



## Сравнительная оценка физического развития детей и подростков, проживающих на различных по уровню антропогенной нагрузки территориях

Е.А. Калюжный<sup>1</sup>, Р.С. Рахманов<sup>1</sup>, Е.С. Богомолова<sup>1</sup>, И.В. Мухина<sup>1</sup>,  
А.А. Курникова<sup>1</sup>, А.К. Горбачева<sup>2</sup>, Т.К. Федотова<sup>2</sup>, Р.Н. Мустафин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России,  
пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт и Музей антропологии им. Д.Н. Анучина Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, ул. Моховая, д. 11, г. Москва, 125009, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»,  
ул. Ленина, д. 3, г. Уфа, 450008, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Корреляции рассматриваются как надежные индикаторы приспособительной изменчивости организма.

**Цель** – сравнительная оценка физического развития детей и подростков, проживающих на различных по уровню антропогенной нагрузки территориях.

**Материал и методы.** Проанализирована структура корреляций морфофункциональных показателей детей и подростков ( $n = 5137$ ) на четырех территориях, отличающихся по уровню антропогенной нагрузки за 2018–2021 гг.: относительно удовлетворительная – критическая. Определяли длину, массу тела, обхват груди, силу кистей рук, жизненную емкость легких, частоту сердечных сокращений, систолическое и диастолическое давление, половой диморфизм размеров тела. Рассчитывали индекс массы и площадь поверхности тела. Соизменчивость соматических и функциональных показателей анализировалась отдельно в стандартизованных по возрасту гендерных группах 9, 13 и 15 лет. Определяли значимые различия в частотах достоверных корреляционных связей в каждой группе и в различных экологических кластерах.

**Результаты.** На территориях, различных по уровню антропогенной нагрузки, достоверно (от первого к четвертому) снижались: длина тела (на 0,82 %), сила правой (на 5,22 %) и левой кисти (на 9,68 %), увеличивались: масса тела (на 5,02 %), окружность грудной клетки (на 1,26 %), жизненная емкость легких (на 5,56 %). В кластерах с напряженной и критической нагрузкой снижалось систолическое (на 4,54 %) и диастолическое (на 5,89 %) давление, увеличивалась частота сердечных сокращений (на 2,81 %). Установлено суммарное по полу и возрасту увеличение числа внутрисистемных (антропометрических) и межсистемных (антропометрических/гемодинамических) морфофункциональных корреляций: 186 на фоне удовлетворительной экологической ситуации, 228 на фоне напряженной. Эффект наиболее выражен у детей обоего пола девяти лет.

**Заключение.** Увеличение частоты достоверных внутрисистемных и межсистемных корреляций морфофункциональных показателей детей и подростков при увеличении экологической нагрузки свидетельствует о напряжении механизмов адаптации организма, эффект антропоэкологических взаимодействий в половозрастных группах обусловлен большей экокчувствительностью в мужской когорте.

**Ключевые слова:** дети и подростки, половозрастные группы, морфофункциональные показатели, экологические кластеры, корреляционный анализ.

**Для цитирования:** Калюжный Е.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Мухина И.В., Курникова А.А., Горбачева А.К., Федотова Т.К., Мустафин Р.Н. Сравнительная оценка физического развития детей и подростков, проживающих на различных по уровню антропогенной нагрузки территориях // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 3. С. 34–42. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-3-34-42>

## Comparative Assessment of Physical Development of Children and Adolescents Living in Territories with Different Levels of Anthropogenic Load

Evgeny A. Kalyuzhny,<sup>1</sup> Rofail S. Rakhmanov,<sup>1</sup> Elena S. Bogomolova,<sup>1</sup> Irina V. Mukhina,<sup>1</sup>  
Anna A. Kurnikova,<sup>1</sup> Anna K. Gorbacheva,<sup>2</sup> Tatiana K. Fedotova,<sup>2</sup> Rustam N. Mustafin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

<sup>2</sup> Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University,  
11 Mokhovaya Street, Moscow, 125009, Russian Federation

<sup>3</sup> Bashkir State Medical University, 3 Lenin Street, Ufa, 450008, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** Correlations are considered as a reliable indicator of adaptive variability in populations.

**Objective:** To make a comparative assessment of physical development of children and adolescents living in areas with different levels of anthropogenic load.

**Material and methods:** We analyzed the structure of correlations between morphological and functional indicators of children and adolescents ( $n = 5,137$ ) and the level of anthropogenic load (from relatively satisfactory to critical) in four territories for the years 2018–2021. We measured body length and weight, chest circumference, right and left hand grip strength, vital capacity of the lungs, heart rate, systolic and diastolic blood pressure, and sexual size dimorphism, and then calculated the body mass index and body surface area. The variability of somatic and functional indices was examined separately in age-standardized groups of 9, 13 and 15-year-old boys and girls. Significant differences in the frequencies of statistical correlations in each group and in different environmental clusters were determined.

**Results:** We established a statistical decrease in body length by 0.82 % and in right and left handgrip strength by 5.22 % and 9.68 %, respectively, accompanied by an increase in body weight by 5.02 %, chest circumference by 1.26 %, and vital capacity by 5.56 %, all associated with an increase in the level of anthropogenic load in the area. In environmental

clusters with intense and critical load, we noted a decrease in systolic and diastolic blood pressure by 4.54 % and 5.89 %, respectively, and an increase in the heart rate by 2.81 %. We found an increase in the total number of age and sex-specific intrasystemic (anthropometric) and intersystemic (anthropometric/hemodynamic) morphofunctional correlations from 186 in clean areas to 228 in heavily polluted ones. Health effects of environmental contamination was the most pronounced in 9-year-old children of both sexes.

**Conclusion:** An increase in the frequency of significant intrasystemic and intersystemic correlations of morphological and functional indicators in children and adolescents with the increase in environmental load indicates tension of adaptive mechanisms in the body; the effect of interactions between environmental pollution and anthropogenic parameters in age and sex groups is attributed to greater sensitivity in the male cohort.

**Keywords:** children, adolescents, age and sex groups, morphological and functional indicators, environmental clusters, correlation analysis.

**For citation:** Kalyuzhny EA, Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Mukhina IV, Kurnikova AA, Gorbacheva AK, Fedotova TK, Mustafin RN. Comparative assessment of physical development of children and adolescents living in territories with different levels of anthropogenic load. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(3):34–42. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-3-34-42>

**Введение.** Морфофункциональное развитие детского населения тесно связано со средой обитания. Среди направлений изучения ее влияния на организм – корреляционный анализ [1–3].

Корреляция является информативным индикатором механизмов интеграции при характеристике внутри- и межсистемных связей, что позволяет использовать корреляционный анализ для изучения приспособительной изменчивости организма в популяциях, находящихся в разных средовых условиях и на разных стадиях адаптированности [4–6].

В выборках из когорт, физиологический гомеостаз которых под давлением экстремальной экологической ситуации нарушен, наблюдается дифференцированное проявление устойчивых связей между соматическими и функциональными показателями организма: процент достоверных связей в основном увеличивается в популяциях, проживающих в экстремальных средовых условиях [7–9]. Возрастание количества и величин корреляций может свидетельствовать о нарушении физиологического гомеостаза популяций. При этом в соизменчивости признаков разной природы обнаруживается проявление полового диморфизма [10–12], в неблагоприятных условиях повышается размах изменчивости показателей, и между ними возникают более жесткие связи [13–15].

У детей и подростков внутригрупповая вариация и степень коррелированности антропометрических признаков связана с возрастом, а также влиянием факторов среды и условий обитания [16–18].

**Целью** нашего исследования являлась сравнительная оценка морфофункционального состояния организма детей и подростков, проживающих на различных по уровню антропогенной нагрузки территориях.

**Материал и методы исследования.** Объект наблюдения – дети и подростки 7–17 лет ( $n = 5137$ ), проживающие в Нижегородской области. Их обследования проведены в рамках плановых медицинских осмотров в школах в 2018–2021 гг. Участие в наблюдении и получение абсолютных значений физиологических показателей проводилось на основе добровольного информированного согласия родителей у детей до пятнадцати лет, собственного согласия с пятнадцатилетнего возраста с соблюдением этических стандартов<sup>1</sup>. Определяли габаритные

антропометрические размеры (длина и масса тела (ДТ, МТ), обхват грудной клетки (ОГК)); физиометрические (жизненная емкость легких (ЖЕЛ), сила правой, левой кистей (ДнП, ДнЛ)); гемодинамические показатели (систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД), частота сердечных сокращений (ЧСС)); расчетные показатели (индекс массы тела (ИМТ), площадь поверхности тела Дюбуа (ППТ)). В качестве дополнительного индикатора «межкластерных» различий привлечен половой диморфизм (ПД) размеров тела [16, 19–21].

Эти критерии были использованы для оценки показателей физического развития детей и подростков, проживающих на территориях с разной экологической нагрузкой, а также определения корреляционных связей между соматическими и функциональными показателями.

Корреляционные матрицы рассматривались для четырех экологических кластеров, выделенных с использованием индекса антропогенной нагрузки ( $J_{ан}$ ) на основе учета ключевых факторов, деформирующих окружающую среду, и состояния социально-экономических систем.

Индекс антропогенной нагрузки (Jan) рассчитывали по формуле:

$$J_{ан} = (\alpha^{-1} - \beta) \frac{\sum_{i=1}^n b_i I_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

где:

- $\alpha^{-1}$  – коэффициент нарушенности территории;
- $\beta$  – доля особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в площади района;
- $b_i$  – весовые коэффициенты, равные величине обратной дисперсии данного признака;
- $I_i$  – базовые и производные эколого-экономические показатели.

Пространственная динамика и кластеризация территорий по степени антропогенной нагрузки градируется согласно представленной структуре: кластер 1 – относительно удовлетворительная экологическая ситуация ( $J_{ан} < 0,6$ ); кластер 2 – умеренно напряженная экологическая ситуация ( $0,6 < J_{ан} < 1,1$ ); кластер 3 – напряженная экологическая ситуация ( $1,1 < J_{ан} < 1,7$ ); кластер 4 – критическая экологическая ситуация ( $J_{ан} > 1,7$ ) [4, 22–24].

<sup>1</sup> Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ (последняя редакция).

Соизменчивость соматических и функциональных показателей анализировалась отдельно в стандартизованных по возрасту гендерных группах. Выделили три возрастные группы: 9 лет (примерно середина периода второго детства, относительно «нейтральный» возраст, характеризуется минимальной скоростью ростовых процессов на всем протяжении онтогенеза от момента полуростового скачка до момента пубертатного скачка роста); 13 лет (возраст пубертатного ускорения роста) и 15 лет (подростковый период). Определяли статистически значимые различия в частотах достоверных корреляционных связей в каждой половозрастной группе и в различных экологических кластерах.

На примере мальчиков 9 лет определяли наличие/отсутствие корреляционных связей между изучаемыми признаками в условиях различной экологической ситуации по Пирсону в связи с отличием распределения оцениваемых значений от нормального. Градация связей  $R$ : отсутствие связи (0,0), низкая (0,1–0,3), средняя (0,4–0,6), высокая или функциональная (0,7–1,0).

Доли процентных характеристик статистически значимых корреляций рассчитывались по отношению достоверных показателей к общему числу корреляционных обусловленностей, привлеченных в стандартную корреляционную матрицу, по методу Гудковой Л.К. [8]. Достоверность коэффициентов корреляции определяли по  $t$ -критерию Стьюдента [1].

Далее (по аналогии: ДТ, МТ, ОГК, ЖЕЛ, ДнП, ДнЛ, САД, ДАД, ЧСС, ИМТ, ППТ, ПД) анализировали в следующих половозрастных группах, что позволило выявить особенности корреляционных связей по территориям загрязнения.

Формирование базы данных производили в СУБД FoxPro v.2.6, статистическую обработку провели с помощью лицензионного программного

обеспечения IBM SPSS Statistics 19.0, проверку нормальности распределений осуществляли по критерию Колмогорова – Смирнова. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$  [10, 25, 26].

**Результаты.** При оценке морфофункциональных показателей мальчиков 9 лет в градации экологической кластеризации от первого к четвертому установили статистически значимые различия ( $p < 0,01$ ) по ряду показателей. Одни из ряда оцениваемых показателей снизились, другие возросли. Так, ДТ снизилась на 0,82 %, сила правой кисти – на 4,96 %, сила левой кисти – на 8,82 %, САД – на 4,34 %, ДАД – на 5,56 %. Увеличилась МТ на 5,02 %, ОГК – на 1,26 %, ЖЕЛ – на 5,88 % и ЧСС – на 2,89 %. ИМТ возрос на 6,49 % (табл. 1).

Как показали результаты, число достоверных корреляций возрастало при ухудшении уровня антропогенной нагрузки. Так, для первого кластера их было 19/34,5 %, для второго – 28/50,9 % и 44/80 и 29/52,7 % – для третьего и четвертого соответственно (табл. 2, 3).

Определено, что в первом кластере процент высоких корреляций в 11 % случаев обусловлен сильными, статистически значимыми связями антропометрических показателей:  $R = 0,71–0,98$ . Однако ДТ и МТ показывали связь средней силы в диапазоне  $R = 0,57–0,59$ . Корреляты физиометрических показателей были выражены слабыми и средними связями:  $R = 0,38–0,50$ . Гемодинамические данные также указывали на наличие средних по силе значимых корреляций: САД/ДАД ( $R = 0,57–0,59$ ).

Оказалось, что связи внутри одной физиометрической группы показателей в наблюдаемых кластерах были более высокими и значимыми в отличие от показателей разных групп. Например, в первом кластере для антропометрической группы

**Таблица 1. Показатели физического развития у мальчиков 9 лет в кластерах разной экологической напряженности,  $M \pm m$**

**Table 1. Physical development indicators in 9-year-old boys residing in environmental clusters of different intensity,  $M \pm m$**

Показатели / Indicators	Экологические кластеры (территории) / Environmental clusters (territories)				Статистика / Statistics
	1	2	3	4	
ДТ, см / BH, cm	134,3 ± 0,95	135,4 ± 1,14	136,9 ± 0,28	133,2 ± 0,97	$F = 6,19; p < 0,01$
МТ, кг / BW, kg	27,9 ± 0,72	33,3 ± 1,23	32,6 ± 0,32	29,3 ± 0,88	$F = 7,46; p < 0,01$
ИМТ / BMI	15,4 ± 0,34	18,1 ± 0,49	17,3 ± 0,13	16,4 ± 0,33	$F = 6,34; p < 0,01$
ППТ, м <sup>2</sup> / BSA, m <sup>2</sup>	1,0 ± 0,02	1,1 ± 0,03	1,1 ± 0,01	1,0 ± 0,02	$F = 8,12; p < 0,01$
ОГК, см / CC, cm	63,5 ± 0,66	68,1 ± 1,21	67,2 ± 0,28	64,3 ± 0,67	$F = 6,36; p < 0,01$
ЖЕЛ, л / VC, L	1,7 ± 0,44	1,9 ± 0,46	2,1 ± 0,21	1,8 ± 0,38	$F = 7,76; p < 0,01$
ДнП, кг / RHGS, kg	14,1 ± 0,49	15,3 ± 0,65	10,6 ± 0,19	13,4 ± 0,45	$F = 9,56; p < 0,01$
ДнЛ, кг / LHGS, kg	13,6 ± 0,64	13,9 ± 0,63	10,1 ± 0,18	12,4 ± 0,64	$F = 8,57; p < 0,01$
САД, мм. рт. ст. / SBP, mm Hg	101,3 ± 1,74	102,7 ± 1,72	100,7 ± 0,40	96,9 ± 1,86	$F = 2,72; p = 0,04$
ДАД, мм. рт. ст. / DBP, mm Hg	68,3 ± 1,60	67,2 ± 1,39	62,2 ± 0,35	64,5 ± 1,77	$F = 9,87; p < 0,01$
ЧСС (уд./мин.) / HR, bpm	79,6 ± 1,63	83,6 ± 2,21	86,1 ± 0,41	81,9 ± 1,60	$F = 7,25; p < 0,01$

Примечание:  $p < 0,01$  при критическом значении критерия Фишера ( $F$ ) для  $s/s\ 3/682 = 3,4$  [1].

**Аббревиатуры:** ДТ – длина тела; МТ – масса тела; ИМТ – индекс массы тела; ППТ – площадь поверхности тела; ОГК – обхват грудной клетки; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ДнП – мышечная сила правой кисти; ДнЛ – мышечная сила левой кисти; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений.

Note:  $p < 0.01$  with the critical value of Fisher's criterion ( $F$ ) for  $s/s\ 3/682 = 3.4$  [1].

**Abbreviations:** BH, body height; BW, body weight; BMI, body mass index; BSA, body surface area; CC, chest circumference; VC, vital capacity; RHGS, right hand grip strength; LHGS, left hand grip strength; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HR, heart rate, beats per minute.

**Таблица 2. Характеристика распределения корреляционных коэффициентов морфофункциональных показателей мальчиков 9 лет для территорий с удовлетворительной и умеренно напряженной экологической ситуацией****Table 2. Distribution of correlation coefficients for morphological and functional indicators of 9-year-old boys between territories with satisfactory and moderately tense environmental situation**

Кластеры / Clusters	Морфофункциональные показатели, территория 1 / Morphological and functional indicators, territory 1											
		ДТ / ВН	МТ / ВВ	ИМТ / ВМІ	ППТ / BSA	ОГК / СС	ЖЕЛ / ВС	ДнП / DnP	ДнЛ / DnL	САД / SBP	ДАД / DBP	ЧСС / HR
Морфофункциональные показатели, территория 2 / Morphological and functional indicators, territory 2	ДТ / ВН	–	0,57*	0,01	0,70*	0,44*	–0,16	0,39*	0,42*	0,19	0,14	–0,09
	МТ / ВВ	0,59	–	0,82*	0,98*	0,71*	–0,01	0,49*	0,50*	0,09	0,15	–0,20
	ИМТ / ВМІ	0,16	0,89*	–	0,69*	0,58*	0,09	0,31	0,31	–0,04	0,08	–0,17
	ППТ / BSA	0,74*	0,98*	0,78*	–	0,70*	–0,05	0,50*	0,52*	0,11	0,15	–0,18
	ОГК / СС	0,57*	0,94*	0,83*	0,92*	–	–0,20	0,35*	0,43*	0,07	0,04	–0,23
	ЖЕЛ / ВС	0,20	0,28	0,21	0,28	0,25	–	0,23	0,27	–0,02	–0,07	0,23
	ДнП / RHGS	0,40*	0,51*	0,38*	0,53*	0,41*	0,19	–	0,71*	0,11	0,12	0,16
	ДнЛ / LHGS	0,29	0,52*	0,46*	0,50*	0,42*	0,29	0,79*	–	0,19	–0,01	0,03
	САД / SBP	0,08	0,32*	0,32*	0,28	0,35*	–0,12	0,11	0,13	–	0,59*	0,35
	ДАД / DBP	0,01	0,33*	0,38*	0,28	0,29	–0,08	0,27	0,33*	0,60*	–	0,05
ЧСС / HR	0,10	0,21	0,19	0,19	0,36*	–0,30*	0,11	0,12	0,41*	0,07	–	

Примечание: \* – значимые корреляции при  $p < 0,05$ ; аббревиатуры см. в табл. 1.Notes: \* statistically significant at  $p < 0.05$ ; see Table 1 for abbreviations.**Таблица 3. Характеристика распределения корреляционных коэффициентов морфофункциональных показателей мальчиков 9 лет для территорий с напряженной и критической экологической ситуацией****Table 3. Distribution of correlation coefficients for morphological and functional indicators of 9-year-old boys between the territories with tense and critical environmental situation**

Кластеры / Clusters	Морфофункциональные показатели, территория 3 / Morphological and functional indicators, territory 3											
		ДТ / ВН	МТ / ВВ	ИМТ / ВМІ	ППТ / BSA	ОГК / СС	ЖЕЛ / ВС	ДнП / RHGS	ДнЛ / LHGS	САД / SBP	ДАД / DBP	ЧСС / HR
Морфофункциональные показатели, территория 4 / Morphological and functional indicators, territory 4	ДТ / ВН	–	0,70*	0,39*	0,80*	0,54*	0,47*	0,36*	0,29*	0,35*	0,26*	–0,10
	МТ / ВВ	0,73*	–	0,93*	0,99*	0,91*	0,41*	0,34*	0,28*	0,37*	0,28*	0,04
	ИМТ / ВМІ	0,33*	0,88*	–	0,88*	0,89*	0,28*	0,25*	0,21*	0,30*	0,23*	0,11
	ППТ / BSA	0,82*	0,99*	0,81*	–	0,87*	0,44*	0,36*	0,30*	0,39*	0,30*	0,02
	ОГК / СС	0,44*	0,77*	0,78*	0,73*	–	0,40*	0,31*	0,27*	0,30*	0,28*	0,10
	ЖЕЛ / ВС	0,21	0,18	0,11	0,19	0,04	–	0,33*	0,34*	0,25*	0,21*	0,06
	ДнП / RHGS	0,17	0,35*	0,37*	0,32*	0,48*	–0,06	–	0,80*	0,19*	0,06	0,04
	ДнЛ / LHGS	0,06	0,38*	0,49*	0,32*	0,58*	–0,08	0,79*	–	0,15	0,02	0,07
	САД / SBP	0,29	0,46*	0,43*	0,44*	0,56*	–0,25	0,43*	0,40*	–	0,63*	0,24*
	ДАД / DBP	0,34	0,32*	0,22	0,33*	0,39*	0,04	0,25	0,24	0,68*	–	0,26*
ЧСС / HR	0,30	0,28	0,20	0,30	0,17	–0,20	–0,01	0,17	0,16	0,22	–	

Примечание: \* – значимые корреляции при  $p < 0,05$ ; аббревиатуры см. в табл. 1.Notes: \* statistically significant at  $p < 0.05$ ; see Table 1 for abbreviations.

признаков диапазон статистически достоверно значимых корреляций составлял 0,58–0,98, для физиометрической группы, за исключением ЖЕЛ, – 0,71–0,79, для САД и ДАД – 0,59–0,60.

Показатели различных групп в большинстве своем свидетельствовали о наличии связей средней и низкой силы. Второй кластер показывал 15 % сильных значимых корреляций как в антропометрическом формате, так и в физиометрическом (ДнЛ/ДнП = 0,79) и гемодинамическом (САД/ДАД = 0,60).

Анализ морфофункциональных показателей у сверстников, проживающих в кластерах с напряженной и критической экологической ситуацией, установил 16–18 % сильных внутрисистемных корреляций, большая часть которых находилась

на уровне функциональной связи (0,8–1,0) (табл. 3). Антропометрическая группа показателей выявляла статистически значимые функциональные связи МТ с ОГК ( $R = 0,71–0,94$ ), площадью поверхности тела и масса-ростовым соотношением ( $R = 0,69–0,78$ ).

Оказалось, что уровни корреляций различались существенно в разных по возрасту группах и экологических кластерах: различия фиксировались в частоте достоверных корреляций (табл. 4). Так, число достоверных корреляций было несколько меньше у лиц женского пола в любом возрасте. Наибольшее число значимых связей было установлено в более раннем возрасте. У лиц мужского пола наибольшее число таких же связей было определено в 13-летнем возрасте.

**Таблица 4. Частоты достоверных корреляций морфологических и функциональных показателей в разных половозрастных группах в связи с уровнем антропогенной нагрузки**  
**Table 4. Frequencies of statistically significant correlations between the level of anthropogenic load and morphological and functional indices in different age and sex groups**

Экологический кластер / Environmental cluster	Число корреляций / доля (%) / Number of correlations / proportion (%)						Всего / Total:
	9 лет / years		13 лет / years		15 лет / years		
	Мальчики / Boys	Девочки / Girls	Мальчики / Boys	Девочки / Girls	Мальчики / Boys	Девочки / Girls	
1	22/28,2	20/26,3	32/41,9	38/49,2	44/56,4	30/38,2	186/40,5
2	37/47,4	52/67,2	36/46,5	36/46,7	25/32,8	32/41,4	218/47,8
3	49/63,1	43/55,7	45/58,6	21/27,2	42/54,0	28/36,6	228/49,2
4	40/51,5	26/34,2	43/55,1	30/38,5	37/47,1	24/31,3	200/43,7
Всего / Total:	148/47,3	141/45,5	156/50,3	125/40,7	148/47,1	114/37,2	832/45,5

С привлечением критерия хи-квадрат Пирсона ( $\chi^2$ ) было показано, что частоты достоверных корреляций неслучайно менялись от одного экологического кластера к другому. Достоверно значимые корреляции обнаруживались в 30–40 % случаев между соматическими и функциональными показателями. Например, изменение частот корреляций от кластера к кластеру для ЖЕЛ, САД и ДАД у 9-летних мальчиков составлял соответственно 22,22 ( $p = 0,01$ ), 11,75 ( $p = 0,01$ ) и 8,39 ( $p = 0,04$ ). Для девочек 9 лет они составляли, соответственно, для длины тела 8,38 ( $p = 0,04$ ), ЖЕЛ – 17,12 ( $p = 0,01$ ), силы правой руки – 10,29 ( $p = 0,01$ ), систолического давления – 18,95 ( $p = 0,02$ ) и ЧСС ( $p = 0,01$ ).

**Обсуждение.** Межсистемные корреляционные связи показывают обусловленности между разными органами, системами, функциями детского организма. Они более объективно характеризуют его адаптационный потенциал в целом в отличие от абсолютных значений физиологических показателей [3, 5, 27].

Состояние экологии обитания детей и подростков отражается на их морфофункциональном развитии [4, 5, 28]. Нами получены аналогичные результаты. Когорта мальчиков препубертатного возраста, проживающих на различных территориях, характеризовалась как однородная в контексте соответствия региональной нормативной базе. Привязанность средних абсолютных значений физиологических показателей обследованных школьников к Нижегородской популяции сверстников позиционировалась морфофункциональной нормой [2, 4]. Вместе с тем антропометрия, показывая повышение массы тела и окружности грудной клетки при снижении длины тела, свидетельствовала о тенденции к гиперстенизации и снижению функциональных показателей (как физиометрических, так и гемодинамических; за исключением ЖЕЛ и ЧСС) мальчиков в четвертом кластере относительно сверстников, проживающих на экологически адекватной территории.

Привлечение дополнительных критериев, в частности межсистемных корреляций, целесообразно для получения объективной картины физиологического статуса наблюдаемых детей. При этом установлено, что при увеличении уровня антропогенной нагрузки доля статистически значимых связей увеличивалась в большей степени в мужской части выборки [3, 5, 29].

Показано, что увеличение числа достоверных корреляций одной и разных физиометрических групп на фоне усиления уровня экологического стресса касается как внутрисистемных, так и, что более актуально, межсистемных связей, что хорошо характеризует картину увеличения адаптивного напряжения. Особо следует отметить появление достоверных межсистемных корреляций средней силы в диапазоне  $R = 0,31–0,54$  как показателей адаптивного напряжения организма с антропометрическими и физиометрическими признаками во 2–4-м кластерах.

Сравнение корреляционных матриц позволило выявить следующие особенности: число достоверных корреляций между показателями существенно увеличивалось при росте уровня антропогенной нагрузки, при переходе от кластера 1 к кластерам 2 и 3, соответственно 22, 37 и 49 из 78 оцениваемых критериев. В четвертом кластере частота достоверных корреляций вновь уменьшалась – 40 из 78, но превышала таковую для кластера 1. Полученные результаты отсылают к классическим популяционным исследованиям, в которых не раз констатировалось увеличение процента достоверных связей при усилении давления среды, как это показано, к примеру, в работе Гудковой для физиологических показателей крови [8]. Рост числа достоверных корреляций от 1-го к 3-му кластеру в данном случае, вероятно, отражает усиление напряжения механизмов адаптации, иллюстрируемое корреляционным анализом. Что касается снижения их в случае 4-го кластера, не исключено, что регистрируется срыв физиологических механизмов адаптации. Это, по нашему мнению, нуждается в дополнительной проверке на больших численностях выборок, поскольку 4-й кластер был наиболее малочисленный.

Наиболее тесные внутрисистемные связи (корреляция уровня  $0,7–0,9$ ) обнаруживались для блока антропометрических размеров (в комплексе с расчетными показателями ППТ и ИМТ) вне зависимости от уровня антропогенной нагрузки. Внутрисистемные связи гемодинамических показателей и физиометрических показателей имели уровень  $R = 0,2–0,3$  ( $p > 0,05$ ); при этом изменчивость ЖЕЛ имела автономную вариацию в кластере 1, но была связана с показателями гемодинамики в кластерах 2–4, а в кластере 3 – также и с антропометрическими показателями ( $R = 0,4$ ,  $p > 0,05$ ). Уровень любых

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-3-34-42>  
Original Research Article

межсистемных связей (антропометрия-физиометрия, физиометрия-гемодинамика и т. д.) не превышала величины  $R = 0,3-0,4$  при  $p < 0,05$ .

Исходя из положений корреляционной адаптометрии об увеличении тесноты связей между признаками на фоне увеличения средового стресса, можно говорить о некотором напряжении адаптивного потенциала детского организма. Это в наибольшей степени демонстрируют девочки 9 лет в кластере 2, а также дети обоего пола 9 лет и мальчики 13 лет в кластере 3 [3, 10, 26].

Вероятно, корреляционная разница показателей в мужской и женской группах определена в первом случае действием жесткой генетической программы физиологических обусловленностей, работающих вне зависимости от экзогенных факторов. Во втором случае более низкие межсистемные зависимости оправданы автономностью функционирования органов и систем, и только в критических случаях централизацией управления межсистемных связей со стороны центральной нервной системы в ракурсе высшей нервной деятельности [27, 28].

Таким образом, увеличение частоты достоверных внутрисистемных и особенно межсистемных корреляций морфофункциональных показателей детей и подростков при усилении уровня антропогенной нагрузки территории проживания подтверждает тезис о соизменчивости физиологических и морфологических переменных. Кроме того, это свидетельствует о том, что изменение экологической нагрузки и появление экстремальных для организма факторов приводит к напряжению механизмов адаптации организма [2, 9, 30]. Эффект антропоэкологических взаимодействий зависит от возраста и пола обследуемых, что свидетельствует о разных по полу механизмах адаптации в процессе роста и развития детей и подростков: несколько большей экокочувствительности мальчиков и большей резистентности девочек [7, 12, 16].

Выявленная объективная картина изменений абсолютных значений показателей физического развития свидетельствует о напряжении механизмов регуляции функций и вовлечении в процесс адаптации модификаций антропометрического статуса.

#### Выводы

1. Установлены статистически значимые различия морфологических показателей детей и подростков на различных по уровню антропогенной нагрузки территориях: от первого к четвертому кластеру длина тела снижалась на 0,82 %, масса тела увеличивалась на 5,02 %, окружность грудной клетки и индекс массы тела возрастали на 1,26 и 6,49 %. Физиометрический паттерн выявил увеличение жизненной емкости легких на 5,56 %, снижение мышечной силы правой кисти на 5,22 % и силы левой кисти на 9,68 %. В кластерах с напряженной и критической экологической нагрузкой отмечено снижение систолического артериального давления на 4,54 %, диастолического артериального давления на 5,89 % и увеличение частоты сердечных сокращений на 2,81 %.

2. При увеличении уровня антропогенной нагрузки возрастало число достоверных корреляций между

соматическими и функциональными показателями, наиболее выраженное в группах мальчиков и девочек 9 лет: с 28,2 до 62,8 % и с 25,6 до 55,1 % соответственно. Подтверждены высокие внутрисистемные связи ( $R = 0,7-0,9$ ,  $p < 0,05$ ) для блока антропометрических показателей как в абсолютном, так и в интегральном выражениях (площади поверхности тела, индекс массы тела) в тенденциозной зависимости от уровня антропогенной нагрузки.

3. Внутрисистемные связи гемодинамических и физиометрических показателей имеют низкий уровень  $R = 0,2-0,3$  ( $p < 0,05$ ); при этом изменчивость жизненной емкости легких имела автономную вариацию в кластере 1, но связана с показателями гемодинамики в кластерах 2–4, а в кластере 3 также и с антропометрическими показателями при  $R = 0,4$  ( $p < 0,05$ ). Корреляционные связи, как внутрисистемные, так и межсистемные, между показателями антропометрии, физиометрии и гемодинамики в группах женского пола разного возраста менее выражены, чем в группах мужского пола, что свидетельствует о большем напряжении механизмов адаптации у мальчиков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баврина А.П. Современные правила использования методов описательной статистики в медико-биологических исследованиях // Медицинский альманах. 2020. № 2 (63). С. 95–104.
2. Богомолова Е.С., Лангуев К.А., Котова Н.В. Некоторые аспекты состояния здоровья учащихся в связи с применением дистанционных образовательных технологий // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 3. С. 317–322. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-3-317-322
3. Гудкова Л.К. Изменчивость как понятие и как основное содержание физиологической (экологической) антропологии. Часть II // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2014. № 4. С. 4–17.
4. Бацевич В.А., Степанова А.В., Калужный Е.А. Сравнение результатов использования хронологического и скелетного (биологического) возрастов как группирующих факторов в межпопуляционных морфологических исследованиях детей и подростков // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2022. № 3. С. 5–16. doi: 10.32521/2074-8132.2022.3.005-016
5. Маклакова О.А., Зайцева Н.В., Эйфельд Д.А. Особенности формирования сочетанной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 11. С. 1246–1251. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1246-1251
6. Blum M. Estimating male and female height inequality. *Econ Hum Biol.* 2014;14:103–108. doi: 10.1016/j.ehb.2013.03.002
7. Попова А.Ю., Онищенко Г.Г., Ракитский В.Н., Кузьмин С.В., Кучма В.Р. Гигиена в обеспечении научно-технологического развития страны и санитарно-эпидемиологического благополучия населения (к 130-летию федерального научного центра гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 9. С. 882–889. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-882-889
8. Гудкова Л.К. Корреляционный анализ и его значение в экологической антропологии. Часть II // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2017. № 4. С. 4–16.

9. Lipton J, Galbraith H, Burger J, Wartenberg D. A paradigm for ecological risk assessment. *Environ Manag.* 1993;17(1):1-5. doi: 10.1007/BF02393789
10. Губернский Ю.Д., Федосеева В.Н., Маковецкая А.К., Калинина Н.В., Федоскова Т.Г. Эколого-гигиенические аспекты сенсibilизированности населения в жилой среде // Гигиена и санитария. 2017. Т. 98. № 5. С. 414–417. doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-5-414-417
11. Май И.В., Зайцева Н.В. Показатели риска и вреда здоровью населения в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 7–15. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-10-7-15
12. Smeester L, Fry RC. Long-term health effects and underlying biological mechanisms of developmental exposure to arsenic. *Curr Environ Health Rep.* 2018;5(1):134-144. doi: 10.1007/s40572-018-0184-1
13. Кучма В.Р., Рапопорт И.К., Сухарева Л.М., Скоблина Н.А., Седова А.С., Чубаровский В.В., Соколова С.Б. Здоровье детей и подростков в школьном онтогенезе как основа совершенствования системы медицинского обеспечения и санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 4. С. 325–333. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333
14. Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Оценка риска для здоровья подростков в зависимости от факторов окружающей среды и образа жизни // Казанский медицинский журнал. 2016. Т. 97. № 5. С. 771–777. <https://doi.org/10.17750/KMJ2016-771>
15. Morgunov BA, Chashchin VP, Gudkov AB, et al. Health risk factors of emissions from internal combustion engine vehicles: An up-to-date status of the problem. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2022;30(5):7-14. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-7-14
16. Калужный Е.А. Морфофункциональное состояние и адаптационные возможности учащихся образовательных учреждений в современных условиях. ПИМУ. 2020. 328 с.
17. Мингазова Э.Н., Лебедева У.М., Шигабутдинова Т.Н. и др. К вопросу об особенностях роста-весовых антропометрических показателей детей и подростков, проживающих в различных регионах России // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2021. Т. 29. № 3. С. 481–483. doi: 10.32687/0869-866X-2021-29-3-481-485. EDN: VJDDEW.
18. Богомолова Е.С., Котова Н.В., Максименко Е.О., Олюшина Е.А., Лангуев К.А., Кокурина Е.В. Гигиеническая оценка дистанционного обучения в школах и гимназиях Нижнего Новгорода // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 32–39. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-6-32-39
19. Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А., Маркелова С.В. и др. Гигиеническая характеристика образа жизни современной студенческой молодежи. В кн.: Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы. Москва, 2019. С. 32–44.
20. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новинов С.М. и др. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 30–36. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03
21. Kelly P, Matthews A, Foster C. Young and physically active: a blueprint for making physical activity appealing to youth. World Health Organization. Regional Office for Europe; 2012. Accessed March 21, 2023. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107304>
22. Гелашвили Д.Б., Басуров В.А., Розенберг Г.С. и др. Экологическое зонирование территорий с учетом роли сохранившихся естественных экосистем (на примере Нижегородской области) // Поволжский экологический журнал. 2003. № 2. С. 99–108.
23. Никитюк Д.Б., Никоненко В.Н., Миннибаев Т.Ш. Детская конституциология современные подходы, состояние проблемы и методика исследования // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. № 1. С. 10–14.
24. GBD 2016 Russia Collaborators. The burden of disease in Russia from 1980 to 2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet.* 2018;392(10153):1138-1146. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31485-5
25. Степанова А.В. Демографическое развитие Москвы в начале 2000-х годов // Уровень жизни населения регионов России. 2014. № 4 (194). С. 103–112
26. Oganyan N. Measurement uncertainty and corresponding risk of false decisions. *J Phys: Conf Ser.* 2019;1420(1):012003. doi: 10.1088/1742-6596/1420/1/012003
27. Малиновский А.А. Элементарные корреляции и изменчивость человеческого организма // Труды Института цитологии, гистологии и эмбриологии. 1948. Вып. 1. С. 136–198.
28. Шмальгаузен И.И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. Москва: Наука, 1982. 324 с.
29. Barzylovych A, Ursakii Y, Nadezhdenko A, Mamatova T. The influence of medical services public management on the population' life quality. *WSEAS Trans Environ Dev.* 2021;17:619-629. doi: 10.37394/232015.2021.17.60
30. Hennig F, Fuks K, Moebus S, et al. Association between source-specific particulate matter air pollution and hs-CRP: Local traffic and industrial emissions. *Environ Health Perspect.* 2014;122(7):703-710. doi: 10.1289/ehp.1307081

## REFERENCES

1. Bavrina AP. Modern rules for the use of descriptive statistics methods in biomedical research. *Meditinskiy Al'manakh.* 2020;(2(63)):95-104. (In Russ.)
2. Bogomolova ES, Languev KA, Kotova NV. Some aspects of the state of student health in connection with the use of distance education technologies. *Gigiena i Sanitariya.* 2022;101(3):317-322. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-3-317-322
3. Goodkova LK. Variability as a concept and as the main content of physiological (ecological) anthropology. Part II. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 23: Antropologiya.* 2014;(4):4-17. (In Russ.)
4. Batsevich VA, Stepanova AV, Kalyuzhny EA. Comparison of the results of the use of chronological and skeletal (biological) ages as grouping factors in inter-population morphological studies of children and adolescents. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 23: Antropologiya.* 2022;(3):5-16. (In Russ.) doi: 10.32521/2074-8132.2022.3.005-016
5. Maklakova OA, Zaitseva NV, Eisfeld DA. Features of the formation of combined pathology in children under conditions of atmospheric air pollution. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(11):1246-1251. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1246-1251
6. Blum M. Estimating male and female height inequality. *Econ Hum Biol.* 2014;14:103-108. doi: 10.1016/j.ehb.2013.03.002
7. Popova AY, Onishchenko GG, Rakitskii VN, Kuzmin SV, Kuchma VR. Hygiene in supporting scientific and technological development of the country and sanitary and epidemiological welfare of the population (to the 130<sup>th</sup> anniversary of the Federal Scientific Centre of

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-3-34-42>  
Original Research Article

- Hygiene named after F.F. Erisman). *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(9):882-889. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-882-889
8. Goodkova LK. The correlation analysis and its significance in ecological anthropology. Part II. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 23: Antropologiya*. 2017;(4):4-16. (In Russ.)
  9. Lipton J, Galbraith H, Burger J, Wartenberg D. A paradigm for ecological risk assessment. *Environ Manag*. 1993;17(1):1-5. doi: 10.1007/BF02393789
  10. Gubernskiy YuD, Fedoseeva VN, Makovetskaya AK, Kalinina NV, Fedoskova TG. Ecological and hygienic aspects of the sensitization rate of the population in a residential environment. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(5):414-417. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-5-414-417
  11. May IV, Zaitseva NV. Population health risk and harm indicators in the system of new mechanisms for air quality monitoring and management. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):7-15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-10-7-15
  12. Smeester L, Fry RC. Long-term health effects and underlying biological mechanisms of developmental exposure to arsenic. *Curr Environ Health Rep*. 2018;5(1):134-144. doi: 10.1007/s40572-018-0184-1
  13. Kuchma VR, Rapoport IK, Sukhareva LM, et al. The health of children and adolescents in school ontogenesis as a basis for improving the system of school health care and sanitary-epidemiological wellbeing of students. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2021;65(4):325-333. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333
  14. Efimova NV, Myl'nikova IV. Health risk assessment for adolescents depending on environmental factors and lifestyle. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2016;97(5):771-777. (In Russ.) doi: 10.17750/KMJ2016-771
  15. Morgunov BA, Chashchin VP, Gudkov AB, et al. Health risk factors of emissions from internal combustion engine vehicles: An up-to-date status of the problem. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(5):7-14. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-7-14
  16. Kalyuzhnyy EA. [Morphofunctional state and adaptive capabilities of students of educational institutions in modern conditions.] Doctor of Medical Sciences thesis. Moscow State Pedagogical University; 2015. (In Russ.)
  17. Mingazova EN, Lebedeva UM, Shigaboutdinova TN, et al. On the issue of characteristics of height weight anthropometric indices in children and adolescents residing in various regions of Russia. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny*. 2021;29(3):481-483. (In Russ.) doi: 10.32687/0869-866X-2021-29-3-481-485
  18. Bogomolova ES, Kotova NV, Maksimenko EO, Olyushina EA, Languev KA, Kokurina EV. Hygienic assessment of distance learning in schools and gymnasiums of Nizhny Novgorod. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(6):32-39. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-6-32-39
  19. Milushkina OYu, Skoblina NA, Markelova SV, Bulatseva MB, Mamchur NN, Gracheva MN. [Hygienic characteristics of the lifestyle of modern student youth.] In: [Youth Health: New Challenges and Perspectives.] Moscow: Nauchnaya Kniga Publ.; 2019;4:32-44. (In Russ.)
  20. Rakitskii VN, Avaliani SL, Novikov SM, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):30-36. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03
  21. Kelly P, Matthews A, Foster C. Young and physically active: a blueprint for making physical activity appealing to youth. World Health Organization. Regional Office for Europe; 2012. Accessed March 21, 2023. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107304>
  22. Gelashvili DB, Basurov VA, Rozenberg GS, Monitchev AYa, Purtov II, Sidorenko VV. Ecological zonation of territories in terms of preserved natural ecosystems (with the Nizhny Novgorod area as an example). *Povolzhskiy Ekologicheskii Zhurnal*. 2003;(2):99-108. (In Russ.)
  23. Nikitjuk DB, Nikolenko VN, Minibaev TCh, Chava SV. The constitutionology of childhood: modern approaches, state of problem and methods of investigation. *Sistemnyy Analiz i Upravlenie v Biomeditsinskikh Sistemakh*. 2013;12(1):10-14. (In Russ.)
  24. GBD 2016 Russia Collaborators. The burden of disease in Russia from 1980 to 2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2018;392(10153):1138-1146. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31485-5
  25. Stepanova AV. Demographic development of Moscow in the early 2000 years. *Uroven' Zhizni Naseleeniya Regionov*. 2014;(4(194)):103-112. (In Russ.)
  26. Oganyan NG. Measurement uncertainty and corresponding risk of false decisions. *J Phys: Conf Ser*. 2019;1420(1):012003. doi: 10.1088/1742-6596/1420/1/012003
  27. Malinovskiy AA. [Elementary correlations and variability of the human organism.] *Trudy Instituta Tsitologii, Gistologii i Embriologii*. 1948;(1):136-198. (In Russ.)
  28. Shmalgauzen II. [The Organism as a Whole in Individual and Historical Development.] Moscow: Nauka Publ.; 1982. (In Russ.)
  29. Barzylovych A, Ursakii Y, Nadezhdenko A, Mamatova T. The influence of medical services public management on the population' life quality. *WSEAS Trans Environ Dev*. 2021;17:619-629. doi: 10.37394/232015.2021.17.60
  30. Hennig F, Fuks K, Moebus S, et al. Association between source-specific particulate matter air pollution and hs-CRP: Local traffic and industrial emissions. *Environ Health Perspect*. 2014;122(7):703-710. doi: 10.1289/ehp.1307081

#### Сведения об авторах:

✉ **Калюжный** Евгений Александрович – к.б.н., доцент, доцент кафедры нормальной физиологии им. Н.Ю. Беленкова ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: eakmail@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0792-1190>.

**Рахманов** Рофаиль Салыхович – д.м.н., профессор, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

**Богомолова** Елена Сергеевна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

**Мухина** Ирина Васильевна – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии им. Н.Ю. Беленкова, директор Института фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: mukhinaiv@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8811-0049>.

**Курникова** Анна Александровна – к.м.н., доцент, доцент кафедры нормальной анатомии ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: aak71@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4317-6247>.

**Горбачева** Анна Константиновна – к.б.н., доцент Научно-исследовательского института и Музея антропологии им. Д.Н. Анучина Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; e-mail: [angoria@yandex.ru](mailto:angoria@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-7128>.

**Федотова** Татьяна Константиновна – д.б.н., профессор, заведующая лабораторией антропоэкологии Научно-исследовательского института и Музея антропологии им. Д.Н. Анучина Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; e-mail: [angoria@yandex.ru](mailto:angoria@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7750-7924>.

**Мустафин** Рустам Наилевич – к.м.н., доцент, доцент кафедры медицинской генетики и фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»; e-mail: [ruji79@mail.ru](mailto:ruji79@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-382X>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Калужный Е.А.*; сбор данных, анализ и интерпретация результатов: *Горбачева А.К., Федотова Т.К.*; литературный обзор: *Мухина И.В., Курникова А.А.*; подготовка рукописи: *Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Мустафин Р.Н.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (в редакции 2013 г.) и одобрено этическим комитетом Приволжского исследовательского института (протокол № 4 от 02.10.2014). От всех участников было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 22.11.22 / Принята к публикации: 13.03.23 / Опубликовано: 31.03.23

#### Author information:

✉ Evgeny A. **Kalyuzhny**, Cand. Sci. (Biol.), docent; Assoc. Prof., N.Yu. Belenkov Department of Normal Physiology, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: [eakmail@mail.ru](mailto:eakmail@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0792-1190>.

Rofail S. **Rakhmanov**, Prof., Dr. Sci. (Med.); Professor, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: [raf53@mail.ru](mailto:raf53@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Elena S. **Bogomolova**, Prof., Dr. Sci. (Med.); Head of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: [olenabgm@rambler.ru](mailto:olenabgm@rambler.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Irina V. **Mukhina**, Prof., Dr. Sci. (Biol.); Head of N.Yu. Belenkov Department of Normal Physiology, Director of the Institute of Fundamental Medicine, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: [mukhinaiv@mail.ru](mailto:mukhinaiv@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8811-0049>.

Anna A. **Kurnikova**, Cand. Sci. (Med.), docent; Assoc. Prof., Department of Normal Anatomy, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: [aak71@yandex.ru](mailto:aak71@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4317-6247>.

Anna K. **Gorbacheva**, Cand. Sci. (Biol.); Assoc. Prof., Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: [angoria@yandex.ru](mailto:angoria@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-7128>.

Tatiana K. **Fedotova**, Prof., Dr. Sci. (Biol.), Head of Laboratory of Anthropoecology, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University; e-mail: [angoria@yandex.ru](mailto:angoria@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7750-7924>.

Rustam N. **Mustafin**, Cand. Sci. (Med.), docent; Assoc. Prof., Department of Medical Genetics and Fundamental Medicine, Bashkir State Medical University; e-mail: [ruji79@mail.ru](mailto:ruji79@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-382X>.

**Author contributions:** study conception and design: *Kalyuzhny E.A.*; analysis and interpretation of results: *Gorbacheva A.K., Fedotova T.K.*; literature review: *Mukhina I.V., Kurnikova A.A.*; draft manuscript preparation: *Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Mustafin R.N.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** The study was conducted in accordance with the WMA Declaration of Helsinki 2013, and approved by the Ethics Committee of the Privolzhsky Research Medical University (Protocol No. 4 of October 2, 2014). Written informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Funding:** The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

**Conflict of interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: November 22, 2022 / Accepted: March 13, 2023 / Published: March 31, 2023