

**Исследовательская статья**

УДК 504.054 : 591.121 : 614.253.81/7 : 616.2

DOI: 10.24412/2076-9091-2025-258-28-40

**Надежда Петровна Петрушкина<sup>1</sup>,  
Екатерина Владимировна Звягина<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Уральский государственный университет физической культуры,  
Челябинск, Россия

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ  
ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ЧАСТО БОЛЕЮЩИХ  
ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В МЕГАПОЛИСЕ  
С ТЕХНОГЕННЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУХА**

**Аннотация.** Здоровье населения в современных мегаполисах напрямую зависит от многофакторности аллостатической нагрузки, в том числе от качества атмосферного воздуха. Челябинск на Южном Урале является мегаполисом с повышенной промышленной нагрузкой, так как в черте города находятся градообразующие предприятия, работающие в области металлургии, машиностроения, химической направленности. Это формирует негативные факторы, влияющие на человека, в особенности в период становления и развития его организма. Цель нашего исследования — оценить функциональное состояние дыхательной системы детей, относящихся к группе часто болеющих респираторными заболеваниями, проживающих в экологически неблагополучном районе Челябинска. Были обследованы две группы детей (по 40 человек). В основную группу вошли дети, постоянно проживающие вблизи действующего промышленного предприятия, в контрольную — проживающие в районе относительного экологического благополучия. При оценке функции внешнего дыхания установлены достоверные различия по показателям жизненной емкости легких, объему форсированного выдоха за первую секунду, форсированной жизненной емкости легких выдоха, индекса Тиффно, максимальной объемной скорости при выдохе на уровне средних и мелких бронхов.

**Ключевые слова:** мегаполис, экологическое благополучие, загрязнение воздуха, дети, функция внешнего дыхания, дыхательные объемы

**Research article**

UDC 504.054 : 591.121 : 614.253.81/7 : 616.2

DOI: 10.24412/2076-9091-2025-258-28-40

**Nadezhda Petrovna Petrushkina<sup>1</sup>,**  
**Ekaterina Vladimirovna Zvyagina<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> The Ural State University of Physical Culture,  
Chelyabinsk, Russia

## FUNCTIONAL STATE OF THE RESPIRATORY SYSTEM IN FREQUENTLY SICK CHILDREN LIVING IN A MEGAPOLIS WITH MAN-MADE AIR POLLUTION

**Abstract.** Population health in modern megalopolises directly depends on the multifactorial allostatic load, including the quality of atmospheric air. Cities of the Southern Urals, in particular, Chelyabinsk is a megalopolis with an increased industrial load, since city-forming enterprises operating in the field of metallurgy, mechanical engineering, chemical focus are located within the city. This forms negative factors affecting a person, especially during the period of formation and development of the body. The goal is to assess the functional state of the respiratory system of children belonging to the group of those frequently suffering from respiratory diseases and living in an ecologically unfavorable area of the city of Chelyabinsk. Two groups of children (40 people each) were examined — the main group included children permanently residing near an operating industrial enterprise, the control group — living in an area of relative environmental well-being. When assessing the function of external respiration, reliable differences were found in the vital capacity of the lungs, the volume of forced expiration in the first second, the forced vital capacity of the lungs of exhalation, the Tiffeneau index, the maximum volumetric speed during exhalation at the level of the medium and small bronchi.

**Keywords:** megalopolis, environmental well-being, air pollution, children, function of external respiration, respiratory volumes

### Актуальность исследования

Состояние здоровья населения, проживающего в современных мегаполисах, определяется, наряду со многими внешнесредовыми и социальными факторами, качеством атмосферного воздуха и региональными экологическими факторами, прежде всего техногенными. Основными источниками загрязнения городов являются промышленные предприятия и автотранспорт, а наибольший вклад вносят пыль, неорганические и органические соединения различной структуры.

Индекс качества воздуха (ИКВ) измеряется наличием таких семи загрязняющих веществ, как: взвешенные частицы; двуокись серы; двуокись азота; окись углерода; озон; аммиак; свинец. Основными компонентами ИКВ являются сульфаты, нитраты, аммиак, хлорид натрия, черный углерод, минеральная пыль и вода. Также в воздухе присутствует множество взвешенных загрязнителей (пыль, дым, дымки, туманы, газообразные загрязнители, углеводороды, летучие органические соединения (ЛОС), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и производные галогенов, которые в высоких концентрациях вызывают уязвимость ко многим заболеваниям [5].

Уровень и степень контаминации, загрязнения воздуха промышленными выбросами, вентвыбросами, эксплозиями в мегаполисе [14], оказывает антропогенный прессинг на экологическую систему городской среды, включая население этих мегаполисов, и негативное влияние в первую очередь на функцию внешнего дыхания (ФВД) у людей разного возраста. Это проявляется в повышении уровня заболеваемости болезнями органов дыхания, первоначально — острыми вирусными, а далее — хроническими, затяжными ларингитами, бронхитами, ларинготрахеитами, пневмониями неуточненного генеза, астмой, хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ).

Происходят и морфологические изменения: формирование бочкообразной грудной клетки, черепашьей шеи, угловатости и/или приподнятости плеч, что приводит к изменению спиральной мышечной экспозитивной кривой («анатомических поездов»), боли в плечах и шее, статичному наклону корпуса вперед, проблемам с равновесием и т. д.

Поллютанты создают неблагоприятные условия внешней среды, что в конечном счете приводит к ухудшению состояния здоровья, нарушению функции дыхательной системы человека и развитию заболеваний респираторной системы [1; 3–5; 8]. Этот факт связан с длительным воздействием на эпителий кондуктивных путей, которое приводит к ослаблению тканевого иммунитета и повышению проницаемости мембран, чувствительности организма к возбудителям респираторных инфекций, в первую очередь к вирусам. В результате повреждения клеток в их составе появляются воспалительные медиаторы, которые способствуют развитию воспаления и впоследствии повреждению тканей. В частности, конкретное влияние  $\text{SO}_2$  — сенсорного раздражителя, при высоких концентрациях оказывает возбуждающее воздействие на рецепторы дыхательных путей, вызывая бронхоспазм, дисфункцию, в детском возрасте увеличивает секрецию слизи.

И. В. Воиновой и соавторами [2] была выявлена отчетливая зависимость между загрязнением атмосферного воздуха и клинически значимыми показателями цитокинового профиля у больных ХОБЛ (угнетения функциональной активности клеток ретикуло-эндотелиальной системы).

Повышенная сенситивность клеток дыхательной системы на всех ее уровнях в конечном счете приводит и к функциональным нарушениям, предшествующим развитию органических изменений и формированию болезней.

При изменении внешних условий (например, загрязненности воздуха) дыхательная система реагирует в первую очередь изменением бронхиальной проходимости, по степени которой можно судить о состоянии адаптивных изменений [6–8]. В связи с этим актуальность исследований механизмов формирования «экологической» патологии вообще и респираторной в частности не вызывает сомнений.

Челябинск является промышленным мегаполисом с металлургическими, машиностроительными, химическими предприятиями в городской черте, а также крупным транспортным узлом. Согласно опубликованным данным, экологическая обстановка в регионе представлена как напряженная, в том числе в масштабах страны [3; 4]. Челябинская область лидирует по выбросам в атмосферный воздух твердых веществ — 1-е место в России — более трети всех выбросов твердых частиц; по оксиду углерода — 2-е место (около 6 % всех выбросов); по диоксиду серы — 5-е место (около 4 % всех выбросов) [1].

Известно, что самыми уязвимыми в условиях действия неблагоприятных внешнесредовых факторов являются дети. Детский возраст — период интенсивного роста и развития (дифференцировки) клеток, органов и систем. Именно в этот период онтогенеза организм наиболее чувствителен к воздействию внешнесредовых факторов, в том числе экологических.

В связи с вышеизложенным, качественный и количественный анализ состояния дыхательной системы и нарушений в детском возрасте в условиях возрастающей степени загрязненности атмосферы становится значимой как медицинской, так и социальной проблемой. При исследовании функции внешнего дыхания рассматривается влияние качества воздуха на дыхательную систему обследуемых в местах их постоянного пребывания. Эти показатели являются первичными индикаторами зависимости от реальных нагрузок, которые оказывают непосредственное (прямое) влияние на дыхательную функцию.

**Цель исследования:** оценка функционального состояния дыхательной системы детей, относящихся к группе часто болеющих респираторными заболеваниями, проживающих в экологически неблагополучном районе Челябинска.

## Организация и методы исследования

Для проведения исследования были сформированы две группы детей  $12,16 \pm 0,18$  и  $12,12 \pm 0,16$  лет ( $t = 0,16$ ), проживающих в разных районах Челябинска, относящихся, по данным медицинской статистики, к часто болеющим респираторными заболеваниями (4 и более острых заболеваний в год). Основная группа (ОГ) включала 40 мальчиков, постоянно проживающих вблизи действующего промышленного предприятия.

Согласно данным [4], атмосферный воздух этого района города наиболее загрязнен бензпиреном, формальдегидом, фторидом водорода. При этом средние за год концентрации превышают санитарно-гигиеническую норму: бензпирена — в 3,9 раза, формальдегида — в 1,9 раза, фторида водорода — в 1,2 раза. Средние за год концентрации, превышающие нормативные значения, составили: бензпирена — 6,8 ПДК (пределенно-допустимая концентрация), формальдегида — 2,8 ПДК, взвешенных веществ — 2,1 ПДК, диоксида азота — 1,4 ПДК [4].

Дети группы сравнения, включающей 40 мальчиков (контрольная группа — КГ), также были из Челябинска и являлись часто болеющими, но проживали в районе относительного экологического благополучия (практически в пригороде). При формировании основной и контрольной групп для исключения влияния конфаундеров обе группы были максимально сопоставимы по возрасту, уровню физического развития, полового созревания, приверженности курению, наличию хронических заболеваний и острых респираторных заболеваний в предшествующие обследованию два месяца и др., то есть по факторам, способным исказить результаты исследования. Информированное согласие о добровольном участии в исследовании было подписано законными представителями.

Учитывая тот факт, что частая заболеваемость детей определяется вкладом именно болезней органов дыхания, данное исследование посвящено изучению функционального состояния респираторной системы.

Основным методом оценки функционального состояния легких и бронхов является спирометрия, которая проводилась в соответствии с Методическими рекомендациями, разработанными и утвержденными Российской респираторным обществом, Российской ассоциацией специалистов функциональной диагностики и Российской научным медицинским обществом терапевтов [1; 2; 7; 11; 17].

Для оценки функции внешнего дыхания (ФВД) были определены следующие показатели [10–12; 15; 16]: частота дыхания (ЧД), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), объем форсированного выдоха за первую секунду ( $\text{ОВФ}_1$ ), форсированная жизненная емкость легких выдоха (ФЖЕЛ), индекс Тиффно (ИТ), максимальная объемная скорость (МОС) при выдохе — 50–75 % ФЖЕЛ (МОС — 50 %, МОС — 75 %) [10; 11; 16].

Программное обеспечение Mir Winspiro PRO на базе Windows (для спирометрии, оксиметрии и телемедицины) обеспечивает полный анализ данных спирометрического исследования. Нормативные значения изученных показателей включены в компьютерную программу.

Кроме спирометрии, для оценки функционального состояния дыхательной системы проводилось исследование времени в секундах задержки дыхания на выдохе (функциональная дыхательная проба Генча) и на вдохе (функциональная дыхательная проба Штанге — в покое и при физической нагрузке: 20 приседаний за 30 с). Далее рассматривали распределение обследованных по оценкам выполнения (в процентах).

В каждой группе рассчитывали среднегрупповые значения изученных показателей. Используя методы традиционной биостатистики, достоверность между группами оценивали по *t*-критерию Стьюдента — количественные показатели, и критерию Фишера (*F*) — качественные показатели. Принят 95 %-ный уровень значимости ( $p \leq 0,05$ ). Различия считали статистически значимыми при  $t \geq 1,96$  и при  $F \geq 3,94$ .

## Результаты исследования

Полученные результаты представлены в таблице 1 и на рисунках 1, 2.

Таблица 1

### Результаты спирометрии часто болеющих детей основной и контрольной групп

Показатели функции внешнего дыхания	Группы, средние значения + ошибка, значение <i>t</i> -критерия Стьюдента		
	основная	контрольная	<i>t</i>
Частота дыхания (ЧД), мин.	$18,8 \pm 0,14$	$19,1 \pm 0,28$	0,94
Min – max	$17 \div 21$	$15 \div 23$	
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ), см <sup>3</sup>	$2937,5 \pm 17,29$	$3280,0 \pm 47,43$	6,78*
Min – max	$2710 \div 3200$	$2630 \div 3980$	
ОФВ <sub>1</sub> , в %	$70,2 \pm 0,32$	$80,3 \pm 0,32$	22,47*
Min – max	$70 \div 79$	$76 \div 85$	
ФЖЕЛ, см <sup>3</sup>	$2298,7 \pm 19,59$	$2904,4 \pm 16,13$	23,87*
Min – max	$2005 \div 2560$	$2788 \div 3247$	
ФЖЕЛ, %	$86,8 \pm 0,49$	$88,8 \pm 0,44$	2,87*
Min – max	$78 \div 92$	$85 \div 99$	
Проба Тиффно, %	$80,1 \pm 0,48$	$86,94 \pm 0,36$	11,38*
Min – max	$76 \div 89$	$80 \div 90$	
Максимальная объемная скорость			
75 л/с	$5,28 \pm 0,07$	$5,16 \pm 0,25$	0,26
Min – max	$4,2 \div 6,2$	$4,0 \div 6,6$	
%	$105,6 \pm 0,43$	$105,8 \pm 0,36$	2,69*
Min – max	$99 \div 106$	$93 \div 109$	
50 л/с	$3,81 \pm 0,06$	$3,80 \pm 0,05$	1,41
Min – max	$2,9 \div 4,4$	$2,6 \div 5,2$	
%	$108,3 \pm 0,46$	$109,0 \pm 0,96$	8,60*
Min – max	$94 \div 104$	$99 \div 122$	

Примечание: \* — различия статистически достоверны.

Показатели частоты дыхания в минутах в обеих группах укладывались в референтные значения [10; 11] и составили  $18,8 \pm 0,14$  (основная группа) и  $19,1 \pm 0,28$  (контрольная группа). Аналогичная картина отмечена и по показателю

ЖЕЛ, соответственно:  $2910,0 \pm 52,29$  см<sup>3</sup> и  $3280,0 \pm 62,18$  см<sup>3</sup>. Сравнение частоты дыхания и жизненной емкости легких в основной и контрольной группах выявило достоверные различия по показателям ЖЕЛ:  $t = 6,78$ .

Вместе с тем зарегистрированы различия по показателям, отражающим бронхиальную проходимость. Как известно, при обструктивных нарушениях доля ФЖЕЛ, которую обследуемый может выдохнуть за первую секунду форсированного выдоха, уменьшается, поэтому снижается и отношение ОФВ<sub>1</sub> к ЖЕЛ [15; 16].

Индекс Тиффно (отношение ОФВ<sub>1</sub> / ЖЕЛ) является чувствительным индексом наличия или отсутствия ухудшения проходимости дыхательных путей, в норме составляет 75–80 % (0,7 и более). Средние значения результатов выполнения пробы Тиффно, отражающей сопротивление дыхательных путей, в среднем по группе соответствовали возрастным нормам [10–12; 16], но имели статистически значимые различия ( $t = 11,38$ ):  $80,1 \pm 0,48$  % (основная группа) и  $86,9 \pm 0,36$  % (контрольная группа). Такие же различия касались и среднегрупповых (см. табл. 1) показателей максимальной объемной скорости (75 л/с и 50 л/с).

Индивидуальный анализ показал, что в основной группе у 9 обследованных эти характеристики не достигали минимальных референтных значений, то есть имели признаки нарушения внешнего дыхания обструктивного типа.

Исследование времени задержки дыхания на выдохе (дыхательная пробы Генча) и на вдохе (дыхательная пробы Штанге — в покое и при физической нагрузке: 20 приседаний за 30 с) позволило выявить детей с нарушением функционального состояния респираторной системы. В целом выявлены достоверные различия как по среднегрупповым значениям, так и по распределению по оценкам выполнения этих проб детьми основной и контрольной групп (табл. 2, рис. 1, 2).

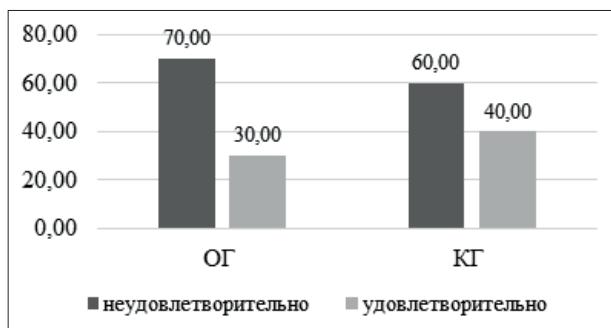
Таблица 2

## Средние значения выполнения дыхательных проб с задержкой дыхания в покое

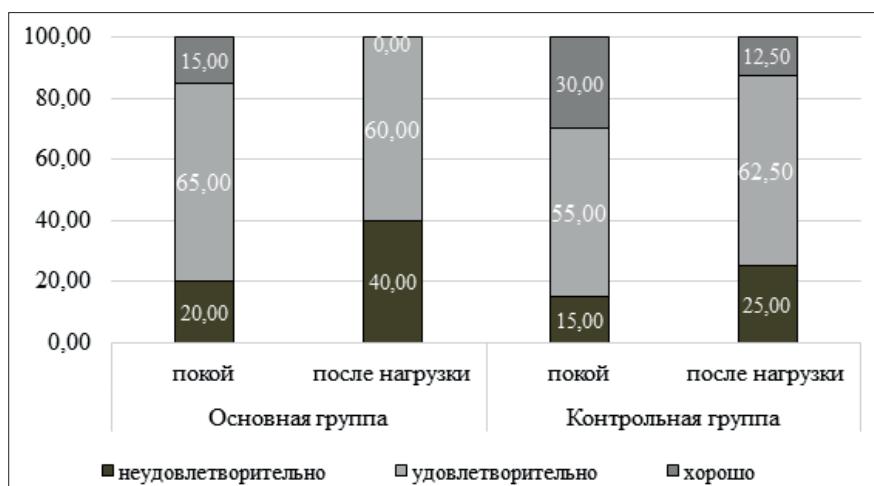
Функциональные дыхательные пробы	Группы, средние значения ± ошибка, значение <i>t</i> -критерия Стьюдента			
	основная	контрольная	<i>t</i>	норма
Проба Штанге	$33,5 \pm 0,82$	$36,3 \pm 0,82$	2,45*	32–42
Min – max	22–45	25–48		
Проба Генча	$18,2 \pm 0,25$	$20,7 \pm 0,25$	7,05*	12–26
Min – max	15–22	18–25		

Примечание: \* — различия статистически достоверны.

При анализе распределения обследованных по оценкам выполнения дыхательных проб выявлены достоверные различия между часто болеющими детьми основной и контрольной групп (рис. 2). В основной группе после выполнения нагрузки не было ни одного ребенка с оценкой «хорошо», а число детей с оценкой «неудовлетворительно» увеличилось в два раза (с 20 до 40 %) ( $F = 2,07; 10,44$ ). В контрольной группе также увеличилось число детей с оценкой «неудовлетворительно», но не так существенно: с 15 до 25 % ( $F = 1,26$ ).



**Рис. 1.** Распределение обследованных детей по результатам выполнения пробы Генча, %



**Рис. 2.** Распределение обследованных детей по результатам выполнения пробы Штанге в покое и после нагрузки, %

Таким образом, анализ данных, полученных в ходе исследования функции внешнего дыхания у часто болеющих детей, проживающих вблизи действующего промышленного предприятия, и детей, постоянно проживающих в районе относительного экологического благополучия, позволяет констатировать ухудшение изученных показателей в основной группе по сравнению с контрольной. Только в основной группе выявлены дети, имеющие признаки обструктивных нарушений бронхиальной проходимости.

Специалистами в области медицины, биологии, физиологии исследованы общие закономерности развития функций внешнего дыхания, его адаптивных и резервных возможностей в онтогенезе детей [1; 2; 5; 6]. Повышение качества жизни и здоровья человека, его адаптационных возможностей и резервов является основной целью экологической физиологии. Это помогает прогнозировать развитие функциональных способностей организма и здоровье детей в условиях экстремально неблагоприятной окружающей среды. Прямой

эффект качества воздуха можно оценить, исследуя функции внешнего дыхания. Эти показатели отражают реальное воздействие на организм в виде постоянной алlostатической нагрузки, напряжения функциональной системы дыхания как прогностической проблемы, где оценка влияния конкретного фактора осложнена синергетическим воздействием химических, физических и биологических факторов в сочетаниях и режимах. Сочетанное влияние может экранировать или, наоборот, усиливать отрицательное воздействие факторов окружающей среды. По этой причине установление и определение критериев воздействия факторов экологического неблагополучия на параметрические показатели, характеристики здоровья жителей мегаполиса, может помочь не только выявить группы повышенного риска развития экологических заболеваний на основе оценки состояния здоровья, но и решить проблемы улучшения качества окружающей среды и условий жизни.

Результаты этого этапа исследования совпадают с данными аналогичных исследований, выполненных в других экологически неблагополучных регионах [3; 6; 7; 9], и подтверждают актуальность и важность разработки мероприятий, направленных, с одной стороны, на решение экологических проблем, с другой — на оптимизацию медицинской помощи детям из группы риска развития респираторной патологии. Необходимо [1; 4; 5; 8; 13] изменять деятельность в соответствии с рекомендациями, содержащимися в предупреждениях о качестве воздуха, в частности: уменьшение времени нахождения детей на открытом воздухе в дни высокого техногенного загрязнения; предпочтение пребыванию в помещениях с высокоэффективными системами фильтрации воздуха; сокращение интенсивных физических упражнений на свежем воздухе. Кроме того, предлагается оптимизировать вентиляцию внутри помещения и снизить воздействие таких источников загрязнения, как курение и приготовление пищи и др.

Планируется продолжение исследования, в частности изучение распространенности других заболеваний, иммунного статуса этих же детей и анализ распространенности медико-биологических и социальных факторов, способных негативно влиять на здоровье детей, проживающих в мегаполисе с высоким уровнем техногенного загрязнения. Создание максимально полной базы этих данных позволит проводить многофакторный анализ и выявлять ведущие факторы, ответственные за конкретные нарушения в состоянии здоровья, что может стать основой для разработки профилактики последних.

## **Заключение**

При исследовании влияния качества атмосферного воздуха следует отметить общую тенденцию, что первыми выявленными заболеваниями среди всех групп населения были болезни органов дыхания.

Исследование, выполненное в группах детей, часто болеющих респираторными заболеваниями, постоянно проживающих в экологически неблагополучном

районе Челябинска, при сравнении с детьми, постоянно проживающими в относительно чистом районе, выявило существенные различия по показателям спирометрии: жизненной емкости легких, объему форсированного выдоха за первую секунду, форсированной жизненной емкости легких выдоха, индекса Тиффно, максимальной объемной скорости при выдохе на уровне средних и мелких бронхов.

Анализ индивидуальных оценок выявил 9 обследованных в основной группе, у которых изученные характеристики не достигали минимальных референтных значений, то есть имели признаки нарушения внешнего дыхания обструктивного типа. В контрольной группе такие изменения зарегистрированы не были.

После выполнения функциональных дыхательных проб с максимальным временем задержки дыхания (на вдохе — Штанге; на выдохе — Генча) установлены достоверные различия в распределении детей основной и контрольной групп, которые оказались существенно хуже среди обследованных, проживающих в экологически неблагополучном районе города.

Полученные факты свидетельствуют о важности решения вопросов безопасного проживания детского населения вблизи действующих промышленных предприятий.

#### Список источников

1. Васенина И. В. Влияние промышленной инфраструктуры на экологию региона и качество жизни местного населения // Социология. 2020. № 2. С. 205–214.
2. Воинова И. В. Изменения цитокинового профиля у жителей с хронической обструктивной болезнью легких при воздействии загрязнений городского атмосферного воздуха / И. В. Воинова, Л. В. Хрипач, Ю. В. Несвижский и др. // Гигиена и санитария. 2012. Т. 91. № 6. С. 41–43.
3. Гуменюк О. А., Чуличкова С. А., Гуменюк И. С. Мониторинг воздействия на атмосферный воздух техногенных предприятий Южного Урала // Рациональное природопользование — основа устойчивого развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Грозный, 22–23 сентября 2020 года. С. 48–55.
4. Долгушина Н. А., Кувшинова И. А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // Экология человека. 2019. № 6. С. 17–22. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-17-22>
5. Жумаканова К. С., Айткулова С. Э. Атмосфера и влияние ее на детей // Universum: медицина и фармакология. 2024. № 4 (109). С. 19–23.
6. Ильясова Г. К., Матчанов А. Т. Исследование особенностей системы внешнего дыхания у подростков в условиях Каракалпакстана // Евразийский союз ученых. 2019. № 8–1 (65). С. 15–16.
7. Каменева М. Ю. Спирометрия: методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов / М. Ю. Каменева, А. В. Черняк, З. Р. Айсанов и др. // Пульмонология. 2023. Т. 33. № 3. С. 307–340. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340>

8. Мираметова Н. П., Оразбаева Н. М. Особенности функционирования системы внешнего дыхания у детей в условиях Южного Приаралья // Universum: химия и биология. 2023. № 10–1 (112). С. 33–37. <https://doi.org/10.32743/UniChem.2023.112.10.16008>
9. Нурпесис Т. Т. Клиническое применение спирометрии: проблемы и методы их решения // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2018. № 3. С. 493–498. URL: item.asp?id=36880312
10. Пузырев В. Г., Ситдикова И. Д., Шарапова О. В. Здоровье населения как критерий воздействия экологических факторов мегаполиса // Общественное здоровье и здравоохранение. 2024. № 2 (81). С. 65–71. [https://doi.org/10.56685/18120555\\_2024\\_81\\_2\\_65](https://doi.org/10.56685/18120555_2024_81_2_65)
11. Стручков П. В., Дроздов Д. В., Лукина О. Ф. Спирометрия: руководство для врачей. 2-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 112 с.
12. Стручков П. В., Кирюхина Л. Д., Дроздов Д. В. Должные величины при исследовании функции внешнего дыхания. Разные должные — разные заключения? // Медицинский алфавит. 2021. № 15. С. 22–27. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-15-22-26>
13. Тонкова А. Ю., Югай Ю. Э. Влияние загрязнений атмосферного воздуха на здоровье населения города Челябинск за период 2019–2021 гг. // Актуальные вопросы медицинской науки. 2023. № 1 (1). С. 175–176.
14. Тулекова Л. И. Мегаполис: понятие и факторы развития // Экономика и бизнес: теория и практика. 2017. № 11. С. 209–212.
15. Филиппова И. В. К вопросу влияния экзогенных и эндогенных групп факторов на физиологическое состояние системы внешнего дыхания // Физиология человека: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 27 ноября 2020 года. Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева. Чебоксары. 2020. С. 188–193.
16. Хлущевская О. А., Химич Г. З. Адаптационные возможности детей критического возраста в условиях экологического неблагополучия // Grand Altai Research & Education. 2016. № 2. С. 26–30.
17. Чучалин А. Г. Российское респираторное общество Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической обструктивной болезни легких / А. Г. Чучалин, С. Н. Авдеев, З. Р. Айсанов и др. // Пульмонология. 2014. № 3. С. 15–54.

### References

1. Vasenina I. V., Sushko V. A. The impact of industrial infrastructure on the ecology of the region and the quality of life of the local population. Sociology. 2020;(2):205–214. (In Russ.).
2. Voinova I. V., Khripach L. V., Nesvizhsky Yu. V., Mukhin N. A., Gostishchev V. K., Lebedeva M. V., Zheleznyak E. V., Revazova T. L., Antonovsky Yu. A. Changes in the cytokine profile in residents with chronic obstructive pulmonary disease when exposed to urban air pollution. Hygiene and Sanitation. 2012;91(6):41–43. (In Russ.).
3. Gumennyuk O. A., Chulichkova S. A., Gumennyuk I. S. Monitoring the impact of man-made enterprises in the Southern Urals on the atmospheric air. Rational nature management is the basis for sustainable development: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Grozny, September 22–23. 2020:48–55. (In Russ.).

4. Dolgushina N. A., Kuvshinova I. A. Assessment of atmospheric air pollution in industrial cities of the Chelyabinsk region and non-carcinogenic risks to public health. *Human ecology.* 2019;(6):17–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-17-22>
5. Zhumakanova K. S., Aitkulova S. E. Atmosphere and its influence on children. *Universum: medicine and pharmacology.* 2024;(109):19–23. (In Russ.).
6. Ilyasova G. K., Matchanov A. T. Study of the peculiarities of the respiratory system in adolescents in the conditions of Karakalpakstan. *Eurasian Union of Scientists.* 2019;(65):15–16. (In Russ.).
7. Kameneva M. Yu. Spirometry: methodological guidelines for conducting research and interpreting results / M. Yu. Kameneva, A. V. Chernyak, Z. R. Aisanov et al. *Pulmonology;* 2023;33(3):307–340. (In Russ.). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340>
8. Mirametova N. P., Orazbaeva N. M. Features of the functioning of the external respiratory system in children in the southern Aral Sea region. *Universum: chemistry and biology.* 2023;(112):33–37. (In Russ.). <https://doi.org/10.32743/UniChem.2023.112.10.16008>
9. Nurpeisov T. T. Clinical application of spirometry: problems and methods of their solution. *Bulletin of the Kazakh National Medical University.* 2018;(3):493–498. (In Kazakhstan).
10. Puzyrev V. G., Situdikova I. D., Sharapova O. V., Gerasimova L. I., Khuzikhanov F. V., Situdikova A. V., Ivanova E. Yu. Population health as a criterion for the impact of environmental factors of a metropolis. *Public health and healthcare.* 2024;(81):65–71. (In Russ.). [https://doi.org/10.56685/18120555\\_2024\\_81\\_2\\_65](https://doi.org/10.56685/18120555_2024_81_2_65)
11. Struchkov P. V., Drozdov D. V., Lukina O. F. Spirometry: a guide for doctors. 2nd ed., rev. and add. Moscow: GEOTAR-Media. 2018. 112 p. (In Russ.).
12. Struchkov P. V., Kiryukhina L. D., Drozdov D. V., Shelykalina S. P., Manichev I. A. Due values in the study of external respiration function. Different due different conclusions? *Medical alphabet. Modern functional diagnostics.* 2021;(15):22–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-15-22-26>
13. Tonkova A. Yu., Yugay Yu. E. The Impact of Air Pollution on the Health of the Population of the City of Chelyabinsk for the Period 2019–2021. *Current Issues in Medical Science.* 2023;(1):175–176. (In Russ.).
14. Tulenkova L. I. Megalopolis: Concept and Development Factors. *Economy and Business: Theory and Practice.* 2017;(11):209–212. (In Russ.).
15. Filippova I. V. On the Influence of Exogenous and Endogenous Groups of Factors on the Physiological State of the External Respiratory System. *Human Physiology: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, Cheboksary, November 27, 2020.* 2020:188–193. (In Russ.).
16. Khlushchevskaya O. A., Khimich G. Z. Adaptation capabilities of children of critical age in conditions of environmental adversity. *Grand Altai Research & Education.* 2016;(2):26–30. (In Russ.).
17. Chuchalin A. G., Aisanov Z. R., Chikina S. Yu. et al. Federal clinical guidelines of the Russian Respiratory Society on the use of the spirometry method. *Pulmonology.* 2014;(6):11–23. (In Russ.).

*Информация об авторах / Information about the authors:*

**Петрушкина Надежда Петровна** — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой физиологии, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия.

**Petrushkina Nadezhda Petrovna** — Doctor of Medical Sciences, Senior Research Fellow, Chair of the Department of Physiology, The Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia.

25ppnn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0830-0206>

**Звягина Екатерина Владимировна** — кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физиологии, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия.

**Zvyagina Ekaterina Vladimirovna** — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia.

zv-aev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8808-1148>

Статья поступила в редакцию: 27.12.2024;  
одобрена после доработки: 13.01.2025;  
принята к публикации: 07.03.2025.

The article was submitted: 27.12.2024;  
approved after reviewing: 13.01.2025;  
accepted for publication: 07.03.2025.