groups among the personnel of the Mayak Production Association and the population of Ozyorsk (cases per 10⁵ person-years)

Возраст на момент постановки диагноза [Age at diagnosis]	Все население [The entire population]		Персонал ПО «Маяк» [Personnel of PA "Mayak"]	
	Мужчины [Male]	Женщины [Female]	Мужчины [Male]	Женщины [Female]
Работоспособное население (20–60 лет) [Working age population (20–60 years)]	4,5 ± 0,5	2,9 ± 0,4	5,8 ± 0,95	2,4 ± 1,06
Пожилые (60 и более лет) [Elderly (60 years and older)]	20,3 ± 3,2	9,3 ± 1,5	19,6 ± 4,4	11,6 ± 4,1

За весь период наблюдения стандартизованное по возрасту отношение показателей заболеваемости ЗНО ЦНС персонала ПО «Маяк» и населения г. Озёрска у мужчин составило 1,00 (95 % ДИ: 0,76; 1,29), у женщин 0,91 (95 % ДИ:

0,48; 1,56) (табл. 4). Все полученные оценки оказались статистически не отличающимися от единицы, что указывает на отсутствие различий в показателях заболеваемости. Самые высокие оценки отношений показателей персонала

и населения отмечены в последний период наблюдения (2000–2017 гг.) как у мужчин 1,17 (95 % ДИ: 0,77; 1,70), так и у женщин – 1,58 (95 % ДИ: 0,68; 3,12) соответственно. До 2000 г. стандартизованный по возрасту показатель среди мужчин работников ПО «Маяк» оказался приблизительно на 15 % ниже, чем среди населения. Так, в период с 1960 по 1979 год оценка составила 0,86 (95 % ДИ: 0,39; 1,64), с 1980 по 1999 год – 0,85 (95 % ДИ: 0,53; 1,30). В период 1980 – 1999 гг. среди работниц ПО «Маяк» заболеваемость составила 64 % (95 % ДИ: 21 %; 149 %) от показателя для всех женщин г. Озерска.

Таблица 4

Стандартизованное по возрасту отношение показателей заболеваемости ЗНО ЦНС персонала ПО «Маяк» и населения г. Озёрска (95 % ДИ)

[Table 4]

Age-standardized ratio of incidence rates of malignant neoplasms of the central nervous system among the personnel of the Mayak Production Association and the population of Ozyorsk (95 % CI)

Период наблюдения [Observation period]	Мужчины [Male]	Женщины [Female]
1948 – 2017 гг.	1,00 (0,76; 1,29)	0,91 (0,48; 1,56)
До 1960 г.	0	0
1960 – 1979 гг.	0,86 (0,39; 1,64)	0
1980 – 1999 гг.	0,85 (0,53; 1,30)	0,64 (0,21; 1,49)
2000 – 2017 гг.	1,17 (0,77; 1,170)	1,58 (0,68; 3,12)

Обсуждение

Единственным установленным негенетическим фактором риска развития опухолей головного мозга на сегодняшний день является облучение ионизирующим излучением в умеренных и высоких дозах, что подтверждено исследованиями лиц, выживших после атомной бомбардировки в Японии [6, 7, 8, 14] и исследованиями детей, которым проводилась лучевая терапия при остром лимфобластном лейкозе и других видах рака, и при лечении нераковых заболеваний (стригуций лишай, гемангиомы) [4, 14].

Что касается эффектов хронического облучения, то исследования по оценке зависимости частоты ЗНО ЦНС от накопленной дозы внешнего гамма-излучения проводились в когортах работников атомной промышленности [15, 16, 17, 18], в когорте ликвидаторов ЧАЭС [19]. В работах [15, 16, 17] проводилось изучение когорты персонала ПО «Маяк» 1948-1982 гг. найма с периодом наблюдения до 31.12.2004, 31.12.2017 и 31.12.2018 соответственно. Не найдено свидетельства влияния хронического профессионального облучения на показатели заболеваемости первичными опухолями ЦНС. Стоит отметить, что в [17] рассматривались как доброкачественные, так и ЗНО.

Аналогичные работы проводились и среди персонала атомной промышленности Великобритании. Исследование [18] проведено в когорте численностью 174541 человек, наблюдение ограничено 31.12.2001 г., учтены доброкачественные и злокачественные опухоли. Не было установлено статистически значимого тренда заболеваемости опухолями головного мозга в зависимости от дозы внешнего облучения (ИОР/Гр = -0,882 (95 % ДИ: -1,56; 0,69).

В когорте численностью 55718 ликвидаторов аварии

на ЧАЭС, участвовавших в работах в 1986 – 1987 гг., проживающих на территории РФ с 1991 по 2001 год, также не было выявлено статистически значимого избыточного риска опухолей головного мозга и других отделов ЦНС [19].

В нашей предыдущей работе [9] было показано статистически значимое превышение уровня заболеваемости ЗНО ЦНС в г. Озёрске по сравнению с национальными данными как для мужчин (на 90 %), так и для женщин (на 100 %) за период с 1980 по 1999 гг. (мужчины: СОР = 1,9; 95 % ДИ: 1,3 – 2,5; женщины: СОР = 2,0; 95 % ДИ: 1,4 – 2,7). В период 2000 – 2017 гг. у мужчин заболеваемость не отличалась от национальных (СОР = 1,2; 95 % ДИ: 0,9 – 1,6) и региональных значений (СОР = 1,2; 95 % ДИ: 0,9 – 1,5). По сравнению с областным центром частота ЗНО ЦНС у женщин была статистически значимо ниже на 30 % (СОР = 0,7; 95 % ДИ: 0,5 – 0,9) и незначимо (на 20 %) отличалась от данных по РФ (СОР = 0,8; 95 % ДИ: 0,6 – 1,1).

Стоит отметить, что для населения г. Озёрска анализ проводился на основании ограниченной информации о численности населения, что в предыдущих работах рассматривалось как потенциальный фактор смещения полученных оценок [9]. Для персонала ПО «Маяк» анализ проводился на основании данных медико-дозиметрического регистра, специально разработанного для долговременных эпидемиологических исследований, что существенно увеличивает надежность данных о численности и распределении человеко-лет наблюдения. Отсутствие различий в показателях заболеваемости за весь период наблюдения среди персонала и населения города свидетельствует о том, что фактор ограниченности данных о численности населения города, по-видимому, не имеет существенного значения.

Полученные в этой работе результаты сравнительного анализа показателей заболеваемости ЗНО ЦНС персонала ПО «Маяк» и населения г. Озёрска свидетельствуют об отсутствии различий. С учетом сравнения показателей мужского населения г. Озёрска с данными РФ можно сделать вывод о том, что показатели среди персонала превышают национальные данные. Статистика ЗНО ЦНС среди женщин работниц ПО «Маяк» мала, в связи со значительно меньшей численностью женщин, работавших на ПО «Маяк», которые составили лишь четверть от общего количества лиц, включенных в регистр персонала. Полуторакратные отличия в показателях заболеваемости женщин могут быть объяснены именно этим фактом.

Таким образом, по нашему мнению, основной причиной различий заболеваемости населения г. Озёрска и РФ является качество сбора и учета данных. Проведение сбора данных по изучению заболеваемости ЗНО ЦНС у населения г. Озёрска за столь длительный период стало возможным благодаря архивным документам и существующим базам канцер регистра и медико-дозиметрического регистра, которые были созданы и сейчас поддерживаются в отделе радиационной эпидемиологии Южно-Уральского федерального научно-клинического центра медицинской биофизики. Используя эти архивные данные, были верифицированы случаи заболевания и/или смерти от ЗНО ЦНС, начиная с 1948 года. Недаром практически все исследования по изучению заболеваемости и смертности от опухолей ЦНС проводятся либо на базе архивов нейрохирургических отделений, либо же на базе раковых регистров (Санкт-Петербурга, Архангельска и регистра СЗФО) [20, 21]. Еще хочется отметить и такой факт, который несомненно вносит определенные трудности и отражается в результатах исследования, как посмертно установленные диагнозы. Специфика города накладывает определенные обязательства на проведение

патолого-анатомического исследования, которые на «большой» земле при всём равенстве медицинской информации могли и не проводиться в ряде случаев. Этот вопрос мы пытаемся более подробно изучить в наших последующих работах.

Заключение

На основе собранной информации о 220 случаях первичных злокачественных опухолей ЦНС среди населения г. Озёрска за период 1948 – 2017 гг., в том числе 70 случаев злокачественных опухолей среди персонала ПО «Маяк», показано, что работа на ПО «Маяк», т.е. производственные факторы, основным из которых является воздействие ионизирующего излучения, не вносят статистически значимый вклад в заболеваемость ЗНО ЦНС.

Близкие к единице значения стандартизованного по возрасту отношения показателей заболеваемости среди мужчин персонала ПО «Маяк» и населения г. Озёрска подтверждают ранее полученные результаты об отсутствии влияния производственного фактора на заболеваемость ЗНО ЦНС. Большая вариабельность результатов у женщин обусловлена их меньшим вкладом в численность работников предприятия.

Таким образом, нет оснований предполагать, что причиной ранее выявленных среди населения г. Озёрска более высоких относительно национальных популяционных показателей заболеваемости ЗНО ЦНС в РФ является производственный радиационный фактор.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Денисова Е.В. – подготовка черновика рукописи, сбор данных, анализ и интерпретация результатов.

Кузнецова И.С. – статистический анализ данных, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Сокольников М.Э. – концепция и дизайн исследования, окончательное утверждение публикуемой версии рукописи.

Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Исследование проведено в рамках выполнения прикладной научно-исследовательской работы «Техногенное облучение и его отдаленные медицинские последствия» (шифр «Последствия-2025») на основании Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года».

Литература

1. Мерабишвили В.М. Состояние онкологической помощи в России: эпидемиология и выживаемость больных злокачественными новообразованиями (однолетняя и пятилетняя) по всем локализациям опухолей. Влияние пандемии коронавируса (популяционное исследование) // Злокачественные опухоли. 2023. Т. 13, № 3s1, С 85–96. DOI: 10.18027/2224-5057-2023-13-3s1-85-96.
2. Злокачественные новообразования в России в 2015 году (заболеваемость и смертность) / под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Петровой Г.В. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2017. 250 с.
3. Amirian E.S., Ostrom Q.T., Liu Y. et al. Nervous system. In: Thun M., ed. Cancer epidemiology and prevention. 4th ed. Online edition. New York: Oxford Academic, 2017. DOI: 10.1093/oso/9780190238667.003.0056.

4. Karlsson P., Holmberg E., Lundell M. et al. Intracranial tumors after exposure to ionizing radiation during infancy: a pooled analysis of two Swedish cohorts of 28,008 infants with skin hemangioma // Radiation Research. 1998. Vol. 150, No 3. P. 357-364.
5. Sadetzki S., Chetrit A., Freedman L. et al. Long-term follow-up for brain tumor development after childhood exposure to ionizing radiation for tinea capitis // Radiation Research. 2005. Vol. 163, No 4. P. 424-432. DOI: 10.1667/rr3329.
6. Preston D.L., Ron E., Yonehara S. et al. Tumors of the nervous system and pituitary gland associated with atomic bomb radiation exposure // Journal of the National Cancer Institute. 2002. Vol. 94, No 20. P. 1555-1563. DOI: 10.1093/jnci/94.20.1555.
7. Shintani T., Hayakawa N., Hoshi M. et al. High incidence of meningioma among Hiroshima atomic bomb survivors // Radiation Research. 1999. Vol. 40, No 1. P. 49-57. DOI: 10.1269/jrr.40.49.
8. Brenner A.V., Sugiyama H., Preston D.L. et al. Radiation risk of central nervous system tumors in the Life Span Study of atomic bomb survivors, 1958–2009 // European Journal of Epidemiology. 2020. Vol. 35, No 6. P. 591-600. DOI: 10.1007/s10654-019-00599-y.
9. Денисова Е.В., Кузнецова, Сокольников М.Э. Заболеваемость злокачественными новообразованиями центральной нервной системы в г. Озёрске // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. 2023. Т. 6, № 12. С. 43–49. DOI: 10.17116/onkolog20231206143.
10. Сокольников М.Э., Кабирова Н.Р., Окатенко П.В. и др. Медико-дозиметрический регистр персонала производственного объединения "Маяк": состояние и перспективы // Вопросы радиационной безопасности. 2023. № 3(111). С. 42-55.
11. Дрожко Е.Г., Хохлаков В.В. Облучение жителей города Челябинск-65, связанное с выбросами в атмосферу ¹³¹I // Радиация и риск. 1995. № 5. С. 159–162.
12. Dos Santos Silva I. Cancer epidemiology: principles and methods. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 1999. 442p.
13. Breslow N.E., Day N.E. Statistical Methods in Cancer Research. Volume II – The Design and Analysis of Cohort Studies. IARC Scientific Publications № 82, International Agency for Research on Cancer, Lyon, 120-162.
14. Braganza M.Z., Kitahara C.M., Berrington de González A. et al. Ionizing radiation and the risk of brain and central nervous system tumors: a systematic review // Journal of Neuro-Oncology. 2012. Vol. 14, No 11. P. 1316-24. DOI: 10.1093/neuonc/nos208.
15. Hunter N., Kuznetsova I.S., Labutina E.V., Harrison J.D. Solid cancer incidence other than lung, liver and bone in Mayak workers: 1948-2004. British Journal of Cancer. 2013. Vol. 109, No 7. P. 1989-96. DOI: 10.1038/bjc.2013.543.
16. Сокольников М.Э., Кошурикова Н.А., Юркин А.М. и др. Заболеваемость солидными раками (без учёта раков лёгкого, печени и скелета) в когорте работников ПО "Маяк", 1948 – 2017 гг. // Вопросы радиационной безопасности. 2021. №3 (103). С. 56–71.
17. Мосеева М.Б., Азизова Т.В., Банникова М.В. Заболеваемость и смертность от опухолей центральной нервной системы в когорте работников, подвергшихся хроническому облучению // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67, № 4. С. 42–48. DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-4-42-48.
18. Muirhead C.R., O'Hagan J.A., Haylock R.G. et al. Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers // British Journal of Cancer. 2009. Vol. 100. P. 206-212. DOI: 10.1038/sj.bjc.6604825.
19. Ivanov V.K., Gorskiy A.I., Tsyb A.F. et al. Solid cancer incidence among the Chernobyl emergency workers residing in Russia: estimation of radiation risks // Radiation and Environmental Biophysics. 2004. Vol. 43. P. 35–42. DOI: 10.1007/s00411-003-0223-6.
20. Дяченко А.А., Субботина А.В., Измайлов Т.Р. и др. Первичные злокачественные новообразования центральной нервной системы в Архангельской области: структура и динамика эпидемиологических показателей в

2000-2011 гг. // Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии. 2013. № 13 (1). С. 1-27.

западном Федеральном округе России // Вопросы онкологии. 2014. Т. 60, № 1. С. 32-40.

21. Мерабишвили В.М., Дяченко А.А., Вальков М.Ю. и др. Эпидемиология злокачественных новообразований головного мозга и других отделов ЦНС в Северо-

Поступила: 20.06.2025

Денисова Елена Владимировна – младший научный сотрудник отдела радиационной эпидемиологии Южно-Уральского федерального научно-клинического центра медицинской биофизики Федерального медико-биологического агентства. **Адрес для переписки:** 456783, Челябинская область, Озёрск, Озёрское шоссе, д. 19; E-mail: denisova@subi.su
ORCID: 0000-0002-6262-0067

Кузнецова Ирина Сергеевна – кандидат биологических наук, главный научный сотрудник (курирующая вопросы науки и инновационного развития) Южно-Уральского федерального научно-клинического центра медицинской биофизики Федерального медико-биологического агентства, Озёрск, Россия
ORCID: 0000-0002-1214-295X

Сокольников Михаил Эдуардович – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела радиационной эпидемиологии Южно-Уральского федерального научно-клинического центра медицинской биофизики Федерального медико-биологического агентства, Озёрск, Россия
ORCID: 0000-0001-9492-4316

Для цитирования: Денисова Е.В., Кузнецова И.С., Сокольников М.Э. Злокачественные новообразования центральной нервной системы у персонала ПО «Маяк» // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, № 3. С. 29–35. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-3-29-35

Malignant neoplasms of the central nervous system of the PA Mayak personnel

Elena V. Denisova, Irina S. Kuznetsova, Mikhail E. Sokolnikov

Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics of the Federal Medical Biological Agency, Ozyorsk, Chelyabinsk Region, Russia

The objective is to study the incidence of malignant tumors of the central nervous system of the personnel of the Mayak production association. Material and Methods: The study used data from the medical and dosimetric personnel register of the “Mayak” production association personnel hired in 1948-2016 and the cancer population register of the city of Ozyorsk. An assessment of the standardized ratio of morbidity rates among the city’s population and the staff of the Mayak production association was carried out. Results and Discussion: During the follow-up period from 1948 to 2017, 220 cases of malignant neoplasms of the central nervous system were registered in the city of Ozyorsk, of which 70 cases were among the Mayak production association workers included in the medical dosimetric register (57 cases among male staff, 13 among female employees). Malignant brain tumors prevailed in the structure of the studied lesions (87.1 %), the most common lesions affected several areas of the brain (28.5 %) and the temporal lobe (14.3 %). No cases of malignant tumors of the central nervous system were recorded among male staff until 1960, and until 1980 among female staff. The age-standardized ratio of the incidence of malignant tumors of the central nervous system among the staff of Mayak and the population of Ozyorsk in men was 1.00 (95 % CI: 0.76; 1.29), in women – 0.91 (95 % CI: 0.48; 1.56). The estimates obtained turned out to be statistically indistinguishable from the unit, which indicates that there are no differences in the incidence rates of the population of Ozyorsk as a whole and the staff of the Mayak production association as a part of it. Conclusion: The results of the study confirm the previously obtained data on the absence of the influence of the occupational radiation factor on the incidence of malignant neoplasms of the central nervous system of the population of the city of Ozyorsk, including the staff of Mayak production association.

Key words: malignant tumors of the central nervous system, morbidity, personnel, medical dosimetric registry, radiation factor, ionizing radiation.

Authors' personal contribution

Denisova E.V. – preparation of the draft of the manuscript, data collection, analysis and interpretation of the results.

Kuznetsova I.S. – statistical data analysis, critical revision with the introduction of valuable intellectual content.

Sokolnikov M.E. – research concept and design, final approval of the published version of the manuscript.

All the authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interest.

Sources of funding

The study was conducted as part of the applied research work

Elena V. Denisova

Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics

Address for correspondence: 19, Ozyorskoe Shosse, Ozyorsk, Chelyabinsk Region, 456783, Russia; E-mail: denisova@subi.su

"Anthropogenic radiation and its long-term medical consequences" (code "Consequences-2025") on the basis of the Federal Target Program "Ensuring Nuclear and Radiation Safety for 2016-2020 and for the period up to 2035".

References

- Merabishvili VM. The state of oncological care in Russia: epidemiology and survival of patients with malignant neoplasms (one-year and five-year) for all tumor localizations. Impact of the coronavirus pandemic (population study). *Zlokachestvennyye opukholi = Malignant tumors*. 2023;13(3s1): 85-96. (In Russian). DOI: 10.18027 /2224-5057-2023-13-3s1-85-96.
- Malignant neoplasms in Russia in 2015 (Morbidity and mortality). Eds. Kaprin AD, Starinsky VV, Petrova GV. Moscow: P.A. Herzen Moscow Oncology Research Institute - branch of the Federal State Budgetary Institution "NMIRC" of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2017. 250 p. (In Russian).
- Amirian ES, Ostrom QT, Liu Y, Barnholtz-Sloan J, Bondy ML. Nervous system. In: Thun M., ed. *Cancer epidemiology and prevention*. 4th ed. Online edition. New York: Oxford Academic; 2017. DOI: 10.1093/oso/9780190238667.003.0056.
- Karlsson P, Holmberg E, Lundell M, Mattsson A, Holm LE, Wallgren A. Intracranial tumors after exposure to ionizing radiation during infancy: a pooled analysis of two Swedish cohorts of 28,008 infants with skin hemangioma. *Radiation Research*. 1998;150(3): 357-364.
- Sadetzki S, Chetrit A, Freedman L, Stovall M, Modan B, Novikov I. Long-term follow-up for brain tumor development after childhood exposure to ionizing radiation for tinea capitis. *Radiation Research*. 2005;163(4): 424-432. DOI: 10.1667/rr3329.
- Preston DL, Ron E, Yonehara S, Kobuke T, Fujii H, Kishikawa M, et al. Tumors of the nervous system and pituitary gland associated with atomic bomb radiation exposure. *Journal of the National Cancer Institute*. 2002;94(20): 1555-1563. DOI: 10.1093/jnci/94.20.1555.
- Shintani T, Hayakawa N, Hoshi M, Sumida M, Kurisu K, Oki S, et al. High incidence of meningioma among Hiroshima atomic bomb survivors. *Radiation Research*. 1999;40(1): 49-57. DOI: 10.1269/jrr.40.49.
- Brenner AV, Sugiyama H, Preston DL, Sakata R, French B, Sadakane A, et al. Radiation risk of central nervous system tumors in the Life Span Study of atomic bomb survivors, 1958–2009. *European Journal of Epidemiology*. 2020;35(6): 591-600. DOI: 10.1007/s10654-019-00599-y.
- Denisova EV, Kuznetsova IS, Sokolnikov ME. Incidence of malignant neoplasms of the central nervous system in Ozersk. *Onkologiya. Zhurnal imeni P.A. Gertsena = Oncology. Journal named after P.A. Herzen*. 2023;6(12): 43-49. (In Russian). DOI: 10.17116/onkolog20231206143.
- Sokolnikov ME, Kabirova NR, Okatenko PV, Koshurnikova NA, Tsareva YuV, Martinenko IA, et al. Medical and dosimetric register of personnel of the Mayak production association: status and prospects. *Voprosy radiatsionnoy bezopasnosti = Radiation Safety Issues*. 2023;3(111): 42-55. (In Russian).
- Drozhenko EG, Khokhryakov VV. Irradiation of residents of the city of Chelyabinsk-65 associated with emissions into the atmosphere of ¹³¹I. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*. 1995;5: 159–162. (In Russian).
- Dos Santos Silva I. *Cancer epidemiology: principles and methods*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1999. 442 p.
- Breslow NE, Day NE. *Statistical Methods in Cancer Research. Volume II – The Design and Analysis of Cohort Studies*. IARC Scientific Publications № 82, International Agency for Research on Cancer, Lyon; 120-162.
- Braganza MZ, Kitahara CM, Berrington de González A, Inskip PD, Johnson KJ, Rajaraman P. Ionizing radiation and the risk of brain and central nervous system tumors: a systematic review. *Journal of Neuro-Oncology*. 2012;14(11): 1316-24. DOI: 10.1093/neuonc/nos208.
- Hunter N, Kuznetsova IS, Labutina EV, Harrison JD. Solid cancer incidence other than lung, liver and bone in Mayak workers: 1948-2004. *British Journal of Cancer*. 2013;109(7): 1989-1996. DOI: 10.1038/bjc.2013.543.
- Sokolnikov ME, Koshurnikova NA, Yurkin AM, Martinenko IA, Denisova EV, Tsareva YuV, et al. Incidence of solid cancers (excluding lung, liver, and skeletal cancers) in a cohort of workers at the Mayak Production Association, 1948–2017. *Voprosy radiatsionnoy bezopasnosti = Radiation Safety Issues*. 2021;3(103): 56–71. (In Russian).
- Moseeva MB, Azizova TV, Bannikova MV. Morbidity and mortality from tumors of the central nervous system in a cohort of workers exposed to chronic radiation. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical Radiology and Radiation Safety*. 2022;67(4): 42–48. (In Russian). DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-4-42-48.
- Muirhead CR, O'Hagan JA, Haylock RG, Phillipson MA, Willcock T, Berridge GL, et al. Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers. *British Journal of Cancer*. 2009;100: 206-212. DOI: 10.1038/sj.bjc.6604825.
- Ivanov VK, Gorskiy AI, Tsyb AF, Ivanov SI, Naumenko RN, Ivanova SI. Solid cancer incidence among the Chernobyl emergency workers residing in Russia: estimation of radiation risks. *Radiation and Environmental Biophysics*. 2004;43(1): 35–42. DOI: 10.1007/s00411-003-0223-6.
- Dyachenko AA, Subbotina AV, Izmailov TR, Gluhareva NA, Krasilnikov AV, Grzhibovskij AM, et al. Primary malignant neoplasms of the central nervous system in the Arkhangelsk region: structure and dynamics of epidemiological indicators in 2000-2011. *Vestnik Rossijskogo nauchnogo centra rentgenoradiologii = Bulletin of the Russian Scientific Center of Roentgenology and Radiology*. 2013;13(1): 1-27. (In Russian).
- Merabishvili VM, Dyachenko AA, Valkov MYu, Krasilnikov AV. Epidemiology of malignant neoplasms of the brain and other parts of the central nervous system in the Northwestern Federal District of Russia. *Voprosy onkologii=Issues of Oncology*. 2014;60(1): 32-40. (In Russian).

Received: June 20, 2025

For correspondence: Elena V. Denisova – Junior Researcher, Department of Epidemiology, Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics of the Federal Medical Biological Agency (19, Ozyorskoe Shosse, Ozyorsk, Chelyabinsk Region, 456783, Russia; E-mail: denisova@subi.su)

ORCID: 0000-0002-6262-0067

Irina S. Kuznetsova – Candidate of Biological Science, Senior Research Fellow, Deputy Director of Department of Epidemiology, Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics of the Federal Medical Biological Agency, Ozyorsk, Russia
ORCID: 0000-0002-1214-295X

Mikhail E. Sokolnikov – Doctor of Medical Sciences, Head of Department of Epidemiology, Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics of the Federal Medical Biological Agency, Ozyorsk, Russia
ORCID: 0000-0001-9492-4316

For citation: Denisova E.V., Kuznetsova I.S., Sokolnikov M.E. Malignant neoplasms of the central nervous system of the PA Mayak personnel. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025. Vol. 18, No. 3. P. 29–35. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-3-29-35