



## Риск нарушения баланса микроэлементов при профессиональных аллергических заболеваниях

Л.Г. Лисецкая, О.В. Ушакова, Г.М. Бодиенкова

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»,  
ул. 12А микрорайон, д. 3а, г. Ангарск, Иркутская обл., 665826, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Актуальность обусловлена малой изученностью механизмов формирования и особенностью клиники профессиональных аллергических заболеваний.

**Цель исследования:** изучение уровня содержания эссенциальных микроэлементов в биологических субстратах пациентов с профессиональной аллергической патологией.

**Материалы и методы.** За период 2014–2018 гг. было исследовано содержание цинка и меди в пробах мочи, сыворотке крови и лимфоцитах у пациентов с профессиональной аллергической патологией кожи и органов дыхания. Анализ проводили атомно-абсорбционным методом. Относительный риск рассчитывали с помощью четырехпольной таблицы сопряжения.

**Результаты.** У больных аллергическим контактным дерматитом и бронхиальной астмой профессионального генеза в сыворотке крови повышается концентрация цинка и уровень меди. При этом отмечено понижение элиминации меди и цинка с мочой. Количественные закономерности содержания микроэлементов в биосредах больных с аллергопатологией кожных покровов и дыхательной системы имеют однонаправленный характер по сравнению с группой сравнения. Анализ величин относительного риска показывает, что пониженный уровень меди в моче и цинка в сыворотке крови и лимфоцитах, а также повышенный уровень меди в сыворотке свидетельствуют о риске нарушения баланса микроэлементов в организме.

**Заключение.** Реализация риска нарушения баланса микроэлементов в организме при профессиональных аллергических заболеваниях ассоциирована с развитием дисбаланса меди и цинка. Полученные данные в будущем позволят обосновать содержание микроэлементов в качестве дополнительных факторов, усугубляющих течение профессиональных аллергических заболеваний.

**Ключевые слова:** эссенциальные микроэлементы, профессиональные аллергические заболевания, риск.

**Для цитирования:** Лисецкая Л.Г., Ушакова О.В., Бодиенкова Г.М. Риск нарушения баланса микроэлементов при профессиональных аллергических заболеваниях // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 4. С. 51–58. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-4-51-58

## Risk of Trace Element Imbalance in Cases of Occupational Allergic Diseases

Lyudmila G. Lisetskaya, Oksana V. Ushakova, Galina M. Bodienkova

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research,  
3, 12A Mikrorayon, Angarsk, Irkutsk Region, 665826, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** The relevance of the study is attributed to the lack of knowledge of the mechanisms of development and specifics of the clinical picture of occupational allergic diseases.

**Objective:** To establish the levels of essential trace elements in biological substrates of patients with occupational allergies.

**Materials and methods:** In 2014–2018, we analyzed zinc and copper levels in urine, blood serum, and lymphocytes of patients with occupational allergic skin and respiratory diseases by the atomic absorption method. Relative risk was calculated using a four-field contingency table.

**Results:** In patients with work-related allergic contact dermatitis and bronchial asthma, zinc and copper concentrations in blood serum increased while urinary excretion of these elements decreased. Quantitative patterns of the concentrations of trace elements in body fluids of the patients with skin and respiratory allergies were unidirectional compared to the reference group. Relative risk values showed that lower levels of copper in urine and zinc in blood serum and lymphocytes, as well as higher serum copper indicated the risk of trace element imbalance in the body.

**Conclusion:** The risk of trace element imbalance due to occupational allergic diseases is associated with impaired copper and zinc balance. Our findings prove that the levels of microelements are additional factors that aggravate the course of occupational allergic disorders.

**Keywords:** essential trace elements, occupational allergic diseases, risk.

**Cite as:** Lisetskaya LG, Ushakova OV, Bodienkova GM. Risk of trace element imbalance in cases of occupational allergic diseases. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(4):51–58. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-4-51-58

**Введение.** Профессиональные заболевания – это заболевания, приобретенные в результате выполнения различной производственной деятельности. Когда основной патогенный механизм является иммуногенным, эти состояния называются профессиональными аллергическими заболеваниями (ПАЗ). По данным зарубежных авторов, 15 % всех профессиональных заболеваний в Бразилии являются аллергическими, в США 25 % всех случаев астмы связаны с профессиональной деятельностью и 20 % кожных заболеваний диагностируются как аллергический контактный дерматит [1–4]. При этом показатели заболеваемости существенно колеблются по различным отраслям промышленности [5]. ПАЗ малоисследованы, хотя они представляют собой серьезную проблему для общественного здоровья и социального обеспечения. Актуальность изучения профессиональной аллергической патологии в Прибайкальском регионе обусловлена высокой концентрацией промышленности. Большинство производств характеризуется недостаточно высоким технологическим уровнем, применением устаревшего оборудования, значительной долей рабочих мест, не отвечающих санитарным нормам [6, 7]. Как в мире, так и в России важным направлением в сохранении здоровья работающего населения является формирование доказательств связи заболевания с профессией. Для выявления устойчивых причинно-следственных связей нарушения здоровья с воздействием факторов производственной среды необходимо обоснование и использование биомаркеров экспозиции и биологического ответа на воздействие сенсibiliзирующих веществ. В связи с этим большое внимание в области профилактической и персонализированной медицины уделяется изучению молекулярно-клеточных механизмов развития профессиональной аллергопатологии для обоснования новых информативных маркеров ранней и дифференциальной диагностики. Несмотря на многочисленные исследования механизмов формирования, особенностей клиники, диагностики и профилактики неблагоприятного воздействия производственных аллергенов на организм, некоторые теоретические и практические вопросы до настоящего времени остаются нерешенными [8–11]. В последние годы установлено, что формирование аллергопатологии сопровождается нарушением обмена микроэлементов в организме [12, 13]. В ряде работ показана корреляция проявлений аллергических заболеваний непрофессионального генеза с изменением микроэлементного статуса [14, 15]. Развитие аллергозов приводит к дисбалансу и нарушению гомеостаза микроэлементов. Во многих работах показано, что цинк и медь могут быть предикторами окислительного стресса и воспалительного статуса и играют очень важную роль в формировании иммунных реакций при различных формах аллергических заболеваний [14, 16–18]. Выявлено, что такие эссенциальные микроэлементы, как медь и цинк, являясь основными компонентами супероксиддисмутазы (СОД), участвуют в регуляции иммунного ответа, контролируют секреторную активность тучных клеток

и состояние местной защиты слизистых оболочек [19, 20]. Понижение уровня цинка и повышение концентрации меди в сыворотке крови отмечено у больных с аллергическим ринитом, атопическим дерматитом и бронхиальной астмой [21–23]. При этом отмечено, что происходящие в организме изменения в статусе цинка и меди могут привести к более сильным воспалительным реакциям [15]. Однако нарушению элементного состава биосред у пациентов с аллергическими заболеваниями профессионального генеза в литературе внимания не уделялось. В этой связи для совершенствования методологии диагностики и лечения немаловажное значение имеет углубленное изучение роли основных микроэлементов в развитии и течении профессиональной аллергической патологии.

**Цель исследования:** изучение уровня содержания эссенциальных микроэлементов в биологических субстратах пациентов с профессиональной аллергической патологией.

**Материалы и методы.** На базе клиники ФГБНУ «ВСИМЭИ» проведено обследование 68 пациентов с установленным диагнозом ПАЗ. Группа обследованных пациентов была представлена женщинами в возрасте  $45,4 \pm 1,0$  года, работающих в химической промышленности и здравоохранении. Диагноз профессионального заболевания устанавливали с учетом данных санитарно-гигиенической характеристики условий труда работников и контакта с аллергенами на производстве, который составлял  $17,4 \pm 0,9$  года. У 38 пациентов (56 %) была диагностирована кожная форма заболевания, которая проявлялась в виде аллергического контактного дерматита, 30 пациентов (44 %) имели профессиональную патологию органов дыхания в виде бронхиальной астмы различной степени тяжести.

В группу сравнения были включены 44 преподавателя общеобразовательных школ аналогичного пола без аллергических патологий в анамнезе, средний возраст составлял  $37,5 \pm 1,2$  года, стаж работы –  $15,8 \pm 1,3$  года. Изучение условий труда преподавателей выявило, что неблагоприятными факторами рабочей среды являются микроклимат, освещение, а также повышенные сенсорные, голосовые и эмоциональные нагрузки. У данной категории работников распространены заболевания костно-мышечной, желудочно-кишечной, мочеполовой, нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой систем и органов зрения [24].

При исследовании микроэлементного статуса использовали кровь из локтевой вены и суточную мочу. Лимфоцитарную взвесь выделяли в градиенте плотности фиколл-верографин. В полученной взвеси измеряли концентрацию клеток. Пробы мочи, сыворотку крови и взвесь лимфоцитов минерализовали, разлагая пробу концентрированной азотной кислотой в автоклавах. Содержание металлов в биосубстратах обследованных пациентов определяли методом инструментального атомно-абсорбционного анализа на приборе ААС 240FS (Agilent Technologist). Статистическую обработку результатов выполняли с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, США). Ввиду небольшой численности

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-4-51-58  
Original Research Article

проб для сравнения групп применяли непараметрические параметры – медиану, 25-й и 75-й квантили.

С помощью четырехпольной таблицы сопряжения проведено вычисление относительного риска RR изменения микроэлементного состава в связи с заболеваемостью [25]. В таблицу вносили следующие данные: число больных ПАЗ с выявленным изменением содержания микроэлементов в биосредах (А), число больных с нормальным уровнем микроэлементов (Б), число здоровых лиц с нарушением содержания микроэлементов (С), число здоровых лиц с нормальным уровнем микроэлементов (Д). При этом за изменение содержания цинка принимали повышение его уровня в моче и понижение в сыворотке крови и лимфоцитах по отношению к группе сравнения. В случае с медью опасным изменением считали понижение концентрации меди в моче и повышение в сыворотке крови и лимфоцитах. Относительный риск рассчитывали по формуле:

$$RR = \frac{A \cdot (C + D)}{C \cdot (A + B)}$$

где А, В, С, Д – количество наблюдений в ячейках таблицы сопряжения.

**Результаты.** Концентрации микроэлементов в моче, сыворотке крови, лимфоцитах у пациентов с ПАЗ представлены в табл. 1.

Как следует из данных, представленных в табл. 1, в целом у обследованных выявлено статистически значимое снижение в моче концентрации цинка и меди при сопоставлении с группой сравнения. Концентрация металлов в сыворотке крови больных была выше, чем у здоровых людей. Анализ лимфоцитов крови у обследованных нами пациентов с ПАЗ показал достоверно значимое повышенное содержание в них меди и цинка по сравнению с показателями у здоровых людей.

Результаты исследования уровней микроэлементов в зависимости от клинической формы заболевания показали, что большинство показателей у пациентов с аллергическим контактным дерматитом и бронхиальной астмой по сравнению с группой сравнения имеют однонаправленный характер и повторяют количественные закономерности содержания биометаллов, установленные в целом у всех обследуемых (табл. 2).

Вместе с тем важно отметить, что у пациентов с бронхиальной астмой уровень цинка в лимфоцитах

ниже, чем у пациентов с аллергическим контактным дерматитом.

В табл. 3 приведены значения относительного риска RR для выявления связи нарушения микроэлементного состава и ПАЗ.

Анализ величин относительного риска показывает, что повышенный уровень меди и цинка в сыворотке крови и лимфоцитах, а также пониженный уровень элементов в моче свидетельствуют о риске нарушения баланса микроэлементов в организме.

**Обсуждение.** За последние годы был проведен ряд исследований по изучению роли микроэлементов при развитии аллергических заболеваний. Была выдвинута гипотеза, что эссенциальные микроэлементы могут играть важную роль в генезе астмы, поскольку они участвуют в реакции окислительного стресса в качестве кофакторов антиоксидантных ферментов [15, 26]. Изучение уровней микроэлементов в сыворотке крови у пациентов с различными аллергическими заболеваниями непрофессионального генеза выявили более высокие уровни меди при atopическом дерматите и бронхиальной астме [27]. Повышенный уровень меди может оказывать влияние на активацию медиаторов воспаления и функцию иммунных клеток, стимулируя выработку интерлейкина IL6, и усиливать экспрессию молекул межклеточной адгезии, что способствует прогрессированию аллергического процесса [28].

Цинк как компонент СОД защищает организм от окислительного стресса. Дефицит цинка может привести к дефектам функционирования иммунной системы [29]. Недостаток цинка влияет на регуляцию Т-клеточных лимфоцитов, что может играть определенную роль в развитии аллергии [30, 31].

При анализе литературных данных обращает на себя внимание отсутствие официально принятых референсных уровней содержания меди и цинка в крови и моче. При клинических исследованиях эти показатели не входят в число обязательных диагностических исследований, а для эколого-гигиенических целей применение инвазивных процедур нежелательно. Считается целесообразным определять указанные элементы при подозрениях на дефицит микроэлементов или интоксикацию, в том числе профессионального генеза. Кроме того, медь в сыворотке крови определяется в целях диагностики и контроля лечения болезни Вильсона – Коновалова. Референсные уровни содержания меди

**Таблица 1.** Содержание микроэлементов в биосредах, лимфоцитах у пациентов с ПАЗ, Me (Q<sub>25</sub>–Q<sub>75</sub>)  
**Table 1.** Levels of trace elements in body fluids and lymphocytes of patients with occupational allergic diseases, Me (Q<sub>25</sub>–Q<sub>75</sub>)

Биосубстрат / Biosubstrate	Микроэлемент / Trace element	Пациенты с ПАЗ / Patients with occupational allergic diseases n = 68	Группа сравнения / Reference group n = 44	p
Моча / Urine	Цинк, мг/дм <sup>3</sup> / Zinc, mg/dm <sup>3</sup>	0,165 (0,1091–0,258)	0,272 (0,183–0,344)	0,05
	Медь, мкг/дм <sup>3</sup> / Copper, µg/dm <sup>3</sup>	0,007 (0,002–0,009)	0,030 (0,020–0,030)	0,02
Сыворотка крови / Blood serum	Цинк, мг/дм <sup>3</sup> / Zinc, mg/dm <sup>3</sup>	0,693 (0,556–0,812)	0,651 (0,471–0,846)	0,05
	Медь, мг/дм <sup>3</sup> / Copper, mg/dm <sup>3</sup>	0,813 (0,705–0,917)	0,706 (0,657–0,849)	0,05
Лимфоциты / Lymphocytes	Цинк, нмоль/млн / Zinc, nmol/mln	0,883 (0,302–0,983)	0,774 (0,479–0,877)	0,05
	Медь, нмоль/млн / Copper, nmol/mln	0,157 (0,043–0,295)	0,053 (0,035–0,102)	0,004

**Таблица 2. Сравнительная оценка содержания микроэлементов у пациентов в зависимости от нозологической формы, Me (Q<sub>25</sub>–Q<sub>75</sub>)****Table 2. Comparison of the levels of trace elements in the occupational allergy cases by disease, Me (Q<sub>25</sub>–Q<sub>75</sub>)**

Показатель / Indicator	Группа сравнения / Reference group n = 44	Пациенты с аллергическим контактным дерматитом / Patients with allergic contact dermatitis n = 38	p	Пациенты с бронхиальной астмой / Patients with bronchial asthma n = 30	p
Zn в моче, мг/дм <sup>3</sup> / Urinary Zn, mg/dm <sup>3</sup>	0,272 (0,183–0,344)	0,188 (0,130–0,253)	0,05	0,134 (0,096–0,253)	0,0008
Cu в моче, мкг/дм <sup>3</sup> / Urinary Cu, µg/dm <sup>3</sup>	0,030 (0,020–0,030)	0,007 (0,003–0,016)	0,04	0,008 (0,004–0,014)	0,009
Zn в сыворотке крови, мг/дм <sup>3</sup> / Serum Zn, mg/dm <sup>3</sup>	0,651 (0,471–0,846)	0,691 (0,556–0,828)	0,05	0,706 (0,483–0,807)	0,05
Cu в сыворотке крови, мг/дм <sup>3</sup> / Serum Cu, mg/dm <sup>3</sup>	0,706 (0,657–0,849)	0,810 (0,705–0,903)	0,05	0,806 (0,605–0,935)	0,05
Zn в лимфоцитах, нмоль/млн / Zn in lymphocytes, nmol/mln	0,774 (0,479–0,877)	0,930 (0,785–1,190)	0,05	0,857 (0,796–0,882)	0,04
Cu в лимфоцитах, нмоль/млн / Cu in lymphocytes, nmol/mln	0,053 (0,035–0,102)	0,173 (0,106–0,230)	0,05	0,103 (0,129–0,297)	0,05

**Таблица 3. Показатели относительного риска нарушения микроэлементного состава у пациентов с ПАЗ****Table 3. Indicators of the relative risk of trace element imbalance in patients with occupational allergic diseases**

Показатель / Indicator	Характер нарушения / Type of imbalance	Относительный риск, RR / Relative risk, RR	Возможность развития дисбаланса микроэлементов / Probability of trace element imbalance
Медь в моче / Urinary copper	Понижение / Decrease	1,78	+
Медь в сыворотке крови / Serum copper	Повышение / Increase	1,50	+
Медь в лимфоцитах / Copper in lymphocytes	Повышение / Increase	1,2	+
Цинк в моче / Urinary zinc	Понижение / Decrease	1,2	–
Цинк в сыворотке крови / Serum zinc	Повышение / Increase	1,25	+
Цинк в лимфоцитах / Zinc in lymphocytes	Повышение / Increase	1,20	+

Примечание: RR ≤ 1 – отсутствие риска, RR > 1 – фактор повышает риск.

Notes: RR ≤ 1 = no risk; RR > 1 = the factor increases the risk.

и цинка в крови и моче при клинических исследованиях представлены в работах<sup>1,2</sup>.

Как видно из табл. 4, уровень содержания меди и цинка у здоровых людей варьирует в широком диапазоне. Необходимо отметить, что приведенные данные не являются оригинальными, а взяты авторами из различных источников, как отечественных, так и зарубежных. Являясь эссенциальными элементами, медь и цинк постоянно поступают в организм с пищей и водой. Геохимический фон очень сильно отличается на различных территориях, что неизбежно может сказаться на уровне их содержания в организме. Подобные исследования проводятся, как правило, в специализированных научных организациях, при этом каждая лаборатория исходит из своих возможностей. Применение различных способов пробоподготовки и инструментального анализа может привести к значительным различиям погрешности анализа. Поэтому в зарубежных исследованиях не используются референсные уровни содержания микроэлементов в крови и моче. В каждом случае подбираются контрольные группы, которые оцениваются в одинаковых условиях. В нашем исследовании мы подобрали однотипные

группы женщин, живущих в одном населенном пункте. Анализ условий труда свидетельствует об отсутствии у них профессионального воздействия излученных металлов.

Полученные данные свидетельствуют, что при развитии таких заболеваний, как аллергический контактный дерматит и бронхиальная астма профессионального генеза, в сыворотке крови происходит повышение концентрации меди и цинка. Наше исследование показало, что увеличение концентрации элементов происходит за счет лейкоцитарной фракции. При этом наблюдается статистически значимое снижение элиминации элементов с мочой.

В зависимости от клинической формы заболевания (патология кожи и органов дыхания) концентрации большинства микроэлементов имеют односторонний характер. Сравнение с литературными данными свидетельствует, что наши результаты не являются специфичными для профессиональных заболеваний и отражают воспалительные состояния в целом. По данным Seo H.M. и соавт., изменение уровня цинка в сыворотке связано с повышением общего уровня IgE и аллергической сенсibilизации [18]. В предыдущих исследованиях

<sup>1</sup> Цыганенко А.Я., Жуков В.И., Мясоедов В.В., Завгородний И.В. Клиническая биохимия. Учебное пособие для студентов медицинских вузов. М.: Триада-С, 2002. 504 с.

<sup>2</sup> Ребров В.Г., Громова О.А. Витамины и микроэлементы. М.: Алев-В, 2003. 670 с

Таблица 4. Референсные уровни содержания микроэлементов

Table 4. Reference levels of trace elements

Элемент / Element	Содержание в сыворотке крови, мг/дм <sup>3</sup> / Blood serum level, mg/dm <sup>3</sup>	Содержание в моче / Urinary level	Источник / Source
Медь / Copper	0,851–1,55	15,25–50,20 мкг/дм <sup>3</sup> / µg/dm <sup>3</sup>	[32]
	0,76–1,52	10–60 мкг/сутки / µg/day	[33]
	0,6–1,0	26 ± 3 мкг/дм <sup>3</sup> / µg/dm <sup>3</sup>	[34]
Цинк / Zinc	1,12 ± 0,12	560 мкг/сутки / µg/day	[32]
	0,46–1,5		[?]
	1,242 ± 0,26	0,45 ± 0,066 мг/дм <sup>3</sup> / µg/dm <sup>3</sup>	[33]

нами показано, что у пациентов с профессиональной аллергической патологией кожи, имеющих повышенное содержание цинка, наблюдается ярко выраженная тенденция к снижению количества основных субпопуляций Т-лимфоцитов [7, 8]. При этом количество В-лимфоцитов не изменялось.

Определенный интерес представляла оценка в биосубстратах соотношения микроэлементов медь/цинк (Cu/Zn), которое является одной из важнейших констант в организме человека. Анализ полученных данных показал, что в сыворотке крови в группе сравнения соотношение Cu/Zn составляет 1,17, что соответствует норме, хотя и несколько превышает оптимальное значение (0,7–1,0). В то же время у пациентов с ПАЗ в крови оно равно 1,38, в лимфоцитах также повышен уровень меди по отношению к уровню цинка (0,18) по сравнению с группой сравнения (0,07). Причиной этого может быть усиление активации метаболизма лимфоцитов в связи с усилением иммунного ответа. Поскольку при этом нарушается соотношение элементов Cu/Zn, такое состояние ухудшает активность СОД, что может вызвать окислительный стресс, чем еще больше усилит существующий стресс. Повышенное содержание металлов в сыворотке может быть свидетельством активации Cu/Zn СОД в патофизиологии ПАЗ. В целом можно предположить, что повышенный уровень меди и цинка в сыворотке и лимфоцитах, сопровождаемый понижением элиминации элементов с мочой, свидетельствуют о глубоких изменениях в метаболизме иммунокомпетентных клеток [14]. Для определения патофизиологии и биохимии ПАЗ представляются необходимыми дальнейшие исследования по изменению уровня микроэлементов, лежащих в основе структурно-функциональных изменений при ПАЗ.

**Заключение.** Таким образом, реализация риска нарушения баланса микроэлементов в организме при ПАЗ ассоциирована с развитием дисбаланса меди и цинка. У больных аллергическим контактным дерматитом и бронхиальной астмой профессионального генеза в сыворотке крови повышается концентрация цинка и меди. При этом отмечено понижение их элиминации. Отмеченные патогенетические особенности способствуют формированию окислительного стресса и повышению аллергической сенсibilизации. Полученные данные подтверж-

дают сложные функциональные взаимодействия в иммунной системе и в будущем позволят обосновать содержание микроэлементов в качестве дополнительных факторов, усугубляющих течение профессиональных аллергических заболеваний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- de Lima CMF, Hernandez GHY, Navajas S, Swarowsky G, Kalil J, Galvão CES. Occupational allergic disease: Socio-epidemiological aspects from a specialized outpatient clinic in the city of San Paulo, Brazil. *Rev Bras Med Trab.* 2017;15(4):297–302. doi: 10.5327/Z1679443520170095
- Anderson SE, Long C, Dotson GS. Occupational allergy. *Eur Med J (Chelmsf).* 2017;2(2):65–71.
- Warshaw EM, Ruggiero JL, Atwater AR, et al. Occupational contact dermatitis in dental personnel: A retrospective analysis of the North American Contact Dermatitis Group data, 2001 to 2018. *Dermatitis.* 2022;33(1):80–90. doi: 10.1097/DER.0000000000000847
- Bølling AK, Sripada K, Becher R, Bekö G. Phthalate exposure and allergic diseases: Review of epidemiological and experimental evidence. *Environ Int.* 2020;139:105706. doi: 10.1016/j.envint.2020.105706
- Лаврентьева Н.Е., Азовскова Т.А. Аллергические заболевания профессионального генеза у работников фармацевтического производства // Охрана труда и техника безопасности в учреждении здравоохранения. 2012. № 9. С. 032–035. EDN PULNUF.
- Измерова Н.И., Кузьмина Л.П., Чистова И.Я., Ивченко Е.В., Цидильковская Э.С., Коляскина М.М. Профессиональные заболевания кожи как социально-экономическая проблема // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 7. С. 28–33.
- Бодиенкова Г.М., Рукавишников В.С., Ушакова О.В. Актуальные вопросы профессиональной алергопатологии в современный период // Медицина труда и промышленная экология. 2010. № 1. С. 11–14.
- Бодиенкова Г.М., Прокшец О.В., Тюткина Г.А. Особенности профессиональной аллергической патологии в Иркутской области. // Профессия и здоровье : Материалы II Всероссийского конгресса, Иркутск, 18–19 сентября 2003 года. Иркутск: ООО „Дельта“, 2004. С. 169–171. EDN RVXSTB.
- Борисова А.И., Идиятуллина Э.Ф., Гимранова Г.Г., Бакиров А.Б., Шагалина А.У., Масыгутова Л.М. Иммуноглобулин Е как предиктор ранней сенсibilизации работников, контактирующих с промышленными аэрозолями // Санитарный врач. 2018. № 4. С. 22–25
- Ерина И.А., Садретдинов Р.А. О клинической и дифференциальной диагностике профессиональных дерматозов. // Синергия наук. 2018. № 29. С. 717–720

<sup>3</sup> Здоровье населения и окружающая среда. Методическое пособие. Раздел в системе «Социально-гигиенического мониторинга». М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. С. 255–257 (таблица 4).

11. Берест И.Е., Тананакина Т.П. Роль микроэлементного гомеостаза в патогенезе заболеваний верхних дыхательных путей // РМЖ. Медицинское обозрение. 2019. № 3(2-1). С. 27–29.
12. Парахонский А.П. Влияние изменения концентраций химических элементов на патогенез аллергических заболеваний // Проблемы теории и практики современной науки : Материалы VI Международной научно-практической конференции: Сборник научных трудов, Таганрог, 18 мая 2016 года / ООО «НОУ «Вектор науки». Таганрог: Издательство „Перо”, 2016. С. 20–24. EDN TZZGSM.
13. Малюгина А.О., Мартынов Д.Д. Аллергические профессиональные заболевания работников // Вестник современных исследований. 2018. № 6.1(21). С. 38–40.
14. Ariaee N, Farid R, Shabestari F, Shabestari M, Jabbari Azad F. Trace elements status in sera of patients with allergic asthma. *Rep Biochem Mol Biol.* 2016;5(1): 20–25.
15. Guo CH, Liu PJ, Hsia S, Chuang CJ, Chen PC. Role of certain trace minerals in oxidative stress, inflammation, CD4/CD8 lymphocyte ratios and lung function in asthmatic patients. *Ann Clin Biochem.* 2011;48(Pt 4):344–351. doi: 10.1258/acb.2011.010266
16. Hallamaa R, Peräniemi S. Trace element analysis in sera of horses with allergic dermatitis and in matched healthy controls with special attention to Zn, Ni and Ti. *Open J Anim Sci.* 2022;12(1):129–144. doi: 10.4236/ojas.2022.121010
17. Seo HM, Kim YH, Lee JH, Kim JS, Park YM, Lee JY. Serum zinc status and its association with allergic sensitization: The Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Sci Rep.* 2017;7(1):12637. doi: 10.1038/s41598-017-13068-x
18. Guo CH, Liu PJ, Lin KP, Chen PC. Nutritional supplement therapy improves oxidative stress, immune response, pulmonary function, and quality of life in allergic asthma patients: An open-label pilot study. *Altern Med Rev.* 2012;17(1):42–56.
19. Urushidate S, Matsuzaka M, Okubo N, et al. Association between concentration of trace elements in serum and bronchial asthma among Japanese general population. *J Trace Elem Med Biol.* 2010;24(4):236–242. doi: 10.1016/j.jtemb.2010.06.001
20. Khanbabaee G, Omidian A, Imanzadeh F, Adibeshgh F, Ashayerippanah M, Rezaei N. Serum level of zinc in asthmatic patients: A case-control study. *Allergol Immunopathol (Madr).* 2014;42(1):19–21. doi: 10.1016/j.aller.2012.07.008
21. Urushidate S, Matsuzaka M, Okubo N, et al. Association between concentration of trace elements in serum and bronchial asthma among Japanese general population. *J Trace Elem Med Biol.* 2010;24(4):236–242. doi: 10.1016/j.jtemb.2010.06.001
22. Yousef AM, Elmorsy E. Serum zinc level in bronchial asthma. *Egypt J Chest Dis Tuberc.* 2017;66:1–4. doi: 10.1016/J.EJCDT.2016.10.009
23. Ma R, Shen Y, Hou L, et al. [The correlation of allergic rhinitis and trace elements in Ningxia region.] *Zhonghua Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi.* 2014;49(12):1017–1020. (In Chinese.)
24. Катаманова Е.В., Ефимова Н.В., Сливницына Н.В., Белова Л.Ю. Условия труда и состояние здоровья у педагогов. Пилотное исследование // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 10. С. 1100–1105. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1100-1105
25. Кадырова Р.М., Надирбекова Р.А., Чечетова С.В., Джолбунова З.К. Относительный риск развития тяжелой формы дизентерии у детей // Вестник Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К. Ахунбаева. 2018. № 2. С. 137–141.
26. Gunizi H, Savas HB, Genc S. Trace elements (Zn and Cu) and oxidative stress in pediatric patients with persistent allergic rhinitis. *J Coll Physicians Surg Pak.* 2022;32(3):324–328. doi: 10.29271/jcpsp.2022.03.324
27. Toyran M, Kaymak M, Vezir E, et al. Trace element levels in children with atopic dermatitis. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2012;22(5):341–344.
28. Barthel A, Ostrakhovitch EA, Walter PL, Kampkötter A, Klotz LO. Stimulation of phosphoinositide 3-kinase/Akt signaling by copper and zinc ions: Mechanisms and consequences. *Arch Biochem Biophys.* 2007;463(2):175–182. doi: 10.1016/j.abb.2007.04.015
29. Hojyo S, Fukada T. Roles of zinc signaling in the immune system. *J Immunol Res.* 2016;2016:6762343. doi: 10.1155/2016/6762343
30. Prasad AS. Lessons learned from experimental human model of zinc deficiency. *J Immunol Res.* 2020;2020:9207279. doi: 10.1155/2020/9207279
31. Rosenkranz E, Hilgers RD, Uciechowski P, Petersen A, Plümäkers B, Rink L. Zinc enhances the number of regulatory T cells in allergen-stimulated cells from atopic subjects. *Eur J Nutr.* 2017;56(2):557–567. doi: 10.1007/s00394-015-1100-1

## REFERENCES

1. de Lima CMF, Hernandez GHY, Navajas S, Swarowsky G, Kalil J, Galvão CES. Occupational allergic disease: Socio-epidemiological aspects from a specialized outpatient clinic in the city of San Paulo, Brazil. *Rev Bras Med Trab.* 2017;15(4):297–302. doi: 10.5327/Z1679443520170095
2. Anderson SE, Long C, Dotson GS. Occupational allergy. *Eur Med J (Chelmsf).* 2017;2(2):65–71.
3. Warshaw EM, Ruggiero JL, Atwater AR, et al. Occupational contact dermatitis in dental personnel: A retrospective analysis of the North American Contact Dermatitis Group data, 2001 to 2018. *Dermatitis.* 2022;33(1):80–90. doi: 10.1097/DER.0000000000000847
4. Bølling AK, Sripatha K, Becher R, Bekö G. Phthalate exposure and allergic diseases: Review of epidemiological and experimental evidence. *Environ Int.* 2020;139:105706. doi: 10.1016/j.envint.2020.105706
5. Lavrent'eva NE, Azovskova TA. [Occupational allergic diseases in workers of pharmaceutical industry and health care.] *Sanitarnyy Vrach.* 2012;(9):32–35. (In Russ.)
6. Izmerova NI, Kouzmina LP, Tchistova IYa, et al. Occupational skin diseases as social-economic problem. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2013;(7):28–33. (In Russ.)
7. Bodyenkova GM, Rukavishnikov VS, Ushakova OV. Topical problems of occupational allergic diseases nowadays. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2010;(1):11–14. (In Russ.)
8. Bodyenkova GM, Prokshets OV, Tyutkina GA. [Features of occupational allergic pathology in the Irkutsk region.] In: *Profession and Health: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> All-Russian Congress, Irkutsk, September 18–19, 2003.* Irkutsk: Delta LLC; 2004:169–171. (In Russ.)
9. Borisova AI, Idiyatullina EF, Gimranova GG, Bakirov AB, Shagalina AU, Masyagutova LM. Immunoglobulin E as a predictor of early sensitization in workers exposed to industrial aerosols. *Sanitarnyy Vrach.* 2018;(4):22–25. (In Russ.)
10. Erina IA, Sadretdinov RA. On the clinic picture and differential diagnosis of occupational dermatoses. *Sinergiya Nauk.* 2018;(29):717–720. (In Russ.)

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-4-51-58>  
Original Research Article

11. Berest IE, Tananakina TP. The role of microelemental homeostasis in the pathogenesis of upper respiratory tract diseases. *RMZh. Meditsinskoe Obozrenie*. 2019;3(2-1):27-29. (In Russ.)
12. Parakhonskiy AP. [The effect of changes in the concentration of chemical elements on the pathogenesis of allergic diseases.] In: *Issues of the Theory and Practice of Modern Science: Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference, Taganrog, May 18, 2016*. Moscow: Pero Publ.; 2016:20-24. (In Russ.)
13. Malyugina AO, Martynov DD. [Allergic occupational diseases in workers.] *Vestnik Sovremennykh Issledovaniy*. 2018;(6.1(21)):38-40. (In Russ.)
14. Ariaee N, Farid R, Shabestari F, Shabestari M, Jabbari Azad F. Trace elements status in sera of patients with allergic asthma. *Rep Biochem Mol Biol*. 2016;5(1):20-25.
15. Guo CH, Liu PJ, Hsia S, Chuang CJ, Chen PC. Role of certain trace minerals in oxidative stress, inflammation, CD4/CD8 lymphocyte ratios and lung function in asthmatic patients. *Ann Clin Biochem*. 2011;48(Pt 4):344-351. doi: 10.1258/acb.2011.010266
16. Hallamaa R, Peräniemi S. Trace element analysis in sera of horses with allergic dermatitis and in matched healthy controls with special attention to Zn, Ni and Ti. *Open J Anim Sci*. 2022;12(1):129-144. doi: 10.4236/ojas.2022.121010
17. Seo HM, Kim YH, Lee JH, Kim JS, Park YM, Lee JY. Serum zinc status and its association with allergic sensitization: The Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Sci Rep*. 2017;7(1):12637. doi: 10.1038/s41598-017-13068-x
18. Guo CH, Liu PJ, Lin KP, Chen PC. Nutritional supplement therapy improves oxidative stress, immune response, pulmonary function, and quality of life in allergic asthma patients: An open-label pilot study. *Altern Med Rev*. 2012;17(1):42-56.
19. Urushidate S, Matsuzaka M, Okubo N, et al. Association between concentration of trace elements in serum and bronchial asthma among Japanese general population. *J Trace Elem Med Biol*. 2010;24(4):236-242. doi: 10.1016/j.jtemb.2010.06.001
20. Khanbabaee G, Omidian A, Imanzadeh F, Adibeshgh F, Ashayeripanah M, Rezaei N. Serum level of zinc in asthmatic patients: A case-control study. *Allergol Immunopathol (Madr)*. 2014;42(1):19-21. doi: 10.1016/j.aller.2012.07.008
21. Urushidate S, Matsuzaka M, Okubo N, et al. Association between concentration of trace elements in serum and bronchial asthma among Japanese general population. *J Trace Elem Med Biol*. 2010;24(4):236-242. doi: 10.1016/j.jtemb.2010.06.001
22. Yousef AM, Elmorsy E. Serum zinc level in bronchial asthma. *Egypt J Chest Dis Tuberc*. 2017;66:1-4. doi: 10.1016/J.EJCDT.2016.10.009
23. Ma R, Shen Y, Hou L, et al. [The correlation of allergic rhinitis and trace elements in Ningxia region.] *Zhonghua Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*. 2014;49(12):1017-1020. (In Chinese.)
24. Katamanova EV, Efimova NV, Slivnitsyna NV, Belova LYu. Working conditions and health status in teachers. Pilot research. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(10):1100-1005. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1100-1105
25. Kadyrova RM, Nadirbekova RA, Chechetova SV, Dzholbunova ZK. [Relative risk of developing severe forms of dysentery in children.] *Vestnik KSMA n.a. I.K. Akhunbaev*. 2018;(2):137-141. (In Russ.)
26. Gunizi H, Savas HB, Genc S. Trace elements (Zn and Cu) and oxidative stress in pediatric patients with persistent allergic rhinitis. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2022;32(3):324-328. doi: 10.29271/jcpsp.2022.03.324
27. Toyran M, Kaymak M, Vezir E, et al. Trace element levels in children with atopic dermatitis. *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2012;22(5):341-344.
28. Barthel A, Ostrakhovitch EA, Walter PL, Kampkötter A, Klotz LO. Stimulation of phosphoinositide 3-kinase/Akt signaling by copper and zinc ions: Mechanisms and consequences. *Arch Biochem Biophys*. 2007;463(2):175-182. doi: 10.1016/j.abb.2007.04.015
29. Hojyo S, Fukada T. Roles of zinc signaling in the immune system. *J Immunol Res*. 2016;2016:6762343. doi: 10.1155/2016/6762343
30. Prasad AS. Lessons learned from experimental human model of zinc deficiency. *J Immunol Res*. 2020;2020:9207279. doi: 10.1155/2020/9207279
31. Rosenkranz E, Hilgers RD, Uciechowski P, Petersen A, Plümäkers B, Rink L. Zinc enhances the number of regulatory T cells in allergen-stimulated cells from atopic subjects. *Eur J Nutr*. 2017;56(2):557-567. doi: 10.1007/s00394-015-1100-1

#### Сведения об авторах:

✉ **Лисецкая** Людмила Гавриловна – к.б.н., научный сотрудник Лаборатории аналитической экотоксикологии и биомониторинга; e-mail: lis\_lu154@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0876-2304>.

**Ушакова** Оксана Валентиновна – к.м.н., заместитель главного врача клиники; e-mail: ushakova\_o\_v@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6084-2101>.

**Бодиенкова** Галина Михайловна – д.м.н., профессор, заведующая лабораторией иммуно-биохимических и молекулярно-генетических исследований; e-mail: immun11@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0428-3063>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Бодиенкова Г.М., Лисецкая Л.Г., Ушакова О.В.*; сбор данных: *Ушакова О.В., Лисецкая Л.Г.*; анализ и интерпретация результатов: *Лисецкая Л.Г., Ушакова О.В.*; литературный обзор: *Лисецкая Л.Г.*; подготовка рукописи: *Лисецкая Л.Г., Ушакова О.В., Бодиенкова Г.М.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** исследования одобрены на заседании локального этического комитета ФГБНУ «ВСИМЭИ» (протокол № 5 от 14.11.14). От всех участников было получено добровольное информированное согласие.

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

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

Статья получена: 01.12.23 / Принята к публикации: 10.04.24 / Опубликована: 27.04.24

**Author information:**

✉ Lyudmila G. **Lisetskaya**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Laboratory of Analytical Ecotoxicology and Biomonitoring; e-mail: lis\_lu154@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0876-2304>.

Oksana V. **Ushakova**, Cand. Sci. (Med.), Deputy Chief Physician of the Clinic; e-mail: ushakova\_o\_v@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6084-2101>.

Galina M. **Bodienkova**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Laboratory of Immuno-Biochemical and Molecular Genetic Testing; e-mail: immun11@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0428-3063>.

**Author contributions:** study conception and design: *Bodienkova G.M., Lisetskaya L.G., Ushakova O.V.*; data collection, analysis and interpretation of results: *Lisetskaya L.G., Ushakova O.V.*; bibliography compilation and referencing: *Lisetskaya L.G.*; draft manuscript preparation: *Lisetskaya L.G., Ushakova O.V., Bodienkova G.M.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Study approval was provided by the Local Ethics Committee of the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (protocol No. 5 of November 14, 2014). Written informed consent was obtained from all study participants.

**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: December 19, 2023 / Accepted: April 10, 2024 / Published: April 27, 2024