

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

Савинков М.А.¹, Носов А.Е.¹, Щербаков А.А.¹, Устинова О.Ю.^{1,2}, Валина С.Л.¹

Анализ состояния когнитивных функций детского населения, проживающего в условиях хронической аэротехногенной экспозиции нейротропными примесями

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь, Россия;²ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614000, Пермь, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Решение проблемы снижения негативного влияния факторов риска среды обитания на гармоничное развитие когнитивных функций является актуальной задачей.

Цель исследования — изучить состояние когнитивных функций у детей, проживающих в условиях хронической аэротехногенной экспозиции нейротропными примесями.

Материалы и методы. Обследованы 167 детей в возрасте 5–7 лет; 136 дошкольников группы наблюдения проживали на территории с превышением гигиенических нормативов по концентрации в атмосферном воздухе свинца, никеля, фенола; 31 ребёнок группы сравнения проживал на территории, характеризующейся относительным санитарно-гигиеническим благополучием. Для изучения когнитивных функций использовали серию тестовых заданий для оценки внимания, памяти, восприятия, логичности мышления, аналитико-синтетической деятельности. Исследованы состояние оксидативно-антиоксидантной системы, уровень глутаминовой кислоты.

Результаты. В зонах экспозиций кратность превышений предельно допустимой среднесуточной концентрации составляла по свинцу до 2,4 раза, по никелю — до 0,04, по фенолу — до 0,25. У детей группы наблюдения кратность превышения содержания химических веществ в крови относительно группы сравнения составила по фенолу 2,1 раза, по максимальным концентрациям свинца, никеля в крови — 1,3–1,7. Результативность тестов оценки уровня развития памяти, внимания у экспонированных детей была в 1,2–1,5 раза ниже, чем у детей группы сравнения ($p = 0,001–0,040$). Выявлена зависимость между повышенным содержанием свинца, никеля, фенола в крови и снижением показателей памяти, внимания, сенсомоторной координации ($-0,183 \leq r \leq -0,145$; $0,020 \leq p \leq 0,080$). Обнаружены причинно-следственные связи между содержанием нейротоксикантов в крови и уровнем глутаминовой кислоты, маловязкого диальдегида плазмы, антиоксидантной активности ($R^2 = 0,19–0,75$; $p = 0,0001–0,022$).

Ограничения исследования. Возрастное ограничение возможностей применения серии тестовых испытаний.

Заключение. Показатели снижения когнитивных функций являются значимыми для выявления групп риска среди детского населения, проживающего в зоне аэрогенного влияния компонентов выбросов промышленных предприятий с целью последующей разработки профилактических мероприятий.

Ключевые слова: нейротоксиканты; когнитивные функции; дошкольники; оксидативный стресс; эксайтотоксичность

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол № 2 от 01.02.2021). Все участники и их законные представители дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Савинков М.А., Носов А.Е., Щербаков А.А., Устинова О.Ю., Валина С.Л. Анализ состояния когнитивных функций детского населения, проживающего в условиях хронической аэротехногенной экспозиции нейротропными примесями. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2025; 69(6): 586–592. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2025-69-6-586-592> <https://elibrary.ru/vijebn>

Для корреспонденции: Савинков Максим Анатольевич, e-mail: msavinkov@gmail.com

Участие авторов: Савинков М.А. — сбор материала, статистическая обработка, написание текста; Носов А.Е. — концепция исследования, редактирование; Щербаков А.А. — сбор материала, написание текста; Устинова О.Ю. — концепция исследования, редактирование; Валина С.Л. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Поступила: 29.08.2025 / Принята к печати: 08.10.2025 / Опубликовано: 17.12.2025

Maksim A. Savinkov¹, Aleksandr E. Nosov¹, Aleksandr A. Shcherbakov¹, Olga Yu. Ustinova^{1,2}, Svetlana L. Valina¹

Analysis of the state of cognitive functions in the child population living in conditions of chronic aerotechnogenic exposure to neurotropic impurities

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation;

²Perm State National Research University, Perm, 614000, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Solving the problem of reducing the adverse impact of environmental risk factors on the harmonious development of cognitive functions is an urgent task.

The purpose of the study. To study the state of cognitive functions in children living in conditions of chronic aerotechnogenic exposure to neurotropic impurities.

Materials and methods. There were examined one hundred sixty seven children aged of 5–7 years including 136 preschoolers of the observation group lived in an area with excess hygienic standards for the concentration of lead, nickel, and phenol in the atmospheric air; 31 child of the comparison group lived in an area characterized by relative sanitary and hygienic well-being. To study cognitive functions, we used a series of test tasks to assess attention, memory, perception, logical thinking, analytical and synthetic activity. The state of the oxidative-antioxidant system and the level of glutamic acid were studied.

Results. In the exposure zones, the multiplicity of average annual MPC excesses. It was up to 2.4 times for lead, 0.04 times for nickel, and 0.25 times for phenol. In children from the observation group, the frequency of excess of chemicals in the blood relative to the comparison group was 2.1 times for phenol, 1.3–1.7 times — maximum concentrations of lead and nickel in the blood. The effectiveness of tests to assess the level of memory and attention development in the exposed children was 1.2–1.5 times lower than in the children of the comparison group ($p = 0.001–0.04$). A relationship was revealed between the increased blood content of lead, nickel, and phenol and a decrease in memory, attention, and sensorimotor coordination ($-0.183 \leq r \leq -0.145$; $0.020 \leq p \leq 0.080$). Causal relationships were found between the content of neurotoxins in the blood and the level of glutamic acid, plasma malondialdehyde, and antioxidant activity ($R^2 = 0.19–0.75$, $p = 0.0001–0.022$).

Research limitations. Age-dependent limitation of the possibility to use cognitive tests.

Conclusions. Indicators of cognitive decline are important for identifying risk groups among the child population living in the zone of aerogenic influence of industrial emissions components in order to further develop preventive measures.

Keywords: neurotoxins; cognitive function; preschoolers; oxidative stress; excitotoxicity

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local ethics committee of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (Meeting report No. 2 dated February 1, 2021). Legal representatives were informed about the aim of the study and provided their voluntary informed consent to participation.

For citation: Savinkov M.A., Nosov A.E., Shcherbakov A.A., Ustinova O.Yu., Valina S.L. Analysis of the state of cognitive functions in the child population living in conditions of chronic aerotechnogenic exposure to neurotropic impurities. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii / Health Care of the Russian Federation, Russian journal.* 2025; 69(6): 586–592. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2025-69-6-586-592> <https://elibrary.ru/vijebn> (in Russian)

For correspondence: Maxim A. Savinkov, e-mail: msavinkov@gmail.com

Contribution of the authors: Savinkov M.A. — data collection, statistical analysis, writing the text; Nosov A.E. — study concept, editing the text; Shcherbakov A.A. — data collection, writing the text; Ustinova O.Yu. — study concept, editing the text; Valina S.L. — editing the text. All authors have approved the final version of the article and bear full responsibility for the integrity of all its parts.

Funding. The research was not granted any sponsor support.

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

Received: August 29, 2025 / October 8, 2025 / Published: December 17, 2025

Введение

Превентивная и персонализированная медицина, обеспечение здорового долголетия, согласно Указу Президента РФ от 18.06.2024 № 529, является приоритетным направлением научно-технологического развития Российской Федерации¹. Результаты многочисленных клинических и гигиенических исследований по влиянию на здоровье детей факторов среды обитания свидетельствуют о том, что изменения касаются не только физиологического функционирования, но и психологического и психического здоровья школьников [1]. Когнитивные нарушения у детей имеют мультифакторное происхождение, включая наследственность, воздействие неблагоприятных факторов перинатального периода, факторов среды обитания, сочетание которых может увеличивать существующие или вызывать новые негативные эффекты и повреждающие механизмы [2]. Одним из важнейших факторов риска

здоровью детей является аэрогенное воздействие нейротоксических веществ, присутствующих в атмосферном воздухе территорий с размещением предприятий металлургического профиля, производственный цикл которых сопровождается выбросами вредных веществ в атмосферу [3]. Центральная нервная система (ЦНС), находящаяся в процессе активного морфофункционального развития в детском возрасте, является первоочередной мишенью для нейротоксикантов не только в связи с их органотропностью, но и в силу высокой скорости обменных процессов и повышенной чувствительности нейронов и нейроглии к цитотоксическим воздействиям [4, 5]. Нейротоксичность может быть обусловлена как непосредственным цитотоксическим действием химических веществ на нервные клетки, так и инициированными факторами окружающей среды нейрометаболическими расстройствами, оксидативным стрессом, изменением проницаемости гематоэнцефалического барьера [6–10].

Установление у детей патогенетических закономерностей развития когнитивных нарушений, связанных с воздействием нейротропных примесей промышленного про-

¹ Указ Президента РФ от 18.06.2024 № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоёмких технологий».

исхождения, выявление на ранних стадиях формирования позволит разработать целевые профилактические мероприятия, обеспечивающие снижение риска патологии при реализации высших психических функций ЦНС.

Цель исследования — изучение состояния когнитивных функций у детей дошкольного возраста, аэрогенно экспонированных нейротоксикантами промышленного происхождения.

Материалы и методы

Проведено одномоментное поперечное исследование. В исследовании участвовали 167 детей в возрасте 5–7 лет (46,1% — мальчики, 53,9% — девочки). Группа наблюдения состояла из 136 детей (средний возраст $5,55 \pm 0,70$ года), проживающих и посещающих дошкольные образовательные организации (ДОО) в зоне влияния металлургических предприятий в условиях хронической аэротехногенной экспозиции нейротропными примесями. Группу сравнения представлена 31 ребёнком (средний возраст $5,71 \pm 1,10$ года), проживающим и посещающим ДОО вне зоны экспозиции. Группы были сопоставимы по возрастным, гендерным, социально-экономическим характеристикам ($p = 0,087–0,722$). Критерии включения: возраст 5–7 лет; проживание и посещение ДОО, расположенных в зонах наблюдения, 3 года и более. Критериями исключения являлось указание на наличие в анамнезе в пре-, перинатальном периоде заболеваний головного мозга; приём в исследуемый период и за 3 мес до включения в исследование нейротропных лекарственных препаратов; наличие острых или обострение хронических соматических заболеваний. Согласно методике К.А. Отдельновой [11], объём выборки, сформированной произвольным способом, и уровень точности «ориентировочное знакомство» соответствуют пилотному исследованию.

Лабораторное и психологическое обследование детей выполнено с соблюдением этических принципов медико-биологических исследований, изложенных в Хельсинкской декларации (1964, 2008 гг.), национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ-Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP).

Оценка состояния когнитивных функций выполнена у детей дошкольного возраста на основании результатов серии психологических тестов с использованием компьютерного комплекса «НС-Психотест» (ООО «Нейрософт», Россия), системы для компьютеризированной психологической диагностики Vienna Testsystem (Schuhfried GmbH, Германия). Тестовые испытания включали методики диагностики аналитико-синтетической деятельности, логической обоснованности («Исключи лишнюю картинку») [12], зрительного восприятия («Чего не хватает в этих рисунках?») и логичности мышления («Чем залатать коврик?»), внимания («Найди и вычеркни») [13], пространственного восприятия, сенсомоторной координации и точной моторики («Домик» Н.И. Гуткиной) [14], образной памяти («Запомни фигуры»).

Для расчёта уровней экспозиции в условиях ингаляционного поступления химических веществ использовали 95% перцентиль концентраций, полученных по результатам оценки качества атмосферного воздуха. Расчёт доз при хроническом ингаляционном воздействии проводили, исходя из значений концентраций на уровне верхних 95% доверительных границ. Оценку риска здоровью населения при аэрогенном поступлении химических веществ проводили в точках отбора проб.

Химико-аналитическое исследование биосред на содержание никеля, свинца, фенола выполнено в соответствии с действующими методическими указаниями^{2,3}.

Лабораторная диагностика активности окислительных процессов и состояния антиоксидантной системы, а также уровня основного возбуждающего нейротрансмиттера — глутаминовой кислоты выполнена стандартными унифицированными методами.

Статистический анализ полученных данных выполнили с помощью программного комплекса «Statistica v. 10.0» и авторского программного обеспечения, совместимого с MS Excel. Для обработки результатов использовали общепринятые статистические методики с определением абсолютных и относительных значений. Результаты корреляционного анализа представлены коэффициентом корреляции и уровнем значимости (p). Оценку достоверности параметров и адекватности модели проводили на основании однофакторного дисперсионного анализа по F -критерию Фишера, константе (b_0), коэффициенту регрессии (b_1) и детерминации Nagelkerke (R^2). Характеристику риска проводили с учётом длительности экспозиции веществ при хроническом воздействии. Для неканцерогенных рисков, характеризуемых величиной коэффициента опасности (НП), приемлемым уровнем считается значение $\leq 1,0$.

Результаты

Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха зоны наблюдения показала существенное превышение гигиенического норматива по содержанию свинца — до 2,4 предельно допустимой среднесуточной концентрации (ПДК_{с.с.}), кроме того, в воздухе постоянно присутствовал никель — до 0,04 ПДК_{с.с.} и фенол — до 0,25 ПДК_{с.с.}, что создавало недопустимые значения коэффициента опасности при хронической ингаляционной экспозиции для ЦНС — до 1,95 НП (основной вклад вносят фенол — 50,02% и свинец — до 65,76%). Индексы опасности для условий развития патологии со стороны ЦНС для детского населения группы сравнения не превышали допустимых значений, что свидетельствует о приемлемости риска здоровью.

В ходе химико-аналитического исследования крови установлено, что у детей группы наблюдения среднегрупповое содержание фенола в 2,1 раза превышало аналогичный показатель у детей группы сравнения ($p = 0,0001$), при этом частота регистрации проб крови с повышенным содержанием фенола по отношению к группе сравнения достигала 34%. У детей группы наблюдения диапазон обнаруженных концентраций фенола составил 0,0–0,277 мг/дм³ и превысил в 4,6 раза интервал уровней содержания химического вещества в крови детей группы сравнения (0,0–0,06 мг/дм³) (табл. 1).

Среднегрупповое содержание никеля в крови детей группы наблюдения было также статистически значимо выше показателя в сравниваемой группе ($p = 0,004$). Зарегистрированные в крови детей группы наблюдения уровни содержания свинца (0,0016–0,0740 мг/дм³) и никеля (0,0018–0,0340 мг/дм³) в 1,3–1,7 раза превышали значения группы сравнения (0,004–0,057 мг/дм³ и 0,002–0,020 мг/дм³ соответственно).

При анализе результатов психологического тестирования продуктивность внимания детей группы наблюдения по итогам теста «Найди и вычеркни» была статистически значимо ниже, чем у детей группы сравнения ($0,20 \pm 0,03$ и $0,30 \pm 0,06$; $p = 0,01$) (табл. 2).

Таблица 1. Сравнительная оценка содержания химических веществ в крови обследованных детей, мг/дм³ ($M \pm m$)

Table 1. Comparative assessment of blood content of chemicals in examined children, mg/dm³ ($M \pm m$)

Химическое вещество Chemical	Группа наблюдения Observation group <i>n</i> = 136	Группа сравнения Comparison group <i>n</i> = 31	Анализ частот по отношению к группе сравнения, % Frequency analysis in relation to the comparison group, %		Межгрупповое различие Intergroup difference
			выше higher	ниже below	
Никель Nickel	0,008 ± 0,0007	0,007 ± 0,0002	33,9	67,1	0,004
Свинец Lead	0,015 ± 0,001	0,017 ± 0,003	13,5	52,5	0,324
Фенол Phenol	0,038 ± 0,006	0,018 ± 0,004	33,9	29,4	0,001

В ходе оценки образной памяти кратность снижения средних значений набранных баллов и продуктивности памяти у детей группы наблюдения относительно аналогичных показателей группы сравнения составила 1,2 раза ($p = 0,04-0,05$).

Итоги теста «Домик» показали статистически значимый более низкий уровень точной моторики, сенсомоторной координации, пространственного восприятия у детей группы наблюдения, о чём свидетельствует в 1,3 раза большее количество полученных баллов за ошибки относительно результатов группы сравнения ($p = 0,01$).

В результате выполненного корреляционного анализа установлены обратные связи между содержанием никеля в крови и уровнем памяти по результатам теста «Запомни фигуры» ($r = -0,159$; $p = 0,043$); между уровнем фенола в крови и уровнем внимания по результатам теста «Найди и вычеркни» ($r = -0,145$; $p = 0,080$). Установлена прямая корреляционная связь между содержанием свинца в крови и допущенными ошибками при реализации теста «Домик», характеризующего согласованность действий органов чувств и органов движения при выполнении сложных заданий ($r = -0,183$; $p = 0,020$). Методом линейного ре-

грессионного анализа установлена зависимость уровня внимания от концентрации фенола в крови ($b_0 = -1,09$; $b_1 = 4,21$; $F = 78,6$; $R^2 = 0,22$; $p < 0,001$).

При анализе лабораторных показателей у детей группы наблюдения выявлена активация окислительных процессов, характеризующаяся более высоким уровнем малонового диальдегида в плазме крови относительно группы сравнения ($p = 0,011$), на фоне более значительного снижения общей антиоксидантной активности плазмы как относительно физиологической нормы, так и показателя группы сравнения ($p < 0,001-0,026$) (табл. 3).

Исследование и оценка показателя, характеризующего состояние процесса синаптической передачи нервного импульса в ЦНС, свидетельствуют о том, что у детей группы наблюдения уровень основного возбуждающего нейротрансмиттера в сыворотке крови в 2,1 раза превышает аналогичный показатель у детей группы сравнения ($p = 0,0001$), что свидетельствует о дисбалансе нейромедиаторов и преобладании процессов возбуждения.

В ходе линейного регрессионного анализа установлена связь увеличения уровня глутаминовой кислоты в сыворотке крови с повышенным содержанием никеля

Таблица 2. Результаты психологического тестирования детей, количество баллов ($M \pm m$)

Table 2. Results obtained by psychological tests in two children groups, scores amount ($M \pm m$)

Параметры оценки тестов Test assessment parameters	Группа наблюдения Observation group	Группа сравнения Reference group	Достоверность различий Validity of intergroup differences
Оценка аналитико-синтетической деятельности, логической обоснованности («Исключи лишнюю картинку»), количество баллов Assessment of analytic-synthetic activity and consistency in thinking (Exclude the extra picture), score estimate	2,10 ± 0,16	2,30 ± 0,28	0,220
Оценка восприятия («Что не хватает в этих рисунках»), количество баллов Perception assessment (“What are these pictures lacking?”), score estimate	4,60 ± 0,27	4,80 ± 0,49	0,540
Оценка восприятия и логичности мышления («Чем залатать коврик»), количество баллов Assessment of perception and consistency in thinking (“What can we use to mend this carpet?”), score estimate	0,60 ± 0,12	0,60 ± 0,21	0,990
Оценка продуктивности внимания («Найди и вычеркни») Attention productivity assessment (“Find and cross out”)			
количество ошибок number of errors	10,30 ± 1,60	8,10 ± 3,35	0,250
количество баллов score estimate	0,20 ± 0,03	0,30 ± 0,06	0,010
Оценка пространственного восприятия и сенсомоторной координации, точной моторики («Домик» Н.И. Гуткиной), количество баллов за ошибки Assessment of spatial perception and sensorimotor coordination, fine motor skills (‘House’ by N.I. Gutkina), score estimate for mistakes	9,30 ± 0,60	7,00 ± 1,68	0,010
Оценка образной памяти («Запомни фигуры») Image memory assessment (“Remember the figures”)			
количество баллов score estimate	4,00 ± 0,25	4,70 ± 0,67	0,050
количество баллов score estimate	0,30 ± 0,10	0,20 ± 0,15	0,130
Продуктивность памяти, % Memory productivity, %	41,30 ± 2,94	50,00 ± 8,21	0,040

Таблица 3. Данные лабораторных исследований, $M \pm m$

Table 3. Laboratory test results, $M \pm m$

Показатель Indicator	Физиологический норматив Physiological range	Группа наблюдения Observation group	Группа сравнения Comparison group	Достоверность различий Validity of differences
Антиоксидантная активность плазмы крови, % Blood plasma antioxidant activity, %	36,2–38,6	33,632 ± 0,820	35,857 ± 1,753	0,026
Малоновый диальдегид плазмы, мкмоль/см ³ Plasma malonic dialdehyde, μmol/cm ³	1,8–2,5	2,990 ± 0,131	2,791 ± 0,075	0,011
Глутаминовая кислота, мкмоль/дм ³ Glutamine acid, μmol/dm ³	83,24–131,24	115,939 ± 4,572	55,062 ± 9,722	< 0,001

Таблица 4. Данные линейного регрессионного анализа «маркер экспозиции — лабораторные показатели»

Table 4. Data obtained by linear regression analysis of «exposure marker — laboratory indices»

Маркер экспозиции Exposure marker	Маркер эффекта Effect marker	Направление эффекта Effect direction	Параметры модели Model parameters			Достоверность Validity
			b ₀	b ₁	R ²	
Никель в крови, мг/дм ³ Nickel in blood, mg/dm ³	Антиоксидантная активность плазмы крови, % Blood plasma antioxidant activity, %	Понижение Decline	–0,45	–250,23	0,30	0,0001
	Малоновый диальдегид, мкмоль/см ³ Malonic dialdehyde, μmol/cm ³	Повышение Elevation	–1,68	290,30	0,75	0,0001
	Глутаминовая кислота, мкмоль/дм ³ Glutamine acid, μmol/dm ³	Повышение Elevation	–3,64	261,56	0,71	0,0001
Фенол в крови, мг/дм ³ Phenol in blood, mg/dm ³	Антиоксидантная активность плазмы крови, % Plasma antioxidant activity, %	Понижение Decline	–3,41	–962,23	0,74	0,0001
	Малоновый диальдегид, мкмоль/см ³ Plasma malonic dialdehyde, μmol/cm ³	Повышение Elevation	–3,51	13,89	0,19	0,022

в крови; высокого уровня малонового диальдегида и снижения общего антиоксидантного статуса — с увеличением содержания фенола и никеля в крови (табл. 4).

Обсуждение

Изучение патогенеза воздействия нейротоксикантов на организм является актуальной задачей в связи с возможностью проведения превентивных мероприятий для предупреждения когнитивного дефицита. В имеющейся литературе широко изучается влияние нейротоксикантов на организм работающих [15], рассматриваются методики их раннего выявления [16, 17]. В ряде работ описываются когнитивные нарушения у населения, проживающего в зоне аэрогенного влияния нейротропных компонентов выбросов промышленных предприятий [18–20]. Рассматриваются механизмы непосредственного цитотоксического воздействия, генерализованного вялотекущего воспалительного процесса, который персистирует под влиянием факторов различной природы. В развитии данного процесса принимает участие оксидативный стресс, при котором скорость продукции свободных радикалов превышает антиоксидативные возможности организма. Следствием является нарушение структуры и функций нейронов, что может приводить к потенцированию эксайтотоксичности, нарушению глиального гомеостаза и дисфункции нейрогенеза [21–23]. Высказывается мнение о более выраженном влиянии нейротоксикантов на детей и подростков вследствие продолжающихся процессов формирования ЦНС в детском возрасте [24]. Результаты проведённого нами исследования показали у дошкольников, проживающих в условиях хронической аэротехногенной экспозиции нейротропными при-

месями, значимое снижение уровня внимания, памяти, сенсомоторной координации и точной моторики по сравнению с ровесниками, проживающими в условиях санитарно-гигиенического благополучия. Установлена связь снижения уровня развития когнитивных функций у детей с высоким содержанием в крови химических веществ, обладающих нейротропным действием (свинец, никель, фенол).

Выявленные изменения сочетаются с показателями наличия оксидативного стресса и дисбаланса нейромедиаторов в сторону преобладания процессов возбуждения, что может свидетельствовать о развитии механизма эксайтотоксичности.

Ограничения исследования. Возрастное ограничение возможностей применения серии тестовых испытаний.

Заключение

У детей дошкольного возраста, проживающих на селитебных территориях с превышением содержания в атмосферном воздухе свинца до 2,4 ПДК_{сс} и постоянным присутствием никеля (до 0,04 ПДК_{сс}), фенола (до 0,25 ПДК_{сс}) наблюдается снижение продуктивности внимания, памяти, пространственного восприятия и сенсомоторной координации, точной моторики, коррелирующее с содержанием нейротоксикантов в крови ($-0,183 \leq r \leq -0,145$; $0,020 \leq p \leq 0,080$).

Воздействие нейротоксикантов реализуется через механизмы оксидативного стресса ($R^2 = 0,19–0,75$; $p = 0,0001–0,022$) и эксайтотоксичности ($R^2 = 0,71$; $p = 0,0001$).

Результаты психологического тестирования детей, проживающих на территориях с загрязнением атмосферного воздуха нейротоксикантами, могут быть использованы

для доказательства целесообразности реализации комплекса мер, направленных на повышение качества среды обитания и достижение приемлемого уровня риска.

Использование серий психологических тестов у детей, проживающих на территориях с загрязнением атмосферного воздуха нейротоксикантами, позволит выделить группы риска для реализации комплекса лечебно-профилактических мероприятий, обеспечиваю-

щих увеличение адаптационных возможностей ЦНС и повышения качества жизни.

Необходимы дальнейшие исследования для верификации вклада веществ и соединений в нейротоксический эффект, определения их топического воздействия на ЦНС с целью оптимизации диагностических методов, позволяющих выделить группы риска и осуществить меры профилактики когнитивных нарушений.

ЛИТЕРАТУРА (п.п. 6–8, 15, 21–24 см. References)

- Пузырев В.Г., Ситдикова И.Д., Шарапова О.В., Герасимова Л.И., Хузижанов Ф.В., Ситдикова А.В. и др. Здоровье населения как критерий воздействия экологических факторов мегаполиса. *Общественное здоровье и здравоохранение*. 2024; (2): 65–71.
- Екушева Е.В. Когнитивные нарушения – актуальная междисциплинарная проблема. *РМЖ*. 2018; 26(12–1): 32–7. <https://elibrary.ru/yocirn>
- Кольдибекова Ю.В., Землянова М.А., Горяев Д.В., Четверкина К.В. Показатели заболеваемости детского населения в условиях аэрогенной химической экспозиции: факторы риска и ассоциативные связи. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2023; 67(6): 535–42. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-6-535-542> <https://elibrary.ru/nzyiex>
- Косенкова Т.В. Актуальные проблемы состояния здоровья детей в Российской Федерации. Информационный бюллетень ВОЗ; 2015.
- Сетко Н.П., Жданова О.М., Сетко А.Г. Психофизиологическая характеристика особенностей становления когнитивных функций у учащихся старших классов. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(4): 358–64. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-358-364> <https://elibrary.ru/seixn>
- Головко А.И., Ивницкий Ю.Ю., Иванов М.Б., Рейнюк В.Л. Универсальность феномена «нейротоксичность» (обзор литературы). *Токсикологический вестник*. 2021; 29(5): 4–16. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2021-29-5-4-16> <https://elibrary.ru/waavml>
- Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Пескова Е.В. Некоторые аспекты развития нейротоксических эффектов при воздействии нейротропных химических веществ. *Экология человека*. 2020; (3): 47–53. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-3-47-53> <https://elibrary.ru/kvdecg>
- Отдельнова К.А. Определение необходимого числа наблюдений в социально-гигиенических исследованиях. *Сборник трудов 2-го ММИ*. 1980; 150(6): 18–22.
- Забрамная С.Д. *Психолого-педагогическая диагностика умственного развития детей*. М.: Просвещение, Владос; 1995.
- Немов Р.С. *Психология*. М.: Владос; 2001.
- Гуткина Н.И. *Психологическая готовность к школе*. СПб.: Питер; 2004. <https://elibrary.ru/qxigth>
- Катаманова Е.В., Кудаева И.В., Лахман О.Л. Сравнительный анализ изменения нейрофизиологических и нейрохимических показателей у стажированных работников, экспонированных ртутью и винилхлоридом. *Медицина в Кузбассе*. 2020; 19(4): 33–41. <https://elibrary.ru/clmmfww>
- Катаманова Е.В., Русанова Д.В., Казакова П.В. Нейрофизиологические и психологические показатели ликвидаторов химического загрязнения окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2023; 12(102): 1303–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1303-1308> <https://elibrary.ru/ohpsbz>
- Скупневский С.В., Иванов Д.В. Воздействие алюминия и его соединений на функции органов и тканей человека (обзорная статья). *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2023; 17(1): 110–24. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2023-1-3-7> <https://elibrary.ru/vgrxrm>
- Землянова М.А., Пережогин А.Н., Кольдибекова Ю.В. Тенденции состояния здоровья детского населения и их связь с основными аэрогенными факторами риска в условиях специфического загрязнения атмосферного воздуха предприятиями металлургического и деревообрабатывающего профиля. *Анализ риска здоровью*. 2020; (4): 46–53. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.05> <https://elibrary.ru/ttfqth>
- Коськина Е.В., Глебова Л.А., Бачина А.В., Чухров Ю.С., Власова О.П., Перанова Ю.А. Гигиеническая оценка формирования нарушения здоровья детского населения при комплексном воздействии факторов окружающей среды в углехимических центрах Кузбасса. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2016; 1(1): 57–63. <https://elibrary.ru/woqztd>

REFERENCES

- Puzyrev V.G., Sitdikova I.D., Sharapova O.V., Gerasimova L.I., Khuzikhanov F.V., Sitdikova A.V., et al. Population health as a criterion for assessing the impact of environmental factors of a megapolis. *Obshchestvennoe zdorov'e i zdavoookhranenie*. 2024; (2): 65–71. (in Russian)
- Ekusheva E.V. Cognitive impairment is a current interdisciplinary problem. *RMZh*. 2018; 26(12–1): 32–7. <https://elibrary.ru/yocirn> (in Russian)
- Koldibekova Yu.V., Zemlyanova M.A., Goryaev D.V., Chetverkina K.V. Morbidity rates of the children population under conditions of aerogenic chemical exposure: risk factors and associations. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2023; 67(6): 535–42. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-6-535-542> <https://elibrary.ru/nzyiex> (in Russian)
- Kosenkova T.V. Current issues of children's health in the Russian Federation. *Bulletin of the World Health Organization*; 2015. (in Russian)
- Setko N.P., Zhdanova O.M., Setko A.G. Psychophysiological characteristics of the features of the development of cognitive functions in senior school students. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(4): 358–64. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-358-364> <https://elibrary.ru/seixn> (in Russian)
- Parithathi A., Choudhary N., Dsouza H.S. Prenatal and early life lead exposure induced neurotoxicity. *Hum. Exp. Toxicol*. 2024; 43: 9603271241285523. <https://doi.org/10.1177/09603271241285523>
- Pohl H.R., Roney N., Abadin H.G. Metal ions affecting the neurological system. *Met. Ions Life Sci*. 2011; 8: 247–62.
- Sanders A.P., Claus Henn B., Wright R.O. Perinatal and childhood exposure to cadmium, manganese, and metal mixtures and effects on cognition and behavior: a review of recent literature. *Curr. Environ. Health Rep*. 2015; 2(3): 284–94. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0058-8>
- Golovko A.I., Ivnitky Ju.Ju., Ivanov M.B., Rejnyuk V.L. Universality of the phenomenon of “neurotoxicity” (literature review). *Toksikologicheskii vestnik*. 2021; 29(5): 4–16. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2021-29-5-4-16> <https://elibrary.ru/waavml> (in Russian)
- Zaitseva N.V., Zemlianova M.A., Koldibekova Yu.V., Peskova E.V. Development of neurotoxic effects of neurotrophic chemicals. *Ekologiya cheloveka*. 2020; (3): 47–53. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-3-47-53> <https://elibrary.ru/kvdecg> (in Russian)
- Otdelnova K.A. Determination of the required number of observations in social and hygienic research. *Sbornik trudov 2-go MMI*. 1980; 150(6): 18–22. (in Russian)
- Zabramnaya S.D. *Psychological and Pedagogical Diagnostics of Children's Mental Development [Psikhologo-pedagogicheskaya diagnostika umstvennogo razvitiya detei]*. Moscow: Prosveshchenie, Vlados; 1995. (in Russian)
- Nemov R.S. *Psichologiya [Psychology]*. Moscow: Vlados; 2001. (in Russian)

14. Gutkina N.I. *Psychological Readiness for School [Psikhologicheskaya gotovost' k shkole]*. St. Petersburg: Piter; 2004. <https://elibrary.ru/qxigth> (in Russian)
15. Iqbal A., Ahmed M., Ahmad S., Sahoo C.R., Iqbal M.K., Haque S.E. Environmental neurotoxic pollutants: review. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2020; 27(33): 41175–98. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10539-z>
16. Katamanova E.V., Kudaeva I.V., Lahman O.L. Comparative analysis of changes in neurophysiological and neurochemical parameters in trained workers exposed to mercury and vinyl chloride. *Meditsina v Kuzbasse*. 2020; 19(4): 33–41. <https://elibrary.ru/clmmfw> (in Russian)
17. Katamanova E.V., Rusanova D.V., Kazakova P.V. Neurophysiological and psychological indicators of liquidators of chemical pollution of the environment. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 12(102): 1303–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1303-1308> <https://elibrary.ru/ohpsbz> (in Russian)
18. Skupnevskiy S.V., Ivanov D.V. The effect of aluminum and its compounds on the functions of human organs and tissues (review article). *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii. Elektronnoe izdanie*. 2023; 17(1): 110–24. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2023-1-3-7> <https://elibrary.ru/vgrxrm> (in Russian)
19. Zemlyanova M.A., Perezhogin A.N., Koldibekova Yu.V. Trends in the health status of children and their relationship with the main airborne risk factors in conditions of specific air pollution by metallurgical and woodworking enterprises. *Health Risk Analysis*. 2020; (4): 46–53. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.05> <https://elibrary.ru/dmzzzp>
20. Koskina E.V., Glebova L.A., Bachina A.V., Chukhrov Yu.S., Vlasova O.P., Peganova Yu.A. Hygienic assessment of children's health in coal chemistry centers of Kuzbass. *Fundamental'naya i klinicheskaya meditsina*. 2016; 1(1): 57–63. <https://elibrary.ru/woqztd> (in Russian)
21. Dorman D.C. The role of oxidative stress in manganese neurotoxicity: a literature review focused on contributions made by professor Michael Aschner. *Biomolecules*. 2023; 13(8): 1176. <https://doi.org/10.3390/biom13081176>
22. Ma Y., Su Q., Yue C., Zou H., Zhu J., Zhao H., et al. The effect of oxidative stress-induced autophagy by cadmium exposure in kidney, liver, and bone damage, and neurotoxicity. *Int. J. Mol. Sci.* 2022; 23(21): 13491. <https://doi.org/10.3390/ijms232113491>
23. Arruebarrena M.A., Hawe C.T., Lee Y.M., Branco R.C. Mechanisms of cadmium neurotoxicity. *Int. J. Mol. Sci.* 2023; 24(23): 16558. <https://doi.org/10.3390/ijms242316558>
24. Parithathi A., Choudhari N., Dsouza H.S. Prenatal and early life lead exposure induced neurotoxicity. *Hum. Exp. Toxicol.* 2024; 43: 9603271241285523. <https://doi.org/10.1177/09603271241285523>

Информация об авторах

Савинков Максим Анатольевич, врач функциональной диагностики отделения функциональной и лучевой диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: MSavinkov@gmail.com

Носов Александр Евгеньевич, канд. мед. наук, зав. отделением функциональной и лучевой диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: nosov@fcrisk.ru

Щербаков Александр Алексеевич, врач функциональной диагностики отделения функциональной и лучевой диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: Alexander.shcherbakov.official@gmail.com

Устинова Ольга Юрьевна, доктор мед. наук, профессор, зам. директора по клинической работе ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: ustinova@fcrisk.ru

Валина Светлана Леонидовна, канд. мед. наук, зав. отделом гигиены детей и подростков ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: valina@fcrisk.ru

Information about the authors

Maksim A. Savinkov, doctor of functional diagnostics at the Department of Functional and Radiation Diagnostics, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5776-8182> E-mail: Msavinkov@gmail.com

Aleksandr E. Nosov, PhD (Medicine), Head of the Department of Functional and Radiation Diagnostics, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0539-569X> E-mail: nosov@fcrisk.ru

Aleksandr A. Shcherbakov, doctor of functional diagnostics of the Department of Functional and Radiation Diagnostics, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8351-6560> E-mail: Alexander.shcherbakov.official@gmail.com

Olga Yu. Ustinova, DSc (Medicine), Professor, Deputy Director for Clinical Work, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491> E-mail: ustinova@fcrisk.ru

Svetlana L. Valina, PhD (Medicine), Head of the Department of Hygiene of Children and Adolescents Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598> E-mail: valina@fcrisk.ru