



Копытенкова О.И.<sup>1,2,3</sup>, Леванчук А.В.<sup>3</sup>

## Гигиеническая характеристика неспецифической резистентности у детей, подвергающихся воздействию загрязнений атмосферного воздуха в различных климатических условиях

<sup>1</sup>ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 191037, Санкт-Петербург, Россия

**Введение.** На территории России в городах с развитой промышленностью, с высоким уровнем загрязнения атмосферы, расположенных в северных климатических регионах, сформирован комплекс условий, негативно влияющих на санитарно-эпидемиологическое благополучие и здоровье населения. В статье представлены результаты изучения характера сочетанного воздействия загрязнений атмосферного воздуха (показатель Р Пиниги-на) и климатических условий (WBGT-index) на отдельные показатели неспецифической резистентности у детей 5–6-летнего возраста.

**Материалы и методы.** Для характеристики климатических условий использованы климатические индексы (коэффициент северности Кс, коэффициент континентальности Ка, индекс суровости климата SO, индекс жёсткости погоды по Бодману, а также WBGT, применяемый в вооружённых силах для климатической характеристики территории. Для изучения неспецифической резистентности использованы неинвазивные методы: определение бактерицидной активности, бактериальной обсеменённости поверхностных и глубоких слоёв кожи, активность лизоцима слюны и тиолдисульфидный тест.

**Результаты.** Установлено, что сочетание неблагоприятного воздействия высокого уровня антропогенного загрязнения атмосферного воздуха и северных климатических условий оказывает более выраженное негативное влияние на неспецифическую резистентность у детей. Определён перечень неинвазивных показателей, чутко реагирующих на неблагоприятное влияние окружающей среды в районах с загрязнённым атмосферным воздухом в сочетании с северными климатическими характеристиками, включающий наравне с интегральной характеристикой функционального состояния кардиореспираторной системы (индекс гарвардского степ-теста) показатели неспецифической резистентности (бактерицидная активность кожи, состояние тиолдисульфидной системы слюны).

**Заключение.** Более выраженное негативное воздействие сочетания высокого уровня антропогенного загрязнения атмосферного воздуха и северных климатических условий целесообразно учитывать при организации медицинского обслуживания детей и обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения, подвергающегося сочетанному воздействию антропогенной нагрузки и северных климатических условий.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух; загрязнение атмосферного воздуха; климатические условия; сочетанное воздействие; неспецифическая резистентность; здоровье населения

**Для цитирования:** Копытенкова О.И., Леванчук А.В. Гигиеническая характеристика неспецифической резистентности у детей, подвергающихся воздействию загрязнений атмосферного воздуха в различных климатических условиях. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (8): 851–857. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-851-857>

**Для корреспонденции:** Копытенкова Ольга Ивановна, доктор мед. наук, профессор, гл. науч. сотр. отд. анализа риска здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: 5726164@mail.ru

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

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Участие авторов:** Копытенкова О.И. – концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Леванчук А.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистический анализ, написание текста, редактирование.

Поступила 30.03.2021 / Принята к печати 09.07.2021 / Опубликовано 31.08.2021

Olga I. Kopytenkova<sup>1,2,3</sup>, Alexander V. Levanchuk<sup>3</sup>

## Hygienic characteristics of non-specific resistance in children living under the exposure of air pollutants in various climatic conditions

<sup>1</sup>North-West Public Health Research Centre, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation;

<sup>2</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034, Russian Federation;

<sup>3</sup>St. Petersburg State University of Railway Transport, Saint Petersburg, 191037, Russian Federation

**Introduction.** On the territory of Russia, in cities with both developed industries and high levels of atmospheric pollution, located in northern climatic regions, a complex of hygienic problems has been formed that negatively affect the sanitary and epidemiological well-being and health of the population. The article presents the results of studying the nature of the combined effects of atmospheric air pollutants (Pinigin P index) and climatic conditions (WBGT-index) on individual indices of non-specific resistance in 5-6 year children.

**Materials and methods.** To characterize the climatic conditions, the climatic indices were used (the coefficient of northernness of the Cs, the coefficient of continentality of the Sc, the index of climate severity SO, the Bodman weather severity index, as well as the WBGT, used in the armed forces for the climatic characteristics of the territory. To study non-specific resistance non-invasive methods were used: determination of bactericidal activity, bacterial contamination of the surface and deep layers of the skin, saliva lysozyme activity, and a thiol-disulfide test.

**Results.** The combination of the adverse effects of a high level of anthropogenic air pollution and northern climatic conditions was found to have a more pronounced negative effect on non-specific resistance in children. A list of non-invasive indices sensitive to the adverse effects of the environment in areas with polluted atmospheric air in combination with northern climatic characteristics, including the integral feature of the functional state of the cardiorespiratory system (the Harvard step test index), indices of non-specific resistance (bactericidal activity of the skin, the state of the thiol-disulfide system of saliva) was formed.

**Conclusion.** *The more pronounced negative impact of the combination of high levels of anthropogenic air pollution and northern climatic conditions should be taken into account when organizing medical care for children and ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population exposed to the combined effects of anthropogenic pressure and northern climatic conditions.*

**Keywords:** *atmospheric air; atmospheric air pollution; climatic conditions; combined effects; non-specific resistance; public health*

**For citation:** Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V. Hygienic characteristics of non-specific resistance in children living under the influence of air pollutants in various climatic conditions. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100 (8): 851-857. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-851-857> (In Russ.)

**For correspondence:** Olga I. Kopytenkova, MD, PhD, DSci., professor, chief researcher, Department of public health risk analysis, North-West Public Health Research Centre, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: 5726164@mail.ru

**Information about authors:**

Kopytenkova O.I., <https://orcid.org/0000-0001-8412-5457> Levanchuk A.V., <https://orcid.org/0000-0003-2062-7401>

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

**Acknowledgment.** The study had no sponsorship.

**Contribution:** Kopytenkova O.I. — concept and design of the study, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Levanchuk A.V. — concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing text, editing.

Received: March 30, 2021 / Accepted: July 9, 2021 / Published: August 31, 2021

## Введение

Российская Федерация является страной, на территории которой рельефные и климатические условия значительно различаются. Это обусловлено большой площадью (17 млн км<sup>2</sup>) и протяжённостью территории (с востока на запад около 10 тыс. километров, 11 часовых поясов; с севера на юг — около 4 тыс. километров, 4 климатические зоны) [1]. Жизнедеятельность и хозяйственная деятельность осуществляются в различных климатических условиях, которые оказывают влияние как на образ жизни, так и на здоровье населения [2]. На территориях с климатическими характеристиками, неблагоприятными для проживания населения, в России расположено две трети промышленных центров [3]. 10% городов России характеризуется отрицательными показателями среднегодовой температуры [3]. На 75% территории (40–50 млн жителей) среднемесячная температура в январе ниже –15 °С. При этом свыше 40% населения, проживая в городах с развитой добывающей и ресурсоперерабатывающей промышленностью, дополнительно подвергаются воздействию загрязнений атмосферы. Таким образом, в городах с развитой промышленностью на территории с неблагоприятными климатическими условиями сформирован комплекс условий, оказывающий влияние на санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, адаптационно-компенсаторные и защитно-приспособительные функции организма и, как следствие, на здоровье человека [2–4].

При реализации социально-гигиенического мониторинга состояние здоровья изучается по показателям заболеваемости. Вместе с тем направлением деятельности медико-социальной сети является не столько лечение заболеваний, сколько их профилактика за счёт контроля неспецифических защитно-приспособительных возможностей организма [4].

За последние десятилетия накоплены убедительные материалы, свидетельствующие, что химические загрязнения

атмосферного воздуха, воздействуя в комплексе даже в количествах значительно меньше ПДК каждое, могут приводить к изменению неспецифической резистентности (НР) за счёт изменения метаболических процессов [5, 6]. Показано, что ответные реакции организма неспецифичны, однако их генез обусловлен характером действующих факторов. Проявление реакций НР зависит не только от природы воздействующего фактора, его интенсивности, времени воздействия, но и от исходного состояния организма [7]. При этом особенностью является неодинаковая чувствительность отдельных звеньев системы к одному и тому же фактору [8]. НР является мишенью для ксенобиотиков и для физических факторов, а её чувствительность даёт возможность выявить наличие патологических реакций в организме в условиях, когда другие методы этого не позволяют [6].

Цель исследования — изучение характера сочетанного воздействия загрязнений атмосферного воздуха и климатических условий на отдельные показатели неспецифической резистентности у детей, проживающих в различных регионах.

## Материалы и методы

Объектом исследования определены дети в возрасте 5–6 лет, так как процессы роста и тканевой дифференцировки, незавершённость морфологического и функционального развития указанной возрастной группы обуславливают меньшую устойчивость к неблагоприятным влияниям по сравнению с организмом взрослого человека [7]. Предварительно получено информированное согласие родителей.

Исследования проведены в 6 городах с различной степенью загрязнения атмосферного воздуха, расположенных в трёх климатических районах (3 города с высоким и 3 с допустимым уровнем загрязнения атмосферного воздуха).

Климатические характеристики получены из официальных источников [1]. Для характеристики климатических

Таблица 1 / Table 1

### Характеристика районов проведения исследований

#### Characteristics of the research areas

Группа городов Group of cities	Показатель континентальности (Ка) Index of continentality	Индекс суровости климата Climate Severity Index SO	Коэффициент северности (Кс) Coefficient of northernness	Индекс жёсткости погоды Бодмана Bodman Weather Severity Index	WBGT-index	Уровень загрязнения атмосферы The level of atmospheric pollution P	
						допустимый acceptable	высокий high level
Архангельская область Arkhangelskaya region	2.87	3.35	0.93	3.04	1.41	3.5	26.4
Ленинградская область Leningradskaya region	2.69	1.79	1.05	1.93	3.93	0.6	12.1
Волгоградская область Volgogradskaya region	5.73	4.14	1.99	2.93	5.15	2.1	25.8

условий использованы климатические индексы (коэффициент северности Кс, коэффициент континентальности Ка, индекс суровости климата SO, индекс жёсткости погоды по Бодману, индекс влажной шаровой температуры – WBGT-index [3, 8–12, 21, 23].

Оценка загрязнения атмосферного воздуха проведена на основе сведений СЗУГК Гидромет, результатов испытаний санитарно-химических и ведомственных промышленных лабораторий. В качестве одночислового критерия уровня загрязнения атмосферного воздуха использован показатель *P* Пинигина [13].

При подборе групп детей методом анкетного опроса родителей (2380 детей) изучены результаты медико-биологического и социального характера. Целенаправленный подбор континентов для изучения позволил сформировать группы детей, подверженных воздействию загрязнений атмосферного воздуха различной интенсивности, проживающих в различных климатических условиях, вместе с тем под влиянием социально-экономических факторов ориентировочно равной интенсивности. Показатели накопленных заболеваний получены из первичных учётных документов формы ф.112-у и ф.026-у за 3 года.

Аналитический обзор литературы [14–20, 24], указывает, что наиболее перспективными при обследовании детей считаются атравматичные неинвазивные методы. Выбраны наиболее информативные [16–20] методы определения бактерицидной активности (БАК) и бактериальной обсеменённости поверхностных (БОПК) и глубоких (БОГК) слоёв кожи, а также активность лизоцима слюны (АЛ). Для этого исследована смешанная слюна, представляющая собой секрет подчелюстных и подъязычных желёз. Для изучения состояния антиоксидантной системы (АОС) и оценки состояния адаптации детей к воздействию неблагоприятных факторов использован тиолдисульфидный тест (ТДТ) – универсальный детектор изменения гомеостаза [22]. Состояние неспецифической резистентности изучено у 448 детей. Дополнительно у 64 детей проведено исследование ТДТ.

Базы данных для статистической обработки организованы в программе Excel. Статистическая обработка проведена с использованием стандартной программы STADIA-8.0 [25].

## Результаты

Расчёты биоклиматических индексов и комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха позволили дать сравнительную характеристику районов проведения исследований (табл. 1). Для дальнейшего исследования выбран WBGT-index, позволяющий дать оценку суммарного воздействия метеорологических факторов и применяемый в вооружённых силах для климатической характеристики территории [10, 11].

Многочисленные исследования свидетельствуют, что воздействие неблагоприятных факторов приводит к возникновению деструктивных изменений во внутриклеточных структурах жизненно важных систем организма, в основе которых лежит усиление процессов свободнорадикального и перекисного окисления [23]. Защитной реакцией для предотвращения повреждающего действия продуктов окисления служит усиление антиоксидантных систем (АОС). В связи с этим сделан вывод о возможности использования характеристик АОС в качестве критериев оценки состояния защитно-приспособительной системы организма. Результаты исследования и сравнительной характеристики показателей НР у детей, проживающих в различных климатических условиях и отличающихся уровнем загрязнения атмосферы, представлены в табл. 2, результаты статистической обработки и оценки сочетанного влияния загрязнения атмосферного воздуха и климатических условий на показатели НР приведены в табл. 3.

Анализ зависимости бактерицидной активности кожи (БАК) от климатических условий и уровня загрязнения воздушной среды позволил установить, что загрязнение атмосферного воздуха имеет более существенное влияние на по-

Таблица 2 / Table 2

**Сравнительная характеристика показателей неспецифической резистентности детей в возрасте 5–6 лет, проживающих в различных климатических условиях (индекс WBGT) и отличающихся уровнем загрязнения атмосферы (*P* Пинигина)**  
**Comparative characteristics of indicators of non-specific resistance of children aged 5–6 years living in different climatic conditions (WBGT index) and differing in the level of atmospheric pollution (*P*-Pinigin)**

Показатель Index	Условия проживания Accommodation conditions		<i>M</i> ± <i>m</i>
	WBGT-index	уровень загрязнения атмосферы ( <i>P</i> ) The level of atmospheric pollution ( <i>P</i> )	
Бактерицидная активность кожи (с) Bactericidal activity of the skin (s)	1.41	26.4	194 ± 17.3 ( <i>n</i> = 376)
	1.41	3.5	51 ± 6.4 ( <i>n</i> = 38)
	3.93	12.1	96 ± 7.6 ( <i>n</i> = 33)
	3.92	0.6	49 ± 4.8 ( <i>n</i> = 31)
	5.15	25.8	92 ± 7.2 ( <i>n</i> = 43)
Обсеменённость поверхностных слоёв кожи (ед.) Contamination of the surface layers of the skin (units.)	1.41	26.4	32.5 ± 2.7 ( <i>n</i> = 376)
	1.41	3.5	10.4 ± 1.9 ( <i>n</i> = 38)
	3.93	12.1	25.4 ± 2.1 ( <i>n</i> = 33)
	3.92	0.6	8.1 ± 2.9 ( <i>n</i> = 31)
	5.15	25.8	28.2 ± 3.1 ( <i>n</i> = 43)
Обсеменённость глубоких слоёв кожи (ед.) Contamination of the deep layers of the skin (units.)	1.41	26.4	65.8 ± 69.3 ( <i>n</i> = 376)
	1.41	3.5	10.3 ± 0.9 ( <i>n</i> = 38)
	3.93	12.1	46.32 ± 7.4 ( <i>n</i> = 33)
	3.92	0.6	18.5 ± 2.7 ( <i>n</i> = 31)
	5.15	25.8	53.3 ± 6.9 ( <i>n</i> = 43)
Лизоцим слюны, мкг/мл Saliva lysozyme, mcg/ml	1.41	26.4	1.94 ± 1.0 ( <i>n</i> = 376)
	1.41	3.5	16.2 ± 4.1 ( <i>n</i> = 38)
	3.93	12.1	11.31 ± 2.9 ( <i>n</i> = 33)
	3.92	0.6	30.2 ± 3.5 ( <i>n</i> = 31)
	5.15	25.8	16.86 ± 4.4 ( <i>n</i> = 43)
Общий белок, г/мг <sup>10</sup> Total protein, g/mg <sup>10</sup>	1.41	26.4	17.8 ± 0.9 ( <i>n</i> = 33)
	3.92	0.6	17.3 ± 0.1 ( <i>n</i> = 31)
	3.93	12.1	3.1 ± 0.01 ( <i>n</i> = 33)
	3.92	0.6	3.5 ± 0.1 ( <i>n</i> = 31)
	3.93	12.1	1.9 ± 0.015 ( <i>n</i> = 33)
SS, mM/l	3.92	0.6	1.5 ± 0.1 ( <i>n</i> = 31)
	3.93	12.1	1.7 ± 0.11
SH/SS	3.92	0.6	2.3 ± 0.1

Примечание. *n* – количество обследованных.

Note. *n* – number of examined patients.

Таблица 3 / Table 3

**Результаты оценки сочетанного влияния загрязнения атмосферного воздуха и климатических условий на показатели неспецифической резистентности**

**Results of the assessment of the combined effect of atmospheric air pollution and climatic conditions on the indicators of non-specific resistance**

Показатель Index	Парный коэффициент корреляции показателя Paired correlation coefficient of the indicator		Частный коэффициент множественной корреляции Partial multiple correlation coefficient		Индекс множественной корреляции Multiple Correlation Index	Коэффициент раздельной детерминации Split determination coefficient		Коэффициент детерминации Coefficient of determination
	WBGT-index	уровень загрязнения the level of atmospheric pollution	WBGT-index	уровень загрязнения the level of atmospheric pollution		WBGT-index	уровень загрязнения the level of atmospheric pollution	
Бактерицидная активность кожи, с Bactericidal activity of the skin, s	-0.481 <i>p</i> > 0.06	0.832 <i>p</i> < 0.05	-0.711 <i>p</i> < 0.05	0.896 <i>p</i> < 0.05	0.921 <i>p</i> < 0.05	0.191 <i>p</i> > 0.1	0.657 <i>p</i> > 0.05	0.848 <i>p</i> < 0.05
Обсеменённость поверхностных слоёв кожи, ед. Contamination of the surface layers of the skin, units.	-0.036 <i>p</i> > 0.1	0.818 <i>p</i> < 0.05	-0.090 <i>p</i> > 0.1	0.819 <i>p</i> < 0.05	0.819 <i>p</i> < 0.05	0.002 <i>p</i> > 0.1	0.673 <i>p</i> > 0.05	0.675 <i>p</i> > 0.05
Обсеменённость глубоких слоёв кожи, ед. Contamination of the deep layers of the skin, units.	-0.084 <i>p</i> > 0.1	0.942 <i>p</i> < 0.04	0.049 <i>p</i> > 0.1	0.943 <i>p</i> < 0.04	0.943 <i>p</i> < 0.04	0.001 <i>p</i> > 0.1	0.891 <i>p</i> < 0.05	0.892 <i>p</i> < 0.05
Лизоцим слюны, мкг/мл Saliva lysozyme, mcg/ml	0.468 <i>p</i> > 0.06	-0.680 <i>p</i> > 0.05	0.543 <i>p</i> > 0.05	-0.717 <i>p</i> < 0.05	0.788 <i>p</i> < 0.05	0.187 <i>p</i> > 0.1	0.434 <i>p</i> > 0.06	0.621 <i>p</i> > 0.05

казатель БАК, так как «благоприятность» климатических условий имеет коэффициент раздельной детерминации 0,191 (незначим), коэффициент раздельной детерминации уровня загрязнения атмосферного воздуха составляет 0,657 (незначим). Коэффициент парной корреляции БАК с комплексным показателем WBGT составляет минус 0,481 (связь отрицательная средней силы, незначим), с загрязнением атмосферы  $R = 0,832$  (сила связи положительная высокая,  $p < 0,05$ ). Известно, что более высокие показатели БАК, выраженной в секундах, свидетельствуют о более низком уровне неспецифической резистентности. При увеличении «благоприятности» климатических условий наблюдается улучшение неспецифической резистентности по показателю БАК (см. табл. 2). Частные коэффициенты множественной корреляции указывают на то, что неспецифическая резистентность по показателю БАК под воздействием загрязнённого атмосферного воздуха в условиях «неблагоприятного» климата изменяется более существенно (см. табл. 2, 3).

При изучении показателя бактериальной обсеменённости аутофлорой поверхностных слоёв кожи (БОПК) детей, подвергающихся изолированному и сочетанному воздействию загрязнения атмосферного воздуха в условиях различной «суровости» климата, установлено, что коэффициент детерминации уровня загрязнения атмосферного воздуха достаточно высок, но статистически незначим (0,002). Коэффициент парной корреляции между показателем БОПК и интегральным показателем загрязнения атмосферы  $R$  составляет 0,818 (связь положительная сильная,  $p < 0,05$ ). Коэффициент парной корреляции между БОПК и WBGT — -0,036 (связь отрицательная крайне слабой силы, незначима). Результаты изучения показателя обсеменённости поверхностных слоёв кожи, как и при анализе показателя БАК, указывают на то, что загрязнение атмосферного воздуха имеет более существенное влияние. Частные коэффициенты множественной корреляции указывают на то, что неспецифическая резистентность по показателю БОПК под воздействием загрязнённого атмосферного воздуха при увеличении «суровости» климата практически не изменяется. Аналогичные результаты получены при анализе показателей бактериальной обсеменённости глубоких слоёв кожи детей.

Индивидуальные показатели количества лизоцима в слюне у детей, проживающих в изучаемых городах,

характеризовались колебаниями в широких пределах: от 1 до 35 мкг/мл. Среднестатистическими показателями количества лизоцима в слюне детей принято считать 15,4–37,2 мкг/мл [24]. Установлено, что коэффициент детерминации уровня загрязнения атмосферного воздуха составляет 0,621 (статистически незначим), «благоприятность» климатических условий имеет коэффициент детерминации, равный 0,187 (статистически незначим). Коэффициент парной корреляции АЛ с комплексным показателем WBGT составляет 0,481 (связь положительная средней силы, незначима), с загрязнением атмосферы  $R = -0,680$  (сила связи отрицательная высокая, незначима). Известно, что более высокие показатели АЛ свидетельствуют о более высоком уровне неспецифической резистентности. Полученные результаты указывают на то, что загрязнение атмосферного воздуха имеет несколько более интенсивное влияние на показатель АЛ. Вместе с тем в условиях воздействия загрязнённого атмосферного воздуха с уменьшением «благоприятности» климатических условий наблюдается снижение уровня неспецифической резистентности по показателю АЛ (см. табл. 3). Частные коэффициенты множественной корреляции указывают на то, что неспецифическая резистентность по показателю активности лизоцима под воздействием загрязнённого атмосферного воздуха изменяется более существенно в условиях более сурового климата (см. табл. 2, 3). Результаты исследования свидетельствуют, что на уровне лизоцима в слюне детей незначительно оказывают влияние и характер климатических условий, и загрязнение атмосферного воздуха, причём их сочетанное действие усугубляет негативное действие на показатели активности лизоцима (индекс множественной корреляции составляет 0,788,  $p < 0,05$ ).

Дополнительно у детей, проживающих во второй зоне, изучено состояние АОС путём определения в слюне уровня содержания SH- и SS-групп и их соотношения (SH/SS), так как известно, что тиолдисульфидная система представляет собой ферментативную АОС [23]. Результаты исследования показали, что у детей, проживающих в условиях загрязнённой атмосферы, достоверно ( $p < 0,05$ ) наблюдается сдвиг окислительно-восстановительного гомеостаза в сторону окисления по сравнению с детьми, проживающими в условиях допустимого загрязнения атмосферы (см. табл. 2).

Таблица 4 / Table 4

**Перечень показателей, включённых в корреляционный анализ**  
**List of indices included in the correlation analysis**

Показатель Index	Условное обозначение Symbol name
<i>Показатели функции внешнего дыхания</i> <i>Indices of external respiratory function</i>	
Жизненная ёмкость лёгких Vital capacity	ЖЕЛ VC
Индекс Тиффно Tiffno Index	ИТ TI
<i>Показатели функции сердечно-сосудистой системы</i> <i>Indicators of the cardiovascular system function</i>	
Индекс напряжения Stress index	ИН SI
Вегетативный индекс равновесия Vegetative balance index	ВИР VBI
Индекс гарвардского степ-теста The Harvard Step Test Index	ИГСТ HSTI
<i>Показатели неспецифической резистентности</i> <i>Indicators of non-specific resistance</i>	
Бактерицидная активность кожи Bactericidal activity of the skin	БАК BAS
Тиолдисульфидный тест Thiol-Disulfide Test	SH/SS
Окислительно-восстановительный потенциал системы молочная/пировиноградная кислота Redox potential of the lactic/pyruvic acid system	ОВП ROP
Количество заболеваний за предыдущие 3 года Number of diseases during previous three years	Заб NDp3Y

При организации практической деятельности по контролю состояния здоровья населения необходим перечень наиболее информативных показателей его характеристики. Для обоснования выбора проведён анализ парной корреляции ранее изученных индивидуальных показателей [25], характеризующих функциональное состояние кардиореспираторной системы, и индивидуальных показателей, изученных в настоящем исследовании. Для этого показатели функционального состояния практически здоровых детей сопоставляли с числом их заболеваний за последние три года.

В исследование включено 8 показателей, большинство которых являются интегральными. Перечень показателей приведён в табл. 4.

Расчёты коэффициентов парной корреляции проведены для городов первой и второй изучаемых климатических зон. Результаты проведённых исследований представлены в табл. 5, 6.

Полученные данные свидетельствуют, что при воздействии различного уровня загрязнения атмосферного воздуха в неблагоприятных климатических условиях корреляционная связь показателей числа заболеваний высокой силы выявлена с показателями индекса гарвардского степ-теста, бактерицидной активностью кожи и окислительно-восстановительным потенциалом системы молочная/пировиноградная кислота. В климатических условиях средней полосы – с показателями индекса гарвардского степ-теста, бактерицидной активностью кожи, содержанием тиолдисульфидной системы и окислительно-восстановительным потенциалом системы молочная/пировиноградная кислота.

Таблица 5 / Table 5

**Коэффициенты парной корреляции для показателей функционального состояния кардиореспираторной системы и неспецифической резистентности у детей, проживающих в первой климатической зоне**

**Pair correlation coefficients for indicators of the functional state of the cardiorespiratory system and non-specific resistance in children living in the first climatic zone**

	ИТ TI	ИН SI	ВИР VBI	ИГСТ HSTI	БАК BAS	SH/SS	ОВП ROP	Заб. NDp3Y
ЖЕЛ VC	0.39	-0.08	-0.07	0.19	0.08	0.11	0.10	-0.14
	ИТ TI	0.11	0.07	0.16	-0.03	0.06	0.10	0.15
		ИН SI	0.99	-0.45	-0.31	0.09	0.24	0.28
			ВИР VBI	-0.39	-0.28	0.14	0.25	0.27
				ИГСТ HSTI	0.53	0.27	0.36	0.59
					БАК BAS	0.28	0.38	0.68
						SH/SS	-	-
							ОВП ROP	-0.63

Таблица 6 / Table 6

**Коэффициенты парной корреляции для показателей функционального состояния кардиореспираторной системы и неспецифической резистентности у детей, проживающих во второй климатической зоне**

**Pair correlation coefficients for indicators of the functional state of the cardiorespiratory system and non-specific resistance in children living in the second climatic zone**

	ИТ TI	ИН SI	ВИР VBI	ИГСТ HSTI	БАК BAS	SH/SS	ОВП ROP	Заб. NDp3Y
ЖЕЛ VC	0.42	-0.08	-0.06	0.17	0.09	0.10	0.10	-0.12
	ИТ TI	0.10	0.08	0.15	-0.04	0.04	0.07	0.12
		ИН SI	0.98	-0.39	-0.28	0.05	0.17	0.22
			ВИР VBI	-0.37	-0.23	0.11	0.18	0.23
				ИГСТ HSTI	0.41	0.21	0.28	0.46
					БАК BAS	0.24	0.33	0.63
						SH/SS	0.79	0.59
							ОВП ROP	0.61

## Обсуждение

Исследованиями установлено, что у детей, проживающих в районах с воздействием высокой антропогенной нагрузки за счёт загрязнения атмосферного воздуха в сочетании с неблагоприятными климатическими условиями за счёт более низких среднегодовых температур, наблюдается изменение показателей неспецифической резистентности, которое проявляется неблагоприятным изменением показателя бактерицидной активности кожи, увеличением бактериальной обсеменённости поверхностных и глубоких слоёв кожи, снижением количества лизоцима слюны. Результаты исследования свидетельствуют, что преимущественно негативное воздействие на показатели неспецифической резистентности оказывает загрязнение атмосферного воздуха. Это подтверждают результаты тиолдисульфидного теста, в котором при практически одинаковом показателе в слюне у детей общего белка соотношение SH/SS-групп в 1,35 раза меньше у детей, проживающих в условиях загрязнённой атмосферы, что указывает на сдвиг у них окислительно-восстановительного гомеостаза в сторону окисления. Вместе с тем анализ парных коэффициентов корреляции и частных коэффициентов множественной корреляции указывает, что северные неблагоприятные климатические условия усугубляют негативное влияние высокой степени загрязнения воздушной среды на показатели неспецифической резистентности детского организма.

Анализ результатов исследования позволяет заключить, что показателями, чутко реагирующими на изменение окружающей среды в районах с сочетанным воздействием загрязнения атмосферного воздуха и климатическими характеристиками северных регионов, являются не только индекс гарвардского степ-теста, но и показатели неспецифической резистентности (бактерицидная активность кожи, состояние

тиолдисульфидной системы, окислительно-восстановительный потенциал системы молочная/пировиноградная кислота). Выявленные изменения имеют однонаправленный характер. Проведённые нами исследования и расчёты указывают на факт более неблагоприятного воздействия сильного антропогенного загрязнения атмосферного воздуха в северных климатических условиях по сравнению с их изолированным воздействием.

## Заключение

Сочетание неблагоприятного воздействия высокого уровня антропогенного загрязнения атмосферного воздуха и неблагоприятных климатических условий оказывает более выраженное негативное влияние на неспецифическую резистентность у детей в возрасте 5–6 лет, изученную на основе оценки показателей БАК, бактериальной обсеменённости поверхностных и глубоких слоёв кожи, активности лизоцима и состояния тиолдисульфидной системы слюны, по сравнению с их изолированным действием. Установлен перечень неинвазивных показателей, чутко реагирующих на неблагоприятное влияние окружающей среды в районах с загрязнённым атмосферным воздухом в сочетании с северными климатическими характеристиками, включающий наравне с интегральной характеристикой функционального состояния кардиореспираторной системы (индекс гарвардского степ-теста) показатели неспецифической резистентности (бактерицидная активность кожи, состояние тиолдисульфидной системы слюны).

Результаты исследования целесообразно учитывать при организации медицинского обслуживания детей и обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения, подвергающегося сочетанному воздействию антропогенной нагрузки и северных климатических условий.

## Литература

1. РОССТАТ. Окружающая среда. Доступно: <https://www.gks.ru/folder/11194>
2. Филатов Н.Н., Глиненко В.М., Ефимов М.В., Муратов В.В., Фокин С.Г. Влияние химического загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения. *Гигиена и санитария*. 2009; 88(6): 82–4.
3. Хайруллин К.Ш., Карпенко В.Н. Санитарно-гигиенические климатические ресурсы для градостроительства. *Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации*. СПб.: Гидрометеоиздат; 2005: 147–50.
4. Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Гигиеническая характеристика функционального состояния кардиореспираторной системы детей, подвергающихся сочетанному воздействию загрязнённого атмосферного воздуха в различных климатических условиях. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(6): 603–9. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-6-603-609>
5. Воробьева А.И., Волкотруб Л.П. Влияние атмосферных загрязнителей на состояние неспецифической резистентности детского организма. В кн.: *Материалы конференции «Проблемы донозологической гигиенической диагностики»*. Липецк; 1989: 85–7.
6. Фролов В.Н., Пересадин Н.А., Петруня А.М. Влияние экологически вредных факторов крупного промышленного региона на иммунологическую реактивность организма. *Микробиология, эпидемиология, иммунология*. 1995; (5): 119–23.
7. Маймулов В.Г., Ромашов П.Г., Черныкина Т.С., Якубова И.Ш., Суворова А.В., Блинова Л.Т. и соавт. Выявление цитогенетических нарушений в эпителиоцитах слизистой оболочки полости рта у детей и подростков, проживающих в районах с различной степенью химического загрязнения окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2011; 90(5): 36–9.
8. Виноградова В.В. Биоклиматические индексы в оценке воздействия современного потепления климата на условия жизни населения России. *Известия Российской академии наук. Серия: География*. 2009; (3): 82–9.
9. Айзенштат Б.А. Радиационное влияние элементов окружающей среды на тепловой режим человека. *Труды САНИГМИ*. 1971; (53–68): 3–27.
10. Витченко А.Н. Методика геоэкологической оценки комфортности климата городов. *Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География*. 2007; (2): 99–104.
11. Новожилов Г.Н. *Методы комплексной оценки микроклимата и метеоусловий*. Ленинград; 1980.
12. Новожилов Г.Н., Ломов О.П. *Гигиеническая оценка микроклимата*. Ленинград; 1987.
13. Пинигин М.А. Задачи гигиены атмосферного воздуха и пути их решения на ближайшую перспективу. *Гигиена и санитария*. 2000; 89(1): 3–8.
14. Баевский Р.М., Берсенева А.П. *Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний*. М.: Медицина; 1997.
15. Гладких В.Д., Викторов А.А., Лось С.П. *Методология медико-экологического исследования, диагностики и оценки рисков экологически обусловленных изменений здоровья детского населения, проживающего в районах расположения потенциально экологически опасных объектов. Экологическая педиатрия*. М.: Триада-Х; 2011: 272–310.
16. Кикун П.Ф., Измайлова О.А., Горбурова Т.В., Ананьев В.Ю. Влияние эколого-гигиенических факторов среды обитания на распространение болезней органов дыхания у населения Приморского края. *Гигиена и санитария*. 2012; 91(5): 25–9.
17. Мейбаев М.Т. Состояние здоровья детей промышленных городов в связи с загрязнением атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2008; 87(2): 31–5.
18. Рахманин А.Ю., Хрипач Л.В., Железняк Е.В., Зыкова И.Е., Новиков С.М., Волкова И.Ф. и соавт. Влияние загрязнения атмосферного воздуха химическими соединениями на медико-биологические показатели состояния здоровья жителей Москвы. *Биозащита и биобезопасность*. 2011; 3(3): 25–35.
19. Суменко В.В., Боев В.М., Лебедькова С.Е., Рошупкин А.Н. Состояние здоровья у детей в зависимости от уровня и характера антропогенного загрязнения. *Гигиена и санитария*. 2012; 91(1): 67–9.
20. Сухарев А.Г., Михайлова С.А. Состояние здоровья детского населения в напряжённых экологических и социальных условиях. *Гигиена и санитария*. 2004; 83(1): 47–50.
21. Золотокрылин А.Н., Канцеевская И.В., Кренке А.Н. Районирование территории России по степени экстремальности природных условий для жизни человека. *Известия Российской академии наук. Серия: География*. 1992; (6): 16–30.
22. Rahman I., Biswas S.K., Kode A. Oxidative and antioxidant balance in the respiratory tract and respiratory diseases. *Eur. J. Pharmacol.* 2006; 533: 222–39.
23. Соколовский В.В. Тиолдисульфидная система и биоритмы. Доступно: <https://www.biophys.ru/archive/congress2006/pro-p121.htm>
24. Гончарова А.И., Окулич В.К., Земко В.О., Сенькович С.А. Антимикробная активность лизоцима как фактор неспецифической резистентности. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2019; 18(4): 40–5. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2019.4.40>
25. Голванов Е.А. *Основы корреляционного и регрессионного анализа*. М.: Наука; 1991.

## References

1. ROSSTAT. Environment. Available at: <https://www.gks.ru/folder/11194> (in Russian)
2. Filatov N.N., Glinenko V.M., Efimov M.V., Muratov V.V., Fokin S.G. Impact of chemical ambient air pollution in Moscow on its population's health. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2009; 88(6): 82–4. (in Russian)
3. Khayrullin K.Sh., Karpenko V.N. *Sanitary and Hygienic Climatic Resources for Urban planning. Encyclopedia of Climatic Resources of the Russian Federation [Sanitarno-gigienicheskie klimaticheskie resursy dlya gradostroitel'stva. Entsiklopediya klimaticheskikh resursov Rossiyskoy Federatsii]*. St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 2005: 147–50. (in Russian)
4. Levanchuk A.V., Kopytenkova O.I. Hygienic characteristics of the functional state of the cardiorespiratory system of children exposed to combined effects of air pollution in different climatic conditions. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(6): 603–9. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-6-603-609> (in Russian)
5. Vorob'eva A.I., Volkotrub L.P. Influence of atmospheric pollutants on the state of nonspecific resistance of the child's body. In: *Materials of the Conference «Problems of Prenatal Hygienic Diagnostics» [Materialy konferentsii «Problemy donozologicheskoy gigienicheskoy diagnostiki»]*. Lipetsk; 1989: 85–7. (in Russian)
6. Frolov V.N., Peresadin N.A., Petrunya A.M. Influence of environmentally harmful factors of a large industrial region on the immunological reactivity of the body. *Mikrobiologiya, epidemiologiya, immunologiya*. 1995; (5): 119–23. (in Russian)
7. Maymulov V.G., Romashov P.G., Chernyakina T.S., Yakubova I.Sh., Suvorova A.V., Blinova L.T., et al. Detection of cytogenetic disorders in the oral mucosal epitheliocytes of children and adolescents living in the areas with different degrees of outdoor chemical pollution. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2011; 90(5): 36–9. (in Russian)
8. Vinogradova V.V. Bioclimatic indexes in evaluation of modern climate warming on human life conditions of the Russian population. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya: Geografiya*. 2009; (3): 82–9. (in Russian)
9. Eisenstatt B.A. Radiative influence of environmental elements on the human thermal regime; *Trudy SANIGMI*. 1971; (53–68): 3–27. (in Russian)
10. Vitchenko A.N. Methods of geoeological assessment of the comfort of a climate of cities. *Vestnik BGU. Seriya 2: Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 2007; (2): 99–104. (in Russian)
11. Novozhilov G.N. Methods of Integrated Assessment of Climate and Weather Conditions [Metody kompleksnoy otsenki mikroklimata i meteouloviy]. Leningrad; 1980. (in Russian)
12. Novozhilov G.N., Lomov O.P. *Hygienic Assessment of the Microclimate [Gigienicheskaya otsenka mikroklimata]*. Leningrad; 1987. (in Russian)
13. Pinigin M.A. Problems of atmospheric air hygiene and ways to solve them in the near future. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2000; 89(1): 3–8. (in Russian)
14. Baevskiy R.M., Berseneva A.P. *Assessment of the Adaptive Capabilities of the Body and the Risk of Developing Diseases [Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i riska razvitiya zabolevaniy]*. Moscow: Meditsina; 1997. (in Russian)
15. Gladkikh V.D., Viktorov A.A., Los' S.P. *Methodology of Medico-Ecological Research, Diagnostics and Risk Assessment of Ecologically Determined Changes in the Health of Children Living in Areas where Potentially Environmentally Hazardous Objects are Located. Ecological Pediatrics [Metodologiya mediko-ekologicheskogo issledovaniya, diagnostiki i otsenki riskov ekologicheskoi obustovlenykh izmeneniy zdorov'ya detskogo naseleniya, prozhivayushchego v rayonakh raspolozheniya potentsial'no ekologicheskoi opasnykh ob'ektov. Ekologicheskaya pediatriya]*. Moscow: Triada-X; 2011: 272–310. (in Russian)
16. Kiku P.F., Izmaylova O.A., Gorborkova T.V., Anan'ev V.Yu. The influence of ecological hygiene environmental factors on the distribution of respiratory diseases in population of Primorsky kraj. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2012; 91(5): 25–9. (in Russian)
17. Meybaliev M.T. The health status of children from industrial towns due ambient air pollution. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2008; 87(2): 31–5. (in Russian)
18. Rakhmanin A.Yu., Khripach L.V., Zheleznyak E.V., Zykova I.E., Novikov S.M., Volkova I.F., et al. The influence of atmospheric air pollution by chemical compounds on the medical and biological indicators of the health status of Moscow residents. *Biozashchita i biobezopasnost'*. 2011; 3(3): 25–35. (in Russian)
19. Sumenko V.V., Boev V.M., Lebed'kova S.E., Roshchupkin A.N. Children's health status in relation to the level and nature of anthropogenic pollution. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2012; 91(1): 67–9. (in Russian)
20. Sukharev A.G., Mikhaylova S.A. The health status of children under poor ecological and social conditions. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2004; 83(1): 47–50. (in Russian)
21. Zolotokrylin A.N., Kantsebovskaya I.V., Krenke A.N. Zoning of the territory of Russia according to the degree of extremality of natural conditions for human life. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya: Geografiya*. 1992; (6): 16–30. (in Russian)
22. Rahman I., Biswas S.K., Kode A. Oxidative and antioxidant balance in the respiratory tract and respiratory diseases. *Eur. J. Pharmacol.* 2006; 533: 222–39.
23. Sokolovskiy V.V. The thiol disulfide system and biorhythms. Available at: <https://www.biophys.ru/archive/congress2006/pro-p121.htm> (in Russian)
24. Goncharova A.I., Okulich V.K., Zemko V.O., Sen'kovich S.A. Antimicrobial activity of lysozyme as a nonspecific resistance factor. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2019; 18(4): 40–5. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2019.4.40> (in Russian)
25. Golovanov E.A. *Fundamentals of Correlation and Regression Analysis [Osnovy korrelyatsionnogo i regressionnogo analiza]*. Moscow: Nauka; 1991. (in Russian)