



Петоян И.М., Шандала Н.К., Титов А.В., Зиновьева Н.В.

Заболееваемость взрослого населения, проживающего в районе «уранового наследия» в условиях воздействия радона

ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, 123098, Москва, Россия

Введение. Цель исследования – провести оценку состояния здоровья взрослого населения г. Лермонтова (Ставропольский край), проживающего в районе расположения «уранового наследия» в условиях повышенного облучения радоном в жилых помещениях.

Материалы и методы. Материалом исследования явились данные отчётной медицинской статистики за период 2009–2018 гг. клинической больницы № 101 ФМБА России: формы № 7 «Сведения о злокачественных заболеваниях» и № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения». Оценивали частоту, структуру и динамику первичной и онкологической заболеваемости.

Результаты. В рассматриваемый период выявлена высокая частота первичной заболеваемости взрослого населения (в среднем $748,2 \pm 111,4$ на 1000 человек), которая имела тенденцию роста и значительно превышала тот же показатель по Ставропольскому краю ($390,3 \pm 20,3$ на 1000 человек). Значительно выше среднерегиональных показателей была и заболеваемость по четырём классам болезней: болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, болезни мочеполовой системы, болезни кожи и подкожной клетчатки, болезни глаза и его придаточного аппарата. Заболеваемость болезнями органов дыхания (лёгкие – критический орган к действию радона) значимо не отличалась от среднерегиональных показателей. Напротив, заболеваемость злокачественными новообразованиями снижалась ($330,6 \pm 1,1$ на 100 тыс. населения) и в среднем приближалась к таковой по краю ($320,5 \pm 11,4$ на 100 тыс. населения). При этом значительно ниже среднерегионального показателя была заболеваемость раками лёгкого ($22,6 \pm 3$ и $33,5 \pm 0,3$ на 100 тыс. населения соответственно).

Ограничения исследования. Исследование ограничено изучением состояния заболеваемости (первичная, онкологическая) взрослого населения г. Лермонтова. Оценка относительного числа избыточных раков лёгкого основана на экспертной оценке МРКЗ соответствующего коэффициента риска.

Заключение. По данным медицинской статистики за 2009–2018 гг., у населения г. Лермонтова наблюдалась относительно невысокая заболеваемость злокачественными новообразованиями, в том числе раками лёгкого, из которых, согласно теоретическим оценкам, не более 15–20% случаев условно можно связать с облучением радоном. Выявляемую относительно высокую первичную заболеваемость взрослого населения, по-видимому, можно связать с неблагоприятным влиянием на здоровье многочисленных факторов среды обитания человека. Предположительно эта ситуация отражает и доступность для населения качественного медицинского обслуживания.

Ключевые слова: здоровье; заболеваемость первичная; заболеваемость онкологическая; взрослое население; радон в жилых помещениях; рак лёгкого

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Петоян И.М., Шандала Н.К., Титов А.В., Зиновьева Н.В. Заболеваемость взрослого населения, проживающего в районе «уранового наследия» в условиях воздействия радона. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(3): 281–287. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-281-287>

Для корреспонденции: Петоян Иван Матвеевич, канд. тех. наук, вед. науч. сотр. ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 123098, Москва. E-mail: jpeto@yandex.ru

Участие авторов: Петоян И.М. – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи; Шандала Н.К. – концепция и дизайн исследования, редактирование текста; Титов А.В. – концепция и дизайн исследования, написание текста; Зиновьева Н.В. – сбор материала и обработка данных. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 10.11.2021 / Принята к печати: 25.11.2021 / Опубликовано: 08.04.2022

Ivan M. Petoyan, Natalya K. Shandala, Aleksey V. Titov, Natalya V. Zinovieva

The incidence of the adult population living in the “uranium legacy” area in conditions of radon exposure

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, 123098, Russian Federation

Introduction. The purpose of the study is to assess the health status of the adult population of the Lermontov city, Stavropol Territory, living in the “uranium legacy” area in conditions of increased exposure to radon in residential premises has been investigated.

Materials and methods. The material of the study was the medical statistics data for the period 2009–2018 reported by Clinical Hospital No. 101 under FMBA of Russia, presented in forms No. 7 (information on malignant diseases) and No. 12 (information on the number of diseases in adults). The frequency, structure and dynamics of primary morbidity and incidence of malignant neoplasms were evaluated.

Results. During the period under review, a high primary incidence in the adult population was revealed (average: 748.2 ± 111.4 per 1000 persons) to increase and significantly exceeded the same indicator in the Stavropol Territory (390.3 ± 20.3 per 1000 persons). The incidence of four classes of diseases: diseases of the musculoskeletal system and connective tissue, diseases of the genitourinary system, diseases of the skin and subcutaneous tissue, diseases of the eye and adnexa was significantly higher than the regional average value. The incidence of respiratory diseases (lungs – a critical organ to the action of radon) did not significantly differ from the average regional indicators. On the contrary, the incidence of malignant neoplasms decreased (330.6 ± 1.1 per 100.0 persons) and on average approached that in the region (320.5 ± 11.4 per 100.0 persons). At the same time, the incidence of lung cancers was significantly lower than the regional average (22.6 ± 3.0 and 33.5 ± 0.3 per 100.0 persons, respectively).

Limitations. The study is limited to studying the state of incidence (primary, cancer) of Lermontov adult population. The estimation of the relative number of excess lung cancers is based on the expert assessment of the ICRP of the corresponding coefficient.

Conclusion. According to medical statistics for 2009–2018, the population of Lermontov had a relatively low incidence of malignant neoplasms, including lung cancers, of which, according to theoretical estimates, no more than 15–20% of cases can be conditionally associated with radon exposure. The revealed relatively high primary incidence of the adult population seems to be associated with the adverse impact on health of numerous factors of the human environment. Presumably, this situation also reflects the availability of quality medical care for the population.

Keywords: health; morbidity; primary; oncological; adult population; residential radon; lung cancer

Compliance with ethical standards: the study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Petoyan I.M., Shandala N.K., Titov A.V., Zinovieva N.V. The incidence of the adult population living in the “uranium legacy” area in conditions of radon exposure. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(3): 281–287. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-281-287> (In Russian)

For correspondence: Ivan M. Petoyan, MD, PhD, Leading Researcher of the A.I. Burnasyn Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123098, Russian Federation. E-mail: peto@yandex.ru

Information about the authors:

Petoyan I.M., <https://orcid.org/0000-0002-2707-6537> Shandala N.K., <https://orcid.org/0000-0003-1290-3082> Titov A.V., <https://orcid.org/0000-0002-3797-2677>

Contribution: Petoyan I.M. — the concept and design of the study; statistical processing; writing a text, responsible for the integrity of all parts of the manuscript; Shandala N.K. — the concept and design of the study; text editing; Titov A.V. — the concept and design of the study; writing a text; Zinovieva N.V. — collection and processing of material. All authors are responsible for approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: November 10, 2021 / Accepted: November 25, 2021 / Published: April 08, 2022

Введение

Город Лермонтов в Ставропольском крае основан в 1953 г. как рабочий посёлок для шахтёров Бештаугорского уранового рудника Лермонтовского производственного объединения (ЛПО) «Алмаз», продолжавшего работу до начала 90-х годов прошлого века. В последующие годы в городе возникли крупные производства минеральных удобрений, электрооборудования и изделий из пластмассы [1]. Общая численность населения города с начала 1990-х по 2018 г. находилась в пределах 22–23,5 тыс. человек.

О радиационной обстановке в г. Лермонтове. Радиационный фон внешнего гамма-облучения на территории города составлял в среднем 0,14 мкЗв/час [2], а в домах разных типов постройки — в среднем 0,24 мкЗв/час [3], что соответствует эффективной дозе гамма-облучения 1,9 мЗв/год, которая выше среднего значения по Ставропольскому краю (0,88 мЗв/год) [4].

Основной же вклад в эффективную дозу облучения населения со времени основания города давало и даёт по настоящее время ингаляционное поступление радона и его дочерних радионуклидов в период нахождения населения в помещениях [5].

Повышенные уровни ^{222}Rn обусловлены рядом причин [6]: 1) геологическими особенностями данного района, так как город расположен в зоне Главного разлома, имеющего субмеридиальную ориентацию, что является определяющим в выходе радона на поверхность земли; 2) отсутствием противорадионных барьеров при строительстве жилых домов; 3) использованием строительных материалов с повышенным содержанием ^{226}Ra . Последние две причины относятся главным образом к двухэтажным и трёхэтажным жилым домам и общественным зданиям, построенным до 1970 г., а также к одноэтажным домам в частном секторе, в меньшей степени — к многоэтажным домам кирпичной постройки после 1970 г., где в основном применялись материалы с низким содержанием радия [7].

По данным измерений, проведённых в разные годы [5, 8], ЭРОА радона* в жилых домах разных типов постройки в значительном числе случаев (30–50% в зависимости от сезона года) превышала нормативное значение 200 Бк/м³, для эксплуатируемых зданий [9], а в 15–20% замеров была выше

400 Бк/м³, достигая значений 600–800 Бк/м³. По данным работы [7], на основе анализа единой базы, включающей 3200 измерений объёмной активности (ОА) радона в жилых домах и общественных зданиях города, выполненных рядом организаций начиная с 1992 г., получены следующие усреднённые величины ЭРОА радона в разных районах города: 238 Бк/м³ (старая часть города; двухэтажные и трёхэтажные дома, построенные до 1970 г.), 403 Бк/м³ (частный сектор, одноэтажные дома) и 74 Бк/м³ (новая часть города; многоэтажные дома, построенные после 1970 г.). В целом по городу, согласно [7], расчётная величина среднегодовой ЭРОА радона составляла 231 Бк/м³. Практически такой же (237 Бк/м³) оказалась среднесезонная ЭРОА радона по данным измерений 2009–2010 гг., при этом расчётное среднегеометрическое значение проведённых измерений составило 137 Бк/м³ [8]. Отметим, что именно последнее значение представляет особый интерес, поскольку распределение ОА радона в жилых домах, как правило, описывается не нормальным, а логнормальным распределением [7, 8].

В последние годы, после проведённых в предшествующие десятилетия противорадионных мероприятий [6], значение среднегодовой ЭРОА радона более 200 Бк/м³ регистрировалось в основном в воздухе отдельных помещений первых и цокольных этажей общественных зданий, индивидуальных жилых домов и промышленных предприятий.

Радон как фактор риска. В настоящее время наиболее значимым медицинским последствием поступления радона в организм человека признаётся рак лёгкого (РЛ) [10, 11]. Последний факт вполне закономерен, поскольку именно в лёгких формируется основная доля суммарной дозы от радона и продуктов его распада. Согласно Публикации № 115 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) [10], риск развития РЛ становится заметным уже при ОА радона в воздухе жилых помещений выше 75 Бк/м³ при постоянном проживании в течение 25–30 лет, а относительное увеличение заболеваемости РЛ определяется коэффициентом риска, равным 16% на 100 Бк/м³ ОА радона. Последний коэффициент предложен экспертами МКРЗ [10] в качестве обоснованной оценки для управления риском и получен в результате совместного анализа данных эпидемиологических исследований методом «случай — контроль» в жилищах Европы, Северной Америки и Китая. Это означает, что длительное проживание в жилых домах с концентрацией радона в воздухе 100 Бк/м³ (что соответствует ЭРОА радона 50 Бк/м³ при $F = 0,5$) потенциально может приводить к дополнительному риску развития РЛ на 16% от «спонтанного» уровня, то есть теоретически каждый 7-й выявляемый случай РЛ среди жителей таких домов может быть условно вызван облучением радонном.

* ЭРОА (эквивалентная равновесная объёмная активность) радона связана с измеряемой на практике объёмной активностью (ОА) соотношением $\text{ЭРОА} = F \cdot \text{ОА}$, где F — коэффициент равновесия (отношение ЭРОА к ОА), который в НРБ-99/2009 [9] принят равным 0,5. Поскольку наибольший вклад в облучение лёгких вносит не сам радон, а дочерние продукты его распада, важно знать именно ЭРОА радона, а не только измеренную ОА [7].

Прямым подтверждением реальности такого сценария для жителей г. Лермонтова могут служить результаты эпидемиологического исследования по принципу «случай – контроль» [7], в котором основную когорту составил 121 человек – больные РЛ и умершие от лёгочной патологии в период 1995–2004 гг. Эта когорта включала в том числе 46 человек, имевших высокие уровни профессионального облучения. Построенные в этом исследовании [7] зависимости «доза – эффект» при облучении радоном в жилищах и при смешанном профессионально-бытовом облучении от радона в целом согласуются с оценками параметров линейной зависимости риска развития РЛ при воздействии радона, полученными в мировых исследованиях [10], отмеченных выше.

Постановка задачи и цель исследования. Основываясь на приведённых выше данных измерений радона в жилищах, можно оценить, какая часть от общего числа случаев РЛ, выявленных в г. Лермонтове за определённый период, условно обусловлена радоном. Такая оценка будет дана в контексте проведённого исследования.

Как отмечалось выше, становление и развитие г. Лермонтова в период 1953–1990 гг. было связано с деятельностью ЛПО «Алмаз», что в определённой степени предопределило ситуацию с радоном в городе [6], а также в значительной степени повлияло на социально-экономическое развитие города, образ жизни людей, экологическую ситуацию в районе и качество медицинского обслуживания населения города, которое более шестидесяти лет обслуживает медико-санитарная часть № 101 (с 2001 г. – Клиническая больница № 101 ФМБА России) [1]. В свою очередь все эти факторы [12, 13] в той или иной степени оказывали и оказывают влияние на состояние здоровья населения г. Лермонтова.

Недавно в работе [14] представлены результаты оценки состояния здоровья детского населения г. Лермонтова (критическая группа населения по чувствительности к неблагоприятным факторам среды обитания человека), которые указывают на высокую заболеваемость детей в возрасте 0–14 лет, в том числе заболеваниями органов дыхания и пищеварения, эндокринной системы и кожи.

На основании вышеизложенного целью данного исследования является оценка состояния здоровья взрослого населения (18 лет и старше) г. Лермонтова, проживающего в районе «уранового наследия» в условиях повышенного облучения радоном в жилых помещениях, по показателям первичной и онкологической заболеваемости.

Материалы и методы

Материалом исследования явились данные отчётной медицинской статистики за период 2009–2018 гг. Клинической больницы № 101 Федерального медико-биологического агентства (ФМБА) России (г. Лермонтов): формы № 7 «Сведения о злокачественных заболеваниях» и № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения».

Оценивали частоту, структуру (по классам болезней) и динамику первичной заболеваемости (в расчёте на 1000 человек). Оценивали также частоту, структуру (по локализациям) и динамику заболеваемости злокачественными новообразованиями в целом и заболеваемости РЛ (в расчёте на 100 тыс. человек). Об уровне первичной и онкологической заболеваемости в г. Лермонтове судили по результатам сравнения с аналогичными показателями по Ставропольскому краю в целом. Динамику заболеваемости во времени анализировали, проводя сравнение средних значений показателей за первое (2009–2013 гг.) и второе (2014–2018 гг.) пятилетия. Статистическая обработка данных проведена с использованием прикладной программы Microsoft Excel. Частоту первичной заболеваемости за десятилетний и пятилетний периоды представляли в виде $M \pm SD$, где M – средняя многолетняя заболеваемость, SD – стандартное отклонение. Частоту за-

болеваемости злокачественными новообразованиями представляли в виде $M \pm SE$, где M – средняя заболеваемость за десятилетний и пятилетний периоды, SE – стандартная ошибка. Различия показателей считали достоверными при уровне значимости $p < 0,05$ по t -критерию Стьюдента.

Оценена доля Z (%) случаев условно радиогенных РЛ в общем количестве случаев РЛ, выявленных в г. Лермонтове в 2009–2018 гг., с использованием следующего соотношения:

$$Z(\%) = 16(\%) \cdot (\text{ЭРОА}/50) / (1 + 0,16 \cdot \text{ЭРОА}/50).$$

Результаты

Первичная заболеваемость. В рассматриваемый период (2009–2018 гг.) выявлена высокая частота первичной заболеваемости взрослого населения, которая составляла в среднем $748,2 \pm 111,4$ на 1000 человек, имела тенденцию роста и значительно превышала тот же показатель ($390,3 \pm 20,3$ на 1000 человек) по Ставропольскому краю (табл. 1; см. рисунок).

В структуре первичной заболеваемости первые два места занимали болезни органов дыхания (18,0%) и травмы и отравления (12,5%). Однако, как показал анализ, наблюдаемая высокая (по отношению к средней по региону) первичная заболеваемость обусловлена в основном классами болезней, которые занимают в структуре третьё – шестое места (см. табл. 1, столбец 4), а их частота значительно превышала средние по региону [4, 15]: болезни костно-мышечной системы ($79,2 \pm 32,5$ против $15,4 \pm 1,9$), мочеполовой системы ($82,5 \pm 29,4$ против $41,5 \pm 5,5$), болезни кожи и подкожной клетчатки ($66,3 \pm 8,9$ против $23,6 \pm 2,6$), а также болезни глаза и его придаточного аппарата ($67,3 \pm 19,5$ против $15,2 \pm 1,2$). Кроме того, существенно выше средних по региону были частота заболеваний болезнями уха и сосцевидного отростка и болезнями органов пищеварения, новообразованиями, а также частота травм и отравлений.

Наблюдавшаяся в течение десятилетия тенденция роста первичной заболеваемости (с $681,3 \pm 79,8$ в 2009–2013 гг. до $815,1 \pm 110$ в 2014–2018 гг.) в основном была обусловлена теми же классами болезней (см. табл. 1), которые определяли её высокие показатели по сравнению с региональными, а именно болезнями мочеполовой системы (рост с $56,6 \pm 10,1$ до $104 \pm 20,2$) и костно-мышечной системы (с $51,8 \pm 13,1$ до $106,6 \pm 18,2$), а также болезнями глаза и его придаточного аппарата (с $54,5 \pm 9,3$ до $80,4 \pm 18,6$). Заболеваемость по всем остальным классам болезней находилась примерно на одном уровне или имела слабую тенденцию роста/снижения.

Болезни органов дыхания (БОД) в структуре первичной заболеваемости. Как отмечалось выше, хотя рассматриваемый класс болезней и занимает ведущее место в структуре первичной заболеваемости (см. табл. 1), фактически нет оснований связывать высокую (по сравнению со средней по краю) первичную заболеваемость населения города с этим классом болезней. Во-первых, средняя многолетняя заболеваемость БОД в период 2009–2018 гг. находилась приблизительно на уровне средней по краю ($136,6 \pm 31,9$ и $123,5 \pm 11,4$ на 1000 человек соответственно). Во-вторых, при общем росте первичной заболеваемости наблюдалось существенное снижение частоты острых респираторных заболеваний, которые вносили основной вклад в структуру заболеваемости БОД (в разные периоды от 72 до 85%). И наконец, заболеваемость по приоритетным БОД, обусловленным неблагоприятными факторами среды обитания в Ставропольском крае (пневмония, бронхит хронический и неуточнённый, эмфизема, бронхиальная астма) [4], в г. Лермонтове не превышала среднестатистических показателей по краю ($2,7 \pm 0,4$; $1,3 \pm 0,3$; $0,32 \pm 0,13$ на 1000 человек соответственно).

Онкологическая заболеваемость. За период 2009–2018 гг. в г. Лермонтове выявлено 792 случая злокачественных новообразований (ЗНО) всех локализаций (в среднем 79 случаев в год), более 99% случаев зарегистрировано у взрослого населения.

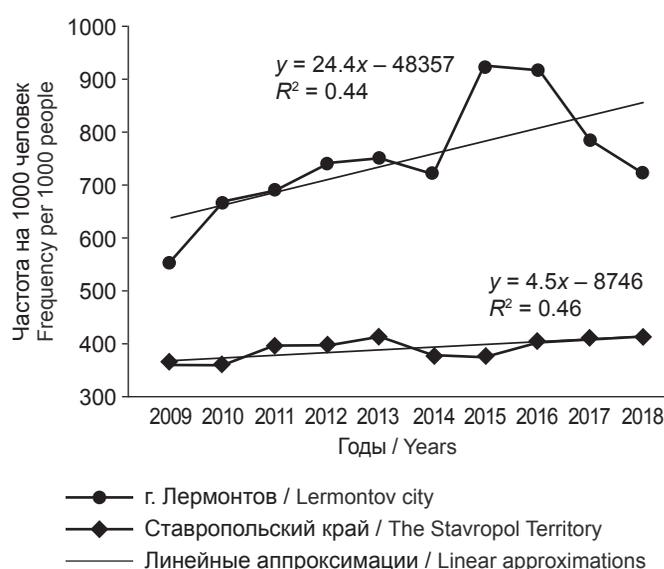
Таблица 1 / Table 1

Заболееваемость взрослого населения в г. Лермонтове в 2009–2018 гг. в сравнении с данными [4, 15] по Ставропольскому краю
The incidence of the adult population in Lermontov city in 2009–2018 in comparison with the data [4, 15] for the Stavropol Territory

Показатель Index	Лермонтов Lermontov city				Ставропольский край Stavropol Territory
	2009–2013	2014–2018	2009–2018		2009–2018
	$M \pm SD$	$M \pm SD$	%	$M \pm SD$	$M \pm SD$
Численность населения, человек / Population size, persons	20 155	20 254	–	20 210	2200.0
Всего заболеваний / Total diseases	13 732	16 510	–	15 121	–
Всего заболеваний, на 1000 человек / Total diseases, per 1000 persons	681.3 ± 79.8	815.1 ± 101.2	100	748.2 ± 111.5*	390.4 ± 20.2
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни Specific infectious and parasitic diseases	20.5 ± 6.3	23.1 ± 5.7	2.9	21.8 ± 5.8	14.0 ± 3.1
Новообразования / Neoplasms	18.3 ± 4.7	29.5 ± 8.0	3.2	23.9 ± 8.5	9.0 ± 1.2
Болезни нервной системы / Nervous system diseases	6.2 ± 2.8	13.5 ± 2.2	1.3	9.8 ± 4.5	8.1 ± 1.2
Болезни глаза и его придаточного аппарата / Diseases of the eye and its adnexa	54.5 ± 9.3	80.4 ± 18.6	9.0	67.5 ± 19.5*	15.2 ± 1.2
Болезни уха и сосцевидного отростка / Ear and mastoid diseases	54.0 ± 13.8	31.9 ± 14.9	5.7	43.0 ± 17.9	10.8 ± 1.1
Болезни системы кровообращения / Circulatory system diseases	41.7 ± 9.3	58.1 ± 8.3	6.7	49.9 ± 12.0	30.4 ± 4.8
Болезни органов дыхания / Respiratory diseases	141.4 ± 21.8	128.6 ± 37.0	18.0	135.0 ± 30.9	123.6 ± 11.4
Болезни органов пищеварения / Digestive system diseases	33.9 ± 19.0	40.7 ± 6.3	5.0	37.3 ± 13.8*	10.5 ± 1.1
Болезни кожи и подкожной клетчатки / Skin and subcutaneous tissue diseases	65.6 ± 15.9	66.9 ± 5.3	8.9	66.3 ± 11.2*	23.6 ± 2.6
Болезни костно-мышечной системы / Musculoskeletal system diseases	51.8 ± 13.1	106.6 ± 18.2	10.6	79.2 ± 32.5*	15.4 ± 1.9
Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	56.6 ± 10.3	104.0 ± 20.2	11.1	82.9 ± 29.4	41.5 ± 5.5
Травмы и отравления / Injury and poisoning	98.4 ± 16.4	88.6 ± 10.0	12.5	93.5 ± 13.8*	62.9 ± 5.5
Прочие заболевания / Other diseases	38.4 ± 8.7	43.2 ± 8.9	5.1	38.1 ± 8.5	25.4 ± 2.7

Примечание. Здесь и в табл. 2: * – различия достоверны ($p < 0,05$).

Note. Here and in Table 2: * – differences are reliable at $p < 0.05$.



Заболееваемость взрослого населения в г. Лермонтове в 2009–2018 гг. в сравнении с данными [4, 15] по Ставропольскому краю.

The incidence of the adult population in Lermontov city in 2009–2018 in comparison with the data [4, 15] for the Stavropol Territory.

Усреднённая за десятилетний период заболееваемость ЗНО по г. Лермонтову близка к таковой по Ставропольскому краю: $320,5 \pm 11,4$ и $330,6 \pm 1,1$ на 100 тыс. населения соответственно. В структуре заболееваемости (табл. 2) ведущие места занимали новообразования органов пищеварения (21%), кожи (без меланомы) (15,9%), молочной железы (13,5%), предстательной железы (10,9%), органов дыхания (8,7%), шейки и тела матки (4,7%). Особенностью рассматриваемой структуры онкологической заболееваемости является относительно высокая доля раков предстательной железы (10,9%), частота которых к тому же значительно выше, чем по Ставропольскому краю ($34,8 \pm 3,8$ против $16,9 \pm 0,2$ на 100 тыс. человек).

Из общего числа ЗНО за этот же период выявлено 56 РЛ (в среднем 5–6 случаев в год), что в пересчёте на 100 тыс. населения значимо ниже средней краевой заболееваемости РЛ ($22,7 \pm 3$ против $33,5 \pm 0,3$ на 100 тыс. населения).

В период 2014–2018 гг. по сравнению с периодом 2009–2013 гг. в г. Лермонтове заболееваемость ЗНО достоверно снизилась (с $351,9 \pm 16,4$ до $289,3 \pm 15,3$ на 100 тыс. населения) на фоне её роста по Ставропольскому краю (с $319,4 \pm 1,5$ до $341,9 \pm 1,6$). Значимо ниже краевых значений (см. табл. 2) в 2014–2018 гг. была частота заболееваний раками органов пищеварения, кожи, щитовидной железы и лейкозами. При этом выявлена тенденция роста заболееваемости РЛ (с $19,5 \pm 4,0$ до $25,9 \pm 4,6$), которая, однако, оставалась ниже среднего краевого значения ($33,3 \pm 0,5$).

Таблица 2 / Table 2

Заболееваемость ЗНО населения в г. Лермонтова в 2009–2018 гг. в сравнении с данными [4, 15] по Ставропольскому краю

The incidence of malignant neoplasms in Lermontov city population in 2009–2018 in comparison with the data [4, 15] for the Stavropol Territory

Показатель Index	Лермонтов Lermontov city				Ставропольский край The Stavropol Territory	
	2009–2018		2014–2018		2009–2018	2014–2018
	всего / Total	%	$M \pm SE$	$M \pm SE$	$M \pm SE$	$M \pm SE$
Число человеко-лет / Person-years	–	–	2470.0	137.5	28 000.0	14 000.0
Всего на 100,0 / Total 100.0	792	100	320.5 ± 11.4	289.3 ± 15.3*	330.6 ± 1.1	341.9 ± 1.6
Органы пищеварения / Digestive organs	166	21.0	67.2 ± 5.2	41.3 ± 5.8*	61.2 ± 0.5	67.9 ± 0.7
Кожа (без меланомы) / Skin (no melanoma)	126	15.9	51.0 ± 4.5	43.6 ± 5.9*	56.7 ± 0.4	59.3 ± 0.7
Молочная железа / Mammary gland	107	13.5	43.3 ± 4.2	44.4 ± 6.0	37.4 ± 0.4	39.9 ± 0.5
Предстательная железа / Prostate gland	86	10.9	34.8 ± 3.8*	50.9 ± 6.4*	16.9 ± 0,2	18,8 ± 0,4
Органы дыхания / Respiratory system	69	8.7	27.9 ± 3.4*	29.1 ± 4.9	38.0 ± 0.4	37.9 ± 0.5
Рак лёгкого / Lung cancer	56	7.1	22.7 ± 3.0*	25.9 ± 4.6	33.5 ± 0.3	33.3 ± 0.5
Шейка и тело матки / Cervix, body of the uterus	37	4.7	14.9 ± 2.6*	17.7 ± 3.9*	23.6 ± 0.3	26.1 ± 0.4
Щитовидная железа / Thyroid gland	23	2.9	9.3 ± 1.9	4.0 ± 1.8*	7.4 ± 0.2	8.3 ± 0.2
Яичник / Ovary	22	2.8	8.9 ± 1.9	8.9 ± 1.2	8.0 ± 0,2	8,7 ± 0,2
Злокачественные лимфомы / Malignant lymphomas	19	2.4	7.6 ± 1.8	8.1 ± 2.6	8.1±0.2	9.0 ± 0.3
Лейкемии / Leukemia	3	0.4	1.2 ± 0.7 *	0.0 ± 0.0*	8.2 ± 0.2	7.6 ± 0.2
Прочие / Others	78	9.8	31.6 ± 3.6	13.4±3.3*	31.7 ± 0.3	25.3 ± 0.4

Обсуждение

Как показал проведённый анализ, выявленные за 2009–2018 гг. случаи ЗНО указывают на относительно невысокую заболеваемость населения в г. Лермонтове, в том числе и РЛ ($320,5 \pm 11,4$ и $22,7 \pm 3$ на 100 тыс. населения соответственно). Последнему обстоятельству, по-видимому, благоприятствует в целом удовлетворительная (по данным многолетних измерений в рамках социально-гигиенического мониторинга [6]) экологическая ситуация в городе как по объёму вредных выбросов в атмосферу, так и по приоритетным химическим загрязнениям атмосферного воздуха, а также по качеству питьевой воды и концентрации в почве тяжёлых металлов. Не меньшее значение имеют и проводимые в последние десятилетия защитные мероприятия по снижению концентрации радона в жилых, административных и производственных помещениях [6]. Что касается высокой заболеваемости раком предстательной железы, то с точки зрения воздействия радиационного фактора [10] радон в жилых помещениях не рассматривается как значимый фактор риска для данной патологии.

Особенно важно отметить, что относительно низкая частота РЛ не отменяет значимости того обстоятельства, что часть выявленных РЛ могла быть обусловлена воздействием радона. На это указывают: 1) доказанное индуцирование РЛ радоном [10, 11]; 2) многочисленные измерения, свидетельствующие о высокой концентрации радона в жилых помещениях в прошедшие десятилетия [5, 7, 8]; 3) длительный латентный период развития РЛ после начала облучения радоном: от 5 до 20–30 и более лет [10].

Принимая, что 1) среднегеометрическое значение ЭРОА радона в жилых домах разного типа и строения г. Лермонтова в 1992–2010 гг. составило 137 Бк/м^3 [8]; 2) коэффициент риска возникновения РЛ, обусловленных радоном в жилых помещениях при условии постоянного проживания, оценён экспертами МКРЗ как равный 16% на 100 Бк/м^3 объёмной активности радона [10] (ЭРОА ра-

дона 50 Бк/м^3), определённую часть выявленных случаев РЛ (но не более 30% из них) можно было бы условно связать с воздействием радона. Однако принимая во внимание, что определённая часть населения хотя бы один раз сменила место жительства (условия проживания), а также имевшие место процессы миграции населения, в данной работе введён в оборот корректирующий множитель ($w = 0,5–0,7$). учётом этого множителя более обоснованной является оценка, согласно которой не более 15–20% от общего числа случаев РЛ, выявленных в г. Лермонтове в 2009–2018 гг., по-видимому, можно связать с радоном. В домах с высоким содержанием радона (ЭРОА радона более 200 Бк/м^3) доля обусловленных радоном случаев РЛ, возможно, достигала в прошедшие годы 30–40% и более. (Приведённые здесь теоретические оценки относительно числа радиогенных РЛ верны с точностью до применимости (без уточнения) полученного экспертами МКРЗ коэффициента риска для населения России.)

Другой особенностью состояния здоровья населения г. Лермонтова, которую показал проведённый анализ, является достаточно высокая первичная заболеваемость взрослого населения (в среднем за 2009–2018 гг. – $748,2 \pm 111,5$ против $390,4 \pm 20,2$ на 1000 населения на краевом уровне) и её продолжавшийся рост по ряду ведущих классов болезней. Высокая заболеваемость наблюдалась также и среди детского населения (0–14 лет) г. Лермонтова [6, 14].

Однако, как отмечают авторы работы [16], анализируя данные по заболеваемости взрослого и детского населения в бывшем посёлке Октябрьском Читинской области, где основным фактором риска также являлся радон в помещениях, в настоящее время нет оснований однозначно связывать высокую заболеваемость и её рост с состоянием реальной радиационной и экологической обстановки, поскольку хорошо известно [12, 13], что на заболеваемость существенное (а подчас главное и основное) влияние оказывают многочисленные социально-экономические показатели, образ жизни людей, а также доступность и состояние службы охраны здоровья [16].

Таким образом, высокую заболеваемость населения, выявленную в г. Лермонтове, скорее всего следует связывать с негативным влиянием среды обитания, образом жизни и, по крайней мере частично, с доступностью для населения качественного медицинского обслуживания.

Что касается влияния радона в жилых помещениях на первичную заболеваемость, то оно, по-видимому, может иметь место для лиц, проживающих в домах с высокой концентрацией радона (ЭРОА радона более 200 Бк/м³). При таких уровнях продукты распада радона в лёгких, как показали иммунологические исследования [17], могут приводить к угнетению местного иммунитета респираторного тракта и тем самым повышать риск развития заболеваний органов дыхания.

В заключение следует отметить, что исследование ограничено изучением состояния заболеваемости (первичная, онкологическая) взрослого населения г. Лермонтова в связи с воздействием радона. Кроме того, полученная оценка избыточного числа случаев рака лёгкого, основана на ограниченном массиве данных измерений радона в помещениях и экспертной оценке МРКЗ соответствующего коэффициента риска.

Заключение

По данным медицинской статистики за 2009–2018 гг., в г. Лермонтове наблюдалась относительно невысокая заболеваемость населения ЗНО, в том числе РЛ, из которых, согласно теоретическим оценкам, не более 15–20% случаев условно можно связать с облучением радоном. Выявляемую относительно высокую первичную заболеваемость взрослого населения предположительно можно связать с неблагоприятным влиянием на здоровье многочисленных взаимосвязанных факторов среды, обитания человека и частично, по-видимому, она отражает доступность для населения качественного медицинского обслуживания.

В городе имелись ранее и остаются жилые помещения с высокой концентрацией радона, проживание в которых может приводить к риску развития радиогенных РЛ, а также оказывать влияние по крайней мере на заболеваемость органов дыхания. Проводимые в последние десятилетия противорадиационные мероприятия позволяют существенно снизить негативные последствия, связанные с облучением радоном.

Литература

1. Город Лермонтов Ставропольского края. Доступно: <https://stavregion.ru/region/municipal/rayons/lermontov/>
2. Титов А.В., Шандала Н.К., Маренный А.М., Остапчук Т.В., Нефедов Н.А., Исаев Д.В. и др. Радиационная обстановка на объекте бывшего предприятия ЛПО «Алмаз». *Гигиена и санитария*. 2017; 96(9): 822–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-822-826>
3. Оценка радиэкологической ситуации и управление качеством окружающей среды на государственном унитарном предприятии «Гидрометаллургический завод» (ГМЗ). В кн.: *Оценка радиэкологической ситуации и управление качеством окружающей среды в районах размещения типовых предприятий отрасли. Том 1*. М.; 2001.
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ставропольском крае в 2019 году». Доступно: <https://26.rospotrebnadzor.ru/d/du/gd/>
5. Единая система контроля и учёта индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД). Федеральный банк данных индивидуальных доз облучения персонала организаций и населения на территориях, обслуживаемых ФМБА России и Минобороны России. М.; 2012.
6. Межрегиональное Управление № 101 ФМБА России г. Лермонтов. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Лермонтове Ставропольского края в 2017 году». Анализ деятельности по разделу работы – радиационная безопасность и гигиена труда за 2017 год. Доступно: <https://mru101.fmbars.ru/deyatelnost/sanitarno-epidemiologicheskoe-sostoyanie/>
7. Пахолкина О.А., Жуковский М.В., Ярмошенко И.В., Лежнин В.Л., Верейко С.П. Исследование связи рака легкого с профессионально-бытовым облучением радоном в городе Лермонтов по принципу случай-контроль. *Радиационная биология. Радиэкология*. 2011; 51(6): 705–10.
8. Маренный А.М., Романов В.В., Астафуров В.Т., Губин А.Т., Киселев С.М., Нефедов Н.А. и др. Проведение обследований зданий различного назначения на содержание радона на территориях обслуживаемых ФМБА России. *Радиационная гигиена*. 2015; 8(1): 23–9.
9. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.6.1.2523-09). М.; 2009.
10. ICRP, 2010. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115. *Ann. ICRP*. 40(1).
11. ICRP, 2014. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126. *Ann. ICRP*. 43(3).
12. Улумбекова Г.Э. *Здравоохранение России. Что надо делать. Состояние и предложения: 2019–2024 гг.* М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019.
13. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году». М.; 2020.
14. Лягинская А.М., Шандала Н.К., Титов А.В., Метляев Е.Г., Купцов В.В., Карелина Е.М. Заболеваемость детского населения г. Лермонтов, расположенного в районе «уранового наследия». *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2021; 66(5): 78–84. <https://doi.org/10.12737/1024-6177-2021-66-5-78-84>
15. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ставропольском крае в 2014 году». Доступно: <https://26.rospotrebnadzor.ru/d/du/gd/>
16. Уйба В.В., Киселев М.Ф., Романов В.В., Шандала Н.К., Хохлова Е.А. Проблемы безопасности населения на территориях с природными и техногенными факторами радиации на примере района влияния Приаргунского горно-химического комбината. *Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера»*. 2009; 1(1): 101–4.
17. Шубик В.М., Иванов Е.В., Кашин В.Н., Колобянин В.А. Опыт изучения здоровья при воздействии радона. *Радиационная гигиена*. 2009; 2(4): 27–34.

References

1. Lermontov city, Stavropol Territory. Available at: <https://stavregion.ru/region/municipal/rayons/lermontov/> (in Russian)
2. Titov A.V., Shandala N.K., Marennyy A.M., Ostapchuk T.V., Nefedov N.A., Isaev D.V., et al. The radiation situation at the site of the former LPA «Almaz» enterprise. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(9): 822–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-822-826> (in Russian)
3. Assessment of the radioecological situation and environmental quality management at the State Unitary Enterprise «Hydrometallurgical Plant» (HMP). In: *Assessment of the Radioecological Situation and Environmental Quality Management in the Regions where Typical Enterprises of the Industry are Located. Volume 1 [Otsenka radioekologicheskoy situatsii i upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy v rayonakh razmeshcheniya tipovykh predpriyatiy otrasli. Tom 1]*. Moscow; 2001. (in Russian)
4. State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Stavropol Territory in 2019». Available at: <https://26.rospotrebnadzor.ru/d/du/gd/> (in Russian)
5. Unified system of control and accounting of individual radiation doses to citizens (USCID). Federal database of individual radiation doses for personnel of organizations and the population in the territories served by the FMBA of Russia and the Ministry of Defense of Russia. Moscow; 2012. (in Russian)
6. Report «On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the city of Lermontov, Stavropol Territory in 2017». Analysis of activities for the section of work – radiation safety and occupational health for 2017. Available at: <https://mru101.fmbars.ru/deyatelnost/sanitarno-epidemiologicheskoe-sostoyanie/> (in Russian)
7. Pakholkina O.A., Zhukovskiy M.V., Yarmoshenko I.V., Lezhnin V.L., Vereyko S.P. Case-control study of lung cancer and combined home and work radon exposure in the town of Lermontov. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2011; 51(6): 705–10. (in Russian)
8. Marennyy A.M., Romanov V.V., Astafurov V.T., Gubin A.T., Kiselev S.M., Nefedov N.A., et al. Survey for indoor radon in dwellings on the territories supervised by FMBA of Russia. *Radiatsionnaya gigiena*. 2015; 8(1): 23–9. (in Russian)
9. Radiation Safety Standards (NRB-99/2009): Sanitary rules and regulations (SanPiN 2.6.1.2523-09) from 07.07.2009. Moscow; 2009. (in Russian)
10. ICRP, 2010. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115. *Ann. ICRP*. 40(1).

Original article

11. ICRP, 2014. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126. *Ann. ICRP*. 43(3).
12. Ulumbekova G.E. Healthcare of Russia. What to Do. *Status and Offers: 2019–2024 [Zdravookhranenie Rossii. Chto nado delat'. Sostoyanie i predlozheniya: 2019–2024 gg.]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. (in Russian)
13. State report «On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2019». Moscow; 2020. (in Russian)
14. Lyaginskaya A.M., Shandala N.K., Titov A.V., Metlyaev E.G., Kuptsov V.V., Karelina E.M. Morbidity of children's population of Lermontov city, located in the uranium legacy area. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*. 2021; 66(5): 78–84. <https://doi.org/10.12737/1024-6177-2021-66-5-78-84> (in Russian)
15. State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Stavropol Territory in 2014». Available at: <https://26.rospotrebnadzor.ru/d/du/gd/> (in Russian)
16. Uyba V.V., Kiselev M.F., Romanov V.V., Shandala N.K., Khokhlova E.A. Problems of population safety in areas with natural and man-made radiation factors on the example of the area of influence of the Priagrinsky mining and chemical plant. *Mezhdistsiplinarnyy nauchnyy i prikladnyy zhurnal «Biosfera»*. 2009; 1(1): 101–4. (in Russian)
17. Shubik V.M., Ivanov E.V., Kashin V.N., Kolobyanin V.A. Experience of exposure from radon health study. *Radiatsionnaya gigiena*. 2009; 2(4): 27–34. (in Russian)