



Поляков А.Д.^{1,2}, Комбарова М.Ю.^{1,2}, Радилов А.С.¹, Аликбаева Л.А.²,
Якубова И.Ш.², Суворова А.В.², Хурцилава О.Г.²

Гигиеническая оценка факторов окружающей среды и здоровья населения в зоне влияния космодрома Восточный

¹ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, гп Кузьмоловский, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Санкт-Петербург, Россия

Введение. Проблема использования высокотоксичных компонентов ракетного топлива остаётся одной из основных при обеспечении гигиенической безопасности территории, попадающей под влияние деятельности человека в ракетно-космической области.

Материалы и методы. Выполнены гигиеническая оценка объектов окружающей среды, структурно-динамический анализ медико-демографических показателей и заболеваемости населения города Циолковский.

Результаты. Источниками выбросов в атмосферный воздух на этапе эксплуатации космодрома являются стартовый комплекс ракеты-носителя, технический комплекс и комплекс по производству и хранению компонентов ракетного топлива. Штатная работа космодрома Восточный не сопровождается поступлением в объекты окружающей среды несимметричного диметилгидразина и продуктов его трансформации. Отнесение объектов подготовки и выполнения космических полётов к категории объектов чрезвычайно высокого риска сопряжено с потенциальным риском для здоровья населения города, обусловленным комбинированной многосредовой экспозицией химическими веществами 1-го и 2-го классов опасности, в том числе компонентами ракетного топлива.

Преувеличение в возрастной структуре населения города Циолковского лиц моложе трудоспособного возраста свидетельствует о её прогрессивном характере за счёт воспроизводства и притока рабочей силы. Первичная и общая заболеваемость детского и подросткового населения выше по сравнению с заболеваемостью взрослых.

Ограничения исследования обусловлены рядом неопределённостей, связанных с неполными сведениями обо всех возможных контаминантах объектов окружающей среды, а также с невысоким уровнем чувствительности применяемых аналитических методов по сравнению с референтными концентрациями, что может привести к переоценке возможной экспозиции.

Заключение. В условиях дальнейшего развития космической инфраструктуры и создания новых ракетных комплексов на космодроме Восточный обеспечение безопасных условий проживания населения города предполагает продолжение и совершенствование наблюдения за состоянием окружающей среды, потенциальными источниками её антропогенного загрязнения, а также оценку и прогнозирование здоровья населения.

Ключевые слова: космодром Восточный; город Циолковский; окружающая среда; гигиеническая оценка; атмосферный воздух; почва; вода водоёмов; заболеваемость населения; медико-демографические показатели

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

Для цитирования: Поляков А.Д., Комбарова М.Ю., Радилов А.С., Аликбаева Л.А., Якубова И.Ш., Суворова А.В., Хурцилава О.Г. Гигиеническая оценка факторов окружающей среды и здоровья населения в зоне влияния космодрома Восточный. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(10): 1019–1028. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1019-1028> <https://elibrary.ru/bpubaw>

Для корреспонденции: Поляков Артем Дмитриевич, аспирант каф. общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, мл. науч. сотр. ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, гп Кузьмоловский. E-mail: tema.poliackow2011@yandex.ru

Участие авторов: Поляков А.Д. – сбор материала и обработка данных, написание текста, обзор публикаций по теме статьи, концепция и дизайн исследования, редактирование; Комбарова М.Ю., Радилов А.С., Аликбаева Л.А., Якубова И.Ш., Суворова А.В., Хурцилава О.Г. – концепция и дизайн исследования, редактирование. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. Проведено в рамках Федеральной целевой программы «Развитие космодромов на период 2017–2025 годов в обеспечении космической деятельности Российской Федерации».

Поступила: 17.07.2023 / Принята к печати: 26.09.2023 / Опубликовано: 20.11.2023

Artem D. Polyakov^{1,2}, Maria Yu. Kombarova^{1,2}, Andrei S. Radilov¹, Liliya A. Alikbaeva²,
Irek Sh. Yakubova², Anna V. Suvorova², Otari G. Khurtsilava²

Hygienic evaluation of environmental factors and public health in the Cosmodrome Vostochny

¹Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, FMBA of Russia, 188663, Leningrad Region, Russian Federation;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

Introduction. The problem of using highly toxic components of rocket fuel remains one of the main issues in ensuring the hygienic safety of the territory affected by rocket and space activities.

Materials and methods. A hygienic assessment of environmental objects was carried out; structural and dynamic analysis of medical and demographic indicators, and morbidity in the population of the city of Tsiolkovsky.

Results. The sources of emissions into the atmospheric air during the operation phase of the cosmodrome are the launch complex of the launch vehicle, the technical complex and the complex for the production and storage of rocket fuel components. Regular operation of the Cosmodrome Vostochny is not accompanied by the

release of asymmetric dimethylhydrazine and its transformation products into the environment. Classifying facilities for the preparation and execution of space flights as objects of extremely high risk is associated with a potential risk to the health in the city's population, which may arise from combined multi-environment exposure to chemicals of hazard classes 1 and 2, including rocket fuel components.

The prevalence in the age structure of the population of the city of Tsiolkovsky younger than working age indicates a progressive structure of the population, both due to reproduction and the influx of labour. Primary and general morbidity in children and adolescents is characterized by higher levels compared to the morbidity in adults.

Limitations. A number of uncertainties associated with incomplete information about all possible contaminants of environmental objects, as well as a low level of sensitivity of the analytical methods used compared to reference concentrations, which can lead to an overestimation of possible exposure.

Conclusion. In the context of the further development of space infrastructure and the creation of new rocket systems at the Cosmodrome Vostochny, ensuring safe living conditions for the city's population implies the continuation and improvement of work to monitor the state of the environment, potential sources of its anthropogenic pollution, as well as assessing and predicting the health of the population.

Keywords: cosmodrome "Vostochny"; city of Tsiolkovsky; environment; hygienic assessment; atmospheric air; soil; water of reservoirs; morbidity of the population; medical and demographic indicators

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

For citation: Polyakov A.D., Kombarova M.Yu., Radilov A.S., Alikbaeva L.A., Iakubova I.Sh., Suvorova A.V., Khurtsilava O.G. Hygienic evaluation of environmental factors and public health in the Cosmodrome Vostochny. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(10): 1019–1028. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1019-1028> <https://elibrary.ru/bpubaw> (In Russ.)

For correspondence: Artem D. Polyakov, postgraduate student of the Department of the general and military hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Jr. researcher of the Research Institute of the Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, FMBA of Russia, 188663, Leningrad Region, Russian Federation. E-mail: tema.poliackow2011@yandex.ru

Information about the authors:

Polyakov A.D., <https://orcid.org/0000-0001-8969-240X> Kombarova M.Yu., <https://orcid.org/0000-0003-0435-3228>
Radilov A.S., <https://orcid.org/0000-0002-6223-8589> Alikbaeva L.A., <https://orcid.org/0000-0002-2266-5041>
Iakubova I.Sh., <https://orcid.org/0000-0003-2437-1255> Suvorova A.V., <https://orcid.org/0000-0002-0990-8299>
Khurtsilava O.G., <https://orcid.org/0000-0002-7199-671X>

Contribution: Polyakov A.D., Kombarova M.Y., Radilov A.S., Alikbaeva L.A., Iakubova I.Sh., Suvorova A.V., Khurtsilava O.G. — study concept and design, editing; responsibility for the integrity of all parts; Polyakov A.D. — material collection and data processing, text writing, review of publications on the topic of the article. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study was conducted within the framework of the Federal Target Program "Development of cosmodromes for the period 2017–2025 in support of space activities of the Russian Federation".

Received: July 17, 2023 / Accepted: September 26, 2023 / Published: November 20, 2023

Введение

Ввод в эксплуатацию космодрома Восточный (далее — космодром) в Амурской области является важнейшим этапом реализации программы создания на территории Российской Федерации полнофункциональной наземной космической инфраструктуры¹. Кроме того, космодром имеет большое значение для социально-экономического развития Амурской области и всего Дальневосточного региона, что предполагает привлечение значительных материальных и людских ресурсов [1, 2]. В то же время техногенное воздействие объекта ракетно-космической отрасли на здоровье населения и окружающую среду обладает рядом специфических особенностей, отличных от других видов хозяйственной деятельности. Одним из основных факторов, обуславливающих гигиеническую опасность объекта ракетно-космической отрасли, являются компоненты ракетного топлива, высвобождение которых в результате нарушения технологического процесса или аварийной ситуации при запусках ракеты-носителей (далее — РН) может привести к острому или (при длительном воздействии в малых дозах) хроническому поражению организма [3, 4].

В доступной литературе указывается на высокую токсичность применяемых компонентов ракетного топлива, наибольшую опасность из которых представляет несимметричный диметилгидразин (далее — гептил, НДМГ) — токсичное вещество 1-го класса опасности, которое характеризуется высокой летучестью, стабильностью в почве, хорошей растворимостью в воде, высокой реакционной способностью и миграционной активностью в природных средах [4, 5]. НДМГ обладает способностью накапливаться в природных экосистемах, а также образовывать при разложении другие высокотоксичные и канцерогенные продукты — нитрозодиметиламины (НДМА), диметиламин (ДМА), тетраметилтетразен (ТМТ),

метилдиметилгидразин (МДМГ), формальдегид (ФА), которые по токсикометрическим параметрам, клиническим проявлениям и возможным отдалённым эффектам, включая канцерогенный, классифицируются как чрезвычайно опасные и высокоопасные вредные вещества [4, 5].

Цель исследования — проведение комплексной гигиенической оценки окружающей среды для выявления приоритетных факторов риска, влияющих на здоровье населения, и разработка профилактических рекомендаций для оптимизации условий проживания населения в зоне влияния космодрома Восточный.

Материалы и методы

На территории муниципального образования закрытого административно-территориального образования (ЗАТО) «Циолковский» функционирует космодром Восточный и расположен населённый пункт — город Циолковский, который является его административным центром.

Программа исследования окружающей среды города предусматривала гигиеническую оценку данных Регионального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (СГМ) за период не менее пяти лет, анализ результатов лабораторных исследований во время пусков РН и результатов собственных исследований. Отбор проб объектов окружающей среды и исследование образцов проводили в соответствии с аттестованными методиками. Лабораторные испытания выполнены в аккредитованном испытательном лабораторном центре филиала ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 51» ФМБА России и в аккредитованной лаборатории ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России. Мониторинговые точки, показатели, кратность отбора проб определены с учётом приоритетных загрязнений территории, выявленных методом ранжирования загрязняющих веществ.

Отбор проб атмосферного воздуха осуществляли в четырёх мониторинговых точках селитебной зоны (точка 1 — МБОУ СОШ № 7; точка 2 — строящийся городок для

¹ Основные положения Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом Российской Федерации от 19.04.2013 г. № Пр-906).

Таблица 1 / Table 1

Структура населения города Циолковский
Population structure of city Tsiolkovsky

Год наблюдения Years of observation	Всё население All population		В том числе / Including							
			дети (0–14 лет) children (0–14 years)		подростки (15–17 лет) teenagers (15–17 years)		взрослые / adults			
	<i>n</i>	коэффициент наглядности, % visibility coefficient, %	<i>n</i>	коэффициент наглядности, % visibility coefficient, %	<i>n</i>	коэффициент наглядности, % visibility coefficient, %	18 лет и старше 18 years and over		в т. ч. работающие including working	
<i>n</i>	коэффициент наглядности, % visibility coefficient, %	<i>n</i>	коэффициент наглядности, % visibility coefficient, %	<i>n</i>	коэффициент наглядности, % visibility coefficient, %	<i>n</i>	коэффициент наглядности, % visibility coefficient, %	<i>n</i>	коэффициент наглядности, % visibility coefficient, %	
2016	6328	100.0	1161	100.0	166	100.0	5001	100.0	3980	100.0
2017	6526	103.1	1212	104.4	187	112.7	5127	102.5	4107	103.2
2018	6535	100.1	1216	100.3	191	102.1	5128	100.02	4308	104.9
2019	6785	103.8	1236	101.6	188	98.4	5361	104.5	4664	108.3
2020	7188	105.9	1264	102.3	194	103.2	5730	106.9	5121	109.8
2021	7538	104.7	1290	102.1	217	111.9	6031	105.3	5593	109.2

персонала космодрома Восточный (территория детского сада); точка 3 – территория МСЧ космодрома Восточный, точка 4 – детский сад г. Циолковского). Качество воды поверхностных водоёмов оценивали в семи мониторинговых точках (реки Зея, Иур, Ора, Большая Пёра; родник у дороги по направлению к г. Циолковскому – с. Черновка; ручей – 500 м ниже сброса; ручей Охотничий), качество питьевой воды оценивали в 15 точках. Пробы почвы отбирали на территории социальных объектов г. Циолковского – детских дошкольных учреждений, средних общеобразовательных школ, медицинского центра, культурно-досугового центра «Восток», контрольно-пропускного пункта, микрорайона «Звёздный», детской площадки «Ангара», а также на границе территории площадок космодрома Восточный. Образцы исследовали на наличие НДМГ и продуктов его деструкции (НДМА, ДМА, ТМТ, ФА), содержание химических веществ общетоксического действия (диоксидов серы и азота, оксидов азота и углерода, сероводорода, фенола), взвешенных веществ. Проводили количественный анализ для обнаружения в образцах тяжёлых металлов: свинца, ртути, никеля, кадмия, кобальта, цинка, меди, хрома, также определяли концентрацию бенз(а)пирена, мышьяка, нефтепродуктов и др. За период 2017–2022 гг. проанализировано 184 пробы почвы по 18 показателям, 330 проб питьевой воды по 39 показателям, 240 проб воды водоёмов по 20 показателям, в том числе органолептическим, микробиологическим и паразитологическим, проведено 235 инструментальных измерений атмосферного воздуха по 22 показателям.

Проведён анализ проекта санитарно-защитной зоны для стартового и технического комплексов и комплекса по производству и хранению компонентов ракетного топлива, выполнены расчёты рассеивания загрязняющих веществ, изучены отчёты по инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их источников, проекты нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (ПДВ) для космодрома, статистическая форма № 2-ТП (воздух) «Сведения об охране атмосферного воздуха» (2017–2022 гг.), проект нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в реку Большой Ивер (Ивер, Иур), статистическая форма № 2-ТП (водхоз) «Сведения об использовании воды» (2017–2022 гг.).

Демографические показатели и данные заболеваемости населения города оценивали по формам государственных статистических наблюдений за 2016–2021 гг., статистическим материалам Департамента мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Минздрава России и ФГБУ «Центральный НИИ организации и информатизации здравоохранения» (2016–2021 гг.).

Статистический анализ результатов исследований проведён с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Систематизацию исходной информации и визуализацию полученных результатов осуществляли с помощью программы Statistica 10 для Windows. Для количественных показателей рассчитывали медиану (*Me*) и межквартильный диапазон ($Q_{25}–Q_{75}$). Статистическая значимость различий устанавливалась при значении критерия $p < 0,05$.

Результаты

Город Циолковский является самым малонаселённым городским округом Амурской области, численность населения которого, по данным Федеральной службы государственной статистики, на 01.01.2021 г. составила 7538 человек (1% от общего числа жителей Амурской области)². На космодроме Восточный трудятся 4,6 тыс. человек – 84% населения города. С 2016 по 2021 г. численность населения изучаемой территории увеличилась в 1,2 раза (на 1210 человек), при этом увеличение общей численности происходило за счёт естественного и миграционного прироста [2]. Структура населения представлена в табл. 1.

Удельный вес населения моложе трудоспособного и трудоспособного возраста составил 20 и 70% соответственно. Население старше трудоспособного возраста составило 10%, что на 12,4% ниже среднего показателя по Амурской области. Мужское население преобладает над женским: 57,4% против 42,6%. Число родившихся стабильно превышает число умерших. К 2021 г. коэффициент рождаемости увеличился в сравнении с 2016 г. с 6,1 до 9,9‰. Уровень общей смертности населения в 2021 г. составил 3,8‰. Смертей младенцев в возрасте до 1 года за анализируемый период в г. Циолковском не зарегистрировано. Структура причин смерти городского населения практически повторяет структуру смертности в Амурской области (рис. 1): первое место занимает класс болезней системы кровообращения (43% в г. Циолковском, 39,7% в Амурской области), второе – новообразования (14 и 14,4% соответственно). Третье ранговое место принадлежит смертности от внешних причин (7% в г. Циолковском, 11,8% в Амурской области).

Космодром является градообразующим предприятием. Объекты космодрома – основной потенциальный источник загрязнения окружающей городской среды [4, 6–8]. Другие предприятия или иные значительные источники загрязнения на данной территории отсутствуют. По потенциальному риску

² Федеральная служба государственной статистики. Раздел «Информационно-аналитические материалы». Доступно: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>

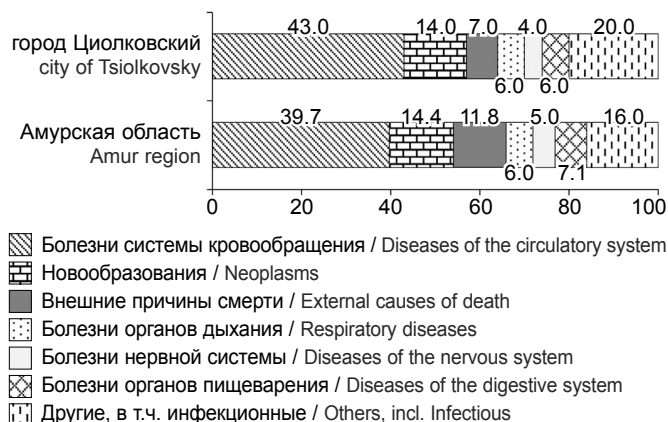


Рис. 1. Наиболее частые причины общей смертности населения г. Циолковского и Амурской области.

Fig. 1. The most common causes of total mortality in the city of Tsiolkovsky and the Amur Region.

причинения вреда здоровью населения деятельность космодрома относится к категории чрезвычайно высокого риска³.

Общая площадь зарезервированной территории для полной строительной готовности космодрома составляет около 1035 км². В настоящий момент площадь космодрома составляет 700 квадратных км². В связи с продолжающим-

³ Постановление Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 г. № 1100 (ред. от 31.08.2022 г.) «О федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре)» (вместе с «Положением о федеральном государственном санитарно-эпидемиологическом контроле (надзоре)»).

⁴ Космический ракетный комплекс «Союз-2» на космодроме Восточный. Пояснительная записка. Материалы по оценке воздействия на окружающую среду КРК «Союз-2» при создании и эксплуатации на космодроме Восточный, 2012.

ся строительством промышленных и технических объектов космодрома установление единой санитарно-защитной зоны на данном этапе не представляется возможным. Проведение исследований, экспертиз и разработка единой санитарно-защитной зоны будут выполнены после окончания строительства и ввода в эксплуатацию всех сооружений космодрома. На период заключительных операций подготовки РН к пуску и непосредственно пуска устанавливаются зоны безопасности исходя из критериев вероятности поражения людей и техники, разрушений зданий и сооружений в результате потенциальной аварии РН при пуске.

Согласно параметрам проектной мощности, в межпусковой период при штатной эксплуатации с газоздушными выбросами с территории функционирующих площадок космодрома в атмосферу выделяется 1144,7 т/год загрязняющих веществ. Компонентный состав выбросов насчитывает 31 загрязняющее вещество. Источниками загрязнения атмосферного воздуха при штатном режиме эксплуатации являются: технологические системы стартового комплекса, оборудование для РН, комплексы хранения и подготовки компонентов ракетных топлив, заправочно-нейтрализационные станции, горюче-смазочные материалы, кислородно-азотный завод, а также технические, коммунально-хозяйственные и бытовые системы, обеспечивающие жизнедеятельность космодрома.

Из общего объема выбросов загрязняющих веществ 99,9% приходится на семь, в том числе на диоксид серы – 41,2%, оксид углерода – 30,3%, диоксид азота – 17,9%, сажу – 5,7%, оксид азота – 4,3%, метан – 0,3%, керосин – 0,2%. Выбросы остальных веществ (24) составляют 0,1%. Доля веществ 1-го класса опасности в валовом выбросе определяется бенз(а)пиреном и НДМГ и составляет 0,002% от суммарной массы выбросов объектов космодрома, доля веществ 2-го класса опасности (0,002% в валовом выбросе) представлена серной кислотой, бензолом, формальдегидом, азотным тетраоксидом (амил), дигидросульфидом (сероводород), диметиламином. Удельный вес веществ 3-го класса опасности (69,14% в валовом выбросе) определен 11 поллютан-

Таблица 2 / Table 2

Результаты исследований атмосферного воздуха на территории г. Циолковского в рамках ведения социально-гигиенического мониторинга (2017–2022 гг.)

The results of atmospheric air research on the territory of city Tsiolkovsky as part of social and hygienic monitoring (2017–2022)

Вещество Substance	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	M	σ	ПДКс.с. к медиане MPCmsc. to the median
НДМГ / NDMH	5.0E–04	5.00–04	5.0E–04 (5.0E–04–5.0E–04)	5.0E–04	3.3E–19	2.0
Бензол / Benzene	1.0E–03	1.0E–03	1.0E–03 (1.0E–03–1.0E–03)	1.0E–03	0	60.0
Формальдегид / Formaldehyde	1.9E–03	2.0E–02	2.0E–03 (2.0E–03–2.0E–03)	1.0E–02	3.0E–03	5.0
Сероводород / Hydrogen sulfide	4.0E–03	5.60E–03	4.0E–03 (4.0E–03–4.0E–03)	4.0E–03	2.6E–04	2.0
Диметиламин / Dimethylamine	1.5E–03	1.5E–03	1.5E–03 (1.5E–03–1.5E–03)	1.5E–03	1.1E–18	1.7
Азота оксид / Nitrogen oxide	1.6E–02	3.6E–02	3.6E–02 (3.6E–02–3.6E–02)	3.6E–02	8.3E–03	11.1
Азота диоксид / Nitrogen dioxide	2.0E–02	7.8E–02	2.4E–02 (2.0E–02–2.4E–02)	2.4E–02	5.2E–03	4.2
Серы диоксид / Sulfur dioxide	2.5E–03	3.00E–02	3.0E–02 (2.5E–03–3.0E–02)	3.0E–02	1.3E–02	1.7
Углерода оксид / Carbon oxide	1.0E–01	1.8E + 00	1.8E–00 (1.8E–00–1.8E + 00)	1.8E + 00	5.2E–01	1.7
Керосин / Kerosene	1.0E + 00	1.0E + 00	1.0E + 00 (1.0E + 00–1.0E + 00)	1.0E + 00	0	1.2
Взвешенные вещества Suspended solids	9.0E–02	8.0E–01	9.0E–02 (9.0E–02–2.6E–01)	9.0E–02	1.5E–01	1.7
Свинец / Plumbum	1.0E–04	1.3E–04	1.0E–04 (1.0E–04–1.0E–04)	1.0E–04	8.6E–06	3.0
Фенол / Phenol)	4.0E–03	1.10E–02	4.0E–03 (4.0E–03–4.0E–03)	4.0E–03	1.2E–03	1.5
Углеводороды предельные C ₁₂ –C ₁₉ (алканы C ₁₂ –C ₁₉) Saturated hydrocarbons C ₁₂ –C ₁₉ (alkanes C ₁₂ –C ₁₉)	4.0E–03	8.00E–01	8.0E–01 (6.0E–01–8.0E–01)	8.0E–01	3.4E–01	1.3

Примечание. Здесь и в табл. 3–6: Me – медиана; Q₂₅ – нижний квартиль; Q₇₅ – верхний квартиль; M – мода; σ – стандартное отклонение; * – ПДКм.р.; ** – ОБУВ.

Note: Me – median; Q₂₅ – lower quartile, Q₇₅ – upper quartile; M – mode; σ – is the standard deviation; * – MPCmsc; ** – ESEL.

Таблица 3 / Table 3

Результаты исследований атмосферного воздуха на территории г. Циолковского во время пусков ракет-носителей с космодрома Восточный (2017–2022 гг.)**The results of atmospheric air research on the territory of city Tsiolkovsky during launches of launch vehicles from the Vostochny Cosmodrome (2017–2022)**

Вещество Substance	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	M	σ	ПДКм.р. к медиане MPCmsc. to the median
НДМГ / NDMH	5.0E–04	5.00E–04	5.0E–04 (5.0E–04–5.0E–04)	5.0E–04	2.2E–19	2.0
Азота диоксид / Nitrogen dioxide	2.0E–02	2.0E–02	2.0E–02 (2.0E–02–2.0E–02)	2.0E–02	0	10.0
Азота оксид / Nitrogen oxide	1.6E–02	1.60E–02	1.6E–02 (1.6E–02–1.6E–02)	1.6E–02	6.9E–18	25.0
Сероводород / Hydrogen sulfide	4.0E–03	4.0E–03	4.0E–03 (4.0E–03–4.0E–03)	4.0E–03	1.7E–18	2.0
Керосин / Kerosene	1.0E + 00	1.0E + 00	1.0E + 00 (1.0E + 00–1.0E + 00)	1.0E + 00	0	1.2
Формальдегид / Formaldehyde	1.0E–02	1.0E–02	1.0E–02 (1.0E–02–1.0E–02)	1.0E–02	0	5.0
Серы диоксид / Sulfur dioxide	2.5E–03	2.5E–03	2.5E–03 (2.5E–03–2.5E–03)	2.5E–03	0	200.0
Углеводороды предельные C ₁₂ –C ₁₉ (алканы C ₁₂ –C ₁₉) Saturated hydrocarbons C ₁₂ –C ₁₉ (alkanes C ₁₂ –C ₁₉)	8.0E–01	8.0E–01	8.0E–01 (8.0E–01–8.0E–01)	8.0E–01	1.1E–16	1.3

тами, 59,6% суммарной массы веществ 3-го класса опасности приходится на диоксид серы, 25,9% – на диоксид азота, 8,2% – на сажу, 6,3% – на оксид азота. Доля веществ 4-го класса опасности составила 30,38% валового выброса объектов космодрома, 99,8% суммарной массы веществ 4-го класса опасности приходится на оксид углерода. Доля веществ, не имеющих класса опасности (метан, керосин, натрия гидроксид, корунд белый), составила 0,48% в валовом выбросе объектов космодрома. В пусковой период при каждом запуске РН объём дополнительных выбросов загрязняющих веществ составил 16,96 т. Структура выбросов при запуске РН идентична структуре выбросов при штатной эксплуатации космодрома.

Источниками, оказывающими наибольшее влияние на загрязнение окружающей среды при подготовке к старту и старте РН, являются: работа заправочно-нейтрализованных станций и заправка РН на стартовом комплексе, станция сбора и нейтрализации дренажных паров и промышленных стоков, дизельные и бензиновые электростанции, железнодорожный и автомобильный транспорт, запуск и полёт РН, заключительные послепусковые операции для приведения стартового комплекса в состояние готовности к применению.

В результате ранжирования химических веществ по степени риска канцерогенных и неканцерогенных (общетоксических) эффектов сформирован приоритетный список веществ: канцерогены (бенз(а)пирен, НДМГ, бензол, формальдегид, сажа, этилбензол) и неканцерогены (азотный тетраоксид, сероводород, диметиламин, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, углерода оксид, алканы C₁₂–C₁₉, керосин).

Функционирование космодрома осуществляется в двух основных режимах: «Подготовка к старту» и «Старт», поэтому был проведён анализ двух расчётов рассеивания загрязняющих веществ. В качестве расчётных взяты точки на границе ориентировочной санитарно-защитной зоны (СЗЗ – 1000 м) стартового и технического комплексов, так как ближайшая жилая застройка расположена на расстоянии 17 км от объектов космодрома. Максимальные вклады в загрязнение атмосферы от функционирования источников объектов космодрома при режиме «Подготовка к старту» на границе СЗЗ составляют с учётом фона: диоксид азота – 0,81 ПДКм.р., сажа – 0,13 ПДКм.р., диоксид серы – 0,25 ПДКм.р., оксид углерода – 0,39 ПДКм.р., приземные концентрации остальных загрязняющих веществ – меньше 0,1 ПДКм.р. При старте РН значение концентраций в 1 ПДКм.р. достигается на расстоянии 0,21 км от старта для оксида углерода и 0,6 км от старта для оксида азота.

Сравнительный анализ результатов исследований атмосферного воздуха на селитебной территории г. Циолковского за 2017–2022 гг. по Me (Q₂₅–Q₇₅) в рамках ведения СГМ при реализации расширенной программы мониторинга и собственных природных исследований выявил отсутствие превышений по анализируемым загрязняющим при осуществлении 12 пусков РН (табл. 2, 3).

Результаты исследований воды поверхностных водоёмов, дренирующих территорию космодрома, указывают на отсутствие загрязнения вод НДМГ, а также продуктами его разложения – НДМА, ТМТ, ДМА, формальдегидом (табл. 4). Тяжёлые металлы определялись в значительно меньших концентрациях по сравнению с ПДК для поверхностных водных объектов культурно-бытового водопользования. Массовая концентрация сероводорода, гидросульфидов, сульфидов, нитратов соответствовала гигиеническим требованиям. Анализ проб воды на бактериальное загрязнение показал превышение гигиенических нормативов по показателям ОКБ (общие колиформные бактерии) и ТКБ (термотолерантные колиформные бактерии) в 1,1 и 1,9 раза соответственно, что может быть связано с поступлением неочищенных хозяйственно-бытовых стоков в поверхностные водные объекты.

Город Циолковский оборудован централизованной системой водоснабжения. Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения являются подземные воды Углегорского месторождения. Анализ результатов лабораторных исследований проб питьевой воды из разводящей сети централизованной системы водоснабжения города по Me (Q₂₅–Q₇₅) выявил несоответствие гигиеническим нормативам по следующим показателям: железо, марганец, цветность и мутность. Превышение содержания железа и марганца в некоторых контрольных точках может быть связано с наличием многочисленных полиметаллических месторождений (табл. 5). В питьевой воде выделены химические примеси, некоторые из которых имеют доказанную потенциальную способность оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье населения. Так, нитраты, нитриты, нефтепродукты, фториды, алюминий, натрий, кальций, железо, марганец, медь, селен, кадмий, молибден, мышьяк, никель, ртуть, свинец, хром, цинк способны вызывать хронические неканцерогенные эффекты. Мышьяк, никель, кадмий, хром, свинец являются потенциальными химическими канцерогенами.

Анализ результатов лабораторных исследований почв селитебной территории по определению валового содержания тяжёлых металлов, мышьяка, НДМГ и продуктов его деструкции, бенз(а)пирена, нефтепродуктов по Me (Q₂₅–Q₇₅) за период наблюдения не выявил превышений гигиенических

Таблица 4 / Table 4

Результаты исследований воды поверхностных водоёмов, дренирующих территорию космодрома Восточный, за 2017–2022 гг.
The results of studies of water in surface reservoirs draining the territory of the Vostochny cosmodrome for 2017–2022

Вещество Substance	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	M	σ	ПДК к медиане MPC to the median
Диметиламин (ДМА) / Dimethylamine (DMA)	0.03	0.045	0.04 (0.03–0.04)	0.04	0.00472	2.5
Тетраметилтетразен (ТМТ) / Tetramethyltetrazene (ТМТ)	0	0.0005	0.00049 (0.0001–0.0005)	0.00050	0.00021	2.0
Формальдегид / Formaldehyde	0.018	0.031	0.02 (0.018–0.02)	0.02	0.00229	2.5
Массовая концентрация сероводорода, гидросульфидов и сульфидов в сумме Mass concentration of hydrogen sulfide, hydrosulfides and sulfides in total	0.00180	0.00200	0.002 (0.00193–0.002)	0.00200	0.00007	25.0
Нитраты / Nitrites	0.2	1.61	0.4 (0.4–0.41875)	0.4	0.23751	112.5
Сульфаты / Sulfates	0.5	2.9	0.515 (0.5–2.9)	0.5	1.13603	970.9
Фториды / Fluorides	0.1	0.1	0.1 (0.1–0.1)	0.1	0.0	15.0
Хлориды / Chlorides	0.5	1.5	0.7 (0.69–1.4)	0.7	0.36608	500.0
Кадмий / Cadmium	0.00018	0.0002	0.0002 (0.00019–0.0002)	0.0002	0.00001	5.0
Марганец / Manganese	0.0048	0.049	0.005 (0.005–0.02825)	0.005	0.01760	20.0
Медь / Copper	0.0012	0.0032	0.0016 (0.0015–0.0016)	0.00160	0.00049	625.0
Мышьяк / Arsenic	0.0009	0.002	0.001 (0.001–0.002)	0.001	0.00049	10.0
Никель / Nickel	0.00049	0.0039	0.0005 (0.0005–0.0019)	0.0005	0.00105	40.0
Ртуть / Mercury	0.00037	0.0004	0.00039 (0.00039–0.0004)	0.00039	0.00001	1.3
Свинец / Plumbum	0.00016	0.00099	0.00018 (0.00016–0.0002)	0.00016	0.00024	57.1
Стронций / Strontium	0.22	0.25	0.25 (0.2475–0.25)	0.25	0.00865	28.0
Цинк / Zincum	0.0006	0.028	0.00087 (0.00062–0.00338)	0.00063	0.00851	5780.3

Таблица 5 / Table 5

Результаты исследований питьевой воды централизованного водоснабжения г. Циолковского в 2017–2022 гг.

The results of studies of drinking water of centralized water supply city Tsiolkovsky in 2017–2022

Вещество Substance	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	M	σ	ПДК к медиане MPC to the median
Нитраты / Nitrites	6.4	9.0	6.8 (6.6–7)	7	0.72	6.62
Фториды / Fluorides	0.1	0.2	0.1 (0.1–0.1075)	0.1	0.039611	15.00
Нитриты / Nitrites	0.2	0.2	0.2 (0.2–0.2)	0.2		
Алюминий / Aluminum	0.01	0.04	0.02 (0.0125–0.03)	0.02	0.009798	25.00
Натрий / Natrium	8.1	12.9	8.55 (8.275–8.675)	8.7	1.349074	23.39
Кальций / Calcium	13.0	14.9	13.2 (13.2–13.7)	13.2	0.637260	–
Селен / Selenium	0.0002	0.0005	0.0005 (0.0003–0.0005)	0.0005	0.000126	20.00
Железо / Iron	0.003	0.48	0.1 (0.0275–0.125)	0.1	0.119066	3.00
Марганец / Manganese	0.0031	0.11	0.0235 (0.01075–0.03075)	0.03	0.023041	4.26
Медь / Copper	0.002	0.1	0.004 (0.003125–0.01475)	0.004	0.030089	250.00
Молибден / Molybdenum	0.0145	0.025	0.022 (0.0219–0.02275)	0.022	0.003396	11.36
Мышьяк / Arsenic	0.001	0.004	0.004 (0.002–0.004)	0.004	0.001136	12.5
Никель / Nickel	0.0005	0.005	0.0035 (0.000625–0.004)	0.004	0.001718	28.57
Кадмий / Cadmium	0.0001	0.0003	0.0002 (0.0001–0.0002)	0.0002	6.4031E–05	5.00
Ртуть / Mercury	0.00004	0.00005	0.00004 (0.00004–0.00005)	0.00004	4.899E–06	12.50
Хром / Chromium	0.004	0.01	0.006 (0.004–0.0075)	0.004	0.002	8.33
Свинец / Plumbum	0.0001	0.0013	0.00045 (0.000325–0.000675)	0.0013	0.000388	66.67
Цинк / Zincum	0.01	1.5	0.3 (0.04–1.2575)	1.5	0.630956	16.67

Таблица 6 / Table 6

Результаты исследований почвы селитебной зоны г. Циолковского в 2017–2022 гг.

Results of soil studies in the residential area of city Tsiolkovsky in 2017–2022

Вещество Substance Name	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане MPC/APC to the median
Медь / Copper	0.1	19	2.6 (2.1–6.05)	1.0	4.09	51
Марганец / Manganese	50	614.5	51,5 (50.0–225.3)	50	153.68	29
Никель / Nickel	2.5	14.0	5.8 (3.65–10.0)	12	3.54	14
Кадмий / Cadmium	0.1	0.87	0.1 (0.1–0.1)	0.1	0.14	20
Ртуть / Mercury	0.1	0.37	0.11 (0.1–0.25)	0.1	0.0956	20
Свинец / Plumbum	2.5	45.0	7,85 (4.13–11.75)	11	9.08	17
Цинк / Zincum	2.4	144	21.2 (9.68–38.50)	8.9	31.951	10
Мышьяк / Arsenic	0.1	3.7	1.3 (0.67–2.07)	2.5	1.08783	8

нормативов. Почвы характеризовались низким содержанием меди (от < 0,1 до 19 мг/кг), марганца (от < 50 до 614,5 мг/кг), кадмия (от < 0,1 до 0,87 мг/кг), свинца (от 2,5 до 45 мг/кг). Концентрация никеля находилась в пределах 2,17–12 мг/кг. Максимальная концентрация ртути составила 0,37 мг/кг, что ниже гигиенического норматива. Содержание мышьяка в почве регистрировалось в диапазоне от < 0,1 до 3,7 мг/кг. Исследование подвижных форм металлов показало, что содержание меди и никеля не превысило ПДК в 100% проб. Отмечено превышение ПДК цинка в трёх точках – в 1,4; 1,1 и 1,6 раза. Содержание НДМГ и продуктов его деструкции (НДМА и ТМТ) на всех исследуемых участках селитебной зоны было ниже предела чувствительности применяемых методов определения (табл. 6).

Показатели общей и первичной заболеваемости взрослого населения г. Циолковского в среднем за 2016–2021 гг. оказались статистически достоверно ниже среднеобластных и среднероссийских за тот же период ($p < 0,05$). Итоговый показатель общей заболеваемости взрослого населения города в среднем за период наблюдения составил 773,5 на 1000 взрослого населения, первичной заболеваемости – 302,3 (рис. 2).

Показатель общей подростковой заболеваемости в расчёте на 1000 подростков в г. Циолковском за период наблюдения был несколько ниже среднего по Амурской области и практически на одном уровне со среднероссийским: 2172,9 – г. Циолковский, 2278,3 – Амурская область, 2175,4 – Российская Федерация соответственно. Однако пер-

вичная заболеваемость подростков г. Циолковского в среднем за период 2016–2021 гг. находилась на уровне 1771,9‰ и была выше, чем на территориях сравнения (см. рис. 2).

Показатель общей заболеваемости детского населения составил 2935,2 на 1000 детей, что выше аналогичных показателей по Амурской области (2305‰) и Российской Федерации (2152,8‰). Итоговые уровни первичной заболеваемости детского населения г. Циолковского (2773,3‰) превысили среднеобластные и среднероссийские показатели в 1,4 и 1,6 раза соответственно (см. рис. 2).

Болезни системы кровообращения, являясь приоритетной причиной смертности, преобладали в структуре общей заболеваемости взрослого населения (2021 г. – 23,1%), рост заболеваемости отмечен и среди подросткового населения (увеличение в 4 раза с 2016 г.). Болезни органов дыхания имеют значительный удельный вес в структуре общей и первичной заболеваемости среди всех возрастных групп населения изучаемой территории (в 2021 г. общая заболеваемость детского населения составила 82,1%, первичная – 85%; у подростков – 70,4 и 83% соответственно, у взрослого населения – 20,3 и 41,8% соответственно). В сравнении с заболеваемостью по Амурской области выявлено, что среднепогодные уровни общей и первичной заболеваемости детского населения по данному классу болезней превышали в 1,7 раза областные показатели, подросткового населения – в 1,6 и 1,7 раза соответственно. Болезни мочеполовой системы в структуре общей и первичной заболеваемости взрослого населения составили 18 и 13,7% соответственно, что выше

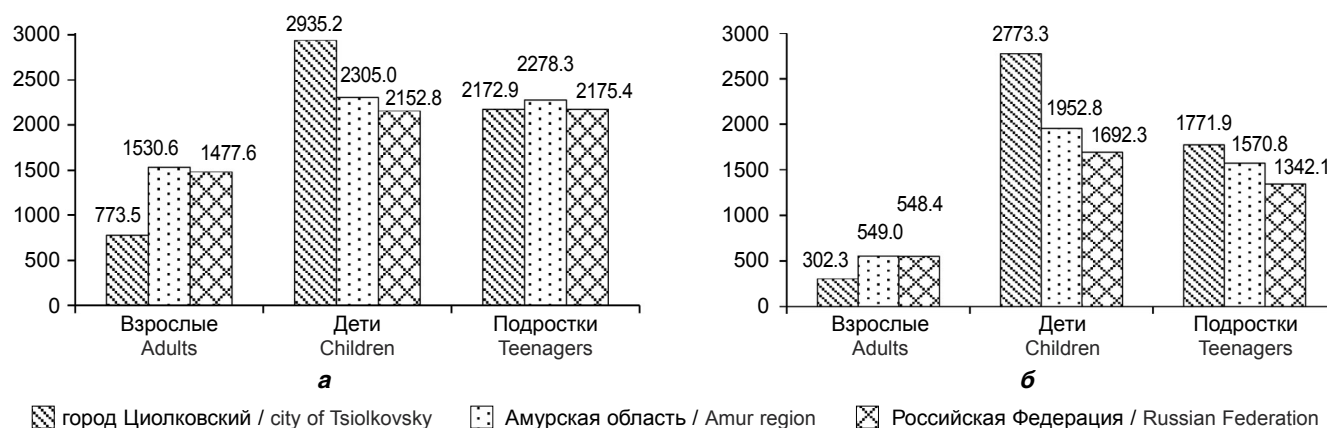


Рис. 2. Итоговые показатели общей (а) и первичной (б) заболеваемости населения г. Циолковского, Амурской области и Российской Федерации в среднем за 2016–2021 гг., ‰.

Fig. 2. Final indicators of general (a) and primary (b) morbidity in the population of the city of Tsiolkovsky, Amur Region, and the Russian Federation (average for 2016–2021, ‰).

областных показателей заболеваемости в 1,4 и 1,5 раза. Уровень общей заболеваемости детского населения с 2016 г. вырос на 38%, подростков – на 34%. Заболеваемость болезнями эндокринной системы у детского населения с 2016 г. к 2021 г. выросла в 2 раза: с 7,4 до 13,9 случая на 1000 населения. Среди подростков отмечен рост болезней уха и сосцевидного отростка, кожи и подкожной клетчатки (увеличение с 2016 г. в 3 и 10 раз соответственно). В 2020–2021 гг. у подросткового населения впервые с 2016 г. зарегистрирована заболеваемость болезнями крови и кроветворных органов (5,8 и 4,4 случая на 1000 населения). Общая заболеваемость по данному классу болезней среди взрослого населения увеличилась за анализируемый период в два раза. Минимальный уровень заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов у детей отмечен в 2018 г. (4,5‰), максимальный – в 2019 г. (10,7‰), 2021 г. – 7,7‰. Частота встречаемости анемий среди подросткового и детского населения составляла по годам 45–55%, среди детей до одного года – 100%. У детского населения наблюдался рост заболеваемости болезнями костно-мышечной системы с 2016 г. в 2,3 раза, болезнями уха и сосцевидного отростка – в 5,4 раза. Общая заболеваемость болезнями органов пищеварения составила по годам от 99,5 до 372,5‰, первичная заболеваемость – от 94,4 до 238,5‰, максимальные значения наблюдались в 2019 г., а среднескользящие уровни заболеваемости детского населения по данному классу болезней превышали в 1,1 и 1,5 раза областные показатели. Показатели заболеваемости по классу «Новообразования» у детей регистрировались ежегодно на уровне 3,2–3,6 на 1000 населения. Заболеваемость взрослого населения с 2016 г. увеличилась на 15%. Минимальный уровень заболеваемости среди подростков зафиксирован в 2020 г. (5,8‰), максимальный – в 2021 г. (17,6‰), что было выше областного показателя в 2,3 раза.

Обсуждение

Город Циолковский удалён от административного центра Амурской области г. Благовещенска на 180 км. Расстояние до ближайшего крупного населённого пункта – г. Свободного – около 50 км. Несмотря на удалённость, селитебная территория города активно развивается, ведётся строительство нового микрорайона с многоэтажными жилыми домами и объектами социальной инфраструктуры, отделённого от «старого» города лесным массивом. На территории сложившейся застройки размещены 30 четырёхэтажных и три пятиэтажных жилых дома, функционирует одно дошкольное учреждение, одна общеобразовательная организация и две организации дополнительного образования детей (школа искусств и спортивная школа). В настоящее время комфортная среда для проживания ещё не сформирована, что подтверждено результатами социологического исследования, проведённого авторами: 28% респондентов указали, что им нравится жить в г. Циолковском, 22% хотели бы уехать, 16% рассматривают возможность переезда, 34% затруднились с ответом, 33% опрошенных в целом не удовлетворены уровнем благоустройства города [2].

Несмотря на существующие типичные проблемы, характерные для развивающихся территорий, следует отметить прогрессивную структуру населения города за счёт воспроизводства населения и притока рабочей силы.

Уровень заболеваемости взрослого населения почти в два раза ниже среднерегionalных и российских показателей. Недостаточный уровень коммунального и медико-социального обеспечения, возможно, способствует повышенному уровню первичной и общей заболеваемости детского и подросткового населения по сравнению со средними regionalными и российскими показателями.

Следует отметить, что с 2016 г. во всех возрастных группах обнаруживается рост заболеваемости по классам болезней, являющихся приоритетными в связи с воздействием факторов среды обитания. Это болезни органов дыхания, системы кровообращения, мочеполовой системы, кожи,

органов пищеварения, эндокринной системы, новообразования, болезни крови и кроветворных органов.

На данном этапе функционирования и строительства космодрома негативного влияния на окружающую среду селитебной территории города не выявлено. Но отнесение объектов подготовки и выполнения космических полётов и осуществляющих деятельность по обеспечению космических полётов к категории объектов чрезвычайно высокого риска обусловлено потенциальным риском для здоровья населения города. Такой риск может возникнуть при комбинированной многосредовой экспозиции химическими веществами 1-го и 2-го классов опасности. Это компоненты ракетного топлива (НДМГ, формальдегид, диметиламин), нефтепродукты, кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, цинк, свинец, поступающие из атмосферного воздуха, с почвой и питьевой водой [8–21].

В программу мониторинга объектов окружающей среды для данной территории в предпусковой, пусковой и послепусковой периоды необходимо включать дополнительный отбор проб атмосферного воздуха, почвы и воды открытых водоёмов на территории города с целью обнаружения особо опасных химических веществ (НДМГ, формальдегид, диоксид углерода, бенз(а)пирен, амил, бензол, керосин) и оперативного принятия управленческих решений.

Территория города нуждается в активном развитии социальной инфраструктуры, создании комфортных условий для жизни населения. Разработаны на период 2016–2025 гг. и реализуются муниципальные программы развития ЗАТО «Циолковский» (всего 10 программ), в том числе по развитию образования, физической культуры и спорта, системы социальной поддержки населения, транспортной системы, формированию современной городской среды, модернизации жилищно-коммунального комплекса. Особого внимания заслуживает муниципальная программа «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также обеспечение безопасности населения ЗАТО «Циолковский».

Для развития системы информирования о санитарно-эпидемиологической обстановке и принимаемых мерах по медико-социальному обеспечению населения с целью снижения психологического напряжения необходимо предоставлять гражданам достоверную и доходчивую информацию о деятельности объектов ракетно-космической отрасли на территории, перспективах развития территории и принимаемых мерах профилактики потенциального риска для здоровья.

К **ограничениям** данного исследования можно отнести ряд неопределённости, связанных с неполными сведениями обо всех возможных контаминантах объектов окружающей среды, а также с невысоким уровнем чувствительности применяемых аналитических методов по сравнению с референтными концентрациями, что может привести к переоценке возможной экспозиции.

Заключение

Сохранение здоровья населения, проживающего в зоне влияния космодрома Восточный, предупреждение возможного загрязнения среды обитания компонентами ракетных топлив и другими токсическими веществами имеют большое медико-социальное значение. Необходима разработка профилактических мероприятий, направленных на предупреждение нарушений здоровья, снижение уровня социально-психологического напряжения людей, находящихся под воздействием гигиенических факторов риска космодрома Восточный.

В условиях дальнейшего развития космической инфраструктуры и создания новых ракетных комплексов на космодроме Восточный обеспечение безопасных условий проживания населения г. Циолковского предполагает продолжение наблюдений за состоянием окружающей среды, потенциальными источниками её антропогенного загрязнения, а также совершенствование методологии оценки и прогнозирования здоровья населения.

Литература

1. Семёнова О.Н., Иванов С.Е., Шашкова О.Б., Худякова О.М., Смирнова С.В. Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почве жилой зоны ЗАТО Циолковский на начальном этапе эксплуатации космодрома «Восточный». *Медицина экстремальных ситуаций*. 2020; 22(1): 75–83. <https://elibrary.ru/gsrpoe>
2. Поляков А.Д., Комбарова М.Ю., Нечаева Е.Н. Оценка медико-демографических показателей населения, проживающего в зоне влияния космодрома «Восточный». *Санитарный врач*. 2023; (2): 109–19. <https://doi.org/10.33920/med-08-2302-06>
3. Ладыгина Л.Ф., Галуцкая Т.В., Рагозина М.А. Экологические проблемы космической деятельности: воздействие ракетно-космической техники на окружающую природную среду. *Решетневские чтения*. 2013; (2): 355–6. <https://elibrary.ru/sjcnwz>
4. Семёнова О.Н., Иванов С.Е., Чистяков С.В., Рябова Т.В. Результаты мониторинга вредных химических факторов окружающей среды в районе расположения космодрома «Восточный» на начальном этапе его эксплуатации. *Амурский медицинский журнал*. 2018; (3): 14–9. <https://doi.org/10.22448/AMJ.2018.3.14-19> <https://elibrary.ru/yppswax>
5. Утеулин К.Р. Экоотоксикант – несимметричный диметилгидразин. *Новости науки Казахстана*. 2021; (2): 194–208.
6. Пузанов А.В., Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Алексеев И.А., Вдовина О.Н., Ермолаева Н.И. и др. Экологическое состояние водотоков позиционного района космодрома «Восточный». *География и природные ресурсы*. 2017; (2): 66–72. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-2\(66-72\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(66-72)) <https://elibrary.ru/yksuyn>
7. Филиппов В.Л., Рембовский В.Р., Кринович Н.В., Филиппова Ю.В., Еремин Г.Б., Козьяков В.П. и др. Система комплексной оценки и анализа медико-экологической ситуации на территориях, прилегающих к космодрому «Восточный». *Амурский медицинский журнал*. 2014; (3): 15–20. <https://elibrary.ru/ubloux>
8. Поляков А.Д., Комбарова М.Ю. Обеспечение безопасности окружающей среды как комплексная гигиеническая проблема при эксплуатации ракетно-космической техники. В кн.: *Материалы XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвященного 100-летию основания Государственной санитарно-эпидемиологической службы России*. М.; 2022: 168–72. <https://elibrary.ru/bcgqcd>
9. Зяблицкая А.Н., Щучинов Л.В., Алексеев В.Б., Нурисламова Т.В. Экологическое сопровождение на территории Республики Алтай пусков РН «Протон» с космодрома «Байконур». В кн.: *Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь; 2019: 31–6. <https://elibrary.ru/xnnrwi>
10. Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Харламова Е.Н., Куликова А.З. Реальные и мнимые последствия ракетно-космической деятельности для здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(7): 117–22. <https://elibrary.ru/vckprz>
11. Колядо И.Б., Плугин С.В., Шойхет Я.Н. Сравнительное динамическое исследование показателей здоровья населения Алтайского края, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей. *Бюллетень науки и практики*. 2016; (6): 115–25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.55887> <https://elibrary.ru/wbdvcf>
12. Щучинов Л.В., Зяблицкая А.Н., Алексеев В.Б., Нурисламова Т.В. Особенности мониторинга влияния ракетно-космической деятельности на здоровье населения и окружающую среду Республики Алтай. В кн.: *Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь; 2018: 257–61. <https://elibrary.ru/xtaefv>
13. Баранов М.Е., Дубынин П.А. Социально-экологические последствия ракетно-космической деятельности. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2018; 2(4): 470–2. <https://elibrary.ru/vruhhj>
14. Зяблицкая А.Н., Щучинов Л.В., Алексеев В.Б., Нурисламова Т.В. Экологическое сопровождение на территории Республики Алтай пусков РН «Протон» с космодрома «Байконур». В кн.: *Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Том I. Пермь; 2020: 243–9. <https://elibrary.ru/fqlzfo>
15. Зяблицкая А.Н., Иваницкая Ю.Н., Щучинов Л.В. Экологическое сопровождение на территории Республики Алтай пусков РН «Протон» с космодрома «Байконур». В кн.: *Гигиена, экология и риски здоровью в современных условиях: Материалы XI межрегиональной научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием*. Том I. Саратов: КУБиК; 2021: 68–7. <https://elibrary.ru/uvoruk>
16. Кондратьев А.Д., Королева Т.В. Жидкие ракетные топлива: контроль и оценка экологической опасности. *Экология и промышленность России*. 2017; 21(2): 45–51. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-2-45-51> <https://elibrary.ru/xwrysp>
17. Пузанов А.В., Балыкин С.Н., Балыкин Д.Н., Ефременков А.А., Горбачев И.В., Архипов И.А. и др. Результаты экологического мониторинга окружающей среды в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей Алтае-Саянской горной страны. В кн.: *Приоритетные задачи экологической безопасности в районах падения Сибирского региона и пути их решения*. М.: Спутник+; 2016: 119–27. <https://elibrary.ru/wguxzn>
18. Королева Т.В., Кречетов П.П., Шарарова А.В., Кондратьев А.Д. Технологическая трансформация наземных экосистем при эксплуатации ракетно-космической техники. *Экология и промышленность России*. 2017; 21(8): 26–32. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-8-26-32> <https://elibrary.ru/zepahn>
19. Суйменбаев Б.Т., Трушляков В.И., Ермолина Г.Т., Суйменбаева Ж.Б., Багышев А.М. Предложения к концепции проектирования и эксплуатации перспективных ракет-носителей маршевыми жидкостными двигателями (ЖРД) и районов падения космодрома Байконур в рамках проекта Байтерек. В кн.: *Блинов В.Н., ред. Проблемы разработки, изготовления и эксплуатации ракетно-космической техники и подготовки инженерных кадров для авиакосмической отрасли. Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной памяти главного конструктора ПО «Полет» А.С. Клишишкова*. Омск; 2019: 36–43. <https://elibrary.ru/zguvcj>
20. Агапов О.А., Федорина О.А., Утеулин К.Р. Актуальные вопросы загрязнения растений при проливе ракетного топлива гептил. В кн.: *Лукина Л.И., Лямина Н.В., ред. Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции*. Севастополь; 2019: 99–103. <https://elibrary.ru/nvgtsx>
21. Томилин Н.В., Филько О.А., Храброва А.В., Соловьева Н.Е., Утсаль В.А., Краснов К.А. Генотоксическое и цитотоксическое действие несимметричного диметилгидразина при остром и субхроническом введении. *Современные вопросы биомедицины*. 2018; 2(4): 178–85. <https://elibrary.ru/utrpeux>

References

1. Semenova O.N., Ivanov S.E., Shashkova O.B., Khudyakova O.M., Smirnova S.V. The contents of heavy metals in the soil of the residential area of the CTF Tsiolkovsky at the initial stage of operation of the Vostochny Cosmodrom. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy*. 2020; 22(1): 75–83. <https://elibrary.ru/gsrpoe> (in Russian)
2. Polyakov A.D., Kombarova M.Yu., Nechaeva E.N. Assessment of medical and demographic indicators of the population living in the zone of influence of the Vostochny Cosmodrom. *Sanitarnyy vrach*. 2023; (2): 109–19. <https://doi.org/10.33920/med-08-2302-06> (in Russian)
3. Ladygina L.F., Galutskaya T.V., Ragozina M.A. Environmental problems of space exploration: impact of the missile and space equipment on surrounding environment. *Reshetnevskie chteniya*. 2013; (2): 355–6. <https://elibrary.ru/sjcnwz> (in Russian)
4. Semenova O.N., Ivanov S.E., Chistyakov S.V., Ryabova T.V. Monitoring results of hazardous chemical factors of the environment around the Vostochny Cosmodrome at the initial stage of its operation. *Amurskiy meditsinskiy zhurnal*. 2018; (3): 14–9. <https://doi.org/10.22448/AMJ.2018.3.14-19> <https://elibrary.ru/yppswax> (in Russian)
5. Uteulin K.R. The ecotoxicant is unsymmetrical dimethylhydrazine. *Novosti nauki Kazakhstana*. 2021; (2): 194–208. (in Russian)
6. Puzanov A.V., Kirillov V.V., Bezmaternykh D.M., Alekseev I.A., Vdovina O.N., Ermolaeva N.I., et al. Ecological status of streams in the area of the Vostochny cosmodrome. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2017; (2): 66–72. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-2\(66-72\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(66-72)) <https://elibrary.ru/yksuyn> (in Russian)
7. Filippov V.L., Rembovskiy V.R., Krinitsyn N.V., Filippova Yu.V., Eremin G.B., Kozjakov V.P., et al. System of complex assessment and analysis of medical and environmental situation in territories adjacent to the cosmodrome Vostochny. *Amurskiy meditsinskiy zhurnal*. 2014; (3): 15–20. <https://elibrary.ru/ubloux> (in Russian)
8. Polyakov A.D., Kombarova M.Yu. Ensuring environmental safety as a complex hygienic problem in the operation of rocket and space technology. In: *Proceedings of the XIII All-Russian Congress of Hygienists, Toxicologists and Sanitary Doctors with International Participation, Dedicated to the 100th Anniversary of the Founding of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia [Materialy XIII Vserossiyskogo s'ezda gigienistov, toksikologov i sanitarnykh vrachev s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennogo 100-letiyu osnovaniya Gosudarstvennoy sanitarno-epidemiologicheskoy sluzhby Rossii]*. Moscow; 2022: 168–72. <https://elibrary.ru/bcgqcd> (in Russian)
9. Zyablitskaya A.N., Shchuchinov L.V., Alekseev V.B., Nurislamova T.V. Environmental support in the territory of the Altai Republic of launches of the Proton rocket launcher from the Baikonur cosmodrome. In: *Topical Issues of Risk Analysis in Ensuring the Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population and Consumer Protection: Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebitel'ey: Materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm'; 2019: 31–6. <https://elibrary.ru/xnnrwi> (in Russian)
10. Meshkov N.A., Val'tseva E.A., Kharlamova E.N., Kulikova A.Z. Real and unreal backlashes of aerospace activity for the health of population residing near areas of fall of being separated parts of carrier rockets. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(7): 117–22. <https://elibrary.ru/vckprz> (in Russian)

11. Kolyado I.B., Plugin S.V., Shoykhet Ya.N. Population health in the Altai krai territories adjacent to the areas of falling of separable parts of rocket engines. A comparative study of health indexes. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2016; (6): 115–25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.55887> <https://elibrary.ru/wbdvcf> (in Russian)
12. Shchuchinov L.V., Zyablitskaya A.N., Alekseev V.B., Nurislamova T.V. Features of monitoring the impact of rocket and space activities on public health and the environment of the Altai Republic. In: Popova A.Yu., Zaytseva N.V., eds. *Topical Issues of Risk Analysis in Ensuring the Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population and Consumer Protection: Materials of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebitel'ey: Materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm'; 2018: 257–61. <https://elibrary.ru/xtaefv> (in Russian)
13. Baranov M.E., Dubynin P.A. The socio-ecological consequences of space-rocket activity. *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики*. 2018; 2(4): 470–2. <https://elibrary.ru/vruhjd> (in Russian)
14. Zyablitskaya A.N., Shchuchinov L.V., Alekseev V.B., Nurislamova T.V. Environmental support in the territory of the Altai Republic of launches of the Proton rocket launcher from the Baikonur cosmodrome. In: Popova A.Yu., Zaytseva N.V., eds. *Health Risk Analysis 2020 together with the International Meeting on Environment and Health Rise 2020 and the Round Table on Food Safety: Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume I [Analiz riska zdorov'yu – 2020 sovmestno s mezhdunarodnoy vstrechey po okruzhayushchey srede i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya: materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tom I]*. Perm'; 2020: 243–9. <https://elibrary.ru/fqlzfo> (in Russian)
15. Zyablitskaya A.N., Ivanitskaya Yu.N., Shchuchinov L.V. Environmental support on the territory of the Altai Republic of launches of the Proton rocket launcher from the Baikonur cosmodrome. In: *Hygiene, Ecology and Health Risks in Modern Conditions: Materials of the XI Interregional Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor with International Participation. Volume I [Gigiena, ekologiya i riski zdorov'yu v sovremennykh usloviyakh: Materialy KhI mezhhregional'noy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii molodykh uchennykh i spetsialistov Rospotrebnadzora s mezhdunarodnym uchastiem. Tom I]*. Saratov: KUBiK; 2021: 68–7. <https://elibrary.ru/uvopyk> (in Russian)
16. Kondrat'ev A.D., Koroleva T.V. Liquid Propellants: Monitoring and Evaluation of Environmental Hazards. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2017; 21(2): 45–51. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-2-45-51> <https://elibrary.ru/xwrysp> (in Russian)
17. Puzanov A.V., Balykin S.N., Balykin D.N., Efremkov A.A., Gorbachev I.V., Arkhipov I.A., et al. The results of environmental monitoring of the environment in the fall areas of separable parts of launch vehicles of the Altai-Sayan mountain country. In: *Priority Tasks of Environmental Safety in the Fall Areas of the Siberian Region and Ways to Solve Them [Prioritetnye zadachi ekologicheskoy bezopasnosti v rayonakh padeniya Sibirskogo regiona i puti ikh resheniya]*. Moscow: Sputnik+; 2016: 119–27. <https://elibrary.ru/wguxzn> (in Russian)
18. Koroleva T.V., Krechetov P.P., Sharapova A.V., Kondrat'ev A.D. Technogenic transformation of terrestrial ecosystems in the operation of rocket and space technology. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2017; 21(8): 26–32. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-8-26-32> <https://elibrary.ru/zepahn> (in Russian)
19. Suymenbaev B.T., Trushlyakov V.I., Ermoldina G.T., Suymenbaeva Zh.B., Bapyshev A.M. Proposals for the concept of designing and operating advanced launch vehicles with liquid-propellant propulsion (LRE) and the fall areas of the Baikonur cosmodrome within the Baiterek project. In: Blinov V.N., ed. *Problems of Development, Manufacture and Operation of Rocket and Space Technology and Training of Engineering Personnel in the Aerospace Industry. Materials of the XIII All-Russian Scientific and Technical Conference Dedicated to the Memory of the Chief Designer of the PO "Flight" A.S. Klimyushkov [Problemy razrabotki, izgotovleniya i ekspluatatsii raketno-kosmicheskoy tekhniki i podgotovki inzhenernykh kadrov doya aviakosmicheskoy otrasli. Materialy XIII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati glavnogo konstruktora PO «Polet» A.S. Klimyushkova]*. Omsk; 2019: 36–43. <https://elibrary.ru/zgyvqj> (in Russian)
20. Agapov O.A., Fedorina O.A., Uteulin K.R. Topical issues of plant pollution during the heptyl rocket fuel spill. In: Lukina L.I., Lyamina N.V., eds. *Environmental, Industrial and Energy Security – 2019: A Collection of Articles Based on the Materials of the International Scientific and Practical Conference [Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost' – 2019: Sbornik statey po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Sevastopol'; 2019: 99–103. <https://elibrary.ru/nvgtsx> (in Russian)
21. Tomilin N.V., Fil'ko O.A., Khrabrova A.V., Solov'eva N.E., Utsal' V.A., Krasnov K.A. Genotoxicity and cytotoxicity of unsymmetrical dimethylhydrazine in acute and subchronic exposure. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*. 2018; 2(4): 178–85. <https://elibrary.ru/yrpeux> (in Russian)