

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco680409>

EDN: LOMNXL

Взаимосвязь между уровнем множественной химической чувствительности и выраженностью симптомов токсической нагрузки

Е.В. Болотова¹, В.В. Оноприев¹, Л.В. Батракова¹, А.Г. Абраменко¹, И.Г. Павельев^{1,2}¹ Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия;² Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Воздействие факторов окружающей среды, включая низкие концентрации химических веществ, связано с развитием множественной химической чувствительности и симптомов токсической нагрузки, что представляет значимую проблему для общественного здоровья.

Цель. Изучение и количественная оценка взаимосвязи между уровнем множественной химической чувствительности, измеряемым опросником Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (QEESI), и выраженностью симптомов токсической нагрузки, оцениваемой по Medical Symptom/Toxicity Questionnaire (MSQ), у жителей Краснодарского края.

Методы. В поперечном исследовании проанализированы данные 50 пользователей веб-платформы «ЭкоМедик», заполнивших опросники QEESI и MSQ. Средний возраст участников — 42,3±10,5 года, 68% выборки составили женщины. Статистический анализ включал описательную статистику и корреляционный анализ Спирмена.

Результаты. Средний общий балл QEESI составил 102,06±35,29, MSQ — 80,06±24,28. Выявлена значимая положительная корреляция между общими баллами QEESI и MSQ ($r=0,649$, $p < 0,001$). Категория «другие симптомы» MSQ показала умеренную корреляцию с общим баллом QEESI ($r=0,283$, $p=0,046$).

Заключение. Полученные результаты подтверждают связь между множественной химической чувствительностью и токсической нагрузкой, подчёркивая ценность для скрининга опросников QEESI и MSQ, которые могут быть использованы в разработке стратегий диагностики и лечения в экологической медицине.

Ключевые слова: множественная химическая чувствительность; QEESI; Medical Symptom/Toxicity Questionnaire (MSQ); экологическая медицина; токсическая нагрузка; корреляционный анализ.

Как цитировать:

Болотова Е.В., Оноприев В.В., Батракова Л.В., Абраменко А.Г., Павельев И.Г. Взаимосвязь между уровнем множественной химической чувствительности и выраженностью симптомов токсической нагрузки // Экология человека. 2025. Т. 32, № 10. С. 723–734. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco680409>
EDN: LOMNXL

Association Between Multiple Chemical Sensitivity and Toxic Load Symptom Severity

Elena V. Bolotova¹, Vladimir V. Onopriev¹, Lubov V. Batrakova¹, Arina G. Abramenko¹, Igor G. Paveliev^{1,2}

¹ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia;

² Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Exposure to environmental factors, including low concentrations of chemical substances, is associated with the development of multiple chemical sensitivity and symptoms of toxic load, representing an important public health issue.

AIM: This study aimed to examine and quantitatively assess the association between the level of multiple chemical sensitivity measured using the Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (QEESI) and the severity of toxic load symptoms assessed by the Medical Symptom/Toxicity Questionnaire (MSQ) among residents of the Krasnodar Territory.

METHODS: A cross-sectional study analyzed data from 50 users of the EcoMedik web platform who completed the QEESI and MSQ questionnaires. The mean age of participants was 42.3 ± 10.5 years; 68% were women. Statistical analysis included descriptive statistics and Spearman correlation analysis.

RESULTS: The mean total QEESI score was 102.06 ± 35.29 and the mean MSQ score was 80.06 ± 24.28 . A significant positive correlation was found between total QEESI and MSQ scores ($r = 0.649$, $p < 0.001$). The MSQ “other symptoms” category showed moderate correlation with the total QEESI score ($r = 0.283$, $p = 0.046$).

CONCLUSION: The findings confirm an association between multiple chemical sensitivity and toxic load, highlighting the value of QEESI and MSQ as screening tools that can be used in developing diagnostic and therapeutic strategies in environmental medicine.

Keywords: multiple chemical sensitivity; QEESI; Medical Symptom/Toxicity Questionnaire (MSQ); environmental medicine; toxic load; correlation analysis.

To cite this article:

Bolotova EV, Onopriev VV, Batrakova LV, Abramenko AG, Paveliev IG. Association Between Multiple Chemical Sensitivity and Toxic Load Symptom Severity. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(10):723–734. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco680409> EDN: LOMNXL

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco680409>

EDN: LOMNXL

多重化学敏感性水平与毒性负荷症状严重性之间的关系

Elena V. Bolotova¹, Vladimir V. Onopriev¹, Lubov V. Batrakova¹, Arina G. Abramenko¹, Igor G. Paveliev^{1,2}

¹ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia;

² Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Krasnodar, Russia

摘要

论证。环境因素暴露，包括低浓度化学物质，与多重化学敏感性及毒性负荷症状的发生密切相关，已成为公共健康领域的重要问题。

目的。分析并定量评估Krasnodar Region居民中，多重化学敏感性水平，由Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (QEESI)评估，以及毒性负荷症状严重程度，由Medical Symptom/Toxicity Questionnaire (MSQ)评估之间的关系。

方法。开展横断面研究，分析50名“EcoMedic”网络平台用户填写的QEESI与MSQ问卷数据。参与者平均年龄为 42.3 ± 10.5 岁，其中女性占68%。统计分析包括描述性统计与Spearman相关分析。

结果。QEESI总分为 102.06 ± 35.29 ，MSQ总分为 80.06 ± 24.28 。QEESI总分与MSQ总分之间存在显著正相关（ $r=0.649$ ， $p<0.001$ ）。MSQ中“其他症状”类别与QEESI总分呈中度相关（ $r=0.283$ ， $p=0.046$ ）。

结论。本研究结果证实多重化学敏感性与毒性负荷水平之间存在联系，并强调QEESI与MSQ问卷在筛查中的价值，这些工具可用于生态医学中相关策略的制定。

关键词：多重化学敏感性；QEESI；Medical Symptom/Toxicity Questionnaire (MSQ)；生态医学；毒性负荷；相关分析。

引用本文：

Bolotova EV, Onopriev VV, Batrakova LV, Abramenko AG, Paveliev IG. 多重化学敏感性水平与毒性负荷症状严重性之间的关系. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(10):723–734. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco680409> EDN: LOMNXL

收到: 25.05.2025

接受: 15.09.2025

发布日期: 28.10.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Современный мир сталкивается с нарастающим воздействием факторов окружающей среды, среди которых химические вещества занимают одно из центральных мест в развитии хронических неинфекционных заболеваний. Множественная химическая чувствительность (МХЧ) представляет собой сложное состояние, при котором низкие концентрации химических агентов, таких как парфюмерия, пестициды или бытовые чистящие средства, вызывают неспецифические симптомы, включая головные боли, хроническую усталость и когнитивные нарушения [1]. Концепция токсической нагрузки дополняет эту картину, подчёркивая, что накопление токсинов в организме может приводить к системным нарушениям, усиливая проявления МХЧ и влияя на различные системы организма [2].

Распространённость МХЧ, по разным оценкам, варьирует от 0,5–6,3% при использовании строгих диагностических критериев до 9–33% при самооценке, причём женщины и лица среднего возраста (40–50 лет) составляют основную группу риска [3]. Отсутствие объективных биомаркёров усложняет диагностику МХЧ, что делает стандартизированные опросники, такие как Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory (QEESI) и Medical Symptom/Toxicity Questionnaire (MSQ), незаменимыми инструментами для оценки состояния пациентов [3].

QEESI демонстрирует высокую надёжность и валидность в различных популяциях [4, 5]. Однако он фокусируется на предрасположенности к МХЧ и не отражает полного спектра текущих симптомов, которые могут быть вызваны не только химической чувствительностью, но и общей токсической нагрузкой, воспалительными процессами или метаболическими нарушениями. Здесь на помощь приходит MSQ, который охватывает 15 категорий симптомов (около 70 отдельных проявлений), таких как неврологические, респираторные, желудочно-кишечные и эмоциональные нарушения, позволяя детализировать клиническую картину и оценивать актуальное состояние здоровья пациента [2].

Совместное использование QEESI и MSQ открывает новые возможности для комплексной оценки состояния пациентов. QEESI позволяет выявить уровень чувствительности к триггерам, тогда как MSQ даёт представление о выраженности и характере симптомов, что особенно важно для дифференциальной диагностики, мониторинга эффективности лечения и понимания патофизиологических механизмов. Например, анализ категорий симптомов MSQ помогает определить, какие системы организма страдают больше всего, выявить специфические паттерны, связанные с типами химического воздействия, и отследить динамику состояния пациента в процессе лечения. Такой подход не только объективизирует субъективные жалобы, но и способствует персонализации лечения, позволяя корректировать терапевтические стратегии на основе изменений в конкретных категориях симптомов.

Несмотря на многочисленные исследования, подтверждающие связь МХЧ с выраженностью клинических симптомов, данные о взаимосвязи между QEESI и MSQ остаются малоизученными [6]. Краснодарский край представляет особый интерес для изучения данной проблемы с учётом его экологических особенностей. Являясь одним из ведущих аграрных регионов России, край характеризуется интенсивным использованием пестицидов и агрохимикатов. Кроме того, развитая транспортная сеть, промышленные предприятия и портовые комплексы создают значительную антропогенную нагрузку, что в совокупности с климатическими факторами может усиливать токсическое воздействие на население. Платформа «ЭкоМедик», разработанная при финансовой поддержке Кубанского научного фонда (грант НИП 20.1/67), предоставляет уникальную базу данных для анализа здоровья населения региона, что делает возможным проведение такого исследования.

Для реализации цели исследования и подтверждения гипотезы определили распределение общих баллов QEESI и MSQ в выборке, провели корреляционный анализ между общими баллами QEESI и MSQ, исследовали взаимосвязи между доступными разделами QEESI и общим баллом MSQ, изучили корреляции между общим баллом QEESI и категориями симптомов MSQ, выявили связи между категориями MSQ и общим баллом QEESI, а также между доступными разделами QEESI и категориями MSQ.

Данные литературы свидетельствуют, что клиническая картина МХЧ часто включает неврологические, когнитивные и эмоциональные нарушения [7, 8]. Это послужило основанием для выдвижения следующей гипотезы: уровень МХЧ (QEESI) положительно коррелирует с выраженностью симптомов токсической нагрузки (MSQ), эта взаимосвязь может быть особенно выраженной для определённых категорий симптомов, таких как неврологические или эмоциональные.

Цель исследования. Изучение и количественная оценка взаимосвязи между уровнем МХЧ, измеряемым опросником QEESI, и выраженностью симптомов токсической нагрузки, оцениваемой по MSQ, у жителей Краснодарского края.

МЕТОДЫ

Исследование выполнено в формате поперечного одномоментного анализа, что позволило оценить взаимосвязь между уровнем МХЧ и выраженностью симптомов токсической нагрузки в определённый момент времени. Такой дизайн выбран для получения первичных данных о корреляции между переменными в условиях ограниченного доступа к лонгитюдным данным.

Исследование базировалось на анонимизированных данных, собранных через веб-платформу «ЭкоМедик», которая предоставляет пользователям возможность заполнять опросники QEESI и MSQ для оценки состояния

здоровья. Исследование одобрено на заседании независимого этического комитета ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России (протокол № 126 от 05.10.2023). Все участники предоставили информированное согласие на использование их анонимизированных данных в исследовательских целях. Данные собраны в период с января по март 2025 г. через веб-платформу «ЭкоМедик».

Критерии включения: в выборку вошли пользователи, проживающие в Краснодарском крае, полностью заполнившие опросники QEESI и MSQ.

Критерии исключения: из анализа исключали записи с неполными данными, в том числе пропуски в ключевых переменных (общие баллы QEESI и MSQ, категории симптомов MSQ).

Демографические характеристики участников представлены в табл. 1.

Используемые инструменты

QEESI. Опросник разработан для оценки уровня множественной химической чувствительности и включает пять шкал: Chemical Intolerance Index (химическая непереносимость); Other Intolerance Index (другие непереносимости); Symptom Index (тяжесть симптомов); Environmental Background Index (индекс экологического фона); Impact on Life Index (влияние на жизнь).

Общий балл QEESI рассчитывается как сумма баллов по шкалам и находится в диапазоне от 0 до 400. Опросник обладает высокими надёжностью (Cronbach's alpha 0,74–0,95) и валидностью, подтверждёнными в международных и российских исследованиях [4, 9]. Для настоящего исследования использовалась русскоязычная версия опросника, прошедшая процедуру перевода и валидации на выборке 468 пациентов. Процедура включала прямой и обратный перевод, предварительное тестирование и оценку надёжности. Коэффициент альфа-Кронбаха для основных шкал показал высокую степень внутренней согласованности: 0,78 для непереносимости ингаляционных химических веществ; 0,80 — для тяжести симптомов; 0,87 — для влияния на жизнь, что подтверждает надёжность и валидность адаптированной версии [5].

MSQ. Предназначен для оценки выраженности симптомов токсической нагрузки и включает около 70 вопросов, сгруппированных в 15 категорий: голова, глаза, нос, горло, кожа, сердце, лёгкие, пищеварение, суставы/мышцы, вес, активность, центральная нервная система (ЦНС), эмоции, другие симптомы, а также энергия/общая активность. Каждая категория оценивает интенсивность симптомов по шкале от 0 (отсутствие симптома) до 4 (максимальная выраженность). Общий балл MSQ варьирует от 0 до 280, что позволяет количественно измерить степень токсической нагрузки [2]. Опросник разработан Институтом функциональной медицины (США) и широко применяется в международной клинической практике. В данном исследовании использовалась адаптированная нами русскоязычная версия. На момент проведения

Таблица 1. Демографические характеристики выборки
Table 1. Demographic characteristics of the sample

Характеристика	Значение
Размер выборки, <i>n</i>	50
Возраст, лет (<i>M</i> ± <i>SD</i>)	42,3±10,5
Пол, женщины, %	68
География	Краснодарский край

работы публикаций, посвящённых официальной валидации русскоязычной версии MSQ, не было найдено.

Корреляционный анализ

Перед анализом полученные данные были очищены и подготовлены. Пропуски в столбцах отсутствовали, что подтвердилось при проверке. Для устранения влияния выбросов в переменной, содержащей общий балл QEESI, значения, превышающие верхнюю границу ($Q3+1,5\times IQR$), были ограничены этой границей (метод «каппинга»). Здесь IQR (Interquartile Range) — межквартильный размах, рассчитываемый как разница между 75-м ($Q3$) и 25-м ($Q1$) квартилями. Таким образом, любое значение выше $Q3+1,5\times IQR$ заменялось значением этой границы. Все количественные переменные, включая общие баллы и категории симптомов, были преобразованы в числовой формат с использованием функции `pd.to_numeric` с параметром `errors=coerce` для обработки возможных некорректных значений.

Для анализа взаимосвязей были выбраны релевантные переменные: общие баллы QEESI и MSQ, категории симптомов MSQ, а также созданная категориальная переменная, разделяющая участников на группы с высоким и низким уровнем QEESI на основе медианного значения (медиана — 95,0).

Дополнительно для анализа корреляции между раздѐлами QEESI и общим баллом MSQ использовали данные из файла «данные.xlsx». В этом файле содержались значения для шкал QEESI: Chemical Intolerance Index, Other Intolerance Index, Symptom Index, Environmental Background Index, Impact on Life Index. Пропуски в столбце Environmental Background Index (одно значение) были импутированы средним значением по этому столбцу, а все столбцы преобразованы в числовой формат.

Анализ статистических данных проводили с использованием языка программирования Python и библиотек `pandas` (работа с данными), `scipy` (статистические тесты), `matplotlib` и `seaborn` (визуализация). Для количественных переменных (общие баллы QEESI и MSQ, категории симптомов MSQ) были рассчитаны среднее арифметическое, стандартное отклонение, медиана, нижний (25%) и верхний (75%) квартили. Для категориальных данных (пол, группы QEESI) определены частоты и процентные доли. Нормальность распределения данных проверяли с помощью теста Шапиро–Уилка, который выбран из-за его

высокой чувствительности в малых выборках. Учитывая скошенное распределение данных ($p < 0,05$ по тесту Шапиро–Уилка), для анализа взаимосвязей применяли непараметрический метод Спирмена. Исследовали следующие корреляции: между общими баллами QEESI и MSQ; между доступными разделами QEESI (из файла «данные.xlsx») и общим баллом MSQ; между общим баллом QEESI и 15 категориями симптомов MSQ; между категориями MSQ и общим баллом QEESI, а также между доступными разделами QEESI и категориями MSQ (в ограниченном объёме из-за отсутствия данных по шкалам в основном наборе).

Для оценки различий в выраженности симптомов между группами с высоким и низким уровнем QEESI применяли U -критерий Манна–Уитни, подходящий для ненормального распределения данных. Во всех тестах статистическую значимость определяли на уровне $p < 0,05$.

Методы и процедуры анализа были выбраны с учётом особенностей данных, что обеспечило надёжность и воспроизводимость результатов, несмотря на ограничения выборки.

Общие баллы по опросникам QEESI и MSQ были рассчитаны для всей выборки (табл. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Распределение баллов проанализировали с использованием теста Шапиро–Уилка, который показал статистически значимое отклонение от нормального распределения для обеих шкал: для QEESI — $p < 0,001$, для MSQ — $p = 0,035$. Гистограммы (рис. 1) подтвердили ненормальное распределение данных, демонстрируя правую асимметрию, особенно выраженную для QEESI. Выявлен (рис. 2) выброс в данных QEESI (значение около 219),

Таблица 2. Описательная статистика общих баллов QEESI и MSQ

Table 2. Descriptive statistics for total QEESI and MSQ scores

Показатель	QEESI	MSQ
Количество, n	50	50
Среднее $\pm$ SD	102,06 $\pm$ 35,29	80,06 $\pm$ 24,28
Медиана	95,00	79,50
Мин–макс	53–219	40–143
25% и 75% квантили	79,25–116,75	60,00–96,75

что указывает на наличие участников с экстремально высоким уровнем МХЧ.

Гистограммы и линии плотности иллюстрируют распределение общего балла QEESI (слева) и общего балла Symptom Scale (справа). Ось X представляет собой общий балл, а ось Y — частоту наблюдений.

С учётом ненормального распределения данных для корреляционного анализа был применён непараметрический метод Спирмена. Анализ проводили на нескольких уровнях.

1. *Корреляция между общими баллами QEESI и MSQ.* Выявлена значимая положительная корреляция между общими баллами QEESI и MSQ ($r = 0,649$, $p < 0,001$). Этот результат указывает на умеренно-сильную связь между уровнем МХЧ и выраженностью симптомов токсической нагрузки. Диаграмма рассеяния с линией регрессии (рис. 3) демонстрирует линейную тенденцию, подтверждая, что более высокие баллы QEESI ассоциированы с более выраженными симптомами по MSQ.

2. *Корреляция между разделами QEESI и общим баллом MSQ.* Для анализа корреляции между разделами QEESI и общим баллом MSQ были использованы данные из файла «данные.xlsx». Корреляции рассчитаны

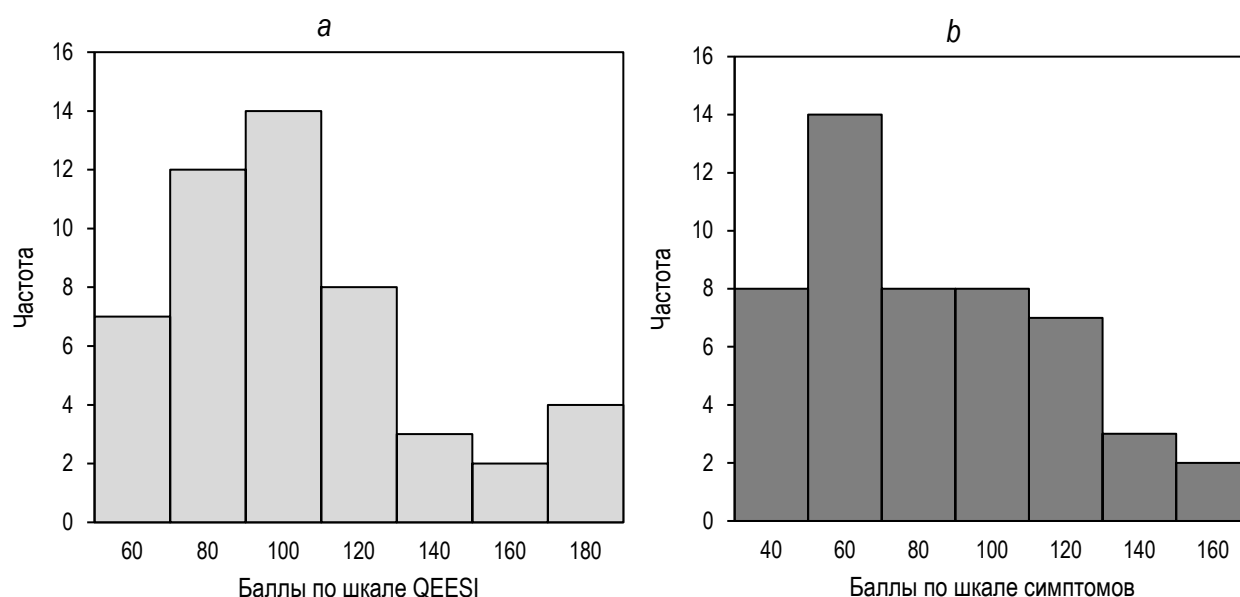


Рис. 1. Распределение общего балла QEESI (a) и общего балла Symptom Scale (b).

Fig. 1. Distribution of total QEESI (a) and total Symptom Scale scores (b).

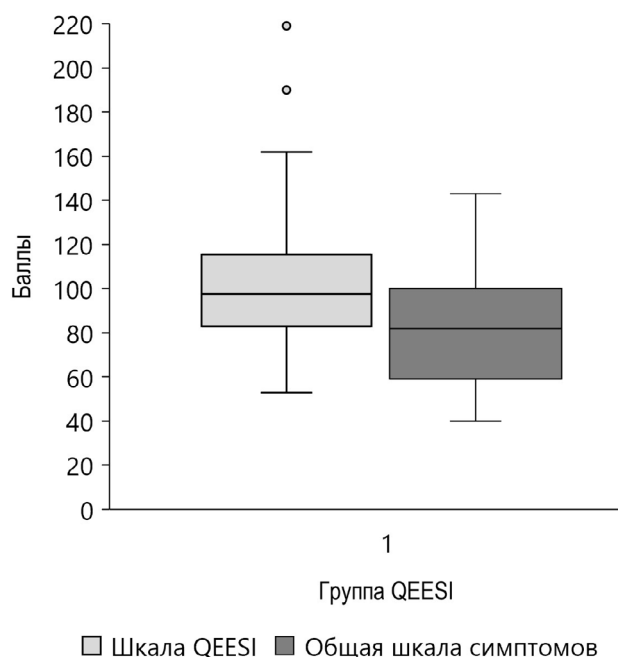


Рис. 2. Боксплот общего балла QEEI и общего балла MSQ (Symptom Scale)

Fig. 2. Boxplot total QEEI score and total MSQ (Symptom Scale) score.

методом Спирмена. Chemical Intolerance Index и общий балл MSQ: $r=0,012$ ($p > 0,05$); Other Intolerance Index и общий балл MSQ: $r=-0,044$ ($p > 0,05$); Symptom Index и общий балл MSQ: $r=-0,053$ ($p > 0,05$); Environmental Background Index и общий балл MSQ: $r=-0,311$ ($p < 0,05$); Impact on Life Index и общий балл MSQ: $r=-0,088$ ($p > 0,05$). Наиболее значимая корреляция наблюдается между Environmental Background Index и общим баллом MSQ ($r=-0,311$, $p < 0,05$), что указывает на умеренную отрицательную связь. Остальные корреляции оказались слабыми и статистически незначимыми. Дополнительно была выявлена сильная положительная корреляция между Other Intolerance Index и Symptom Index ($r=0,65$, $p < 0,001$), что указывает на связь между непереносимостью различных факторов

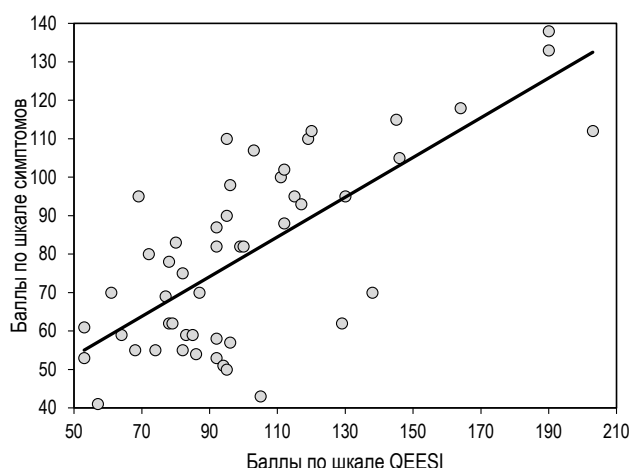


Рис. 3. Диаграмма рассеяния демонстрирует положительную корреляцию между общим баллом QEEI (ось X) и общим баллом MSQ (ось Y).

Fig. 3. Scatter plot demonstrating a positive correlation between total QEEI score (X-axis) and total MSQ score (Y-axis).

Таблица 3. Корреляции между общим баллом QEEI и категориями MSQ

Table 3. Correlations between total QEEI score and MSQ categories

Категория MSQ	Коэффициент корреляции (r)	p-значение
Другие симптомы	0,283	0,046
Голова	0,247	0,083
Центральная нервная система	0,145	0,314
Пищеварение	0,020	0,893

(например, пищи или лекарств) и выраженностью симптомов в рамках QEEI. Эти взаимосвязи отражены на тепловой карте (рис. 4).

3. *Корреляция между общим баллом QEEI и категориями MSQ.* Анализ взаимосвязей между общим баллом QEEI и 15 категориями симптомов MSQ выявил значимую корреляцию только для категории «другие симптомы» ($r=0,283$, $p=0,046$), что указывает на умеренную положительную связь. Для остальных категорий корреляции оказались статистически незначимыми ($p > 0,05$). Более подробные данные представлены в табл. 3.

4. *Корреляция между категориями MSQ и общим баллом QEEI.* Из-за отсутствия данных о шкалах QEEI в основном наборе данных была построена корреляционная матрица между категориями MSQ и общим баллом QEEI. Тепловая карта (рис. 5) показала, что наиболее выраженные корреляции наблюдаются внутри категорий MSQ: между «активностью» и «весом» ($r=0,71$, $p < 0,001$), а также между «пищеварением» и «весом» ($r=0,66$, $p < 0,001$). Корреляции между категориями MSQ и общим баллом QEEI оставались слабыми ($r \leq 0,28$).

Для оценки различий в выраженности симптомов участников разделили на две группы на основе медианного значения QEEI (медиана — 95,0): группа с высоким уровнем МХЧ (QEEI ≥ 95) и группа с низким уровнем МХЧ (QEEI < 95). Непараметрический U-критерий Манна-Уитни показал значимые различия в общем балле MSQ между группами ($U=531$, $p < 0,05$). Группа с высоким уровнем QEEI продемонстрировала более высокую выраженность симптомов по сравнению с группой с низким уровнем, что визуально подтверждено диаграммой «ящик с усами» (рис. 6).

Выбросы, выявленные в данных QEEI (например, значение 219), указывают на гетерогенность выборки и возможное наличие участников с тяжёлыми формами МХЧ. После ограничения выбросов (метод «каппинга» на уровне $Q3+1,5 \times IQR$) результаты корреляционного анализа остались устойчивыми, что подтверждает надёжность выводов. Отсутствие пропущенных значений в ключевых переменных основного набора данных позволило сохранить полный объём выборки для анализа.

Полученные результаты демонстрируют связь между уровнем МХЧ и выраженностью симптомов токсической

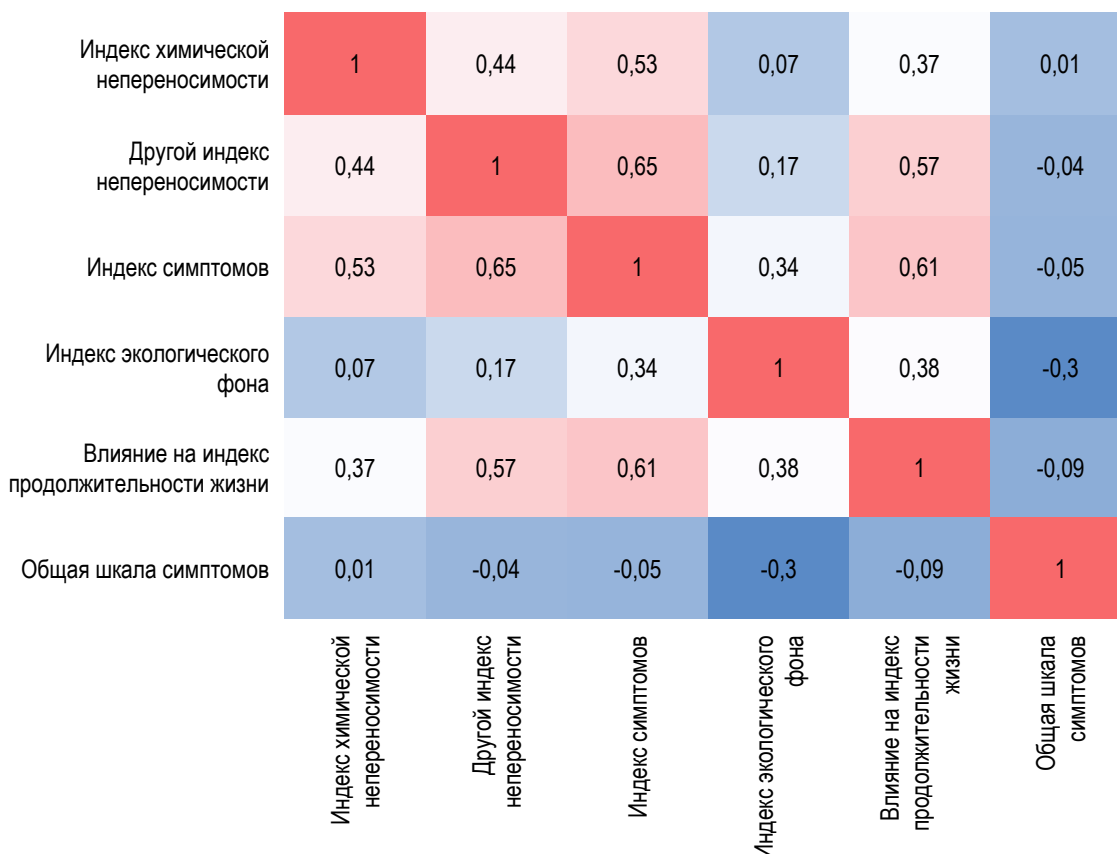


Рис. 4. Тепловая карта корреляции между индексами QEEI и интегральным баллом MSQ, отражающая связь между уровнем множественной химической чувствительности и выраженностью симптомов токсической нагрузки.

Fig. 4. Correlation heatmap between QEEI indices and the total MSQ score, illustrating the association between multiple chemical sensitivity severity and toxic load symptom severity.

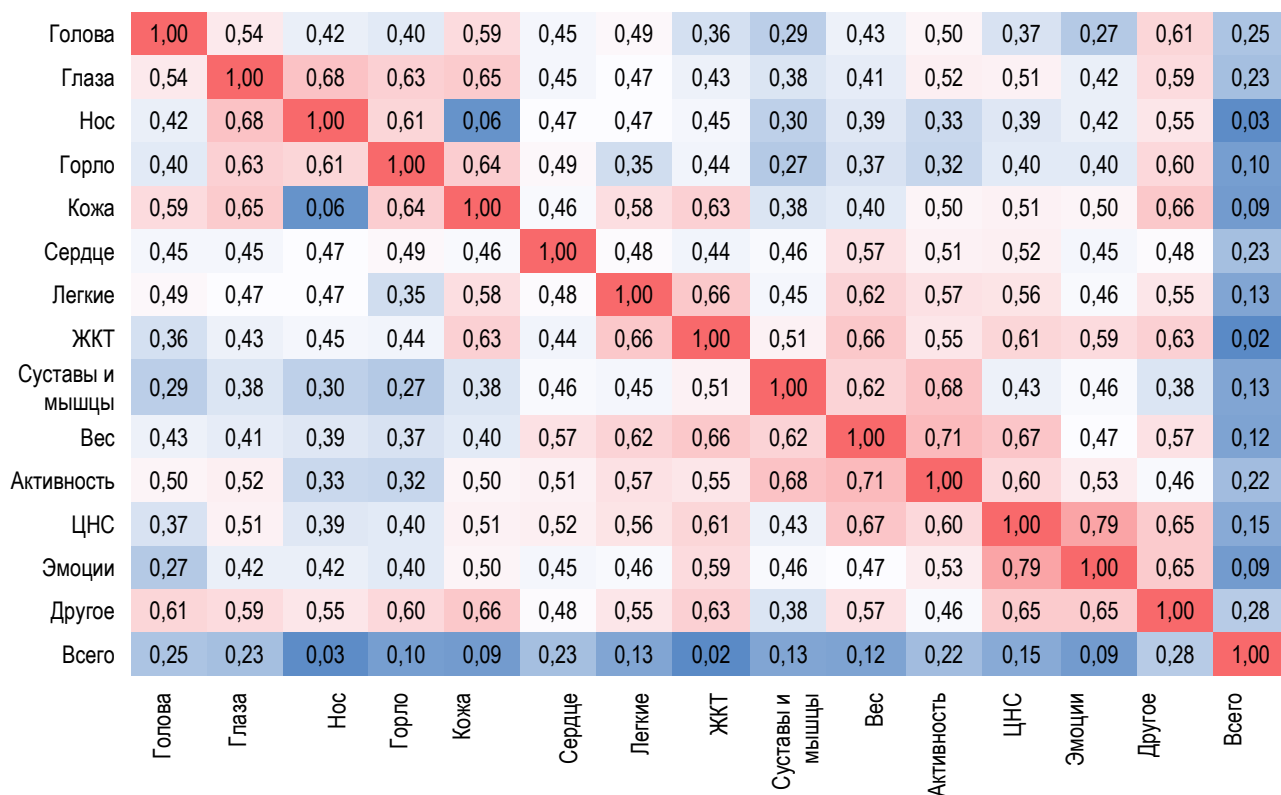


Рис. 5. Тепловая карта корреляционной матрицы между категориями MSQ и общим баллом QEEI.

Fig. 5. Correlation heatmap of the MSQ category matrix and the total QEEI score.

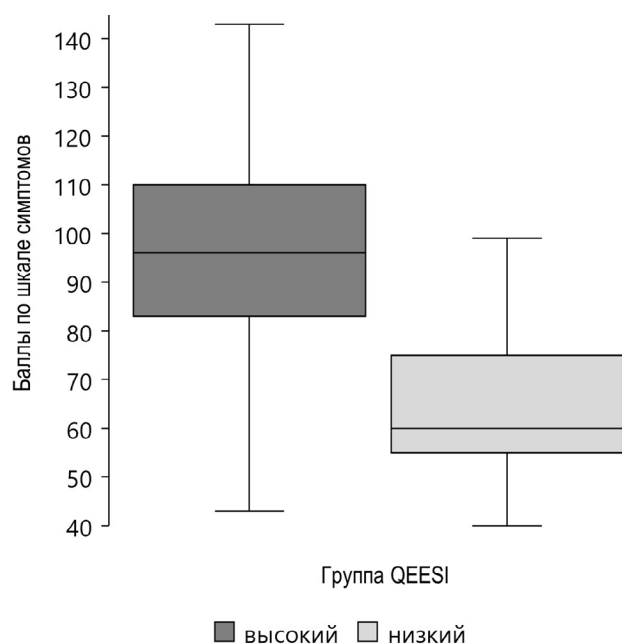


Рис. 6. Боксплот для выраженности симптомов по подгруппам QEESI (высокий и низкий уровень).

Fig. 6. Boxplot of symptom severity across QEESI subgroups (high vs low sensitivity).

нагрузки, однако с учётом ограниченного размера выборки необходимы дальнейшие исследования для более глубокого понимания этих взаимосвязей.

ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящее исследование предоставило убедительные доказательства наличия значимой положительной корреляции между общим баллом QEESI и общим баллом MSQ ($r=0,649$, $p<0,001$), что подчёркивает тесную взаимосвязь между уровнем МХЧ и выраженностью симптомов токсической нагрузки. Этот результат свидетельствует о том, что лица с более высоким уровнем МХЧ, измеряемым опросником QEESI, склонны испытывать более интенсивные симптомы, отражённые в шкале MSQ, что частично подтверждает нашу гипотезу. Умеренная корреляция между общим баллом QEESI и категорией «другие симптомы» MSQ ($r=0,283$, $p=0,046$) указывает на значимость неспецифических проявлений в клинической картине МХЧ. Однако отсутствие значимых корреляций с другими категориями, такими как «ЦНС» ($r=0,145$, $p=0,314$) или «пищеварение» ($r=0,020$, $p=0,893$), не подтвердило вторую часть гипотезы о более выраженной связи с неврологическими или эмоциональными симптомами. Это может быть обусловлено ограниченным размером выборки или спецификой исследуемой популяции.

Сравнение групп с высоким и низким уровнем QEESI ($U=531$, $p<0,05$) дополнительно подтвердило, что более высокий уровень МХЧ связан с увеличением выраженности симптомов, что согласуется с корреляционным анализом. Наличие выбросов в данных QEESI (например,

значение 219) отражает гетерогенность выборки, указывая на возможное присутствие лиц с тяжёлыми формами МХЧ, что требует дальнейшего изучения. Применение метода «каппинга» для выбросов и импутация отсутствующих значений в дополнительном наборе данных обеспечили устойчивость результатов, несмотря на ограничения данных.

Анализ корреляций между разделами QEESI и общим баллом MSQ выявил умеренную отрицательную связь между Environmental Background Index и общим баллом MSQ ($r=-0,311$, $p<0,05$), что может указывать на адаптацию участников к экологическим факторам, снижающую выраженность симптомов. Сильная корреляция между Other Intolerance Index и Symptom Index ($r=0,65$, $p<0,001$) в рамках QEESI подчёркивает связь между непереносимостью различных факторов (например, пищи или лекарств) и выраженностью симптомов, что может быть важным для понимания механизмов МХЧ.

Полученные нами результаты подтверждаются данными международных исследований. Например, в исследовании A. Steinemann [10] сообщается, что 86,2% пациентов с МХЧ испытывали симптомы, вызванные ароматизированными продуктами, что согласуется с полученной нами корреляцией ($r=0,649$) между общими баллами QEESI и MSQ. Аналогичные результаты описаны в работе X. Cui и соавт. [11], где также отмечалась взаимосвязь между МХЧ и системными симптомами. Однако отсутствие значимых корреляций для большинства категорий MSQ, таких как «ЦНС» или «пищеварение», контрастирует с данными S. Nogué и соавт. [7], которые выявили взаимосвязь МХЧ и неврологических и гастроинтестинальных проявлений. Это расхождение может быть связано с региональными особенностями Краснодарского края, где экологические факторы, такие как промышленные выбросы, могли повлиять на профиль симптомов, или с малым размером выборки, который ограничил статистическую мощность для выявления слабых корреляций.

Значимая корреляция между общими баллами QEESI и MSQ ($r=0,649$, $p<0,001$) может быть объяснена рядом патофизиологических механизмов, лежащих в основе МХЧ. Одним из ключевых факторов является центральная сенситизация, при которой гиперчувствительность к химическим триггерам приводит к усилению восприятия симптомов через активацию ноцицептивных путей, включая рецепторы TRPV1 и TRPA1, что может вызывать нейровоспаление [12]. Иммунологические механизмы, такие как хроническое воспаление, также могут способствовать усилению симптомов токсической нагрузки, особенно в категориях, связанных с системными проявлениями [13]. Психологические факторы, включая тревожность и стресс, часто ассоциированные с МХЧ, могут дополнительно усиливать восприятие симптомов, особенно в эмоциональной и неврологической сферах [8], хотя в нашем исследовании связь с категорией «ЦНС» не достигла статистической значимости.

Сильная корреляция между Other Intolerance Index и Symptom Index ($r=0,65$, $p < 0,001$) может указывать на то, что непереносимость различных факторов (например, пищи, лекарств, пылицы) усиливает восприятие симптомов через общие механизмы сенситизации. Отрицательная корреляция между Environmental Background Index и общим баллом MSQ ($r=-0,311$, $p < 0,05$) требует дальнейшего изучения, так как она может быть связана с адаптацией к хроническому воздействию экологических факторов, снижающей выраженность симптомов.

Совместное использование опросников QEESI и MSQ демонстрирует их ценность как инструментов скрининга и мониторинга для пациентов с подозрением на МХЧ, особенно в регионах с высокой экологической нагрузкой, таких как Краснодарский край. Значимая корреляция между общими баллами ($r=0,649$, $p < 0,001$) подтверждает, что эти инструменты могут эффективно выявлять лиц с высоким уровнем МХЧ и выраженной токсической нагрузкой, что важно для ранней диагностики и планирования лечения. Анализ категорий MSQ, хотя и выявил значимую связь только с «другими симптомами», подчёркивает важность детализации клинической картины для дифференциальной диагностики и персонализации терапевтических подходов. Например, неспецифические симптомы, отражённые в категории «другие симптомы», могут указывать на необходимость более глубокого обследования, включая биохимические маркёры. Визуализация корреляций через тепловые карты (см. рис. 4, 5) предоставляет клиницистам наглядный инструмент для интерпретации данных, что может быть использовано в повседневной практике для принятия решений.

Ограничения исследования

Несмотря на значимость полученных результатов, исследование столкнулось с рядом ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации данных. Во-первых, небольшой размер выборки ($n=50$) мог ограничить статистическую мощность, особенно для выявления слабых корреляций между общим баллом QEESI и отдельными категориями MSQ. Во-вторых, поперечный дизайн исследования не позволяет установить причинно-следственные связи между уровнем МХЧ и выраженностью симптомов, что требует проведения лонгитюдных исследований. В-третьих, данные, основанные на самоотчётах, подвержены субъективным искажениям, связанным с восприятием симптомов участниками. Наконец, исследование не учитывало потенциальные конфаундеры, такие как демографические факторы, сопутствующие заболевания или другие переменные из набора данных, которые могли повлиять на результаты.

Перспективы

Результаты исследования открывают несколько направлений для дальнейших научных изысканий.

Во-первых, изучение связей между отдельными шкалами QEESI и категориями MSQ в более крупной выборке может предоставить более глубокое понимание механизмов МХЧ, что позволит выявить специфические аспекты чувствительности, наиболее тесно связанные с определёнными симптомами. Во-вторых, расширение выборки и проведение исследований в других регионах помогут подтвердить обобщаемость полученных результатов и учесть влияние экологических и демографических факторов. В-третьих, лонгитюдный дизайн позволит оценить динамику симптомов и их связь с МХЧ в течение времени, а также эффективность терапевтических вмешательств, таких как детоксикация или элиминация триггеров. В-четвертых, исследование других корреляций в наборе данных может выявить дополнительные факторы, влияющие на МХЧ, и симптомы, включая возраст, пол или уровень экологической нагрузки. Наконец, интеграция биомаркёров, таких как маркёры воспаления или оксидативного стресса, может дополнить субъективные данные опросников и повысить точность диагностики МХЧ.

Таким образом, проведённое нами исследование подтвердило значимость совместного использования QEESI и MSQ для оценки связи между МХЧ и токсической нагрузкой, однако для разработки эффективных диагностических и терапевтических стратегий необходимы дальнейшие исследования, учитывающие вышеуказанные перспективы и устраняющие выявленные ограничения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование выявило значимую положительную корреляцию между уровнем МХЧ (QEESI) и выраженностью симптомов токсической нагрузки (MSQ) у населения Южного федерального округа ($r=0,649$, $p < 0,001$). Категория «другие симптомы» MSQ показала умеренную связь с общим баллом QEESI ($r=0,283$, $p=0,046$), однако ожидаемой выраженной связи с неврологическими или эмоциональными категориями не выявлено, что может быть связано с ограничениями выборки. Анализ разделов QEESI выявил умеренную отрицательную корреляцию между Environmental Background Index и общим баллом MSQ ($r=-0,311$, $p < 0,05$), а также сильную взаимосвязь между Other Intolerance Index и Symptom Index ($r=0,65$, $p < 0,001$). Результаты подтверждают ценность QEESI и MSQ как инструментов скрининга и подчёркивают необходимость дальнейших исследований для разработки диагностических и терапевтических стратегий в экологической медицине.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Е.В. Болотова — дизайн исследования, обработка материалов, написание текста; В.В. Оноприев — концепция и дизайн исследования, написание текста; Л.В. Батракова — анализ полученных

данных, написание текста; А.Г. Абраменко — сбор и обработка материалов, написание текста; И.Г. Павельев — обработка и интерпретация статистического материала, формирование выводов, создание графиков и диаграмм. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено на заседании независимого этического комитета ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России (протокол № 126 от 05.10.2023).

Согласие на публикацию. Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № НИП-20.1/67.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: E.V. Bolotova: methodology, investigation, writing—original draft; V.V. Onopriev: conceptualization, methodology, writing—original draft; L.V. Batrakova: formal analysis, writing—original draft; A.G. Abramenko: investigation, writing—original draft; I.G. Paveliev: processing and interpretation of statistical material, drawing conclusions, creating graphs and diagrams. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the Independent Ethics Committee of Kuban State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Minutes No. 126 dated October 5, 2023).

Consent for publication: Written informed consent was obtained from all participants prior to inclusion in the study.

Funding sources: This study was supported by the Kuban Science Foundation as part of the scientific-innovation project No. NIP-20.1/67.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article. Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house science editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Rossi S, Pitidis A. Multiple chemical sensitivity: review of the state of the art in epidemiology, diagnosis, and future perspectives. *J Occup Environ Med.* 2018;60(2):138–146. doi: 10.1097/JOM.0000000000001215
- Nordin S, Andersson L. Evaluation of a Swedish version of the Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory. *Int Arch Occup Environ Health.* 2010;83(1):95–104. doi: 10.1007/s00420-009-0427-4
- Miller CS, Prihoda TJ. A controlled comparison of symptoms and chemical intolerances reported by Gulf War veterans, implant recipients and persons with multiple chemical sensitivity. *Toxicol Ind Health.* 1999;15(3-4):386–397. doi: 10.1177/074823379901500312
- Skovbjerg S, Berg ND, Elberling J, Christensen KB. Evaluation of the quick environmental exposure and sensitivity inventory in a Danish population. *J Environ Public Health.* 2012;2012:304314. doi: 10.1155/2012/304314
- Bolotova E, Dudnikova A, Onopriev V, et al. Validation of the russian-language version of the QEESI questionnaire for the assessment of multiple chemical sensitivity syndrome. *Vrach.* 2024;35(7):57–64. doi: 10.29296/25877305-2024-07-10 EDN: QXNLSJ
- Onopriev VV, Bolotova EV, Dudnikova AV. Possibilities of the Ecomedic digital platform in diagnostics functional disorders. *Medical Council.* 2024;18(20):210–217. doi: 10.21518/ms2024-392 EDN: WPQFRE
- Nogué S, Fernández-Solá J, Rovira E, et al. Sensibilidad química múltiple: análisis de 52 casos [Multiple chemical sensitivity: study of 52 cases]. *Med Clin.* 2007;129(3):96–98; quiz 99. doi: 10.1157/13107370
- Zucco GM, Doty RL. Multiple chemical sensitivity. *Brain Sci.* 2021;12(1):46. doi: 10.3390/brainsci12010046
- Hojo S, Mizukoshi A, Azuma K, et al. New criteria for multiple chemical sensitivity based on the Quick Environmental Exposure and Sensitivity Inventory developed in response to rapid changes in ongoing chemical exposures among Japanese. *PLoS One.* 2019;14(4):e0215144. doi: 10.1371/journal.pone.0215144
- Steinmann A. Prevalence and effects of multiple chemical sensitivities in Australia. *Prev Med Rep.* 2018;10:191–194. doi: 10.1016/j.pmedr.2018.03.007
- Cui X, Lu X, Hisada A, et al. The correlation between mental health and multiple chemical sensitivity: a survey study in Japanese workers. *Environ Health Prev Med.* 2015;20(2):123–129. doi: 10.1007/s12199-014-0434-2
- Rossi S, Pitidis A. Multiple chemical sensitivity: review of the state of the art in epidemiology, diagnosis, and future perspectives. *J Occup Environ Med.* 2018;60(2):138–146. doi: 10.1097/JOM.0000000000001215
- Lavric CE, Miguere N, de Blay F. Multiple chemical sensitivity: a review of its pathophysiology. *Explor Asthma Allergy.* 2024;2:350–362. doi: 10.37349/aaa.2024.00050

ОБ АВТОРАХ

* Батракова Любовь Викторовна;

адрес: Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, д. 4;
ORCID: 0000-0002-3688-6064;
eLibrary SPIN: 4412-3236;
e-mail: batrakovalv@ksma.ru

AUTHORS' INFO

* Lubov V. Batrakova;

address: 4 Mitrofana Sedina st, Krasnodar, Russia, 350063;
ORCID: 0000-0002-3688-6064;
eLibrary SPIN: 4412-3236;
e-mail: batrakovalv@ksma.ru

Болотова Елена Валентиновна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-6257-354X;
eLibrary SPIN: 4322-9985;
e-mail: bolotowa_e@mail.ru

Оноприев Владимир Владимирович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-6676-5247;
eLibrary SPIN: 5631-6667;
e-mail: onoprievvv@ksma.ru

Абраменко Арина Геннадьевна;
ORCID: 0009-0007-6649-8576;
eLibrary SPIN: 5540-2472;
e-mail: 326142@gmail.com

Павельев Игорь Геннадьевич, кандидат пед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-5686-3858;
eLibrary SPIN: 2823-7763;
e-mail: ipavelyev@gmail.com

Elena V. Bolotova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-6257-354X;
eLibrary SPIN: 4322-9985;
e-mail: bolotowa_e@mail.ru

Vladimir V. Onopriev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-6676-5247;
eLibrary SPIN: 5631-6667;
e-mail: onoprievvv@ksma.ru

Arina G. Abramenko;
ORCID: 0009-0007-6649-8576;
eLibrary SPIN: 5540-2472;
e-mail: 326142@gmail.com

Igor G. Paveliev, Cand. Sci. (Pedagogy), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-5686-3858;
eLibrary SPIN: 2823-7763;
e-mail: ipavelyev@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author