

ISSN 1728-0869 (Print)
ISSN 2949-1444 (Online)

ЭКОЛОГИЯ



ЧЕЛОВЕКА

EKOLOGIYA CHELOVEKA
(HUMAN ECOLOGY)

Volume 31, Issue 8, 2024

8

Том 31

2024



FOUNDERS:

- Northern State Medical University;
- Eco-Vector

PUBLISHER:

Eco-Vector

Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok,
191181 Saint Petersburg, Russia

E-mail: info@eco-vector.com

WEB: <https://eco-vector.com>

EDITORIAL OFFICE:

Address: 51 Troitsky Ave., Arkhangelsk 163069,
Russia

E-mail: he-office@eco-vector.com

Phone: +7 (818) 2206563

PUBLICATION ETHICS

Journal's ethic policies are based on:

- ICMJE
- COPE
- ORE
- CSE
- EASE

OPEN ACCESS:

Immediate Open Access is mandatory
for all published articles

INDEXATION:

- SCOPUS
- Google Scholar
- Ulrich's Periodicals directory
- Russian Science Citation Index
- Norwegian National Center for Research
Data
- Global Health
- CAB Abstracts
- ProQuest
- InfoBase Index

TYPESET:

completed in Eco-Vector

Copyeditor: I.G. Shevchenko

Proofreader: I.G. Shevchenko

Layout editor: O.V. Ustinkova

SUBSCRIPTION:

[https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/
subscriptions](https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/subscriptions)

ADVERTISEMENT DEPARTMENT:

Phone: +7 (968) 545 78 20

E-mail: adv2@eco-vector.com

The editors are not responsible for the content of
advertising materials. The point of view of the authors
may not coincide with the opinion of the editors. Only
articles prepared in accordance with the guidelines
are accepted for publication. By sending the article to
the editor, the authors accept the terms of the public
offer agreement. The guidelines for authors and the
public offer agreement can be found on the website:
<https://hum-ecol.ru>.

EKOLOGIYA

C H E L O V E K A (H U M A N E C O L O G Y)

Monthly peer-reviewed journal

Volume 31 • Issue 8 • 2024

The journal publishes results of research in environmental health, human
physiology, human ecology, hygiene, epidemiology and public health.

The primary audience of the journal includes health professionals,
environmental specialists, biomedical researchers, biologists,
social workers and university teachers.

The journal publishes original articles and reviews.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Tatiana N. Unguryanu, MD, Dr. Sci. (Med), Professor associate

North State Medical University (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0001-8936-7324

Deputy Editor-in-Chief

Andrey B. Gudkov, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0001-5923-0941

Igor B. Ushakov, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0002-0270-8622

Science editor

JAndrey O. Maryandyshev, MD, Dr. Sci. (Med), Professor (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0002-8485-5625

Executive editor

Vitaly A. Postoev, MD, Cand. Sci. (Med) (Arkhangelsk, Russia)

ORCID: 0000-0003-4982-4169

EDITORIAL COUNCIL

Alexander V. Baranov,

MD, Dr. Sci. (Med), (Syktyvkar, Russia)
ORCID: 0000-0002-3543-1738

Ivan N. Bolotov, Dr. Sci. (Biol), Professor
(Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-3878-4192

Roman V. Buzinov, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor associate (St. Petersburg, Russia)
ORCID: 0000-0002-8624-6452

Valeriy A. Chereshnev, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor (Ekaterinburg, Russia)
ORCID: 0000-0003-4329-147X

Nataliya V. Dorshakova, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor (Petrozavodsk, Russia)
ORCID: 0000-0003-1072-9164

Mika Gissler, Professor (Finland)
ORCID: 0000-0001-8254-7525

Andrej M. Grjibovski,
MD, PhD (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-5464-0498

Lyubov N. Gorbatova, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0003-0675-3647

Elena G. Ichitovkina, MD, Dr. Sci. (Med),
Associate Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-8876-669X

Rhonda Johnson, Professor (USA)
ORCID: 0000-0002-7730-7452

Vladimir A. Karpin, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor (Surgut, Russia)
eLibrary SPIN: 1860-8435

Valeriya I. Makarova, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor (Arkhangelsk, Russia)
Scopus Author ID: 7005797378

Edgar A. Mordovsky, MD, Dr. Sci. (Med),
Associate Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-2346-9763

Igor G. Mosyagin, MD, Dr. Sci. (Med), Professor
(Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-9485-6584

Evert Nieboer, Professor (Canada)
ORCID: 0000-0001-5165-2832

Kersti Pärna, Professor associate (Estonia)
ORCID: 0000-0001-7677-9493

Magnus Per, Professor (Norway)
ORCID: 0000-0002-6427-4735

Kalediene Ramune, Professor (Lithuania)
ORCID: 0000-0003-3434-8091

Arja Rautio, Professor (Finland)
ORCID: 0000-0002-5816-533X

Halina Röllin, Professor (South Africa)
ORCID: 0000-0001-5247-6519

Marilza Vieira Cunha Rudge,
Professor (Brazil)
ORCID: 0000-0002-9227-832X

Jonatan Ruiz, Professor (Spain)
ORCID: 0000-0002-7548-7138

Zumin Shi, Professor (Qatar)
ORCID: 0000-0002-3099-3299

Genrikh A. Sofronov, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor (St. Petersburg, Russia)
ORCID: 0000-0002-8587-1328

Andrey G. Soloviev, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor (Arkhangelsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-0350-1359

Pal Weihe, Professor (Faroe Islands)
ORCID: 0000-0001-8174-3671

Agneta Yngve, Professor (Sweden)
ORCID: 0000-0002-7165-279X

Canqing Yu, Professor (China)
ORCID: 0000-0002-0019-0014

Nina V. Zaytseva, MD, Dr. Sci. (Med),
Professor (Perm, Russia)
ORCID: 0000-0003-2356-1145

УЧРЕДИТЕЛИ:

- ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России;
- ООО «Эко-Вектор»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 20 марта 2020 г. Регистрационный номер ПИ № ФС77-78166

ИЗДАТЕЛЬ:

ООО «Эко-Вектор»

Адрес: 191181, г. Санкт-Петербург, Аптекарский

переулок, д. 3, литера А, помещение 1Н

E-mail: info@eco-vector.com

WEB: https://eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ:

Адрес: 163069, г. Архангельск,

пр. Троицкий, д. 51.

Тел. +7 (818) 220 6563;

E-mail: he-office@eco-vector.com

ИНДЕКСАЦИЯ:

– SCOPUS

– Белый список научных журналов

– Google Scholar

– Ulrich's Periodicals directory

– ядро РИНЦ

– Russian Science Citation Index

– Norwegian National Center for Research Data

– реферативный журнал и база данных

ВИНИТИ

– Global Health

– CAB Abstracts

– ProQuest

– InfoBase Index

– КиберЛенинка

Оригинал-макет подготовлен в издательстве «Эко-Вектор».

Литературный редактор: И.Г. Шевченко

Корректор: И.Г. Шевченко

Верстка: О.В. Устинкова

Сдано в набор 11.04.2025.

Подписано в печать 05.05.2025.

Выход в свет 19.05.2025

Формат 60 × 88%. Печать офсетная.

Заказ 5-4563-1v. Цена свободная.

Усл. печ. л. 7,9.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ООО «Типография Экспресс В2В»

191180, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки,

д. 104, лит. А, пом. 3Н, оф. 1.

Тел.: +7 (812) 646 33 77

ПОДПИСКА:

<https://hum-ecol.ru/1728-0869/about/subscriptions>

OPEN ACCESS:

В электронном виде журнал распространяется бесплатно — в режиме немедленного открытого доступа.

ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ:

Тел.: +7 (968) 545 78 20

E-mail: adv2@eco-vector.com

Редакция не несёт ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://hum-ecol.ru>

ISSN 1728-0869 (Print)
ISSN 2949-1444 (Online)

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ежемесячный научный рецензируемый журнал

Том 31 • № 8 • 2024

Основными направлениями публикаций являются вопросы взаимодействия человека и окружающей среды, физиология человека, влияние экологических факторов на здоровье населения, гигиена, эпидемиология и общественное здоровье.

Журнал ориентирован на широкий круг научной общественности, практических врачей, экологов, биологов, социальных работников, работников сферы образования.

В журнале публикуются оригинальные статьи, обзоры и протоколы исследований.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Унгуряну Татьяна Николаевна, д-р мед. наук, доцент

Северный государственный медицинский университет

(Архангельск, Россия)

ORCID: 0000-0001-8936-7324

Заместители главного редактора

Гудков Андрей Борисович, д-р мед. наук, профессор (Архангельск, Россия)

ORCID: 0000-0001-5923-0941

Ушаков Игорь Борисович, д-р мед. наук, профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-0270-8622

Научный редактор

Марьяндышев Андрей Олегович, д-р мед. наук, профессор (Архангельск, Россия)

ORCID: 0000-0002-8485-5625

Ответственный секретарь

Постоев Виталий Александрович, канд. мед. наук (Архангельск, Россия)

ORCID: 0000-0003-4982-4169

16+

Экология человека. 2024. Т. 31, № 8.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Баранов Александр Васильевич, д.м.н.
(Сыктывкар, Россия)
ORCID: 0000-0002-3543-1738

Болотов Иван Николаевич, д.б.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-3878-4192

Бузинов Роман Вячеславович, д.м.н.,
доцент (Санкт-Петербург, Россия)
ORCID: 0000-0002-8624-6452

Горбатова Любовь Николаевна, д.м.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0003-0675-3647

Гржибовский Андрей Мечиславович,
PhD (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-5464-0498

Доршакова Наталья Владимировна, д.м.н.,
профессор (Петрозаводск, Россия)
ORCID: 0000-0003-1072-9164

Зайцева Нина Владимировна, д.м.н.,
профессор (Пермь, Россия)
ORCID: 0000-0003-2356-1145

Ичитовкина Елена Геннадьевна, д.м.н.,
доцент (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0001-8876-669X

Карпин Владимир Александрович, д.м.н.,
профессор (Сургут, Россия)
eLibrary SPIN: 1860-8435

Макарова Валерия Ивановна, д.м.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
Author ID: 7005797378

Мордовский Эдгар Артурович, д.м.н.,
доцент (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-2346-9763

Мосягин Игорь Геннадьевич, д.м.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-9485-6584

Соловьев Андрей Горгоньевич, д.м.н.,
профессор (Архангельск, Россия)
ORCID: 0000-0002-0350-1359

Софронов Генрих Александрович, д.м.н.,
профессор (Санкт-Петербург, Россия)
ORCID: 0000-0002-8587-1328

Черешнев Валерий Александрович, д.м.н.,
профессор (Екатеринбург, Россия)
ORCID: 0000-0003-4329-147X

Yngve Agneta, профессор (Швеция)
ORCID: 0000-0002-7165-279X

Rautio Arja, профессор (Финляндия)
ORCID: 0000-0002-5816-533X

Rudge Marilza Vieira Cunha, профессор
(Бразилия)
ORCID: 0000-0002-9227-832X

Nieboer Evert, профессор (Канада)
ORCID: 0000-0001-5165-2832

Röllin Halina, профессор (ЮАР)
ORCID: 0000-0001-5247-6519

Ruiz Jonatan, профессор (Испания)
ORCID: 0000-0002-7548-7138

Ramune Kalediene, профессор (Литва)
ORCID: 0000-0003-3434-8091

Pärna Kersti, доцент (Эстония)
ORCID: 0000-0001-7677-9493

Per Magnus, профессор (Норвегия)
ORCID: 0000-0002-6427-4735

Gissler Mika, профессор (Финляндия)
ORCID: 0000-0001-8254-7525

Weihe Pal, профессор (Фарерские острова)
ORCID: 0000-0001-8174-3671

Johnson Rhonda, профессор (США)
ORCID: 0000-0002-7730-7452

Shi Zumin, профессор (Катар)
ORCID: 0000-0002-3099-3299

Yu Canqing, профессор (КНР)
ORCID: 0000-0002-0019-0014

CONTENTS

Original Study Articles

A.E. Shklyae, I.G. Malakhova, V.A. Khamidullina

Effects of vaping on the tactile sensitivity of the oral mucosa 567

O.M. Razumnikova

Association between biophilia, self-perceived emotional state, and brain bioelectrical activity during the perception of natural and urban landscapes. 575

A.B. Mulik, N.O. Nazarov, I.V. Ulesikova, M.A. Kunavin, A.G. Soloviev, Yu.A. Shatyr

Elemental status and social tension in selected regions of Russia 586

O.V. Sazonova, R.V. Hamtsova, M.Yu. Gavryushin, S.R. Trubetskaya, S.Yu. Tokareva

Comprehensive assessment of nutritional status in university students 598

E.M. Stepanova, E.A. Lugovaya

Assessment of elemental imbalance in women from a goiter-endemic region. 608

*N.S. Felenko, E.D. Kubasova, N.A. Shutsky, S.L. Kashutin, D.V. Mizgirev, R.V. Kubasov, M.V. Katorina,
A.V. Toropov, O.V. Dolgikh, D.V. Shatov, N.V. Sukhorukova, A.V. Safronenko, D.V. Safonov, G.S. Groshilina,
E.A. Kutuzova, S.N. Linchenko, A.V. Sklyarov, T.V. Ostapenko, S.A. Akopyants, K.S. Karakhanyan, S.M. Groshilin*

Reactive changes in the monocytic lineage of the bone marrow during the recovery period after parenchymal liver hemorrhage. 618

СОДЕРЖАНИЕ

Оригинальные исследования

А.Е. Шкляев, И.Г. Малахова, В.А. Хамидуллина

Влияние вейпинга на тактильную чувствительность слизистой оболочки полости рта 567

О.М. Разумникова

Связь биофилии и самооценки эмоционального состояния при восприятии природных и урбанистических ландшафтов с организацией биоэлектрической активности головного мозга. 575

А.Б. Мулик, Н.О. Назаров, И.В. Улесикова, М.А. Кунавин, А.Г. Соловьёв, Ю.А. Шатыр

Элементный статус и социальная напряжённость населения отдельных территорий России. 586

О.В. Сазонова, Р.В. Хамцова, М.Ю. Гаврюшин, С.Р. Трубецкая, С.Ю. Токарева

Комплексная оценка пищевого статуса студенческой молодежи. 598

Е.М. Степанова, Е.А. Луговая

Оценка элементного дисбаланса у женщин зобно-эндемичного региона 608

*Н.С. Феленко, Е.Д. Кубасова, Н.А. Шутский, С.Л. Кашутин, Д.В. Мизгирев, Р.В. Кубасов,
М.В. Каторина, А.В. Торопов, О.В. Долгих, Д.В. Шатов, Н.В. Сухорукова, А.В. Сафроненко,
Д.В. Сафонов, Г.С. Грошилина, Е.А. Кутузова, С.Н. Линченко, А.В. Скларов,
Т.В. Остапенко, С.А. Акопьянц, К.С. Караханян, С.М. Грошили*

Реактивные изменения моноцитарного звена костного мозга в восстановительном периоде после паренхиматозного кровотечения печени 618

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643342>

EDN: UPXDLG

Effects of vaping on the tactile sensitivity of the oral mucosa

Aleksey E. Shklyayev, Inessa G. Malakhova, Venera A. Khamidullina

Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The rapid spread of vaping, which directly impacts the oral mucosa, highlights the importance of evaluating its effect on tactile sensitivity in electronic cigarette users.

AIM: To clarify the characteristics of tactile sensitivity of the oral mucosa in electronic cigarette users.

MATERIALS AND METHODS: The study included 80 participants (mean age 23.5 ± 0.2 years), divided into two groups: the observation group (40 regular electronic cigarette users) and the comparison group (40 never-smokers). Each participant underwent an objective dental examination and an assessment of tactile discrimination sensitivity at four alveolar zone points (upper and lower jaws, left and right) using Weber's compass. Statistical analysis included the calculation of mean values, standard errors, and significance testing using Student's *t*-test.

RESULTS: Physical oral examination revealed that the prevalence of gingivitis among electronic cigarette users was six times higher, whereas dental calculus was 7.5 times more frequently relative to the comparison group. The DMF index was 57.1% higher in the vaping group, whereas the Green–Vermillion hygiene index was 109.1% higher. Assessment of tactile discrimination sensitivity revealed that its threshold was significantly higher in electronic cigarette users than in non-smokers. On the upper jaw, sensitivity thresholds in vapers were 1.5 times higher (left: 7.71 ± 0.30 mm, right: 7.63 ± 0.27 mm) compared to non-smokers (left: 5.15 ± 0.06 mm, right: 5.10 ± 0.08 mm). On the lower jaw, the difference was even more pronounced: 2.3 times higher on the left side (13.33 ± 0.49 mm in vapers and 5.69 ± 0.05 mm in non-smokers) and 2.5 times higher on the right side (12.85 ± 0.55 mm in vapers and 5.18 ± 0.05 mm in non-smokers).

CONCLUSION: The use of electronic cigarettes is accompanied by a significant deterioration in the hygienic condition of the oral mucosa and a reduction in its tactile sensitivity, which may lead to the latent progression of inflammatory and degenerative processes in the oral and dentoalveolar system.

Keywords: vaping; electronic cigarettes; oral mucosa; tactile sensitivity.

To cite this article:

Shklyayev AE, Malakhova IG, Khamidullina VA. Effects of vaping on the tactile sensitivity of the oral mucosa. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):567–574. DOI: 10.17816/humeco643342 EDN: UPXDLG

Received: 23.12.2024

Accepted: 28.01.2025

Published online: 11.02.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643342>

EDN: UPXDLG

Влияние вейпинга на тактильную чувствительность слизистой оболочки полости рта

А.Е. Шкляев, И.Г. Малахова, В.А. Хамидуллина

Ижевская государственная медицинская академия, Ижевск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Стремительное распространение вейпинга, оказывающего непосредственное действие на слизистую оболочку полости рта, придаёт актуальность оценке её тактильной чувствительности у пользователей электронных сигарет.

Цель. Уточнить особенности тактильной чувствительности слизистой оболочки полости рта у пользователей электронных сигарет.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 80 человек (средний возраст $23,5 \pm 0,2$ года), из которых было сформировано две группы: наблюдения (40 человек, регулярно использующих электронные сигареты) и сравнения (40 никогда не куривших). У каждого обследуемого оценивали объективные стоматологические показатели и тактильную дискриминационную чувствительность в четырёх точках альвеолярной зоны (на верхней и нижней челюстях, слева и справа) с помощью циркуля Вебера. Статистическая обработка включала вычисление средних величин, их ошибок, статистической значимости различий по t -критерию Стьюдента.

Результаты. Объективное исследование полости рта выявило, что частота гингивита у потребителей электронных сигарет в 6 раз выше, зубного камня — в 7,5 раза выше, чем в группе сравнения. Индекс КПУ у курящих на 57,1% выше, чем у некурящих, а индекс гигиены по Грину–Вермиллиону — на 109,1%. При оценке тактильной дискриминационной чувствительности установлено, что её порог у курящих электронные сигареты на верхней челюсти с обеих сторон был в 1,5 раза выше (слева $7,71 \pm 0,30$ мм, справа $7,63 \pm 0,27$ мм), чем у некурящих (слева $5,15 \pm 0,06$ мм, справа $5,10 \pm 0,08$ мм), на нижней челюсти слева — в 2,3 раза ($13,33 \pm 0,49$ мм и $5,69 \pm 0,05$ мм соответственно), справа — в 2,5 раза ($12,85 \pm 0,55$ мм и $5,18 \pm 0,05$ мм соответственно).

Заключение. Использование электронных сигарет сопровождается существенным ухудшением гигиенического состояния слизистой оболочки полости рта и вызывает снижение её тактильной чувствительности, что приводит к латентному прогрессированию воспалительных и дистрофических процессов слизистой и зубочелюстного аппарата.

Ключевые слова: вейпинг; электронные сигареты; слизистая оболочка полости рта; тактильная чувствительность.

Как цитировать:

Шкляев А.Е., Малахова И.Г., Хамидуллина В.А. Влияние вейпинга на тактильную чувствительность слизистой оболочки полости рта // Экология человека. 2024. Т. 31, № 8. С. 567–574. DOI: 10.17816/humeco643342 EDN: UPXDLG

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643342>

EDN: UPXDLG

电子烟对口腔粘膜触觉敏感性的影响

Aleksey E. Shklyayev, Inessa G. Malakhova, Venera A. Khamidullina

Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia

摘要

论证。电子烟的迅速普及直接影响口腔粘膜，使评估电子烟使用者的口腔粘膜触觉敏感性具有重要意义。

目的。明确电子烟使用者口腔粘膜触觉敏感性的特征。

材料与方法。研究共纳入80名受试者（平均年龄 23.5 ± 0.2 岁），分为两组：观察组（40人，定期使用电子烟）和对照组（40人，从未吸烟）。对所有受试者进行客观的口腔检查，并使用韦伯触觉辨别测试测量上、下颌左右四个牙槽区的触觉辨别敏感性。统计分析包括均值计算、标准误差计算，并使用Student's t检验进行组间差异显著性分析。

结果。口腔检查显示，电子烟使用者牙龈炎发生率较对照组高6倍，牙石形成率高7.5倍。龋失补指数（DMF index）较非吸烟者高57.1%，Greene-Vermillion口腔卫生指数高109.1%。在触觉辨别敏感性测试中发现，电子烟使用者的触觉阈值较非吸烟者显著升高：上颌两侧分别高1.5倍（左侧 7.71 ± 0.30 mm，对照组 5.15 ± 0.06 mm；右侧 7.63 ± 0.27 mm，对照组 5.10 ± 0.08 mm）；下颌左侧高2.3倍（ 13.33 ± 0.49 mm，对照组 5.69 ± 0.05 mm），右侧高2.5倍（ 12.85 ± 0.55 mm，对照组 5.18 ± 0.05 mm）。

结论。电子烟的使用导致口腔粘膜卫生状况显著恶化，并降低其触觉敏感性，从而引起口腔粘膜及牙颌系统炎症和营养不良性病变的潜在进展。

关键词：电子烟使用；电子烟；口腔粘膜；触觉敏感性。

引用本文：

Shklyayev AE, Malakhova IG, Khamidullina VA. 电子烟对口腔粘膜触觉敏感性的影响. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):567–574. DOI: 10.17816/humeco643342 EDN: UPXDLG

收到: 23.12.2024

接受: 28.01.2025

发布日期: 11.02.2025

BACKGROUND

Vaping commonly refers to the use of electronic cigarettes (e-cigarettes), vaporizers, and similar devices [1]. The global fight against smoking has led to a decrease in tobacco consumption. However, this has been replaced by increased vaping. The most recent statistics show that the number of e-cigarette users increased from approximately 7 million in 2011 to 35 million in 2016 and 55 million in 2021 [2]. In the United States, 10.5% of middle school students and 27.5% of high school students vaped in 2019 [3]. The rapid increase in e-cigarette use, particularly by young adults and adolescents, is due to the casual attitude toward electronic vaping devices and the perception that these devices are fashionable. Moreover, electronic media promotes the idea that this type of smoking is relatively safe [1].

Sales professionals and opinion leaders present e-cigarettes as a safe system with pleasant organoleptic properties [4]. However, e-cigarette liquids contain components such as propylene glycol, glycerin, flavorings, colorings, and additives, including nicotine. Furthermore, the aerosols produced during vaping contain many toxic components, including metal nanoparticles, formaldehyde, diacetyl, acrolein, acetaldehyde, and acetone [5, 6].

Today, most studies evaluating the effects of e-cigarettes on the body focus on respiratory diseases in vapers. The most common combination of symptoms associated with vape-related lung injury is EVALI (e-cigarette and vaping-use associated lung injury) syndrome. Other lung damage in e-cigarette users is possible, including acute respiratory distress syndrome [1]. Previous studies have provided data on functional disorders of the upper and lower gastrointestinal tract in vapers as determined by peripheral electrogastroenterography and pH-impedancemetry [7, 8]. These disorders are manifested by lower quality of life as measured by the specific Gastrointestinal Symptom Rating Scale and the non-specific Short Form-36 questionnaires [9].

Several studies have investigated the influence of e-cigarettes on dental health [10]. In particular, characteristic mucous membrane changes, such as bleeding and structural changes of the gingiva, were observed in the oral cavities of e-cigarette users. Additionally, lower interalveolar septal height and a high incidence of xerostomia were found [4]. There is evidence that e-cigarettes promote periodontitis [11]. A microbiological evaluation of the oral mucosa of vapers has shown that e-cigarette aerosols lead to oral dysbiosis manifested by the inhibition of commensal reproduction and the increased formation of opportunistic microbe biofilms (e.g., *S. mutans*). These conditions allow for the rapid colonization of the mucosa by *Candida albicans*, which may lead to acute candidiasis [12, 13]. Analysis of the oral fluids of e-cigarette users showed a significant increase in rhodanide levels associated with the regular inhalation of hydrocyanic acid metabolites from the inhaled aerosol [14].

This inhalation is accompanied by a decrease in the protective and antibacterial functions of saliva [15].

A detailed understanding of the normal physiology of the oral mucosa and its sensory function requires studying the differences in pain sensitivity to various mechanical influences. This study could be used to solve dental disorders, especially in orthopedic treatment [16]. Previous studies of the tactile sensitivity of the oral mucosa determined the quantitative threshold at various points on both jaws of individuals of different sexes. It was found that there are no sex differences in healthy populations. No significant differences in sensitivity thresholds between the jaws were revealed. Thus, the authors considered this type of sensitivity to be a single type [17]. The evaluation of the pain sensitivity threshold of the oral mucosa in patients with chronic somatic diseases (chronic kidney disease, inflammatory bowel disease, and type 2 diabetes mellitus) showed an increase that persists even when the disease is under control [18]. The data on changes in tactile sensitivity thresholds of the oral mucosa in internal and endocrinological diseases is important for both dental disease treatment and management of underlying chronic diseases. Given the rapid increase in vaping and its direct influence on the oral mucosa, assessing oral tactile sensitivity in e-cigarette users is relevant.

The study aimed to specify the of tactile sensitivity in the oral mucosa of e-cigarette users.

MATERIALS AND METHODS

Study Design

A cross-sectional single-center observational study was conducted.

Eligibility Criteria

The study included volunteers who complied with the study design (e-cigarette users and non-smokers). None of the participants had systemic or severe dental diseases. The exclusion criteria of the study included acute infectious diseases, significant dysfunction of internal organs due to somatic diseases, diabetes mellitus, mental illness, and gestation or lactation.

Study Setting

The study was conducted at the Izhevsk State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation.

Study Duration

All study participants underwent a single dental assessment of status and tactile discrimination sensitivity (TDS) assessment of the oral mucosa.

Intervention

Dental parameters, including the dental formula, the decayed, missing, and filled teeth (DMFT) index, and the

GreenVermillion hygiene index (OHI-S) were evaluated in all participants and appropriate oral care recommendations were provided. Oral mucosa sensitivity was assessed using the TDS threshold at preset points on the alveolar zone of the premolars on both sides.

Main Study Outcome

The TDS threshold was determined on the upper jaw on the side of the hard palate and on the lower jaw on the anterior surface of the alveolar gingiva in the premolar area as these zones have identical oral mucosa structures and pliability [17].

Subgroup Analysis

A total of 80 people (40 males and 40 females) aged 18 to 30 years (mean age: 23.5 ± 0.2 years) participated in the study. The participants were divided into two groups. The observation group included 40 participants (20 males and 20 females) who were regular e-cigarette users. The control group included 40 non-smokers who never smoked (20 males and 20 females).

Outcomes registration

Weber's compass was used to determine the TDS threshold. The compass's legs were placed on the oral mucosa. The minimum distance (mm) at which two touches were distinguished was set when the legs were moved further apart.

Ethics Approval

The study was approved by the local Ethics Committee of the Izhevsk State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation (protocol No. 761 dated September 26, 2023).

Statistical Analysis

Univariate statistical methods were used for statistical analysis in Statistica 6.0 and Microsoft Excel. Parametric methods were used as the data distribution corresponded to a normal distribution (normality was verified using the asymmetry coefficient). The results were presented as the mean $\pm$ standard error of the mean ($M \pm m$). Student's *t*-test was used to determine the reliability of quantitative variable differences. Results were considered significant at $p \leq 0.05$.

RESULTS

Participants

Seventy-five percent of study participants in the observation group had two to four years of experience with e-cigarettes; whereas the remaining 25% participants had more than four years of experience. Eighty percent of vapers used smoking liquid with a nicotine content of 20 mg/ml; whereas the rest used liquid with a nicotine content of 50 mg/ml or higher. Additionally, 70% of e-cigarette users took 150–500 puffs per day; 20% took less than 150 puffs; and 10% took more than 500 puffs.

An analysis showed that 40% of participants had concerns about gingival bleeding, including 15% of non-smokers and 25% of e-cigarette users. Seventy-five percent of study participants indicated a desire to change the color of their teeth for aesthetic reasons, including 35% of non-smokers and 40% of e-cigarette users.

Primary Results

An objective examination of the oral cavity showed significant differences between groups in terms of oral mucosal condition, degree of caries, and hygiene (see Table 1).

E-cigarette users had a 6-fold higher frequency of gingivitis and a 7.5-fold higher frequency of dental calculus compared to the control group. Smokers had worse DMFT and OHI-S values than non-smokers.

The study of the TDS threshold of the oral mucosa using Weber's compass show demonstratively a significantly lower sensitivity in the observation group (see Table 2).

The study found that the TDS threshold of the oral mucosa on the upper jaw (both right and left) was 1.5-fold higher in e-cigarette users compared to the control group. In the observation group, the value on the lower jaw was 2.3-fold higher on the left and 2.5-fold higher on the right compared to non-smokers.

DISCUSSION

The significant difference in objective assessments of oral cavity condition between smokers and non-smokers is clearly related to the less careful hygiene by e-cigarette users and the influence of inhaled aerosol components on the

Table 1. Objective examination of the oral cavity ($M \pm m$)

Parameters	Observation group ($n=40$)	Control group ($n=40$)	<i>p</i>
Frequency of gingivitis, %	30.00 $\pm$ 7.25	5.00 $\pm$ 3.45	0.003
Frequency of xerostomia, %	2.5 $\pm$ 2.4	0	0.301
Frequency of dental calculus, %	37.5 $\pm$ 7.7	5.0 $\pm$ 3.4	< 0.0001
DMF index	5.5 $\pm$ 3.6	3.5 $\pm$ 2.9	0.666
GreenVermillion oral hygiene index	2.3 $\pm$ 2.3	1.1 $\pm$ 1.6	0.667

Table 2. Threshold of tactile discrimination sensitivity of the oral mucos ($M \pm m$). mm

Points	Observation group ($n=40$)	Comparison group ($n=40$)	p
Left upper jaw	7.71 $\pm$ 0.30	5.15 $\pm$ 0.06	< 0.0001
Right upper jaw	7.63 $\pm$ 0.27	5.10 $\pm$ 0.08	< 0.0001
Left lower jaw	13.33 $\pm$ 0.49	5.69 $\pm$ 0.05	< 0.0001
Right lower jaw	12.85 $\pm$ 0.55	5.18 $\pm$ 0.05	< 0.0001

oral mucosa and dentoalveolar apparatus. The combination of nicotine and glycerol creates favorable conditions for the deposition of nicotine plaque on teeth and oral mucosa. This plaque is covered by a glycerol film that promotes the multiplication of pathogenic microorganisms, causing rapid progression of dental carious lesions and exacerbating existing inflammatory periodontal diseases [4]. According to previous studies, xerostomia is the most common side effect of e-cigarette use, affecting 2.5% of participants in the observation group [10].

A significant increase in the TDS threshold of the oral mucosa, along with poor oral hygiene and a higher frequency of inflammatory lesions and carious processes, creates a false sense of well-being in e-cigarette users. This contributes to the progression of inflammatory and dystrophic diseases without obvious clinical manifestations, allowing users to postpone dental visits for oral cavity sanitation.

A lower sensitivity of the oral mucosa in chronic kidney, intestinal, and endocrine diseases found by other authors is usually associated with dystrophic and degenerative processes in the nerves that innervate the oral mucosa. These include disorganized myelin and the complete demyelination of some axons, as well as axoplasmic vacuolization. They develop due to metabolic disorders in patients with severe internal diseases [18]. However, no significant differences were found in the degree of decrease in mucosal sensitivity of the upper and lower jaws in cases of somatic diseases. The significant difference in TDS thresholds of the mucosa of the upper and lower jaws in the e-cigarette study group (1.7-fold on both sides) indicates the profound local damaging effect of the inhaled aerosol and systemic effects caused by inhalation. The TDS threshold of the oral mucosa in non-smokers was close to other studies with similar data on the absence of significant differences in tactile sensitivity in the alveolar zone of the upper and lower jaws in the premolar area on both sides [17].

Study Limitations

The study was limited by the young age of the participants and their short history of e-cigarette use. In addition, only the TDS of the oral mucosa was assessed.

CONCLUSION

The study indicated a significant adverse effect of inhaled aerosol on the oral mucosa when using e-cigarettes.

E-cigarette users showed a significant increase in TDS threshold in all evaluated zones of the lower and upper jaws compared to non-smokers. E-cigarette users showed a 1.7-fold higher increase in lower jaw TDS compared to upper jaw TDS. The deterioration of oral mucosa sensitivity is accompanied by oligosymptomatic progression of inflammatory and dystrophic diseases of the oral mucosa and dentoalveolar apparatus. This progression is more common in e-cigarette users due to poor oral hygiene and the direct damaging effect of inhaled aerosol components.

Further study of the TDS of the oral mucosa could lead to a better understanding of its sensory function and the influence of various local and general damaging factors that dentists encounter daily.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. A.E. Shklyayev — concept and design of the study, writing the text, compiling the list of references, statistical data processing; I.G. Malakhova — writing the text, statistical data processing, editing; V.A. Khamidullina — collection and processing of material. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Ethics approval. The study was approved by the local Ethics Committee of the Izhevsk State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation (Protocol No. 761 dated 09/26/2023).

Patients' consent. Written consent was obtained from all the study participants before the study screening in according to the study protocol approved by the local ethic committee.

Funding sources. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure of interests. The authors confirm the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.Е. Шкляев — концепция и дизайн исследования, написание текста, составление списка литературы, статистическая обработка данных; И.Г. Малахова — написание текста, статистическая обработка данных, редактирование; В.А. Хамидулина — сбор и обработка материала. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 761 от 26.09.2023).

Информированное согласие на участие в исследовании. Все участники до включения в исследование добровольно

подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

REFERENCES | СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Podzolkov VI, Vetluzhskaya MV, Abramova AA, et al. Vaping and vaping-associated lung injury: a review. *Terapevticheskii Arkhiv*. 2023;95(7):591–596. doi: 10.26442/00403660.2023.07.202293 EDN: DZLOFU
2. Novoselova EN. Fight against smoking as a factor of healthy lifestyle. *Moscow State University Bulletin. Series 18. Sociology and Political Science*. 2019;25(4):309–324. doi: 10.24290/1029-3736-2019-25-4-309-324 EDN: QJAHIO
3. Miech R, Johnston L, O'Malley PM, et al. Adolescent vaping and nicotine use in 2017–2018 — U.S. national estimates. *N Engl J Med*. 2019;380(2):192–193. doi: 10.1056/NEJMc1814130
4. Miklyaev SV, Blokhina NA, Chuprikov NS. The impact of conventional cigarettes, e-cigarettes, and tobacco heating systems on the oral mucosa. *Parodontologiya*. 2024;29(2):235–242. doi: 10.33925/1683-3759-2024-877 EDN: ERSKMM
5. Gaur S, Agnihotri R. Health effects of trace metals in electronic cigarette aerosols. a systematic review. *Biol Trace Elem Res*. 2019;188(2):295–315. doi: 10.1007/s12011-018-1423-x
6. Behar RZ, Luo W, McWhirter KJ, et al. Analytical and toxicological evaluation of flavor chemicals in electronic cigarette refill fluids. *Sci Rep*. 2018;8(1):8288. doi: 10.1038/s41598-018-25575-6
7. Galikhanova Yul, Shklyaev AE, Pantyukhina AS, et al. Impact of electronic cigarettes on acid-forming and motor functions of the stomach. *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2023;16(6):14–18. doi: 10.20969/VSKM.2023.16(6).14-18 EDN: IMOQJH
8. Kazarin DD, Shklyaev AE, Pantyuhina AS, et al. Characterizing the electrical activity of gastrointestinal tract parts in users of electronic nicotine delivery systems. *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2024;17(2):45–51. doi: 10.20969/VSKM.2024.17(2).45-51 EDN: KVCDIG
9. Galikhanova Yul, Shklyaev AE, Pantyukhina AS, Gorbunov YuV. Impact of electronic cigarettes on quality of life. *Bulletin of Dagestan State Medical Academy*. 2023;(2):11–14. EDN: VJUKFC
10. Kaladze NN, Gorobets SM, Gorobets IV, et al. Analysis of the influence of electronic cigarettes (wapes) on dental status. *Crimean Journal of Internal Diseases*. 2020;(3):74–79. EDN: RWJGLQ
11. Cullen KA, Ambrose BK, Gentzke AS, et al. Notes from the field: use of electronic cigarettes and any tobacco product among middle and high school students—United States, 2011–2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2018;67(45):1276–1277. doi: 10.15585/mmwr.mm6745a5
12. Romanenko IG, Gorobets IV, Gorobets SM, et al. The effect of electronic cigarettes on the oral microbiome and antibacterial properties of saliva. *Medicinskij vestnik Severnogo Kavkaza*. 2023;18(4):423–428. doi: 10.14300/mnnc.2023.18101 EDN: HFBRXE
13. Emelina ES, Dorofeev AE, Emelina GV, et al. The effect of smoking with a steam cocktail on the oral cavity. *Challenges in Modern Medicine*. 2021;44(2):200–208. doi: 10.52575/2687-0940-2021-44-2-200-208 EDN: YNWMXK
14. Dorofeev AE, Sevbitov AV, Zaborskaya PA, et al. Results of a biochemical study of saliva in elderly people using steam cocktails. *Challenges in Modern Medicine*. 2023;46(2):155–165. doi: 10.52575/2687-0940-2023-46-2-155-165 EDN: ONYSBV
15. Chaffee BW. Electronic cigarettes: trends, health effects and advising patients amid uncertainty. *J Calif Dent Assoc*. 2019;47(2):85–92.
16. Arutyunov AS, Pertsov SS, Muslov SA, Shanidze ZL. The study of thresholds of pain sensitivity of oral mucosa to mechanical stimuli. *Russian Journal of Dentistry*. 2018;22(1):11–17. doi: 10.18821/1728-2802-2018-22-1-11-17 EDN: JVTDKM
17. Shemonaev VI, Maloletkova AA, Ryzhova IP. The features of tactile sensitivity of human oral mucosa. *Challenges in Modern Medicine*. 2011;14(10):228–230. EDN: OONXHX
18. Iordanishvili AK, Belskikh OA, Tishkov DS, et al. Features of oral cavity and tongue mucosa functioning in chronic renal and intestinal diseases and endocrine pathology. *Kursk Scientific and Practical Bulletin Man and His Health*. 2015;(4):30–36. EDN: VJGKCB

AUTHORS' INFO

***Aleksey E. Shklyayev**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
address: 281 Kommunarov st, Izhevsk, Russia, 426034;
ORCID: 0000-0003-2281-1333;
eLibrary SPIN: 3537-8929;
e-mail: shklyayevaleksey@gmail.com

Inessa G. Malakhova, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0009-0001-1588-1862;
eLibrary SPIN: 3592-1773;
e-mail: inessa78@inbox.ru

Venera A. Khamidullina;
ORCID: 0009-0006-9076-4486;
e-mail: venerochka200@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

***Шкляев Алексей Евгеньевич**, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 426034, Ижевск, ул. Коммунаров, д. 281;
ORCID: 0000-0003-2281-1333;
eLibrary SPIN: 3537-8929;
e-mail: shklyayevaleksey@gmail.com

Малахова Инесса Геннадьевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0009-0001-1588-1862;
eLibrary SPIN: 3592-1773;
e-mail: inessa78@inbox.ru

Хамидуллина Венера Альбертовна;
ORCID: 0009-0006-9076-4486;
e-mail: venerochka200@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643220>

EDN: IFZNED

Связь биофилии и самооценки эмоционального состояния при восприятии природных и урбанистических ландшафтов с организацией биоэлектрической активности головного мозга

О.М. Разумникова

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о снижении стресса и улучшении эмоционального состояния при восприятии природной среды, что сопровождается снижением активации коры головного мозга. Городская среда вызывает противоположный эффект. Однако остаётся неясным, какие ритмы электроэнцефалограммы и какие регионы мозга вовлекаются в механизмы релаксации и причины их индивидуального разнообразия.

Цель. Выяснение связи биофилии и самооценки эмоционального состояния при восприятии природных и урбанистических ландшафтов с организацией биоэлектрической активности головного мозга.

Материалы и методы. В самооценке биофилии и эмоциональной реакции (валентности, возбуждения, амплитуды) после просмотра специально созданных фильмов, представляющих природный или урбанистический ландшафт городской среды, принимали участие 83 студента технического университета в возрасте $20,0 \pm 1,5$ года; с регистрацией 19-канальной электроэнцефалограммы — 37 человек. Психометрические показатели биофилии и самооценки эмоций, вызванных просмотром этих фильмов, сопоставляли с частотно-пространственной организацией активности коры в семи частотных диапазонах.

Результаты. Обнаружена положительная связь биофилии с самооценкой возбуждения, вызванного как природным, так и урбанистическим ландшафтом ($0,41 < R_s < 0,51$ при $0,01 < p < 0,05$ по критерию Спирмена). При этом восприятие природного ландшафта вызывало положительные эмоции, тогда как урбанистического — отрицательные. Положительная связь показателя возбуждения в ситуации просмотра природного ландшафта была представлена в низкочастотных дельта- и тета-диапазонах электроэнцефалограммы в фоновом состоянии и при просмотре фильмов ($0,40 < R_s < 0,72$ при $0,005 < p < 0,05$). Просмотр природного ландшафта характеризовался ассоциацией показателей возбуждения/валентности и альфа-/бета-ритмов, регионарно сгруппированных в лобной и височно-теменной областях коры с доминированием левого полушария, тогда как при просмотре урбанистического ландшафта более выражена активность правого полушария. Связь с психометрической самооценкой биофилии отмечена в фоне на частотах альфа и гамма.

Заключение. Просмотр фильма, содержащего кадры природного ландшафта, вызывает положительное эмоциональное состояние, тогда как городская среда — негативную оценку. Психометрические показатели биофилии и самооценки эмоций отражаются в фоновой «преднастройке» активности мозга с усилением эффекта релаксации после просмотра природного ландшафта и его ослаблением после восприятия урбанистических стимулов. Выявленные на электроэнцефалограмме паттерны коррелятов самооценки эмоционального состояния указывают на относительно большее вовлечение реактивности левого полушария, связанного с восприятием природной среды, а правого — техногенной.

Ключевые слова: биофилия; самооценка эмоций; восприятие; природный и урбанистический ландшафт; активность головного мозга; ритмы электроэнцефалограммы; полушарная асимметрия.

Как цитировать:

Разумникова О.М. Связь биофилии и самооценки эмоционального состояния при восприятии природных и урбанистических ландшафтов с организацией биоэлектрической активности головного мозга // Экология человека. 2024. Т. 31, № 8. С. 575–585. DOI: 10.17816/humeco643220 EDN: IFZNED

Рукопись поступила: 19.12.2024

Рукопись одобрена: 30.01.2025

Опубликована online: 14.02.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643220>

EDN: IFZNED

Association between biophilia, self-perceived emotional state, and brain bioelectrical activity during the perception of natural and urban landscapes

Olga M. Razumnikova

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Numerous studies suggest that exposure to natural environments reduces stress and enhances emotional well-being, often accompanied by decreased cortical activation. In contrast, urban environments produce the opposite effect. However, the specific electroencephalographic (EEG) rhythms and brain regions involved in relaxation mechanisms, as well as the factors contributing to individual differences in these responses, remain unclear.

AIM: To examine the relationship between biophilia, self-reported emotional state, and brain bioelectrical activity during the perception of natural and urban landscapes.

MATERIALS AND METHODS: The study involved 83 university students (mean age 20.0 ± 1.5 years) who assessed their biophilia and emotional response (valence, arousal, and amplitude) after watching custom-made films depicting either natural or urban landscapes. EEG recordings (19-channel) were obtained from 37 participants. Psychometric assessments of biophilia and emotional self-perception were analyzed in relation to EEG frequency-spatial activity across seven spectral bands.

RESULTS: A significant positive correlation was observed between biophilia scores and self-reported arousal in response to both natural and urban landscapes ($0.41 < R_s < 0.51$, $0.01 < p < 0.05$, Spearman's test). Natural landscapes elicited positive emotions, whereas urban environments induced negative emotional responses. A positive correlation of arousal levels during natural landscape perception was observed in low-frequency delta and theta EEG bands, both in the baseline state and during film viewing ($0.40 < R_s < 0.72$, $0.005 < p < 0.05$). The perception of natural landscapes was associated with arousal/valence modulation in alpha and beta rhythms, primarily localized in the frontal and temporoparietal regions, with a left-hemisphere dominance. In contrast, urban landscapes exhibited greater right-hemisphere activation. The correlation with psychometric self-assessment of biophilia was observed in baseline EEG alpha and gamma frequencies.

CONCLUSION: Watching natural landscapes induces positive emotional states, whereas urban environments trigger negative emotional responses. Psychometric biophilia scores and emotional self-assessments are reflected in baseline brain activity patterns, with enhanced relaxation effects following exposure to natural landscapes and attenuated effects after urban stimulus exposure. EEG correlates of emotional self-assessment indicate predominant left-hemisphere engagement in natural landscape perception, whereas urban landscapes are associated with greater right-hemisphere activation.

Keywords: biophilia; self-perceived emotions; perception; natural and urban landscapes; brain activity; EEG rhythms; hemispheric asymmetry.

To cite this article:

Razumnikova OM. Association between biophilia, self-perceived emotional state, and brain bioelectrical activity during the perception of natural and urban landscapes. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):575–585. DOI: 10.17816/humeco643220 EDN: IFZNED

Received: 19.12.2024

Accepted: 30.01.2025

Published online: 14.02.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643220>

EDN: IFZNED

生物亲和性与大脑生物电活动对自然与城市景观感知时的情绪自评之间的关系

Olga M. Razumnikova

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

摘要

论证。众多研究表明，自然环境的感知可降低压力并改善情绪状态，同时伴随大脑皮层激活水平的降低，而城市环境则产生相反的效果。然而，目前尚不清楚哪些脑电图节律及脑区参与放松机制，以及其个体差异的成因。

目的。研究生物亲和性 (biophilia) 与个体在感知自然和城市景观时情绪自评之间的关系，以及大脑生物电活动的组织模式。

材料与方法。研究涉及83名技术大学学生 (平均年龄 20.0 ± 1.5 岁)，他们观看了专门制作的自然或城市景观影片，并对其生物亲和性及情绪反应 (愉悦度、唤醒度、振幅) 进行自评。其中，37名受试者进行了19通道脑电图记录。研究将心理测量学指标 (生物亲和性及观影引发的情绪自评) 与皮层活动在七种频率范围内的频率-空间结构进行比较。

结果。发现生物亲和性与自然及城市景观引发的唤醒度呈正相关 ($0.41 < R_s < 0.51$, $0.01 < p < 0.05$, Spearman相关)。其中，自然景观引发正面情绪，而城市景观则引发负面情绪。观看自然景观时，唤醒度指标在基线状态及观影时均与低频 δ 波和 θ 波频段呈正相关 ($0.40 < R_s < 0.72$, $0.005 < p < 0.05$)。观看自然景观的过程中，唤醒度/愉悦度与 α 波/ β 波节律存在关联，这种区域性分布主要集中在额叶和颞-顶叶皮层，并以左半球占优势，而观看城市景观时，则表现出更强的右半球激活。生物亲和性的心理测量学指标在基线状态下与 α 波和 γ 波的活动相关。

结论。观看自然景观视频可诱发积极的情绪状态，而城市环境则带来负面评价。生物亲和性及情绪自评的心理测量学指标体现在大脑活动的“基础状态”中，并在观看自然景观后增强放松效果，而在接受城市刺激后削弱放松效应。脑电图所揭示的情绪自评神经相关模式表明，自然环境的感知更倾向于激活左半球，而人工环境的感知则更多涉及右半球。

关键词：生物亲和性；情绪自评；感知；自然与城市景观；大脑活动；脑电图节律；半球不对称性。

引用本文：

Razumnikova OM. 生物亲和性与大脑生物电活动对自然与城市景观感知时的情绪自评之间的关系. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):575–585. DOI: 10.17816/humeco643220 EDN: IFZNED

收到: 19.12.2024

接受: 30.01.2025

发布日期: 14.02.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Биопсихосоциальная модель поддержания здоровья отражает представления о том, что психосоциальные переменные являются детерминантами восприимчивости, тяжести и течения болезни, в том числе субъективного принятия роли больного, информированности и эмоционального состояния каждого пациента [1, 2]. В самооценку качества жизни и осознание симптомов нарушения здоровья значительный вклад вносят такие психологические переменные, как эффективность регуляции эмоционального состояния и стрессоустойчивость [3–6]. Показано, что способность регулировать свои негативные эмоции за счёт переключения фокуса внимания и использования адаптивных стратегий переоценки, принятия или решения проблем приводит к улучшению психического и физического здоровья, а использование эффективных стратегий усиления положительных эмоций — к удовлетворённости жизнью и снижению воспринимаемого стресса. Причём улучшение здоровья за счёт переживания положительных эмоций в большей степени проявляется при низкой эффективности регуляции негативных эмоций [6]. Для определения способностей к эмоциональной регуляции используются как психометрические, так и нейрофизиологические подходы, например, показатели эмоционального интеллекта или объёма серого вещества в миндалевидном теле [3, 5].

Усиление положительных эмоций, удовлетворение жизнью и улучшение здоровья, а также снижение стресса и тревожности отмечено при восприятии природной среды [7–11]. Связь с природой рассматривается как психологическая характеристика, которая стимулирует наслаждение от взаимодействия с природой и сопутствует лучшему состоянию здоровья [7]. Она зависит от социально-демографических факторов: более выраженный эффект отмечен у женщин и пожилых людей. Обнаружена положительная связь между самооценкой связи с природой и субъективным счастьем [10]. Метаанализ публикаций, посвящённых влиянию зелёных зон на человека, показал устойчивый эффект снижения депрессивных симптомов, однако относительно сердечно-сосудистого здоровья, астмы или аллергии сделано заключение о неоднозначности полученных результатов [8]. Предлагается в дальнейших исследованиях включать информацию не только о конкретных видах природной среды, но и о личностных особенностях её восприятия, которые могут оказывать влияние на устойчивость доказательств, в том числе при использовании виртуальной природной среды и оценке физиологического и психологического восстановления человека. В качестве таких факторов рассматриваются, например, возраст, пол или самооценка биофилии, которая, в свою очередь, связана с такой личностной чертой как доброжелательность [7, 12–17]. Отмечается, что городская зелень полезна для женщин, она снижает риск инсультов

и сердечно-сосудистых заболеваний, за исключением гипертонии, а мужчин защищает от смертности, связанной с этими заболеваниями [15]. Зелёные насаждения рассматриваются и как ресурс психического здоровья детей [17]. С учётом разнообразия индивидуального восприятия природы для дальнейшего анализа связи эмоций и биофилии предлагается комбинированное изучение показателей положительного и отрицательного воздействия [16].

Для анализа изменений эмоционального состояния при погружении в природную среду, наряду с самооценкой, используют нейрофизиологические методы регистрации активности мозга или реактивности сердечно-сосудистой системы [13, 18–20]. Так, с использованием регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) эффект релаксации согласно росту альфа-ритма отмечен под воздействием природной среды, предъявленной в условиях имитированного ландшафта [21–23]. В отличие от этих данных, изменения активности мозга при снижении самооценки негативных эмоций, вызванные просмотром естественных изображений в сравнении с городскими фотографиями, были выявлены только в дельта-диапазоне [24]. Обнаруженное уменьшение показателя функциональной связности на этой частоте в инсуле и передней цингулярной коре левого полушария рассматривается авторами как отражение деятельности функциональной сети дистресса. Не только эмоциональное состояние, но и тормозные процессы в селекции информации улучшаются при предъявлении природной среды с сопутствующим генерализованным повышением альфа- и тета-ритмов в лобно-теменной коре и снижением мощности бета-колебаний [22, 23].

Таким образом, при общем эффекте ослабления негативных эмоций и уровня возбуждения в коре (arousal), вызванном изображениями природы, мнения отличаются относительно механизмов вариативности изменений эмоционального состояния, что может быть обусловлено содержанием самой среды (сложностью зрительного объекта, эстетическими предпочтениями наблюдателей или выраженностью степени их биофилии).

Цель исследования. Выяснение связи биофилии и самооценки эмоционального состояния при восприятии природных и урбанистических ландшафтов с организацией биоэлектрической активности головного мозга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 83 студента университета, из них 38 юношей в возрасте $21,6 \pm 2,1$ года и 45 девушек в возрасте $20,0 \pm 1,5$ года. Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую этическим комитетом факультета гуманитарного образования Новосибирского государственного технического университета (протокол № 2 от 29.09.2020).

Методики анализа самооценки показателей биофилии и эмоционального состояния

Для определения выраженности биофилии использовали опросник «Идентификация с природой» [25]. Самооценку показателей эмоциональной реакции (валентности, возбуждения, амплитуды) после просмотра специально созданных фильмов, представляющих природный или урбанистический ландшафт, выполняли на основе методики «Self-Assessment Manikin» (SAM) (рис. 1) [26]. Фильмы представляли кадры природного (ЭксП) или техногенного (ЭксТ) содержания, демонстрирующие Новосибирск и его окрестности (примеры приведены на рис. 2).

Опросник «Идентификация с природой» содержит 24 утверждения (например, «Когда мне грустно или я

переживаю стресс, мне помогает побыть некоторое время наедине с природой» и др.), которые следует оценивать по шкале от одного (совершенно не согласен) до пяти (полностью согласен) [25]. Согласно методике SAM, требуется выбрать вариант рисунка, отражающего собственное эмоциональное состояние по шкалам валентности, возбуждения (ароузала) и амплитуды реакции [26].

Регистрация и анализ частотно-пространственной активности мозга

Регистрацию ЭЭГ выполняли с помощью аппаратуры и программного обеспечения «Мицар-201» (Санкт-Петербург, Россия) в 19 отведениях, расположенных согласно системе «10–20», в четырёх экспериментальных ситуациях: фоновая активность при закрытых (ФЗГ)

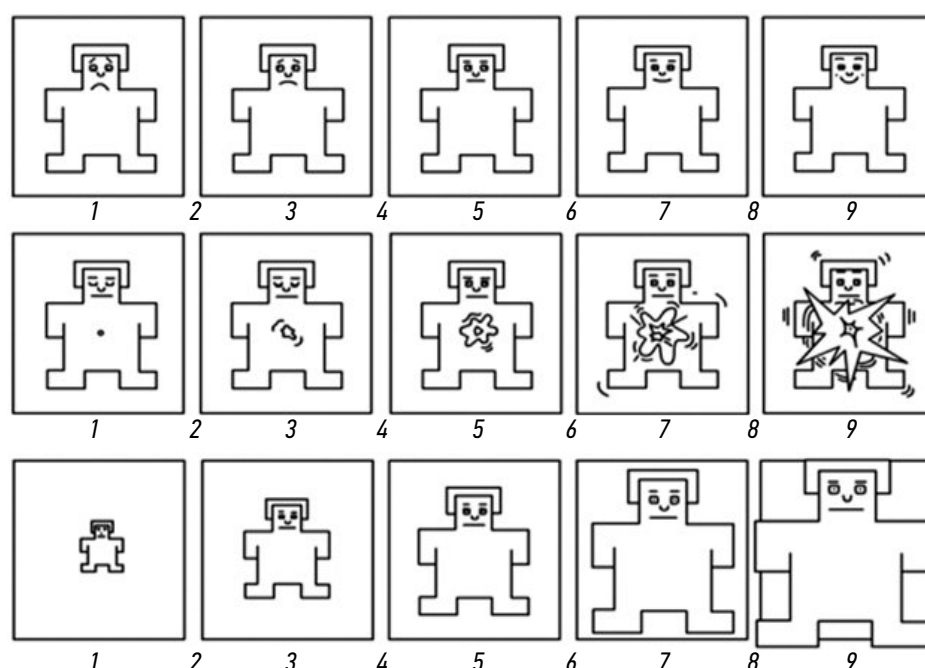
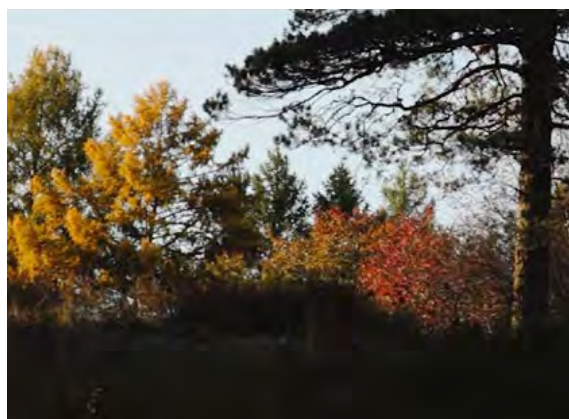


Рис. 1. Шкалы валентности, возбуждения (ароузала) и амплитуды реакции согласно методике «Self-Assessment Manikin».

Fig. 1. Valence, arousal and response amplitude scales according to the Self-Assessment Manikin.



a



b

Рис. 2. Примеры кадров из предъявленных фильмов природного (*a*) и техногенного (*b*) содержания.

Fig. 2. Examples of frames from the presented films of natural (*a*) and man-made (*b*) content.

или открытых глазах (ФОГ) и при просмотре в течение трёх минут фильма с ЭкСП или ЭкСТ.

Исключение артефактов и расчёт показателей мощности на основе быстрого преобразования Фурье выполняли с использованием программного обеспечения «WinEEG 2.134.107» в семи частотных диапазонах: дельта (1–4 Гц), тета (4–7 Гц), альфа-1 (7–10 Гц), альфа-2 (10–13 Гц), бета-1 (13–20 Гц), бета-2 (20–30 Гц) и гамма (30–40 Гц). Длина эпохи составляла 2 с, с перекрытием 50%. Для анализа брали в общей сложности 60 с записи ЭЭГ в каждом экспериментальном состоянии.

Для статистического анализа использовали логарифмированные значения мощности ЭЭГ, вычисленные для каждого испытуемого, каждого отведения и каждого частотного диапазона. В ходе анализа переменных использовали дисперсионный анализ (ANOVA) для сравнения нормализованных показателей ЭЭГ или показателей SAM, соответствующих нормальному распределению в общей выборке. В более ограниченной по численности группе с регистрацией ЭЭГ показатели SAM не соответствовали нормальному распределению, поэтому для их сопоставления применяли корреляционный анализ Спирмена. Статистический анализ выполняли с применением пакета программ Statistica 13.3.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенности показателей биофилии и эмоциональной реактивности при восприятии экологически значимых стимулов

Анализ самооценки эмоциональной реакции при восприятии экологически значимых стимулов выполняли с применением ANOVA с переменными *пол* (2) × *эксперимент* (2) × *SAM* (3). Обнаруженный эффект взаимодействия *эксперимент* × *SAM* ($F_{2,66}=22,37$; $p < 0,0001$) был обусловлен положительной эмоциональной оценкой впечатления согласно показателю валентности после просмотра фильма природного содержания в сравнении с техногенным (соответственно $6,6 \pm 0,9$ и $2,9 \pm 0,6$). Показатели возбуждения и амплитуды реакции значимо не различались и составляли соответственно $3,8 \pm 1,1$ и $4,0 \pm 0,9$.

Корреляционный анализ выявил значимую положительную связь между показателями биофилии с оценкой возбуждения или амплитуды реакции при просмотре ЭкСП — $0,41 < R_s < 0,51$ при $0,01 < p < 0,05$ по критерию Спирмена, а при ЭкСТ соответственно $R_s = 0,46$ и $R_s = -0,47$ при $0,02 < p < 0,03$. Показатели возбуждения в ЭкСП и ЭкСТ коррелировали также положительно ($p < 0,06$).

ЭЭГ-корреляты восприятия природного и урбанистического ландшафта

Анализ изменений ЭЭГ выполняли с переменными *пол* (2) × *эксперимент* (4) × *отведение* (19)

для каждого частотного диапазона с применением поправки Гринхауза–Гейзера. Снижение мощности ЭЭГ в ситуации ФОГ по сравнению с ФЗГ выявлено в диапазоне от дельта-ритма до бета-1 ($3,55 < F < 21,15$ при $0,0001 < p < 0,02$). Согласно *post-hoc*-анализу с поправкой Бонферрони на множественные сравнения значимых регионарных различий при сравнении ФОГ и ФЗГ не обнаружено. Также не было обнаружено значимых различий ЭЭГ при сравнении ситуаций ФОГ, ЭкСП и ЭкСТ.

Корреляционный анализ показателей биофилии и SAM с мощностью ритмов ЭЭГ выполняли для каждого из семи частотных диапазонов. Обнаружены единичные положительные связи показателя биофилии с мощностью альфа-1-ритма, зарегистрированного в Fp1 и Fp2, и гамма-ритма в Fp2, P3, T6, O2 в ситуации ФЗГ ($0,41 < R_s < 0,49$ при $0,02 < p < 0,05$).

Учитывая множественность исследованных переменных, мы приводим далее только те результаты корреляционного анализа показателей SAM и мощности ЭЭГ, которые были регионарно сгруппированы, а не представлены локально в отдельных отведениях. Наиболее многочисленные связи с положительным знаком обнаружены для показателя возбуждения в ситуации ЭкСТ и мощности дельта- и тета-ритмов. В ситуациях ФЗГ и ФОГ они были представлены преимущественно в передней части коры, в ЭкСП распространялись и на заднюю часть при доминировании правого полушария; этот полушарный эффект сохранялся и в ситуации ЭкСТ, однако был более локализован в передних областях коры (рис. 3).

Регионарные особенности связи показателей SAM и мощности альфа-1, -2 и бета-2-ритмов для разных экспериментальных ситуаций приведены в табл. 1. Они свидетельствуют о повышении мощности этих ритмов вместе с усилением как самооценки возбуждения, так и показателя валентности согласно SAM для ситуации ЭкСП, причём во всех случаях отмечается преимущественное вовлечение передних отделов коры. Левополушарное доминирование характерно для связи альфа-1 и показателей самооценки возбуждения и валентности в ЭкСП, а для альфа-2 и бета-2 — дополнительное вовлечение F4 и C4. Обнаруженные корреляции для SAM-показателя возбуждения для ЭкСТ в большей степени охватывают переднефронтальные отведения при относительном доминировании правого полушария, но с вовлечением Fp1, F7, T3 и T5 на разных частотах.

Для бета-1-диапазона обнаружены разнонаправленные в зависимости от валентности эмоциональной реакции корреляции: положительные для ЭкСП и отрицательные для ЭкСТ. Регионарно они представлены преимущественно в центрально-теменных областях (рис. 4).

Таким образом, при отсутствии статистически значимых различий в частотно-пространственной организации биопотенциалов коры при сравнении ЭкСП и ЭкСТ эти состояния по-разному соотносятся с показателями SAM. В низкочастотных дельта- и тета-диапазонах связь

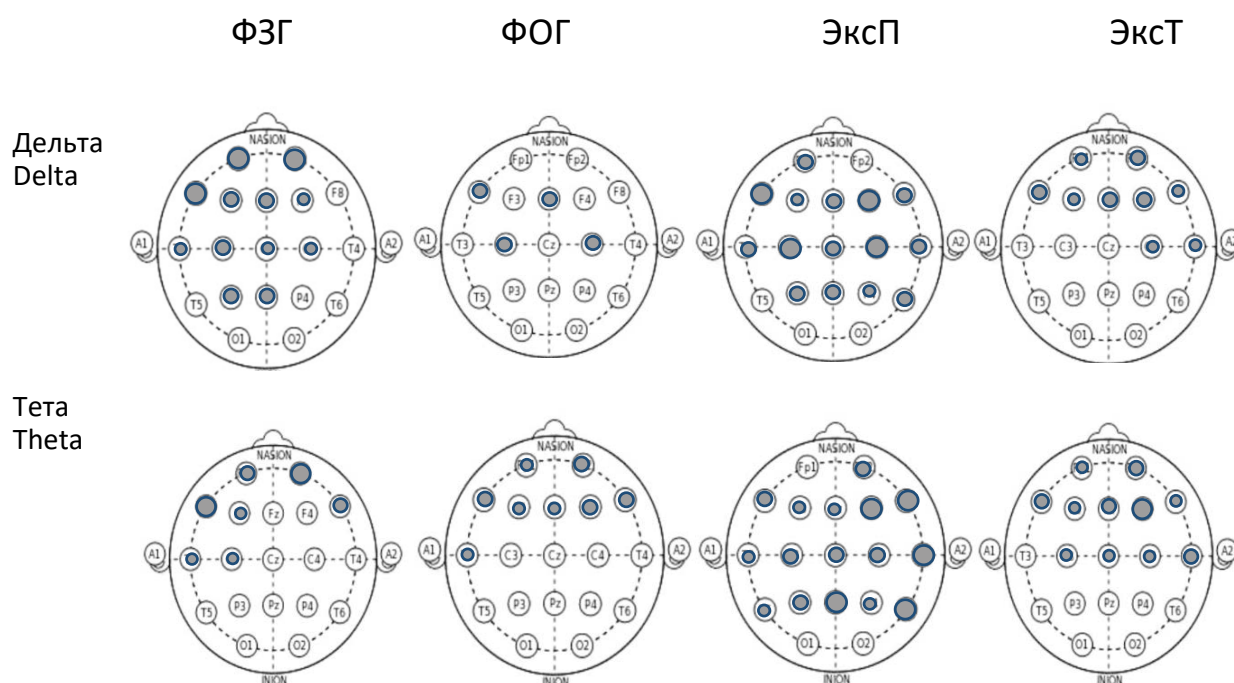


Рис. 3. Регионарные особенности связи самооценки возбуждения в ситуации просмотра техногенного фильма и мощности дельта- и тета-ритмов в ситуациях фон с закрытыми (ФЗГ) или открытыми (ФОГ) глазами и при предъявлении фильмов природного (ЭксП) и техногенного (ЭксТ) содержания: кружками отмечены отведения, для которых выявлены положительные корреляции с мощностью дельта- и тета-ритмов, размер кружков соответствует $0,40 < R_s < 0,72$ при $0,005 < p < 0,05$.

Fig. 3. Regional specificity of the relationship between self-assessment of arousal in the situation of watching a man-made film and the power of delta and theta rhythms in resting with closed (ФЗГ) or open (ФОГ) eyes and when presenting films of natural (ЭксП) and man-made (ЭксТ) content: the circles indicate the sites for which positive correlations with the power of delta and theta rhythms were found; the size of the circles corresponds to $0.40 < R_s < 0.72$ at $0.005 < p < 0.05$.

с показателем возбуждения, отмеченном вследствие просмотра урбанистического ландшафта, охватывает все экспериментальные ситуации, в том числе фоновое состояние. В более высокочастотных диапазонах ЭЭГ регионарно сгруппированные корреляции обнаружены для показателей возбуждения и валентности в ЭксП. Следует отметить, что показатели SAM характеризуются

широко представленными коррелятами с частотно-пространственной организацией активности коры, представленными как в фоновом режиме, так и при восприятии фильмов природного или техногенного содержания, тогда как связь с психометрической самооценкой биофилии отмечена только в фоне на альфа- и гамма-частотах.

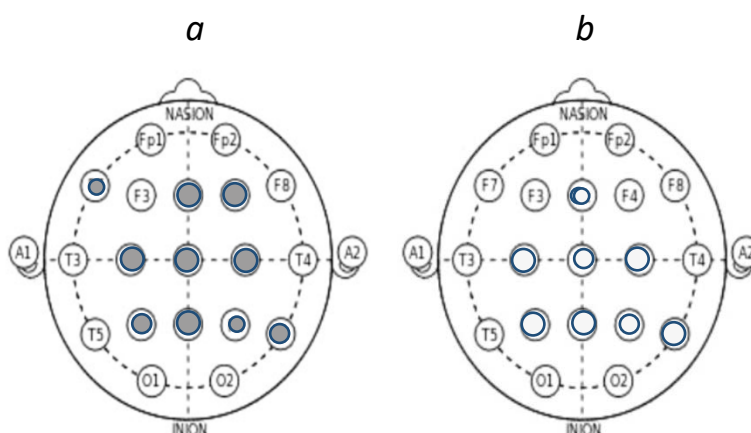


Рис. 4. Регионарные особенности связи мощности бета-1-ритма самооценки валентности в ситуации просмотра природного (а) и техногенного (б) фильма: тёмные кружки — положительные корреляции, светлые — отрицательные, остальные обозначения как на рис. 3.

Fig. 4. Regional specificity of the relations between the beta1 rhythm power and self-assessment of valence in the situation of watching a natural (a) and man-made (b) film: dark circles are positive correlations, light circles are negative, other signs are as in Fig. 3.

Таблица 1. Регионарные особенности связей показателей SAM и мощности альфа-1, -2 и бета-2-ритмов
Table 1. Regional specificity of the relationships between SAM indices and the power of alpha-1, -2 and beta-2 rhythms

Отведение Lead	Альфа-1 Alpha-1	Отведение Lead	Альфа-2 Alpha-2	Отведение Lead	Бета-2 Beta-2
Активация Экст в ситуации Эксп Activating EXT in EXP situation					
Fp2	0,45*	Fp1	0,43*	Fp1	0,53**
F7	0,42*	Fp2	0,43*	Fp2	0,53**
F8	0,45*	T3	0,42*	F4	0,42*
T4	0,65**	T4	0,44*	—	—
T5	0,41*	T6	0,45*	—	—
T6	0,46*	—	—	—	—
Активация Эксп в ситуации Эксп Activating EXP in EXP situation					
F7	0,46*	F7	0,50*	F7	0,48*
F3	0,41*	F3	0,36	Fz	0,49*
P3	0,52**	T3	0,38	F4	0,46*
Pz	0,41*	C3	0,40*	C3	0,40*
		C4	0,50*	C4	0,40*
Валентность Эксп в ситуации Эксп Valence EXP in EXP situation					
C3	0,38	F7	0,42*	F7	0,51**
T5	0,43*	F3	0,51**	Fz	0,65**
P3	0,43*	Fz	0,54**	F4	0,44*
—	—	F4	0,48*	C3	0,71***
—	—	T3	0,54**	C4	0,43*
—	—	C3	0,65**	T5	0,40*
—	—	C4	0,44*	P3	0,46*
—	—	T5	0,48*	Pz	0,43*
—	—	P3	0,53**	P4	0,42*

Примечание. Эксп — природный ландшафт; Экст — техногенный ландшафт; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,005$.
Note. EXP — natural landscape; EXT — technogenic landscape; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,005$.

ОБСУЖДЕНИЕ

Обнаруженный при анализе валентности SAM эффект положительной эмоциональной оценки впечатления после просмотра фильма природного содержания в сравнении с фильмом техногенного содержания соответствует многочисленным выводам, сделанным в разных условиях погружения в природную среду, в том числе предъявленной виртуально [8–11].

Отсутствие различий в самооценке показателей возбуждения между Эксп и Экст при их значимой связи можно рассматривать как свидетельство того, что индивидуальное разнообразие в эмоциональной реактивности выше, чем при сравнении ситуаций Эксп и Экст. В пользу такого объяснения свидетельствуют данные, что ранее

при использовании вербальных определителей реакции в этих же экспериментальных условиях, но без регистрации ЭЭГ, было показано, что для Эксп доминирует определитель «релаксация», а для Экст — «активация» [12]. Вероятно, возбуждение в нервной системе, обусловленное впервые испытанным опытом студентов — регистрацией ЭЭГ, оказалось выше реакции, вызванной ситуацией Эксп или Экст, в отличие от показанных ранее в соответствующих условиях эффектах релаксации или активации [13, 21, 22]. Такое предположение согласуется с широко частотно и регионарно представленной активацией коры головного мозга для ФОГ при сравнении с ФЗГ при отсутствии статистически значимого эффекта сравнения мощности ЭЭГ в ситуациях ФОГ, Эксп и Экст.

При этом обнаруженные разные паттерны корреляций показателей SAM и ЭЭГ свидетельствуют о реорганизации активности мозга в экспериментальных ситуациях ЭкСП или ЭкСТ. Следует отметить наиболее широко представленные в низкочастотных дельта- и тета-диапазонах связи самооценки возбуждения в ЭкСТ не только для этого состояния, но и для всех других: ФЗГ, ФОГ (минимально регионарно выраженные относительно других экспериментальных условий), ЭкСП и ЭкСТ (см. рис. 3). Эти корреляции устойчиво представлены для отведений лобной коры и характеризуют её «преднастройку» в фоне с дальнейшим расширением на задние регионы в ЭкСП.

Отмеченная положительная связь самооценки возбуждения в ЭкСТ и ЭкСП указывает, что этот показатель скорее отражает присущую личности активационную реактивность, независимо от предъявленных стимулов, отношение к которым дифференцировалось только полярной эмоциональной оценкой. Однако регионарно широко представленная положительная связь самооценки возбуждения в ЭкСТ и мощности низкочастотных дельта и тета в ЭкСП при более локальном её представительстве в лобной части коры в ЭкСТ (см. рис. 3) может опосредованно отражать эффект релаксации при восприятии природной среды и относительное нарастание активации в её задней части при восприятии техногенной среды.

Систематическое вовлечение функциональных нейронных систем лобной коры на разных частотах как коррелятов эмоциональной самооценки впечатления на предъявленные стимулы согласуется с результатами многочисленных исследований о роли этого региона мозга в эмоциональной регуляции селекции информации и в индивидуальных особенностях переоценки её эмоционального значения [27, 28]. Причём отмеченная связь SAM и мощности альфа-1, альфа-2-ритмов соответствует закономерностям изменений полушарной асимметрии, обусловленных валентностью вызванных эмоций: доминирования активации левополушарных префронтальных областей коры для эмоций позитивной валентности, а правополушарных — негативной валентности [27, 29, 30]. Согласно полученным данным, наиболее устойчивым центром левополушарной эмоциональной регуляции можно считать отведение F7, а правополушарной — Fp2 (см. табл. 1).

Обращает на себя внимание смещение корреляций SAM и ЭЭГ в задние области коры при повышении частоты анализируемых ритмов (см. табл. 1, рис. 4). Этот эффект можно рассматривать как отражение эмоционального отношения к зрительно обрабатываемой информации, причём в бета-1-диапазоне полярная эмоциональная оценка ЭкСП и ЭкСТ оказалась наиболее выражена. Имеются данные, что функциональная активность бета-ритма, представленная в лобной и теменной коре, связана с аффективной interoцепцией и обращением к памяти при обработке информации [31]. Следовательно,

отмеченное повышение мощности бета-1-ритма вместе с самооценкой позитивного отношения к ЭкСП согласно показателю валентности SAM можно интерпретировать как усиление внимания в обработке стимулов природной среды с противоположным эффектом впечатления в ситуации ЭкСТ.

В целом обнаруженная специфика ЭЭГ-коррелятов самооценки эмоционального впечатления в экспериментальных условиях восприятия ЭкСП или ЭкСТ согласуется с моделью динамического взаимодействия между исполнительной нейронной сетью, сетью значимости и сетью режима по умолчанию, которые обеспечивают динамические процессы эмоциональной регуляции и гибкий исполнительный контроль поведения с вовлечением взаимодействующих нейронных колебаний в разных частотных диапазонах [32]. Причём именно высокочастотная функциональная связность префронтальных и задних отделов коры рассматривается как показатель переоценки эмоций, независимо от эмоционального содержания информации или регуляторных усилий её обработки [33].

И частотно, и регионарно менее выраженные ЭЭГ-корреляты показателя биофилии, вероятно, являются следствием применения в опроснике формулировок, отражающих достаточно общее отношение к природе, без явного негативного к ней отношения. Несмотря на это, обнаруженные корреляции свидетельствовали о повышении значений биофилии вместе с мощностью альфа-1 и гамма-ритмов в ситуации ФЗГ, что можно рассматривать как «преднастройку» активности мозга к соответствующим этим ритмам эффектам релаксации и реализации ресурсов зрительного внимания при восприятии природных ландшафтов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Просмотр фильма, содержащего кадры природного ландшафта, вызывает смещение эмоционального состояния при самооценке в положительную сторону по сравнению с впечатлением от фильма урбанистического содержания. Положительная связь показателей возбуждения и валентности с частотно-пространственной организацией активности мозга на высоких (альфа-2 и бета-1, -2) частотах ЭЭГ может указывать на усиление концентрации внимания при восприятии элементов природной среды. Усиление биофилии вместе с самооценкой возбуждения при просмотре техногенных стимулов, которое изменяется однонаправленно и при восприятии природного ландшафта, свидетельствует о генерализованном эффекте релаксации с «преднастройкой» активности мозга в фоновом состоянии, его усилением после просмотра природного ландшафта и ослаблением этого эффекта в задних отделах коры после восприятия урбанистических стимулов. Выявленные паттерны ЭЭГ-коррелятов самооценки эмоционального состояния указывают на относительно

большее вовлечение реактивности левого полушария, связанного с восприятием природной среды, а правого — техногенной среды.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (автор внёс существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочитал и одобрил финальную версию перед публикацией).

Благодарности. Автор выражает признательность студентке А. Юшковой, принимавшей участие в регистрации данных и их обработке.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено этическим комитетом факультета гуманитарного образования Новосибирского государственного технического университета (протокол № 2 от 29.09.2020).

Источник финансирования. Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Раскрытие интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. The author confirms that this authorship meets the international ICMJE criteria.

Acknowledgments. The author expresses his gratitude to student A. Yushkova, who took part in data registration and processing.

Ethics approval. The study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Humanities of Novosibirsk State Technical University (Protocol No. 2 from 29.09.2020).

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure of interests. The author declares that the has no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Borrell-Carrió F, Suchman AL, Epstein RM. The biopsychosocial model 25 years later: principles, practice, and scientific inquiry. *Ann Fam Med*. 2004;2(6):576–582. doi: 10.1370/afm.245
- Engel GL. The clinical application of the biopsychosocial model. *Am J Psychiatry*. 1980;137(5):535–544. doi: 10.1176/ajp.137.5.535
- Extremera N, Sánchez-Álvarez N, Rey L. Pathways between ability emotional intelligence and subjective well-being: bridging links through cognitive emotion regulation strategies. *Sustainability*. 2020;12(5):2111. doi: 10.3390/su12052111
- Menefee DS, Ledoux T, Johnston CA. The importance of emotional regulation in mental health. *Am J Lifestyle Med*. 2022;16(1):28–31. doi: 10.1177/15598276211049771
- Song Y, Lu H, Hu S, et al. Regulating emotion to improve physical health through the amygdala. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2015;10(4):523–530. doi: 10.1093/scan/nsu083
- Tsujimoto M, Saito T, Matsuzaki Y, et al. Role of positive and negative emotion regulation in well-being and health: the interplay between positive and negative emotion regulation abilities is linked to mental and physical health. *J Happiness Stud*. 2024;25:25. doi: 10.1007/s10902-024-00714-1
- Dean JH, Shanahan DF, Bush R, et al. Is Nature relatedness associated with better mental and physical health? *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(7):1371. doi: 10.3390/ijerph15071371
- Fong KC, Hart JE, James P. A review of epidemiologic studies on greenness and health: updated literature through 2017. *Curr Environ Health Rep*. 2018;5(1):77–87. doi: 10.1007/s40572-018-0179-y
- Freymueller J, Schmid HL, Senkler B, et al. Current methodologies of greenspace exposure and mental health research—a scoping review. *Front Public Health*. 2024;12:1360134. doi: 10.3389/fpubh.2024.1360134
- Ghosh V, Alee R. Nature heals: the relationship of nature-connectedness with subjective happiness and resilience. *International Journal of Indian Psychology*. 2023;11(2):334–344. doi: 10.25215/1102.034
- Koivisto M., Grassini S. Mental imagery of nature induces positive psychological effects. *Curr Psychol*. 2023;42(1):30348–30363. doi: 10.1007/s12144-022-04088-6
- Razumnikova OM, Varnavskiy IN. Differences in emotional relations to viewing films with natural and urban content in older and younger adults. *Valeologiya*. 2017;(4):55–62. doi: 10.18522/2218-2268-2017-4-55-61 EDN: YPQFNO
- Davidov A, Razumnikova O, Bakaev M. Nature in the heart and mind of the beholder: psycho-emotional and eeg differences in perception of virtual nature due to gender. *Vision (Basel)*. 2023;7(2):30. doi: 10.3390/vision7020030
- Di Fabio A, Rosen MA. Accounting for individual differences in connectedness to nature: Personality and gender differences. *Sustainability*. 2019;11(6):1693. doi: 10.3390/su11061693
- Fernández Núñez MB, Campos Suzman L, Maneja R, et al. The differences by sex and gender in the relationship between urban greenness and cardiometabolic health: a systematic review. *J Urban Health*. 2022;99(6):1054–1067. doi: 10.1007/s11524-022-00685-9
- Gaekwad JS, Sal Moslehian A, Roös PB, Walker A. A meta-analysis of emotional evidence for the biophilia hypothesis and implications for biophilic design. *Front Psychol*. 2022;13:750245. doi: 10.3389/fpsyg.2022.750245
- Hazlehurst MF, Hajat A, Tandon PS, et al. Associations of residential green space with internalizing and externalizing behavior in early childhood. *Environ Health*. 2024;23(1):17. doi: 10.1186/s12940-024-01051-9
- Imperatori C, Massullo C, De Rossi E, et al. Exposure to nature is associated with decreased functional connectivity within the distress network: A resting state EEG study. *Front Psychol*. 2023;14:1171215. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1171215
- Mavros P, J Wälti M, Nazemi M, et al. A mobile EEG study on the psychophysiological effects of walking and crowding in indoor and outdoor urban environments. *Sci Rep*. 2022;12(1):18476. doi: 10.1038/s41598-022-20649-y
- Naghibi M, Farrokhi A, Faizi M. Small urban green spaces: insights into perception, preference, and psychological well-being in a

- densely populated areas of Tehran, Iran. *Environ Health Insights*. 2024;18:11786302241248314. doi: 10.1177/11786302241248314
21. Chang CY, Hammitt WE, Chen PK, et al. Psychophysiological responses and restorative values of natural environments in Taiwan. *Landsc Urban Plan*. 2008;85(2):79–84. doi: 10.1016/j.landurbplan.2007.09.010
 22. Grassini S, Segurini GV, Koivisto M. Watching nature videos promotes physiological restoration: evidence from the modulation of alpha waves in electroencephalography. *Front Psychol*. 2022;13:871143. doi: 10.3389/fpsyg.2022.871143
 23. Sahni P, Kumar J. Effect of nature experience on fronto-parietal correlates of neurocognitive processes involved in directed attention: an ERP study. *Ann Neurosci*. 2020;27(3–4):136–147. doi: 10.1177/0972753121990143
 24. Imperatori C, Massullo C, De Rossi E, et al. Exposure to nature is associated with decreased functional connectivity within the distress network: a resting state EEG study. *Front Psychol*. 2023;14:1171215. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1171215
 25. Clayton S, Irkhin BD, Nartova-Bochaver SK. Environmental identity in Russia: validation and relationship to the concern for people and plants. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*. 2019;16(1):85–107. doi: 10.17323/1813-8918-2019-1-85-107
 26. Bradley MM, Lang PJ. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *J Behav Ther Exp Psychiatry*. 1994;25(1):49–59. doi: 10.1016/0005-7916(94)90063-9
 27. Lacey MF, Gable PA. Frontal asymmetry as a neural correlate of motivational conflict. *Symmetry*. 2022;14(3):507. doi: 10.3390/sym14030507
 28. Palmiero M, Piccardi L. Frontal EEG asymmetry of mood: a mini-review. *Front Behav Neurosci*. 2017;11:224. doi: 10.3389/fnbeh.2017.00224
 29. Coan JA, Allen JJB. The state and trait nature of frontal EEG asymmetry in emotion. In: *The asymmetrical brain Boston Review*. The MIT Press; 2002. P. 565–615. doi: 10.7551/mitpress/1463.003.0023
 30. Ito M., Takahashi T., Kurihara Y., Osu R. The effect of evaluating self's emotions on frontal alpha asymmetry. *bioRxiv*. 2023. Ar. 535188. doi: 10.1101/2023.04.02.535188
 31. Mishra S, Srinivasan N, Tiwary US. Dynamic functional connectivity of emotion processing in beta band with naturalistic emotion stimuli. *Brain Sci*. 2022;12(8):1106. doi: 10.3390/brainsci12081106
 32. Geng H, Xu P, Aleman A, et al. Dynamic organization of large-scale functional brain networks supports interactions between emotion and executive control. *Neurosci Bull*. 2024;40(7):981–991. doi: 10.1007/s12264-023-01168-w
 33. Hao Y, Yao L, Evans GW. Neural responses during emotion transitions and emotion regulation. *Front Psychol*. 2021;12:666284. doi: 10.3389/fpsyg.2021.666284

ОБ АВТОРАХ

* **Разумникова Ольга Михайловна**, д-р биол. наук, доцент;
адрес: Россия, 630073, Новосибирск, пр-кт Карла Маркса, д. 20;
ORCID: 0000-0002-7831-9404;
eLibrary SPIN: 6016-6988;
e-mail: razom@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Olga M. Razumnikova**, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor;
address: 20 Karl Marks ave, Novosibirsk, Russia, 630073;
ORCID: 0000-0002-7831-9404;
eLibrary SPIN: 6016-6988;
e-mail: razoum@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643086>

EDN: WWJTUK

Элементный статус и социальная напряжённость населения отдельных территорий России

А.Б. Мулик¹, Н.О. Назаров², И.В. Улесикова¹, М.А. Кунавин³, А.Г. Соловьёв⁴, Ю.А. Шатыр¹¹ Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия;² Центр внедрения изменений Министерства здравоохранения Московской области, Красногорск, Россия;³ Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия;⁴ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В зависимости от концентрации различных макро- и микроэлементов в почве, воздухе, воде и пище формируется элементный статус населения конкретной местности. Имеющиеся в настоящее время данные российских и зарубежных исследований свидетельствуют о возможности влияния содержащихся в природной среде биологически значимых микро- и макроэлементов на психоэмоциональное состояние и риск развития девиантных форм поведения у человека. В то же время отсутствует информация о системных связях элементного статуса жителей отдельных территорий с выраженностью показателей социальной и криминальной напряжённости социума.

Цель. Поисковое исследование роли биологически значимых микро- и макроэлементов в формировании социальной и криминальной напряжённости у населения локальных территорий Российской Федерации.

Материалы и методы. Теоретические исследования базировались на анализе данных Федеральной службы государственной статистики и картографического материала Национального атласа России. Полевой этап работы выполняли в 14 модельных регионах с участием 700 представителей коренного населения исследуемых территорий. Элементный статус участников исследования определяли по содержанию биологически значимых химических элементов (Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn) в пробах волос. На третьем, аналитическом, этапе работы выполнили статистический анализ взаимосвязей показателей социальной и криминальной напряжённости социума, элементного статуса представителей модельных территорий, а также сравнительный анализ содержания в организме биологически значимых химических элементов между жителями регионов, характеризующихся минимальными и максимальными проявлениями отклоняющегося поведения. Полученные результаты обработали с использованием статистических методов (расчёт коэффициента корреляции Спирмена, оценка межгрупповых различий методом Вилкоксона–Манна–Уитни, расчёт медианы (Me), первого и третьего квартилей [Q1; Q3]).

Результаты. Выделен ряд социальных девиаций, системно проявляемых в модельных регионах России: убийства, самоубийства, алкоголизация, табакокурение, добровольные аборты. Определена совокупность химических элементов, содержание которых в организме человека статистически значимо связано с выраженностью каждой из этих девиаций. Выполнен сравнительный анализ содержания биологически значимых химических элементов у представителей коренного населения регионов, характеризующихся минимальной и максимальной выраженностью отклоняющегося поведения. Конкретизированы границы потенциальной критичности содержания химических элементов для населения локальных территорий Российской Федерации по каждому анализируемому показателю социальной и криминальной напряжённости.

Заключение. Полученные результаты конкретизируют потенциально значимые факторы биогеохимической обусловленности рисков формирования основных векторов социальной и криминальной напряжённости в группах населения, объединённых территорией проживания в границах Российской Федерации.

Ключевые слова: элементный статус; социальная напряжённость; криминальная напряжённость; убийства; самоубийства; алкоголизация; табакокурение; добровольные аборты.

Как цитировать:

Мулик А.Б., Назаров Н.О., Улесикова И.В., Кунавин М.А., Соловьёв А.Г., Шатыр Ю.А. Элементный статус и социальная напряжённость населения отдельных территорий России // Экология человека. 2024. Т. 31, № 8. С. 586–597. DOI: 10.17816/humeco643086 EDN: WWJTUK

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643086>

EDN: WWJTUK

Elemental status and social tension in selected regions of Russia

Alexander B. Mulik¹, Nikita O. Nazarov², Irina V. Ulesikova¹, Mikhail A. Kunavin³,
Andrey G. Soloviev⁴, Yulia A. Shatyr¹

¹ Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia;

² Change Implementation Center of the Ministry of Health of the Moscow Region, Krasnogorsk, Russia;

³ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia;

⁴ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The elemental status of a population in a specific geographic area is shaped by the concentration of various macro- and microelements in soil, air, water, and food. Existing Russian and international studies suggest that biologically significant elements in the environment may influence psycho-emotional states and contribute to the risk of deviant behavior. However, there is no available information on the systemic relationships between the elemental status of regional populations and the severity of social and criminal tension indicators in society.

AIM: This exploratory study investigates the role of biologically significant macro- and microelements in shaping social and criminal tension among the populations of specific regions in the Russian Federation.

MATERIALS AND METHODS: Theoretical research was based on the analysis of data from the Federal State Statistics Service and cartographic materials from the National Atlas of Russia. The field stage of the study was conducted in 14 model regions and involved 700 representatives of the local population of the studied territories. Elemental status was assessed through hair sample analysis for biologically significant elements (Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn). At the third (analytical) stage of the study, statistical analysis was conducted to assess the relationships between social and criminal tension indicators and the elemental status of residents in the model regions. Additionally, a comparative analysis was performed to evaluate the concentrations of biologically significant chemical elements in individuals from regions characterized by the lowest and highest levels of deviant behavior. The obtained results were processed using statistical methods, including Spearman's correlation coefficient, the Wilcoxon–Mann–Whitney test, and the calculation of the median (Me) and quartiles (Q1; Q3).

RESULTS: A range of deviant social behaviors was systematically observed in the model regions, including homicide, suicide, alcohol abuse, smoking, and induced abortion. Statistically significant associations were found between these deviant behaviors and the concentrations of specific biologically significant elements in the human body. A comparative analysis of elemental status was conducted for local population of regions with the highest and lowest levels of deviant behavior. Refined critical thresholds of chemical element concentrations were identified for local populations in various regions of the Russian Federation, corresponding to different levels of social and criminal tension.

CONCLUSION: The findings specify the potentially significant biogeochemical factors influencing the risks of forming key vectors of social and criminal tension in population groups unified by their geographic location within the Russian Federation.

Keywords: elemental status; social tension; criminal tension; homicide; suicide; alcohol abuse; smoking; induced abortion.

To cite this article:

Mulik AB, Nazarov NO, Ulesikova IV, Kunavin MA, Soloviev AG, Shatyr YuA. Elemental status and social tension in selected regions of Russia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):586–597. DOI: 10.17816/humeco643086 EDN: WWJTUK

Received: 16.12.2024

Accepted: 30.01.2025

Published online: 14.02.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643086>

EDN: WWJTUK

俄罗斯部分地区居民的元素状态与社会紧张度

Alexander B. Mulik¹, Nikita O. Nazarov², Irina V. Ulesikova¹, Mikhail A. Kunavin³,
Andrey G. Soloviev⁴, Yulia A. Shatyr¹

¹ Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia;

² Change Implementation Center of the Ministry of Health of the Moscow Region, Krasnogorsk, Russia;

³ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia;

⁴ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

摘要

论证。由于土壤、空气、水和食物中不同宏量和微量元素的浓度不同，不同地区居民的元素状态也有所不同。现有的俄罗斯及国际研究表明，自然环境中生物学上重要的宏量和微量元素可能影响人的心理情绪状态，并增加偏差行为的发生风险。然而，目前尚缺乏关于特定地区居民的元素状态与社会及犯罪紧张度指标之间系统性关系的信息。

目的。探讨生物学上重要的宏量和微量元素在塑造俄罗斯联邦部分地区居民社会及犯罪紧张度中的潜在作用。

材料与方法。本研究的理论部分基于对Federal State Statistics Service数据及National Atlas of Russia地理信息的分析。现场研究覆盖14个代表性地区，涉及700名研究区域的土著居民。受试者的元素状态通过检测头发样本中生物学上重要的化学元素（Al、As、B、Be、Ca、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、Hg、I、K、Li、Mg、Mn、Na、Ni、P、Pb、Se、Si、Sn、V、Zn）含量进行评估。研究的第三阶段，进行了社会及犯罪紧张度指标与受试者元素状态之间的统计学相关性分析，并对社会偏差行为最严重和最轻微地区的居民体内生物学上重要元素含量进行了比较分析。数据处理采用统计方法，包括Spearman 相关系数计算、Wilcoxon-Mann-Whitney 检验的组间差异分析、中位数（Me）及第一、第三四分位数（Q1; Q3）的计算。

结果。研究确定了俄罗斯部分地区系统性表现出的社会偏差行为类型，包括谋杀、自杀、酗酒、吸烟和自愿流产。进一步确定了一系列化学元素，其在人体中的含量与这些偏差行为的严重程度存在统计学显著关联。此外，还对比分析了社会偏差行为最严重和最轻微地区土著居民体内生物学上重要化学元素的含量。对俄罗斯局部地区人口社会及犯罪紧张度相关的化学元素临界范围进行了具体界定。

结论。本研究揭示了生物地球化学因素在塑造俄罗斯联邦部分地区社会及犯罪紧张度中的潜在作用，并明确了这些因素可能影响主要社会偏差行为风险的关键机制。

关键词：元素状态；社会紧张度；犯罪紧张度；谋杀；自杀；酗酒；吸烟；自愿流产。

引用本文：

Mulik AB, Nazarov NO, Ulesikova IV, Kunavin MA, Soloviev AG, Shatyr YuA. 俄罗斯部分地区居民的元素状态与社会紧张度. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):586–597. DOI: 10.17816/humeco643086 EDN: WWJTUK

收到: 16.12.2024

接受: 30.01.2025

发布日期: 14.02.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Функционирование социума базируется на устойчивых отношениях между людьми, соблюдающими единые нормы социального поведения, как правило, наиболее желательные для абсолютного большинства его представителей. Формирование социума как общности людей, имеющих единые взгляды, морально-нравственные ценности, традиции и культуру, происходит в определённых условиях окружающей среды. Любое социальное поведение обусловлено индивидуальными потребностями членов общества, механизмы реализации которых зависят от психологических и психофизиологических особенностей человека. Данные взаимозависимости, проявляемые в условиях устойчивых сочетаний факторов природной среды, типичных для территории проживания конкретной общности людей, обуславливаются в том числе её биогеохимическими характеристиками. В зависимости от концентрации различных макро- и микроэлементов в почве, воде и воздухе формируется элементный статус населения конкретной местности.

Современные представления о роли геохимического статуса территории в создании предпосылок развития различных векторов социального поведения у её населения базируются на теории А.П. Виноградова, обосновавшего понятие «биогеохимическая провинция» [1]. Позже В.В. Ковальский произвёл картирование биогеохимических районов, учитывающее ландшафтные, геологические и геохимические особенности отдельных территорий, связанные с популяционными особенностями приспособительных реакций [2]. В дальнейшем были соотнесены экологические, демографические и эпидемиологические характеристики регионов Российской Федерации с элементным статусом их коренного населения [3].

В ряде отечественных и зарубежных исследований охарактеризована роль биологически значимых химических элементов в формировании психологического статуса, влияющего, в свою очередь, на социальное поведение человека. Определено, что дефицит цинка, хрома, селена, железа, кобальта и йода способствует развитию депрессивности [4]. Формированию тревожности и депрессивных состояний также способствует дефицит магния [5]. Недостаток селена, ванадия, лития и кальция ассоциирован с повышенным уровнем суицидальных идей у человека [6]. Предполагается, что дефицит лития обуславливает формирование импульсивности [7]. В поисковом исследовании на выборке молодых мужчин определена связь агрессивности с пониженным содержанием в организме магния, калия, меди и повышенным содержанием натрия, фосфора [8]. Ранее выполненное собственное исследование выявило связи содержания ряда биологически значимых элементов (Al, As, B, Be, Ca, Cd, Cu, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn) с различными психологическими и поведенческими показателями девиантности (агрессивность, авантюризм, депрессивность,

суицидальность, аддиктивность, социальная деструктивность) у мужчин и женщин [9].

Имеющиеся данные свидетельствуют о возможности влияния естественно содержащихся в природной среде биологически значимых микро- и макроэлементов на психоэмоциональное состояние и риск развития девиантных форм поведения у человека. Однако отсутствует информация о системных связях элементного статуса жителей отдельных территорий с выраженностью показателей социальной и криминальной напряжённости социума.

Цель исследования. Поисковое исследование роли биологически значимых микро- и макроэлементов в формировании социальной и криминальной напряжённости у населения локальных территорий Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Первый, теоретический, этап работы заключался в выявлении модельных регионов Российской Федерации, характеризующихся типичными комбинациями геохимических факторов среды, потенциально значимых для жизнедеятельности человека, и определении ключевых показателей социальной и криминальной напряжённости в российском обществе. Используя картографический материал Национального атласа России [10] и атласа элементного статуса населения России [3], выделили 14 регионов (Республика Крым, Республика Калмыкия, Ставропольский край, Волгоградская область, Саратовская область, Воронежская область, Самарская область, Приморский край, Республика Алтай, Челябинская область, Вологодская область, Ленинградская область, Республика Карелия, Архангельская область), наиболее полно наделённых основными сочетаниями биологически значимых микро- и макроэлементов в окружающей среде. По официальным данным Федеральной службы государственной статистики определили перечень основных показателей социальной и криминальной напряжённости, характерных для российского общества: уровень преступности на 1000 населения; уровень убийств на 100 000 населения; уровень самоубийств на 100 000 населения; количество добровольных аборт на 100 родов; инфицированность ВИЧ на 100 000 населения; коэффициент разводимости; индекс алкоголизации; уровень табакокурения (% населения).

Второй, полевой, этап работы предусматривал формирование выборочной совокупности участников исследования — представителей коренного населения выделенных модельных регионов и определение у них содержания биологически значимых химических элементов (Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn) в пробах волос. В каждом модельном регионе для исследования из числа студенческой молодежи отобрали по 25 мужчин и 25 женщин 18–26 лет, всего 700 человек. Отбирались лица, родившиеся на территориях

Таблица 1. Характеристика показателей социальной и криминальной напряжённости модельных регионов Российской Федерации
Table 1. Characteristics of indicators of social and criminal tension in the model regions of the Russian Federation

Регион Region	Показатель Indicator							
	П P	У M	С S	АД AD	ИБ HIV	КР DR	ИА IA	УТ SR
Республика Крым Republic of Crimea	12,5	5	16,5	33	51,5	3,8	31	22,0
Ставропольский край Stavropol Territory	12,3	4,7	8,2	34	28,4	3,7	23	25,6
Республика Калмыкия Republic of Kalmykia	10,6	4,0	21,3	18	8,4	3,4	32	21,7
Воронежская область Voronezh Region	14,7	2,7	11,1	28	35,3	4,1	33	23,8
Челябинская область Chelyabinsk region	18,4	6,5	15,4	51	102,6	4,6	38	26,6
Волгоградская область Volgograd region	15,2	1,9	3,9	40	49,1	3,7	26	23,3
Саратовская область Saratov region	10,0	5,6	12,3	46	46,7	3,9	34	24,8
Самарская область Samara region	13,8	2,6	2,8	38	99,2	4,0	30	22,7
Республика Карелия Republic of Karelia	21,5	5,7	14,6	49	52,9	3,9	40	29,3
Архангельская область Arkhangelsk region	17,8	7,9	26,1	61	32,1	4,0	42	29,5
Ленинградская область Leningrad Region	9,8	4,4	15,2	43	45,5	3,4	39	29,5
Вологодская область Vologda region	15,5	4,1	16,9	59	39,0	3,7	41	25,5
Приморский край Primorsky Krai	20,4	10,8	15,6	43	59,1	4,5	48	28,5
Республика Алтай Altai Republic	22,3	11,9	35,6	49	47,2	4,7	37	31,5

Примечание. П — преступность на 1000 населения; У — убийств на 100 000 населения; С — самоубийств на 100 000 населения; АД — аборты добровольные на 100 родов; ИБ — инфицированность ВИЧ на 100 000 населения; КР — коэффициент разводимости; ИА — индекс алкоголизации; УТ — уровень табакокурения (% населения).
Note. P — crime per 1,000 population; M — murders per 100,000 population; S — suicides per 100,000 population; AD — voluntary abortions per 100 births; HIV — HIV infection per 100,000 population; DR — divorce rate; IA — alcoholism index; SR — smoking rate (% of the population).

модельных регионов, не имеющие хронических заболеваний, не подвергавшиеся чрезвычайным химическим, физическим и биологическим воздействиям, имеющие постоянное место жительства, полноценно питающиеся, не курящие, ведущие здоровый образ жизни, регулярно проходящие медицинские осмотры. Все исследования выполняли в соответствии с принципами Всеобщей декларации о биоэтике и правах человека в части статей 4 (благо и вред), 5 (самостоятельность и индивидуальная ответственность), 6 (согласие) и 9 (неприкосновенность частной жизни и конфиденциальность)¹. Исследование одобрено этическим комитетом Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург), протокол № 295 от 22.10.2024. Химический анализ биологического материала проводили в АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Для этого применяли стандартные методы атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой.

На третьем, аналитическом, этапе работы анализировали взаимосвязи показателей социальной и криминальной напряжённости социума, элементный статус

представителей модельных территорий, а также сравнивали содержание в организме биологически значимых химических элементов у жителей регионов, характеризующихся минимальными и максимальными проявлениями отклоняющегося поведения. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к проведению экологических исследований, статистический анализ выраженности и направленности связи исследуемых показателей выполняли путём расчёта коэффициента корреляции Спирмена. Сравнительную оценку различий содержания химических элементов в организме жителей исследуемых регионов выполняли методом Вилкоксона–Манна–Уитни с расчётом медианы (Me), первого и третьего квартилей [Q1; Q3]. Формирование базы данных первичной информации и статистическую обработку результатов исследования выполняли в программах MS Excel 2007 v. 12.0.6611.1000 (Microsoft), Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика основных показателей социальной и криминальной напряжённости выделенных модельных регионов России представлена в табл. 1. Предпринятый анализ взаимосвязей исследуемых показателей социальной и криминальной напряжённости в модельных

¹ Всеобщая декларация о биоэтике и правах человека. Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/bioethics_and_hr.shtml Дата обращения: 25.10.2024.

регионах России позволил выделить 5 основных векторов отклоняющегося поведения (убийства, самоубийства, алкоголизация, табакокурение, добровольные аборты),

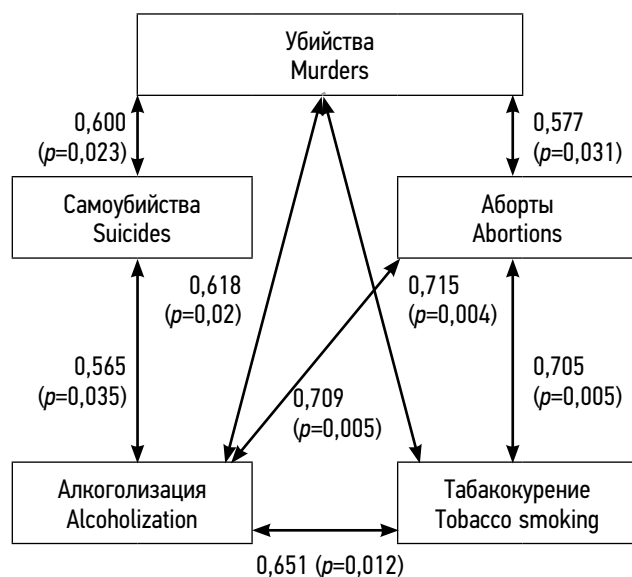


Рис. 1. Корреляционные связи показателей социальной и криминальной напряжённости населения модельных регионов России.

Fig. 1. Correlations of indicators of social and criminal tension of the population of the model regions of Russia.

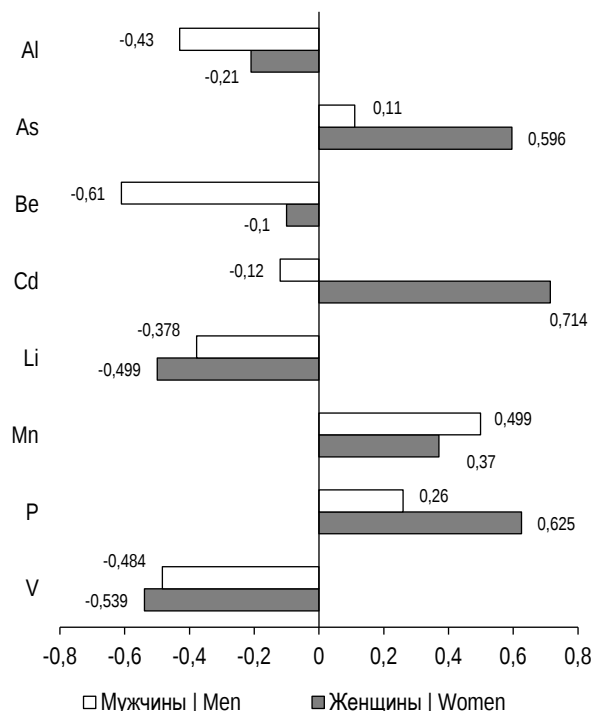


Рис. 2. Корреляционные связи уровня убийств с содержанием химических элементов в организме мужчин и женщин.

Статистическая значимость связей для $r=0,43$ — $p=0,1$; для $r=0,505$ — $p=0,05$; для $r=0,638$ — $p=0,01$.

Fig. 2. Correlations of the murder rate with the content of chemical elements in the body of men and women.

The statistical significance of the links for $r=0,43$ — $p=0,1$; for $r=0,505$ — $p=0,05$; for $r=0,638$ — $p=0,01$.

характеризующихся однонаправленными статистически значимыми прямыми внутригрупповыми корреляциями (рис. 1).

На следующем этапе работы оценивали направленность и выраженность связей каждого из выделенных показателей социальной и криминальной напряжённости с содержанием микро- и макроэлементов в организме мужчин и женщин — представителей модельных регионов. Учитывали только те элементы, которые отличались статистически значимыми связями или имели тенденцию к статистической значимости связей ($p < 0,1$) с исследуемыми поведенческими девиациями (рис. 2–6).

Для определения абсолютных величин критичности содержания биологически значимых химических элементов в организме жителей регионов с высоким уровнем социальной и криминальной напряжённости предприняли дополнительное исследование. По каждому выделенному показателю социальной и криминальной напряжённости сформировали две группы регионов, одна из которых характеризовалась низким уровнем, а другая — высоким уровнем проявления конкретной девиации (табл. 2). Затем в рамках каждой из девиаций произвели сравнительный анализ содержания 25 химических элементов в организме представителей коренного населения регионов, характеризующихся минимальной и максимальной выраженностью отклоняющегося поведения. Во внимание принимали только микро- и макроэлементы, имеющие

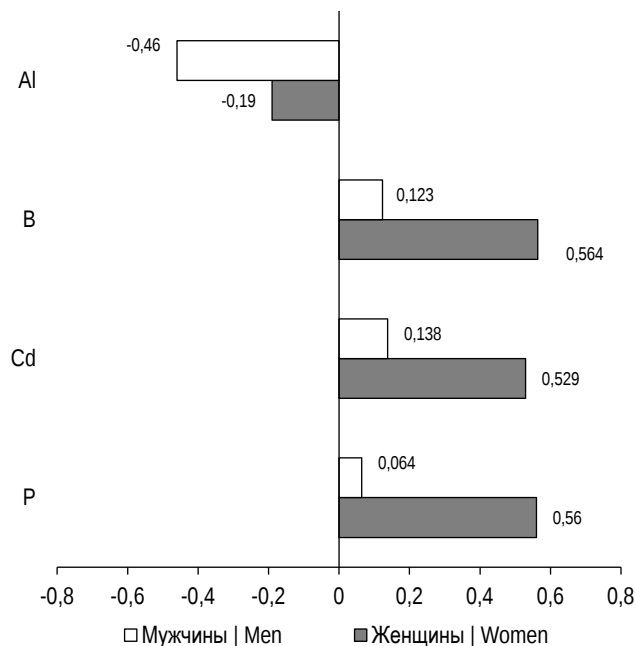


Рис. 3. Корреляционные связи уровня самоубийств с содержанием химических элементов в организме мужчин и женщин.

Статистическая значимость связей для $r=0,43$ — $p=0,1$; для $r=0,505$ — $p=0,05$.

Fig. 3. Correlations of loss of self-awareness with the participation of chemical elements in the body of men and women.

The statistical value of the links for $r=0,43$ — $p=0,1$; for $r=0,505$ — $p=0,05$.

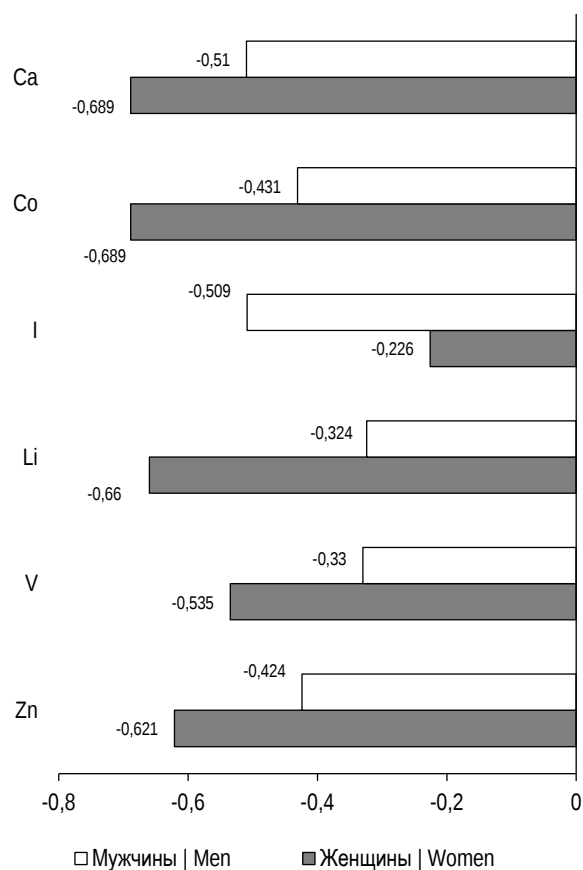


Рис. 4. Корреляционные связи уровня алкоголизации с содержанием химических элементов в организме мужчин и женщин. Статистическая значимость связей для $r=0,43$ — $p=0,1$; для $r=0,505$ — $p=0,05$; для $r=0,638$ — $p=0,01$.

Fig. 4. Correlations of the level of alcoholism with the content of chemical elements in the body of men and women.

The statistical significance of the links for $r=0.43$ — $p=0.1$; for $r=0.505$ — $p=0.05$; for $r=0.638$ — $p=0.01$.

статистически значимые различия или тенденции к статистически значимым различиям ($p < 0,1$) между сравниваемыми группами представителей модельных территорий, в общей региональной выборке, без учёта пола (табл. 3–7). По остальному перечню оцениваемых химических элементов (As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Si, Sn) не выявлено статистически значимых различий между сравниваемыми группами участников исследования. Представленные данные (см. табл. 3–7) в целом соответствуют результатам корреляционного анализа связей содержания химических элементов в организме представителей модельных территорий с показателями социальной и криминальной напряжённости социума. Сравнительный анализ содержания в организме биологически значимых химических элементов у жителей регионов, характеризующихся минимальной и максимальной выраженностью векторов отклоняющегося поведения, позволил определить границы потенциальной критичности величин выделенных химических элементов для населения локальных территорий Российской Федерации

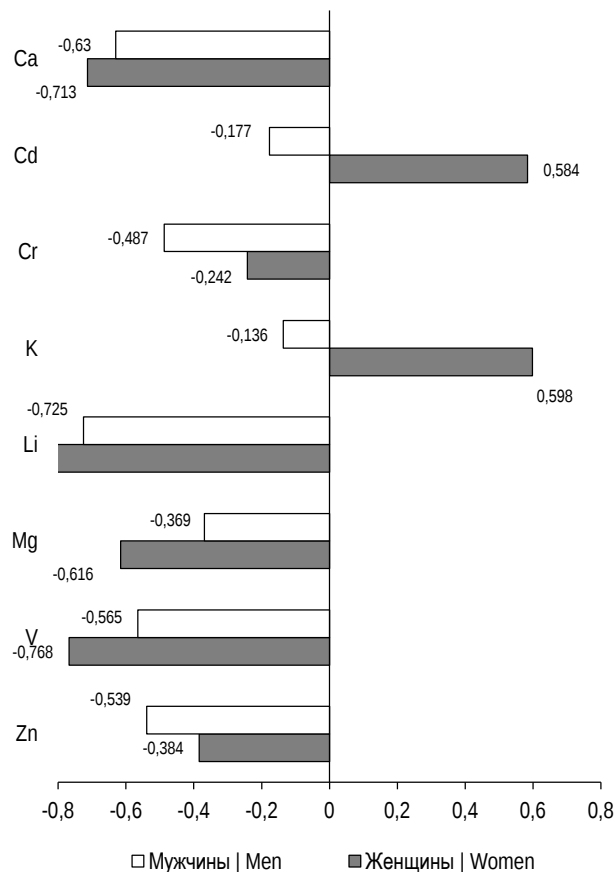


Рис. 5. Корреляционные связи уровня табакокурения с содержанием химических элементов в организме мужчин и женщин. Статистическая значимость связей для $r=0,43$ — $p=0,1$; для $r=0,505$ — $p=0,05$; для $r=0,638$ — $p=0,01$.

Fig. 5. Correlations of tobacco smoking damage with the content of chemical elements in the body of men and women.

The statistical value of the links for $r=0.43$ — $p=0.1$; for $r=0.505$ — $p=0.05$; for $r=0.638$ — $p=0.01$.

по каждому анализируемому показателю социальной и криминальной напряжённости. В качестве критерия риска развития в социуме различных векторов социальной и криминальной напряжённости целесообразно принять значения Ме соответствующих высокому уровню проявления анализируемых векторов отклоняющегося поведения по каждому из выделенных химических элементов (табл. 8).

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленные данные подтверждают системный характер проявления различных векторов деструктивного (агрессивного, аутоагрессивного, аддитивного, рискованного) поведения, в целом формирующего и одновременно отражающего социальную напряжённость общества. При этом не представляется возможным конкретизировать причинно-следственные связи анализируемых показателей, ограничившись предположением о негативном влиянии алкоголизации на социально-психологическое

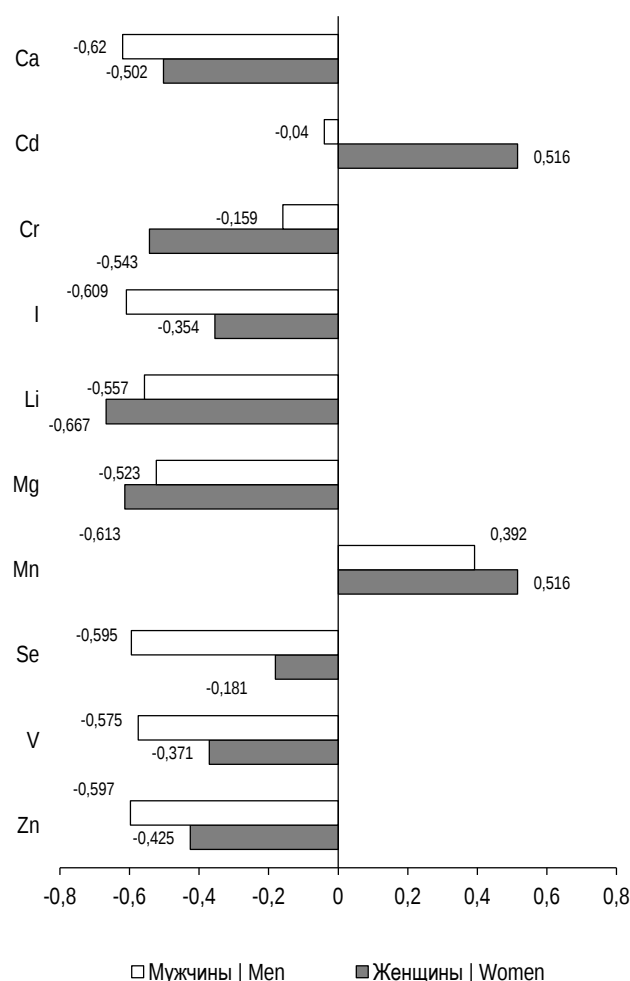


Рис. 6. Корреляционные связи уровня добровольных абортов с содержанием химических элементов в организме мужчин и женщин.

Статистическая значимость связей для $r=0,43$ — $p=0,1$; для $r=0,505$ — $p=0,05$; для $r=0,638$ — $p=0,01$.

Fig. 6. Correlations of the level of voluntary abortions with the content of chemical elements in the body of men and women.

The statistical significance of the links for $r=0.43$ — $p=0.1$; for $r=0.505$ — $p=0.05$; for $r=0.638$ — $p=0.01$.

благополучие популяции. Обобщение представленных результатов позволяет выделить ряд химических элементов, комплексно связанных с проявлением исследуемых показателей социальной и криминальной напряжённости. Так, содержание в организме мужчин и женщин кальция, лития, ванадия и цинка отрицательно связано с алкоголизацией (см. рис. 4), и с табакокурением (см. рис. 5), и с уровнем добровольных абортов (см. рис. 6). Содержание в организме женщин кадмия и марганца отрицательно, а магния и хрома положительно связано с уровнем добровольных абортов. Содержание в организме женщин кадмия и фосфора положительно связано со смертностью от убийств и самоубийств в социуме. Кроме того, определены единичные связи содержания отдельных элементов в организме мужчин или женщин с конкретными девиациями в обществе. Так, содержание алюминия в организме

мужчин имеет тенденцию к статистически значимой обратной связи с уровнем убийств и самоубийств в социуме. Содержание йода у мужчин отрицательно связано с алкоголизацией населения и уровнем добровольных абортов. Содержание магния в организме мужчин и женщин также отрицательно связано с уровнем добровольных абортов в социуме.

Представленные результаты корреляционного анализа по отдельным позициям соответствуют ранее выявленным связям содержания биологически значимых химических элементов в организме с показателями психологического статуса человека [9]. Так, определено, что в группе женщин агрессивность спонтанная статистически значимо отрицательно коррелирует с содержанием в организме мышьяка ($r=-0,598$; $p=0,019$) и кадмия ($r=-0,521$; $p=0,046$). Агрессивность реактивная статистически значимо отрицательно коррелирует с содержанием бериллия в группе мужчин ($r=-0,526$; $p=0,04$) и положительно, на уровне тенденции к статистически значимой связи, с содержанием фосфора в группе женщин ($r=0,466$; $p=0,08$). Эти данные соответствуют результатам корреляционного анализа связи уровня убийств в социуме с содержанием химических элементов в организме мужчин и женщин (см. рис. 2).

Предпринятый анализ абсолютных величин содержания биологически значимых химических элементов в организме жителей регионов с высоким и жителей регионов с низким уровнем социальной и криминальной напряжённости позволил определить границы потенциальной критичности величин выделенных химических элементов для населения локальных территорий по каждому анализируемому показателю социальной и криминальной напряжённости. Использование значения Ме по каждому из выделенных химических элементов в качестве индикатора критичности риска развития в обществе различных векторов социальной и криминальной напряжённости позволит объективизировать прогнозирование социального статуса населения локальных территорий. Вместе с тем следует иметь в виду, что предпринятое экологическое исследование не раскрывает причинно-следственных связей элементного статуса и отдельных проявлений социальных девиаций. Также необходимо принимать во внимание феномен экологической ошибки (ecological fallacy), определяющей невозможность применения выявленных на популяционном уровне ассоциаций между анализируемыми признаками к конкретному представителю исследуемых групп населения [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как следует из результатов исследования, выделенные модельные регионы России характеризуются значительными различиями показателей как социальной и криминальной напряженности, так и элементного статуса населения. Это подтверждает адекватность выбора

Таблица 2. Группы модельных регионов с низким и высоким уровнем проявления девиаций
Table 2. Groups of model regions with low and high levels of deviations

Показатель Indicator	Нормативные значения (ед. измерения) Standard values (units of measurement)	Регионы Regions	
		Низкий уровень проявления девиации Low level of deviation	Высокий уровень проявления девиации High level of deviation
Убийства Murders	Низкие — до 4,1; средние — 4,1–5,4; высокие — более 5,4 (на 100 000 населения) Low — up to 4.1; average — 4.1–5.4; high — more than 5.4 (per 100,000 population)	Волгоградская область, Самарская область, Воронежская область, Республика Калмыкия Volgograd region, Samara region, Voronezh region, Republic of Kalmykia	Республика Алтай, Приморский Край, Архангельская область, Челябинская область, Республика Карелия, Саратовская область Altai Republic, Primorsky Territory, Arkhangelsk Region, Chelyabinsk Region, Republic of Karelia, Saratov Region
Самоубийства Suicides	Низкие — до 10; средние — 10–20; высокие — более 20 (на 100 000 населения) Low — up to 10; average — 10–20; high — more than 20 (per 100,000 population)	Самарская область, Волгоградская область, Ставропольский край Samara region, Volgograd region, Stavropol Territory	Республика Алтай, Архангельская область, Республика Калмыкия Altai Republic, Arkhangelsk Region, Republic of Kalmykia
Алкоголизация Alcoholization	Низкие — до 34; средние — 34–39; высокие — более 39 (индекс) Low — up to 34; average — 34–39; high — more than 39 (index)	Ставропольский край, Волгоградская область, Самарская область, Республика Крым, Республика Калмыкия, Воронежская область Stavropol Territory, Volgograd region, Samara region, Republic of Crimea, Republic of Kalmykia, Voronezh Region	Приморский Край, Архангельская область, Вологодская область, Республика Карелия Primorsky Krai, Arkhangelsk region, Vologda region, Republic of Karelia
Табакокурение Tobacco smoking	Низкие — до 23; средние — 24–28; высокие — более 29 (% населения) Low — up to 23; average — 24–28; high — more than 29 (% of the population)	Республика Калмыкия, Республика Крым, Самарская область Republic of Kalmykia, Republic of Crimea, Samara region	Республика Алтай, Ленинградская область, Архангельская область, Республика Карелия Altai Republic, Leningrad region, Arkhangelsk region, Republic of Karelia
Аборты Abortions	Низкие — до 35; средние — 35–45; высокие — более 45 (количество на 100 родов) Low — up to 35; average — 35–45; high — more than 45 (number per 100 births)	Республика Калмыкия, Воронежская область, Республика Крым, Ставропольский край Republic of Kalmykia, Voronezh region, Republic of Crimea, Stavropol Territory	Архангельская область, Вологодская область, Челябинская область Arkhangelsk region, Vologda region, Chelyabinsk region

Таблица 3. Статистически значимые различия по содержанию химических элементов (мкг/г) в волосах жителей регионов с высоким и низким уровнем убийств
Table 3. Statistically significant differences in the content of chemical elements (mcg/g) in the hair of residents of regions with high and low homicide rates

Химический элемент A chemical element	Низкий уровень убийств Low murder rate Me [Q1; Q3]	Высокий уровень убийств High murder rate Me [Q1; Q3]	p
Al	3,85 [3,32; 6,47]	2,9 [2,40; 3,05]	0,016
Li	0,0559 [0,0256; 0,0802]	0,0248 [0,0225; 0,0279]	0,01
V	0,028 [0,0231; 0,0315]	0,0186 [0,0167; 0,0194]	0,01
Be	0,00035 [0,00015; 0,0007]	0 [0; 0,00005]	0,063

Таблица 4. Статистически значимые различия по содержанию химических элементов (мкг/г) в волосах жителей регионов с высоким и низким уровнем суицида

Table 4. Statistically significant differences in the content of chemical elements (mcg/g) in the hair of residents of regions with high and low suicide rates

Химический элемент A chemical element	Низкий уровень суицида Low suicide rate Me [Q1; Q3]	Высокий уровень суицида High suicide rate Me [Q1; Q3]	p
P	173 [165; 175]	182 [181; 197]	0,05

Таблица 5. Статистически значимые различия по содержанию химических элементов (мкг/г) в волосах жителей регионов с высоким и низким уровнем алкоголизации

Table 5. Statistically significant differences in the content of chemical elements (mcg/g) in the hair of residents of regions with high and low levels of alcoholism

Химический элемент A chemical element	Низкий уровень алкоголизации Low alcoholization rate Me [Q1; Q3]	Высокий уровень алкоголизации High level of alcoholism Me [Q1; Q3]	p
Ca	447,5 [334; 1977]	265,5 [149,25; 318,75]	0,019
I	1,53 [0,69; 2,30]	0,42 [0,37; 0,53]	0,067

Таблица 6. Статистически значимые различия по содержанию химических элементов (мкг/г) в волосах жителей регионов с высоким и низким уровнем табакокурения

Table 6. Statistically significant differences in the content of chemical elements (mcg/g) in the hair of residents of regions with high and low levels of tobacco smoking

Химический элемент A chemical element	Низкий уровень табакокурения Low tobacco smoking rate Me [Q1; Q3]	Высокий уровень табакокурения High levels of smoking Me [Q1; Q3]	p
Zn	219 [167; 362]	137,5 [108,0; 159,5]	0,034
Li	0,071 [0,0311; 0,0833]	0,022 [0,017; 0,023]	0,034

Таблица 7. Статистически значимые различия по содержанию химических элементов (мкг/г) в волосах жителей регионов с высоким и низким уровнем аборт

Table 7. Statistically significant differences in the content of chemical elements (mcg/g) in the hair of residents of regions with high and low abortion rates

Химический элемент A chemical element	Низкий уровень абортов Low abortion rate Me [Q1; Q3]	Высокий уровень абортов High abortion rate Me [Q1; Q3]	p
Se	1,53 [0,39; 5,69]	0,29 [0,28; 0,35]	0,034
I	1,78 [0,96; 2,48]	0,56 [0,36; 0,75]	0,034

модельных территорий для изучения возможного влияния наиболее характерных совокупностей биогеохимических факторов среды на риск развития социальной и криминальной напряжённости в российском обществе.

Предпринятый расчёт корреляционных связей показателей социальной и криминальной напряжённости позволил выделить ряд социальных девиаций, системно проявляемых в модельных регионах России: убийства, самоубийства, алкоголизация, табакокурение, добровольные аборты. Определена совокупность химических элементов, содержание которых в организме человека статистически значимо связано с выраженностью каждой из этих девиаций.

Выполнен сравнительный анализ содержания биологически значимых химических элементов у представителей коренного населения регионов, характеризующихся минимальной и максимальной выраженностью отклоняющегося поведения. Это позволило определить границы потенциальной критичности содержания химических элементов для населения локальных территорий Российской Федерации по каждому анализируемому показателю социальной и криминальной напряжённости.

Полученные результаты конкретизируют факторы биогеохимической обусловленности рисков формирования основных векторов социальной и криминальной напряжённости в группах населения, объединённых

Таблица 8. Контрольные значения содержания химических элементов в волосах (Ме; мкг/г) жителей отдельных территорий при риске формирования основных векторов социальной и криминальной напряжённости

Table 8. Control values of the content of chemical elements in the hair (Ме; mcg/g) of residents of certain territories at the risk of formation of the main vectors of social and criminal tension

Химические элементы Chemical elements	Векторы социальной и криминальной напряжённости Vectors of social and criminal tension				
	Убийства Murders	Самоубийства Suicides	Алкоголизация Alcoholization	Табакокурение Tobacco smoking	Аборты Abortions
Al	≤2,9	–	–	–	–
Li	≤0,025	–	–	≤0,022	–
V	≤0,019	–	–	–	–
Be	0	–	–	–	–
P	–	≥182	–	–	–
Ca	–	–	≤265	–	–
I	–	–	≤0,42	–	≤0,56
Zn	–	–	–	≤137	–
Se	–	–	–	–	≤0,29

территорией проживания в границах Российской Федерации. Основным результатом выполненного исследования явилось формирование гипотезы об обусловленности основных проявлений социальной и криминальной напряжённости уровнем содержания и соотношением в организме человека биологически значимых микро- и макроэлементов. В дальнейшем данная гипотеза будет проверена при проведении других типов исследований с более высокой доказательной способностью.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.Б. Мулик — концепция и дизайн исследования, обзор литературы, анализ данных, редактирование статьи; Н.О. Назаров — статистическая обработка результатов исследования; И.В. Улесикова — сбор материала и первичная обработка результатов исследования; М.А. Кунавин — сбор материала и первичная обработка результатов исследования; А.Г. Соловьёв — анализ данных и интерпретация результатов исследования; Ю.А. Шатыр — биоинформационный поиск литературных источников, написание текста. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Этическая экспертиза. Исследование одобрено этическим комитетом Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург), протокол № 295 от 22.10.2024.

Информированное согласие на участие в исследовании. Участие в исследовании было добровольным. До включения в исследование все участники выразили информированное согласие. Исследование одобрено этическим комитетом Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург), протокол № 295 от 22.10.2024.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках реализации научно-исследовательской работы по программе академического стратегического лидерства «Приоритет-2030».

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. A.B. Mulik — concept and design of study, literature review, data analysis, article editing; N.O. Nazarov — statistical processing of study results; I.V. Ulesikova — collection of material and primary processing of study results; M.A. Kunavin — collection of material and primary processing of study results; A.G. Soloviev — data analysis and interpretation of research results; Yu.A. Shatyr — bioinformational search of literature sources, writing the text. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Ethics approval. The study was approved by the Ethical Committee of the Military Medical Academy named after S.M. Kirov (St. Petersburg), protocol No. 295 dated 10/22/2024.

Consent for publication. Participation in the study was voluntary. Prior to inclusion in the study, all participants expressed informed consent. The study was approved by the ethical committee of the Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg), protocol No. 295 of 22/10/2024.

Funding source. The work was carried out as part of the research project “Forecasting the risks of developing aggressive, suicidal and addictive behavior among the population of territories with different physical-geographical and biogeochemical status” under the strategic leadership program “Priority-2030”.

Disclosure of interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Vinogradov AP. Chemical elemental composition of organisms and the Periodic table of D.N. Mendeleev. *Proceedings of the Biochemical Laboratory of the USSR Academy of Sciences*. 1935;3:3–30. (In Russ.)
2. Koval'skii VV. *Geochemical ecology*. Moscow: Nauka; 1974. 299 p. (In Russ.)
3. Aftanas LI, Berezhkina ES, Bonitenko EYu, et al. *Elemental status of the population of Russia*. St. Petersburg: Medkniga ELBI-SPb; 2014. 544 p. (In Russ.) EDN: VINXKJ
4. Cheremushkina II. Trace elements and aggressive tendencies in behavior. *Trace Elements in Medicine*. 2012;13(4):24–31. EDN: PLXXCF
5. Ekinci GN, Sanlier N. The relationship between nutrition and depression in the life process: a mini-review. *Exp Gerontol*. 2023;172:112072. doi: 10.1016/j.exger.2022.112072
6. Bekker RA, Bykov YuV, Shkurat AO, Voronina AS. Magnesium preparations in psychiatry, addiction medicine, neurology and general medicine (part I. History). *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4(3):63–80. doi: 10.29413/ABS.2019-4.3 EDN: PVDIVD
7. Janka Z. Tracing trace elements in mental functions. *Ideggyogy Sz*. 2019;72(11-12):367–379. doi: 10.18071/isz.72.0367
8. Giotakos O. Is impulsivity in part a lithium deficiency state? *Psychiatriki*. 2018;29(3):264–270. doi: 10.22365/jpsych.2018.293.264
9. Mulik AB, Nazarov NO, Ulesikova IV, et al. Elemental status and psychological predisposition of the Russian population to deviant behavior. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(6):457–467. doi: 10.17816/humeco409629 EDN: JBIHHI
10. The National Atlas of Russia. Nature and Ecology. Maps of FSUE Gosgiscenter [CD-ROM]. Moscow: Roskartografiya; 2007.
11. Kholmatova KK, Grijbovski AM. Ecological studies in medicine and public health. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016;23(9):57–64. doi: 10.33396/1728-0869-2016-9-57-64 EDN: WKFTPN

ОБ АВТОРАХ

* **Мулик Александр Борисович**, д-р биол. наук, профессор;
адрес: 194044, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Академика Лебедева, д. 6;
ORCID: 0000-0001-6472-839X;
eLibrary SPIN: 8079-9698;
e-mail: mulikab@mail.ru

Назаров Никита Олегович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-0668-4664;
eLibrary SPIN: 9126-2809;
e-mail: naznik86@gmail.com

Улесикова Ирина Владимировна, канд. биол. наук;
ORCID: 0000-0001-9284-3280;
eLibrary SPIN: 9859-6036;
e-mail: ulesikovairina@mail.ru

Кунавин Михаил Алексеевич, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-7948-1043;
eLibrary SPIN: 5271-0260;
e-mail: m.kunavin@narfu.ru

Соловьёв Андрей Горгоньевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-0350-1359;
eLibrary SPIN: 2952-0619;
e-mail: asoloviev1@yandex.ru

Шатыр Юлия Александровна, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-9279-5282;
eLibrary SPIN: 2942-6250;
e-mail: yuliashatyr@gmail.com

AUTHORS' INFO

* **Alexander B. Mulik**, Dr. Sci. (Biology), Professor;
address: 6 Akademika Lebedeva st, St. Petersburg,
Russia, 194044;
ORCID: 0000-0001-6472-839X;
eLibrary SPIN: 8079-9698;
e-mail: mulikab@mail.ru

Nikita O. Nazarov, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-0668-4664;
eLibrary SPIN: 9126-2809;
e-mail: naznik86@gmail.com

Irina V. Ulesikova, Cand. Sci. (Biology);
ORCID: 0000-0001-9284-3280;
eLibrary SPIN: 9859-6036;
e-mail: ulesikovairina@mail.ru

Mikhail A. Kunavin, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-7948-1043;
eLibrary SPIN: 5271-0260;
e-mail: m.kunavin@narfu.ru

Andrey G. Soloviev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-0350-1359;
eLibrary SPIN: 2952-0619;
e-mail: asoloviev1@yandex.ru

Yulia A. Shatyr, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-9279-5282;
eLibrary SPIN: 2942-6250;
e-mail: yuliashatyr@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643562>

EDN: DWWQOU

Comprehensive assessment of nutritional status in university students

Olga V. Sazonova, Regina V. Hamtsova, Mikhail Yu. Gavryushin,
Sabrina R. Trubetskaya, Sophia Yu. Tokareva

Samara State Medical University, Samara, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The increasing prevalence of nutrition-related disorders among university students, driven by poor dietary habits and high academic workload, warrants special attention. This issue is particularly relevant for medical students, who experience significant psycho-emotional stress during their training. Assessing nutritional status during this period is a crucial aspect of preclinical preventive care, as detected deviations may contribute to chronic diseases, ultimately affecting quality of life and professional performance in future healthcare professionals.

AIM: To conduct a comprehensive assessment of the nutritional status of medical university students.

MATERIALS AND METHODS: A cross-sectional study was conducted among 935 students aged 18–25 years, including an assessment of dietary intake, bioimpedance analysis of body composition, and a questionnaire survey covering dietary habits, meal structure, physical activity, and eating behavior. Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 28, including descriptive statistics, normality testing, and significance testing.

RESULTS: Dietary imbalances and macronutrient deficiencies were identified among students. The average BMI was within the normal range in 49.05% of female and 43.52% of male students. Bioimpedance analysis revealed statistically significant differences between students from different academic years and between male and female participants. A significant positive correlation was found between body fat percentage and confectionery consumption frequency, BMI and physical activity levels, as well as BMI and eating behavior type.

CONCLUSION: The identified negative trends in the nutritional status of medical students, particularly in the context of increasing metabolic disorders and the global obesity epidemic, emphasize the need for implementing comprehensive preventive programs aimed at promoting a healthy lifestyle among students.

Keywords: medical students; nutritional status; diet; dietary pattern; eating behavior; physical activity.

To cite this article:

Sazonova OV, Hamtsova RV, Gavryushin MYu, Trubetskaya SR, Tokareva SYu. Comprehensive assessment of nutritional status in university students. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):598–607. DOI: 10.17816/humeco643562 EDN: DWWQOU

Received: 30.12.2024

Accepted: 07.02.2025

Published online: 20.02.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643562>

EDN: DWWQOU

Комплексная оценка пищевого статуса студенческой молодежи

О.В. Сазонова, Р.В. Хамцова, М.Ю. Гаврюшин, С.Р. Трубецкая, С.Ю. Токарева

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Рост алиментарной патологии среди студенческой молодёжи, вызванный несоблюдением принципов рационального питания и высокой загруженностью, требует особого внимания, особенно у студентов-медиков, которые подвержены значительным психоэмоциональным нагрузкам в период обучения. Оценка пищевого статуса в этот период является важным этапом донозологического подхода в профилактике, поскольку выявленные отклонения могут привести к хроническим заболеваниям, влияющим на качество жизни и профессиональную деятельность будущих врачей.

Цель. Комплексная оценка нутритивного статуса студентов медицинского университета.

Материалы и методы. Проведено кросс-секционное исследование, в котором приняли участие 935 студентов 18–25 лет, включающее оценку фактического питания, биоимпедансный анализ состава тела, анкетирование по вопросам структуры и режима питания, физической активности и пищевого поведения. Статистическая обработка выполнена в программе IBM SPSS Statistics 28, включала в себя описательную статистику, определение нормальности распределения, а также оценку статистической значимости.

Результаты. Выявлены нарушения структуры питания, а также макронутриентная неполноценность рациона студентов. Средние значения индекса массы тела определялись у 49,05% девушек и 43,52% юношей. Результаты биоимпедансометрии показали статистически значимые различия среди студентов разных курсов, а также среди юношей и девушек. Обнаружены достоверные положительные корреляции между уровнем жировой массы состава тела и частотой употребления кондитерских изделий, между индексом массы тела и физической активностью, а также зависимость индекса массы тела от типа пищевого поведения.

Заключение. Выявленные негативные тенденции в нутритивном статусе студентов медиков, особенно в условиях распространённости метаболических нарушений и пандемии ожирения, подчёркивают необходимость внедрения комплексных профилактических программ, направленных на обеспечение здорового образа жизни студенческой молодёжи.

Ключевые слова: студенты-медики; пищевой статус; рацион питания; структура питания; пищевое поведение; физическая активность.

Как цитировать:

Сазонова О.В., Хамцова Р.В., Гаврюшин М.Ю., Трубецкая С.Р., Токарева С.Ю. Комплексная оценка пищевого статуса студенческой молодежи // Экология человека. 2024. Т. 31, № 8. С. 598–607. DOI: 10.17816/humeco643562 EDN: DWWQOU

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643562>

EDN: DWWQOU

医学生群体的营养状况综合评估

Olga V. Sazonova, Regina V. Hamtsova, Mikhail Yu. Gavryushin,
Sabrina R. Trubetskaya, Sophia Yu. Tokareva

Samara State Medical University, Samara, Russia

摘要

论证。由于大学生群体在高强度学习期间未能遵循合理的膳食原则，导致营养相关疾病的发病率上升，该问题尤需重视。尤其是医学生，由于学习过程中承受较大的心理和情绪压力，更容易受到膳食失衡的影响。在此阶段对其营养状况进行评估，是亚临床阶段预防策略的重要组成部分，因为已发现的偏差可能会引发慢性疾病，进而影响未来医生的生活质量和职业活动。

目的。综合评估医科大学生的营养状况。

材料与方法。本研究为横断面研究，共纳入935名18–25岁的学生。评估内容包括实际膳食状况、生物电阻抗分析测定体成分，以及关于膳食结构和模式、体育活动及饮食行为的问卷调查。统计分析使用IBM SPSS Statistics 28软件，包含描述性统计、正态性检验及统计显著性评估。

结果。研究发现大学生的膳食结构存在失衡，膳食的宏量营养素构成不均衡。调查数据显示，女生和男生的平均体重指数分别为49.05%和43.52%。生物电阻抗分析测量结果显示，不同年级学生之间以及性别之间的体成分存在统计学显著差异。此外，研究发现：体脂含量与甜食摄入频率呈正相关，体重指数与体育活动水平呈负相关，体重指数还受饮食行为类型的影响。

结论。研究结果凸显了推广综合性预防项目的必要性，这些项目旨在促进大学生健康的生活方式，尤其是在代谢疾病普遍存在和肥胖流行的背景下，这一需求尤为迫切。

关键词：医学生；营养状况；食物定量；膳食结构；饮食行为；体育活动。

引用本文：

Sazonova OV, Hamtsova RV, Gavryushin MYu, Trubetskaya SR, Tokareva SYu. 医学生群体的营养状况综合评估. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):598–607. DOI: 10.17816/humeco643562 EDN: DWWQOU

收到: 30.12.2024

接受: 07.02.2025

发布日期: 20.02.2025

BACKGROUND

Preservation and promotion of public health are directly related to healthy lifestyles [1]. During the student years, balanced diet is a key factor in achieving optimal mental and physical performance, as well as maintaining a healthy body [1–3]. Moreover, a proper diet provides the necessary resistance to the psychoemotional loads, stress, and irregular work and rest schedules that students face during their training [1, 4].

Recently, diet-related disorders have increased among students. This increase is associated with noncompliance with the basic principles of balanced diet and an insufficient physical activity. These factors are due to heavy workloads, lack of time for full meals, frequent consumption of fast food, and consequently, eating disorders [5–8]. Medical students require special attention. Their training includes significant classroom work, laboratory research, and practical experience in medical institutions [9–11].

The most critical stage in the premorbid diagnosis of eating disorders is the assessment of nutritional status. Nutritional deficiencies during the student years may lead to chronic conditions with severe symptoms in adulthood. These conditions will affect the performance and quality of care provided by future health professionals [2, 12].

The **study aimed** to conduct a comprehensive assessment of the nutritional status of medical university students.

MATERIALS AND METHODS

We conducted a cross-sectional study involving 935 students aged 18–25 years from Samara State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (1st–6th years of study). Prior to inclusion in the study, all participants voluntarily signed an informed consent. The study was approved by the Ethics Committee (protocol No. 297 dated November 20, 2024).

A Google Form questionnaire was used to collect data on dietary habits, eating behavior, and physical activity.¹ The questionnaire included questions developed by the authors about dietary intake, food and dietary patterns, as well as questions from international questionnaires that were translated into Russian. To assess physical activity, for example, a shortened version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) was used. This version included 11 questions about the time respondents spent on strenuous and moderate physical activities.² The level of physical activity was assessed by comparing the results with the World

Health Organization (WHO) guidelines on physical activity and sedentary lifestyles for individuals aged 18 to 64.³

The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) consisting of 33 questions designed to identify different types of eating behaviors was used to evaluate students' dietary habits [13]. We identified three types of eating behaviors: emotiogenic, external, and restrictive. For the emotiogenic type, an emotional trigger is the primary stimulus for eating. For the external type, external stimuli, such as the sight or smell of certain foods, play a key role. The predominant stimuli in the restrictive type are self-restriction in eating and deliberate efforts to maintain the desired weight.

Additionally, the dietary intake and body composition of the students were evaluated. The dietary intake was analyzed using the frequency method with the Nutri-Prof software [14]. The macronutrient composition and energy value of the diet were analyzed and compared with the standard physiological requirements for different population groups in the Russian Federation based on sex, age, and physical activity [15].

Body composition was assessed using bioimpedance analysis (BIA), an instrumental method based on the different electrical conductivities of body tissues. The BIA was performed using the Medass ABC-01 internal environment analyzer (Russia) at a probing current frequency of 50 kHz with the standard tetrapolar scheme. Electrodes were fixed to the wrists and ankles in the supine position. The following parameters were evaluated: basal metabolism, fat mass (kg), lean mass (kg)—which includes active cell mass (kg) and skeletal muscle mass (kg)—and total body water (kg). This method objectively assesses nutritional status and detects increased fat mass in individuals with a normal BMI, also known as normal-weight obesity [16].

Before the BIA analysis, standard anthropometry was performed, including the measurement of body length and weight with certified medical equipment. Body length was measured with a height gauge ("Tves", Russia) with an accuracy of 0.5 cm. Body weight was measured using VEM-150-Massa-K scales (Massa-K, Russia) with an accuracy of 60 g. BMI was then calculated based on the anthropometric measurements and estimated using the centile tables of anthropometric indices of the Russian population [17].

The primary data were statistically processed using the IBM SPSS Statistics 28 software. The following descriptive statistics were calculated: arithmetic mean (M), median (Me), standard error of the mean (m), and interquartile range (25th and 75th percentiles). The Kolmogorov–Smirnov test was used to determine the normality of the distribution of the obtained results. Parametric Student's *t*-test and one-factor analysis of variance (ANOVA) were used to determine the significance of differences between samples with normal

¹ <https://docs.google.com/forms/d/1d2iEHkdAmyFnX0TtVU86bule4RFF92B Sph-Veel3ngg/edit>.

² Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Short and Long Forms Contents. Available at: https://www.academia.edu/5346814/Guidelines_for_Data_Processing_and_Analysis_of_the_International_Physical_Activity_Questionnaire_IPAQ_Short_and_Long_Forms_Contents.

³ The World Health Organization. The WHO Global Plan of Action for Increasing Physical Activity for 2018–2030: Increasing people's activity levels to promote global health. Available at: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.

distribution. The Mann–Whitney U test was used for samples with a distribution other than normal. The degree of correlation between the indicators was studied using the Spearman correlation coefficient. The significance level was taken at $p < 0.05$.

RESULTS

The questionnaire revealed the peculiarities of students' food patterns at the medical university (see Table 1). Half of the students consume meat products and cereals daily; whereas one-third consume fruit, vegetables, and milk and dairy products. More than 40% of students eat candy, wafers, cookies, gingerbread, cakes, and chocolate daily. In students who have snacks between classes, 79.25% choose these products. Interestingly, over 12% of students do not eat fish and more than 2% refuse to consume dairy products.

A mere 11.1% of respondents adhered to the balanced diet principles; whereas 45.9% attempted to adhere to it and over 43% of respondents did not have a balanced diet. According to 37.9% of respondents, their academic workload and lack of time for full meals affect their eating habits.

The dietary intake assessment (see Table 2) corroborates the survey data. The median energy value of the diet exceeded the recommended energy and nutrient standards by 7.3% for male students and 8.7% for female students. Both sex groups had protein deficiencies (more than 20.8% below the standard for men and approximately 5.0% below the standard for women) and excess carbohydrate intake (5.2% and 3.9%, respectively). Significant differences in dietary intake were found for male and female students in terms of energy value, fat, and carbohydrate intake, but not for protein intake.

When assessing BMI, average values (25th and 75th percentiles) were observed in 43.5% of males and 49.0% of females. Meanwhile, below-average values (10th and 25th percentiles) and low values (3rd and 10th percentiles) were found in 17.2% and 13.3% of male students and 9.8% and 8.8% of female students, respectively. The prevalence of overweight relative to the standard is noteworthy. Values above the 75th and 90th percentiles were found in 13.4% of males and 21.76% of females. High values above the 90th

and 97th percentiles were found in 6.8% and 16.0% of males and females, respectively.

The analysis of body composition showed significant differences in students of different years, as well as between females and males.

Thus, sex-specific features of body composition and basal metabolism were revealed for all evaluation parameters except fat mass (see Table 3). The main factors of body weight in students of different sexes are lean mass and total body water, which differ statistically in students of different years and sexes.

The most optimal body composition and metabolism are found in 3rd- and 4th-year students, who have a significant difference compared to 1st- and 2nd-year and 5th- and 6th-year students in terms of lean ($p=0.016$), active cellular ($p=0.019$), and skeletal muscle ($p=0.018$) mass, as well as total body water ($p=0.018$). There were significant positive correlations between body fat mass measured by BIA and the frequency of confectionery consumption ($R=0.53$; $p=0.04$).

Considering the changes in BMI and body fat mass growth, the results of the students' physical activity assessment are unfavorable. Only 3.1% of participants have average physical activity, which corresponds to the WHO's global recommendations, and only 10.4% have an above-average physical activity. Most students (86.5%) had low physical activity, which positively correlated with BMI ($R=0.49$; $p=0.02$).

In addition, the relationship between eating behavior types and the BMI of the participants is of interest. According to the DEBQ questionnaire, 7.6% of students do not have a specific eating behavior type; whereas 55.7% have a restrictive type, 24.8% have an emotiogenic type, and 11.9% have an external type. A combination of several eating behaviors was found in 48.2% of students. No significant differences in the relationship between eating behavior types and sex were revealed.

The study showed the relationship between BMI and eating behavior. For example, 72.3% of students without specific eating behaviors had an average BMI (25th to 75th percentile). Conversely, young people with external or emotiogenic eating behaviors had higher weight-to-height ratios with BMIs in the 90th to 97th percentile range; whereas students with restrictive eating behaviors had BMIs in the 10th to 25th

Table 1. Food patterns of students by main food group distribution

Food group	Frequency of use, %			
	Never	Daily	Several times a week	Several times a month
Fruit and vegetables	0.5	27.8	56.4	15.3
Cereals and pasta	0.9	46.1	45.6	7.5
Milk and dairy products	2.4	36.8	44.8	16.0
Meat and poultry	0.4	54.3	38.9	6.3
Fish and seafood	12.8	1.6	15.7	69.8
Confectionery	2.6	43.4	44.3	9.7

Table 2. Energy value and macronutrient content of students' dietary intake

Assessment parameters	Actual dietary intake of male students, Me (25%; 75%)	Percentage of normal physiological requirements for men [15]	Actual dietary intake of female students, Me (25%; 75%)	Percentage of normal physiological requirements for women [15]	Significance of differences by sex
Energy value, kcal	2950.3 (1974.4; 3455.2)	107.3	2390.9 (1355.5; 3022.4)	108.7	$p < 0.05^*$
Protein, g	70.5 (54.0; 97.1)	79.2	68.3 (50.1; 91.7)	94.9	$p = 0.06$
Fat, g	100.4 (79.6; 127.0)	109.1	88.6 (70.4; 115.1)	121.4	$p < 0.05^*$
Carbohydrates, g	412.3 (358.8; 479.5)	105.2	326.2 (298.3; 366.2)	103.9	$p < 0.001^*$

* Significant differences in the energy value and macronutrient composition of students' dietary intake.

Table 3. Bioimpedance analysis of students' body composition (M ± m)

Parameters	1st–2nd years		3th–4th years		5th–6th years	
	Females	Males	Females	Males	Females	Males
Basal metabolism, kcal/day	1347.48±8.98	1744.94±27.79	1376.78±8.54	1801.22±23.70	1359.89±12.03	1766.86±33.88
Significance of differences by sex	$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$	
Fat mass, kg	19.82±0.85	17.97±2.21	22.47±0.89	22.35±1.51	22.07±1.43	25.66±3.19
Significance of differences by sex	$p = 0.35$		$p = 0.942$		$p = 0.246$	
Lean mass, kg	41.66±0.45	60.01±1.35	43.14±0.41	61.12±0.90	42.99±0.58	61.80±1.60
Significance of differences by sex	$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$	
Active cell mass, kg	23.16±0.28	35.74±0.87	24.08±0.27	37.52±0.75	23.55±0.38	36.42±1.07
Significance of differences by sex	$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$	
Skeletal muscle mass, kg	20.14±0.23	32.27±0.62	20.74±0.20	32.14±0.44	20.59±0.31	31.81±0.74
Significance of differences by sex	$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$	
Total body water, kg	30.51±0.32	43.94±0.98	31.58±0.30	44.73±0.66	31.47±0.43	45.24±1.17
Significance of differences by sex	$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$		$p < 0.001^*$	

* Significant differences in the mean values of the body composition of university students.

percentile range. It is noteworthy that 79.1% of participants who consume confectionery products daily have external eating behaviors.

DISCUSSION

An analysis of the dietary intake of students showed certain food pattern disturbances in specific product categories, including meat, dairy products, as well as vegetables and fruit. Nutritional assessments of students at the Astrakhan State Medical University and the Ogaryov Mordovian State University had the same findings [10, 18]. Eating disorders in students, particularly those attending medical universities, are likely due to violations of daily and nutritional routines

caused by high workloads and a lack of time for meal preparation and consumption.

Disrupting the food pattern may result in quantitative and qualitative dietary deficiencies and macronutrient imbalance. A comparison of the results with data from similar recent studies shows that the dietary patterns of medical students differ significantly by region. An assessment of the diets of Ryazan State Medical University's undergraduate students shows significant dietary deficiencies, mainly due to low carbohydrate consumption, as well as protein and fat deficiencies [1]. Most studies show protein deficiency in the diet [2, 4, 18].

Furthermore, the BMI assessment differ from data from other recent studies of the nutritional status of university

students. In a study conducted by the Omsk State Medical University, 63.27% of participants had a normal body weight, 36.73% were overweight, and no one was underweight [19]. Studies at the Astrakhan State Medical University showed the following percentages of normal body weight, overweight, and low body weight: 76.9% and 75.0%; 9.6% and 16.7%; and 8.3% and 13.5% for females and males, respectively [2]. Similar results were obtained when assessing the BMI of students at the Ogaryov Mordovian State University, where 70.64% of students had a normal BMI, 19.83% had a high BMI, and 9.53% had a low BMI [18].

The differences in dietary intake assessments and BMI in medical university students may be due to regional differences in the training, nutrition, and fitness of this group. These differences may also be due to different study designs (such as the number of participants, tools, and statistical methods) and require further study.

A study of the body composition of medical students at the Far Eastern Federal University showed that 26.0% of students had a high body fat percentage and 46.2% had a high fat mass in kilograms. Age-related changes were also observed [20]. The same study found that the students were physically inactive, which is confirmed by other Russian studies [21, 22].

Eating behavior of university students is important for the entire healthcare system and the individual prevention of nutritional and metabolic disorders, which are gradually increasing in the Russian Federation.⁴ Eating behavior is one of the triggers promoting metabolic and eating disorders. Thus, it is a relevant and informative indicator of a person's nutritional status. The assessment of eating behavior helps identify motivational factors affecting dietary intake, build a nutritional model, and manage the identified disorders. Research conducted on university students shows that nearly half (45.58%) of participants have specific eating behaviors. The most common type is mixed with one in three participants (33.32%) has a combination of restrictive and external or emotigenic types [19]. Each eating behavior poses specific long-term risks. The emotigenic type may lead to stress-induced overeating, resulting in excessive caloric intake. Consequently, this may result in overweight and related disorders. The external type leads to a diet dominated by quick snacks with high organoleptic qualities and low nutritional value and bioavailability, especially confectionery and fast food, if there is not enough time for a full meal. Restrictive eating behavior is characterized by tight dietary restrictions followed by periods of emotional eating, which affects body weight and quality of life. However, the correlation between different eating behaviors and BMI is not consistently observed in all studies. This inconsistency may be explained by the influence of other factors on the results,

such as anxiety disorders, general health status, and hormonal status [19, 23, 24].

CONCLUSION

The study showed an unfavorable nutritional status in medical university students.

The analysis of dietary intake revealed nutritional deficiencies in the basic product groups and macronutrient deficiency in the diet (protein deficiency with an excess of carbohydrates and fats), which leads to excessive caloric intake. Medical students often disregard their dietary routines due to their demanding academic schedules and limited time, resulting in the consumption of fast food and confectionery snacks.

Additionally, the imbalanced diet is exacerbated by low physical activity in students, which positively correlates with BMI.

The relationship between BMI and eating behavior was revealed; students without a specific eating behavior had a normal body weight; students with external or emotigenic eating behaviors had a high average BMI; and students with the restrictive eating behavior had a low BMI. The external eating behavior was also observed in most students who consumed confectionery on a daily basis.

A comparison of the results with data from recent Russian studies showed that, despite the generally unfavorable dietary patterns of medical students, there are regional differences in nutritional status.

Due to the high prevalence of diseases associated with eating and metabolic disorders in the Russian Federation, as well as the global pandemic of overweight and obesity, this study emphasizes the need for preventive programs aimed at ensuring a healthy lifestyle for students. Educational institutions, where students spend most of their time, play a key role in this process. A comprehensive solution is required that includes improving students' nutrition, creating conditions to encourage adequate physical activity, and providing psychological support to reduce overall stress and prevent eating disorders.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. O.V. Sazonova — concept and design of the study; R.V. Hamtsova — data collection, processing, and data analysis; M.Yu. Gavryushin — data analysis, writing the text, editing; S.R. Trubetskaya — statistical processing of the material, editing; S.Yu. Tokareva — data collection, synthesis, structuring, and processing. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Ethics approval. The study was approved by the Ethics Committee of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher

⁴ Federal State Statistics Service. Healthcare. Incidence of socially significant diseases among the population. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> Date of access: 12/15/2024.

Education SamSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation in accordance with Protocol No. 297 dated 11/20/2024.

Consent for publication. Written consent was obtained from all the study participants before the study screening in according to the study protocol approved by the local ethic committee.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure of interests. The authors declare that they have no competing interests.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. О.В. Сазонова — концепция и дизайн исследования, редактирование статьи; Р.В. Хамцова — сбор и обработка, анализ данных; М.Ю. Гаврюшин — анализ данных, написание текста, редактирование; С.Р. Трубецкая — статистическая обработка материала, редактирование; С.Ю. Токарева — сбор,

обобщение, структурирование и обработка данных. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Этическая экспертиза. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России в соответствии с протоколом № 297 от 20.11.2024.

Информированное согласие на участие в исследовании. Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

REFERENCES | СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Chudin NV, Rakitina IS, Dement'ev AA. Nutrient composition of the diet of junior students of a medical university. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2020;(2):16–20. doi: 10.35627/2219-5238/2020-323-2-16-20 EDN: YHHAEL
- Antonova AA, Yamanova GA, Musaeva AE, et al. An analysis of eating behaviour in college-age youth. *International Research Journal*. 2021;(8-2):64–66. doi: 10.23670/IRJ.2021.110.8.048 EDN: ROAUDT
- Karyotaki E, Cuijpers P, Albor Y, et al. Sources of stress and their associations with mental disorders among college students: results of the world health organization world mental health surveys international college student initiative. *Front Psychol*. 2020;11:1759. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01759
- Makarova IO, Popov VI, Choporov ON. Assessment of the actual nutrition of students of Voronezh Medical University. *Russian Medicine*. 2024;30(2):122–131. doi: 10.17816/medjrf622923 EDN: MQGPSE
- Podrigalo LV, Yermakov SS, Rovnaya OA, et al. Features of students' nutrition as a factor influencing health. *Human. Sport. Medicine*. 2019;19(4):103–110. doi: 10.14529/hsm190412 EDN: WWFBHS
- Gafurov SD, Gafurova SS, Jusufov SF, Ahmedova AR. The study of rational nutrition of students. *Science Problems*. 2023;(1):74–78. (In Russ.) doi: 10.24411/2413-2101-2023-10101 EDN: LPWMLF
- Rozanov VA, Laskaja DA, Radionov DS, Ruzhenkova VV. Psychosocial stress and its consequences among modern university students: the megalopolis factor. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(11):805–820. doi: 10.17816/humeco622862 EDN: DQOUPY
- Skoblina NA, Milushkina OYu, Tatarinchik AA, Fedotov DM. The hygienic problems of usage information and communication technology by schoolchildren and students. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2017;9(294):49–51. doi: 10.35627/2219-5238/2017-294-9-52-55 EDN: ZJUBFT
- Maksinev DV. Nutritional features of medical students and their awareness in the prevention of alimentary diseases. *The Scientific Heritage*. 2021;(73-2):15–22. doi: 10.24412/9215-0365-2021-73-2-15-22 EDN: LWSIBS
- Devrishov RD, Dauletova LA, Gelachev MG. A hygienic assessment of the daily routine and diet of medical university students. *International Research Journal*. 2021;(12-2):156–159. doi: 10.23670/IRJ.2021.114.12.063 EDN: HXWIJO
- Kazimov MA, Aliyeva RKh, Kazimova VM. Evaluation of physical development and nutrition of medical students. *The Siberian Medical Journal*. 2018;33(2):90–96. doi: 10.29001/2073-8552-2018-33-2-90-96 EDN: XTXQEH
- De Jesus MJRM, Fabian LN, Javeluna JC, et al. Nutritional knowledge and dietary habits of student-athletes in a state university: towards a contextualized nutrition education plan. *IJMABER*. 2023;4(9):3141–3163. doi: 10.11594/ijmaber.04.09.08
- Strien TV, Frijters JE, Bergers GP, Defares PB. The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) for assessment of restrained, emotional, and external eating behavior. *Int J Eating Disord*. 1986;5(2):295–315. doi: 10.1002/1098-108X(198602)5:2<295::AID-EAT2260050209>3.0.CO;2-T
- Certificate of the Russian Federation on the state registration of a computer program N 2018616124. 05/23/2018. Byul. N 6. Baturin AK, Martinchik A N, Gorbachev DO, et al. *The software package for the assessment of actual nutrition "Nutri-prof"*. Available from: https://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2018616124&TypeFile=html (In Russ.) EDN: BOKVED
- Norms of physiological energy and nutritional requirements for various population groups of the Russian Federation: methodological recommendations MP 2.3.1.0253-21. Moscow; 2021. 57 p. (In Russ.)
- Chepel TV, Lадnaya AA. Bioimpedancemetry: achievements and clinical possibilities (literature review). *Far Eastern Medical Journal*. 2020;(2):87–96. doi: 10.35177/1994-5191-2020-2-86-95 EDN: QUAUBV
- Rudnev SG, Soboleva NP, Sterlikov SA, et al. *Bioimpedance study of the body composition of the Russian population*. Moscow: RIO TSNIOIZ; 2014. 493 p. (In Russ.) EDN: TDSYFP
- Kitaeva LI, Chegodaeva IY, Chernova NN. Hygienic assessment of actual nutrition of medical students. *Ogarev-online*. 2020;(1):5. EDN: GGYAWN
- Livzan MA, Ljaljukova EA, Halashte AA., et al. Eating behavior of young adults. *Lechaschi Vrach*. 2023;26(7-8):30–35. doi: 10.51793/OS.2023.26.8.005 EDN: XVCFFY
- Khablova AA, Bondar' GN, Kiku PF. Assessment of the health of medical students. *Health Care of the Russian Federation*. 2020;64(3):132–138. doi: 10.46563/0044-197X-2020-64-3-132-138 EDN: MNGLXS
- Zotova FR, Hamidullina GF, Bubyakina EV, et al. Motives and obstacles to physical activity in university students. *Science and Sport: Modern Tendencies*. 2023;11(S):103–114. doi: 10.36028/2308-8826-2023-11-S-103-114 EDN: POPAST
- Snigirev AS, Malkov MN, Nikolaev AYU, Loginov SI. Student physical activity depending on gender and age. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*. 2020;(11):101–102. EDN: UZROOS
- Kontinen H, Mdnisto S, Sarlio-Ldhteenkorva S, et al. Emotional eating, depressive symptoms and self-reported food consumption. A population-based study. *Appetite*. 2010;54(3):473–479. doi: 10.1016/j.appet.2010.01.014
- Ozier AD, Kendrick OW, Leeper JD, et al. Overweight and obesity are associated with emotion- and stress-related eating as measured by the eating and appraisal due to emotions and stress questionnaire. *J Am Diet Assoc*. 2008;108(1):49–56. doi: 10.1016/j.jada.2007.10.011

AUTHORS' INFO

*** Mikhail Yu. Gavryushin**, MD, Cand. Sci. (Medicine),
Assistant Professor;
address: 89 Chapayevskaya st, Samara, Russia, 443099;
ORCID: 0000-0002-0897-7700;
eLibrary SPIN: 6636-4448;
e-mail: m.yu.gavryushin@samsmu.ru

Olga V. Sazonova, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
ORCID: 0000-0002-4130-492X;
eLibrary SPIN: 1789-6104;
e-mail: o.v.sazonova@samsmu.ru

Regina V. Hamtsova;
ORCID: 0000-0002-6747-5954;
eLibrary SPIN: 2606-0123;
e-mail: r.v.hamtsova@samsmu.ru

Sabrina R. Trubetskaya;
ORCID: 0000-0003-4988-3441;
eLibrary SPIN: 2590-6158;
e-mail: s.r.trubetskaya@samsmu.ru

Sophia Yu. Tokareva;
ORCID: 0009-0004-9410-0738;
e-mail: tokareva_sofa002@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

*** Гаврюшин Михаил Юрьевич**, канд. мед. наук,
доцент;
адрес: Россия, 443099, Самара, ул. Чапаевская, д. 89;
ORCID: 0000-0002-0897-7700;
eLibrary SPIN: 6636-4448;
e-mail: m.yu.gavryushin@samsmu.ru

Сазонова Ольга Викторовна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-4130-492X;
eLibrary SPIN: 1789-6104;
e-mail: o.v.sazonova@samsmu.ru

Хамцова Регина Викторовна;
ORCID: 0000-0002-6747-5954;
eLibrary SPIN: 2606-0123;
e-mail: r.v.hamtsova@samsmu.ru

Трубецкая Сабрина Рустамовна;
ORCID: 0000-0003-4988-3441;
eLibrary SPIN: 2590-6158;
e-mail: s.r.trubetskaya@samsmu.ru

Токарева София Юрьевна;
ORCID: 0009-0004-9410-0738;
e-mail: tokareva_sofa002@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642712>

EDN: VAYXJS

Оценка элементного дисбаланса у женщин зобно-эндемичного региона

Е.М. Степанова, Е.А. Луговая

Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Актуальность обусловлена наличием на северной территории (Магадан) постоянного очага зобной эндемии. Зобная эндемия рассматривается как проявление региональных биогеохимических дезадаптаций, где основная роль в развитии гиперплазии отводится воздействию экологических стромогенов и дисбалансу макро- и микро-элементов.

Цель. Оценка элементного дисбаланса посредством интегрального показателя — коэффициента степени адаптированности элементной системы организма молодых женщин в фазе наивысшей репродуктивной активности в зависимости от уровня сывороточного тиреотропного гормона.

Материалы и методы. Содержание 25 макро- и микроэлементов в волосах определяли спектрометрическим методом, уровень содержания тиреотропного гормона — иммунохемилюминесцентным методом с использованием парамагнитных частиц.

Результаты. Характер элементного дисбаланса в группах женщин с низко- и высококонормальным уровнем сывороточного тиреотропного гормона имеет общие черты в части набора элементов в дефиците, однако общая суммарная частота дефицита значительно различается: наибольшая в группе женщин с низкоконормальным уровнем сывороточного тиреотропного гормона — 323% против 203% у женщин с высококонормальным показателем. Избытки элементов встречаются в единичных случаях, в основном в группе с высококонормальным уровнем тиреотропного гормона.

Заключение. Полученные данные позволяют выделить в числе подходов к оценке элементного статуса организма человека при различных функциональных состояниях и рисках коэффициент степени адаптированности системы как информативный маркер внутри- и межсистемных элементных перестроек, который в группе с низкоконормальным уровнем тиреотропного гормона составил 86,50 усл. ед., что несколько выше значения в группе с высококонормальным содержанием тиреотропного гормона — 75,33 усл. ед.

Ключевые слова: макроэлементы; микроэлементы; дисбаланс; адаптационный потенциал; Север.

Как цитировать:

Степанова Е.М., Луговая Е.А. Оценка элементного дисбаланса у женщин зобно-эндемичного региона // Экология человека. 2024. Т. 31, № 8. С. 608–617. DOI: 10.17816/humeco642712 EDN: VAYXJS

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642712>

EDN: VAYXJS

Assessment of elemental imbalance in women from a goiter-endemic region

Evgenia M. Stepanova, Elena A. Lugovaya

Research Center "Arktika" Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The presence of a persistent goiter endemic in the northern region of Russian Federation (Magadan) highlights the significance of this study. Endemic goiter is considered a manifestation of regional biogeochemical maladaptation, where the primary role in thyroid hyperplasia development is attributed to environmental goitrogens and macro- and microelement imbalances.

AIM: To evaluate elemental imbalance using an integral indicator, which is the adaptation coefficient of the body's elemental system, in young women at peak reproductive age, depending on their serum thyroid-stimulating hormone (TSH) levels.

MATERIALS AND METHODS: The concentrations of 25 macro- and microelements in hair samples were determined using a spectrometric method. Serum TSH levels were measured using an immunochemiluminescent method with paramagnetic particles.

RESULTS: The pattern of elemental imbalance in women with low-normal or high-normal TSH levels is similar in terms of elemental deficiencies. However, the total deficiency rate differed significantly, reaching 323% in the low-normal TSH group and 203% in the high-normal TSH group. Elemental excesses were rare and primarily found in the high-normal TSH group.

CONCLUSION: The obtained data highlight the adaptation coefficient of the body's elemental system as an informative marker of intra- and intersystem elemental shifts in assessing various functional states and risks. In the low-normal TSH group, this coefficient was 86.50 conventional units, slightly exceeding the value observed in the high-normal TSH group — 75.33 conventional units.

Keywords: macroelements; microelements; imbalance; adaptive potential; North.

To cite this article:

Stepanova EM, Lugovaya EA. Assessment of elemental imbalance in women from a goiter-endemic region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):608–617. DOI: 10.17816/humeco642712 EDN: VAYXJS

Received: 10.12.2024

Accepted: 10.02.2025

Published online: 20.02.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642712>

EDN: VAYXJS

对地方性甲状腺肿病区女性的元素失衡评估

Evgenia M. Stepanova, Elena A. Lugovaya

Research Center "Arktika" Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

摘要

论证。由于俄罗斯北部（Magadan）长期存在地方性甲状腺肿病区，该现象的研究尤为重要。地方性甲状腺肿被视为区域性生物地球化学失调的表现，其主要诱因包括环境甲状腺肿诱导物的作用以及宏量和微量元素的失衡。

目的。通过整合指标——元素系统适应指数，评估处于生育高峰期的年轻女性机体元素系统的失衡情况，并分析其与血清促甲状腺激素（TSH, thyroid stimulating hormone）水平的关系。

材料与方法。采用光谱分析法测定头发样本中25种宏量和微量元素的含量，促甲状腺激素水平采用基于顺磁性颗粒的化学发光免疫测定法进行检测。

结果。在血清TSH水平处于低正常和高正常范围的女性群体中，元素失衡的特征在缺乏元素的组成上具有相似性，但元素缺乏的总发生率存在显著差异：TSH水平处于低正常范围的女性群体中，元素缺乏的总发生率最高，为323%；而在高正常范围的女性群体中，该数值为203%。元素过量现象较为罕见，主要发生于TSH水平较高的群体。

结论。研究结果表明，在评估人体元素状态于不同功能状态和健康风险下的各种方法中，元素系统适应指数可作为衡量体内及系统间元素重组的有效标志物。在TSH水平处于低正常范围的女性群体中，该指数为86.50（单位），略高于TSH水平处于高正常范围的女性群体（75.33单位）。

关键词：宏量元素；微量元素；元素失衡；适应能力；北部。

引用本文：

Stepanova EM, Lugovaya EA. 对地方性甲状腺肿病区女性的元素失衡评估. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):608–617.
DOI: 10.17816/humeco642712 EDN: VAYXJS

收到: 10.12.2024

接受: 10.02.2025

发布日期: 20.02.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Изучение элементного портрета населения, проживающего в разных биогеохимических провинциях, не теряет своей актуальности из года в год. Особый интерес представляет элементный статус жителей экстремальных северных территорий нашей страны, где на его формирование оказывает влияние целый ряд факторов окружающей среды: фотопериодизм, частые колебания атмосферного давления, электромагнитные возмущения, холод, воздействия ветра, тяжёлый аэродинамический режим, низкое содержание минеральных солей и жизненно важных биоэлементов в водах питьевого назначения, бедный минеральный состав подзолистых почв, что приводит к раннему появлению нарушений в состоянии здоровья и формированию экологически обусловленных заболеваний у населения [1–10].

Установлено, что совокупность северных факторов активизирует гормонально зависимые параметры, определяющие энергетический обмен [11, 12]. Медико-биологическими исследованиями показано, что в регионах Севера организм человека отличается своеобразным эндокринным фоном.

В Магаданской области природно-обусловленный дефицит йода является актуальной проблемой, уровень его поступления из воды и продуктов местного происхождения не обеспечивает физиологическую потребность населения и приводит к различным йоддефицитным заболеваниям. Болезни, связанные с дефицитом йода в организме человека, составляют значительную часть от всех болезней эндокринной системы. При этом зобная эндемия рассматривается как проявление региональных биогеохимических дезадаптаций, где основная роль в развитии гиперплазии отводится воздействию экологических стромогенов и дисбалансу макро- и микроэлементов [13–16].

Цель исследования. Оценка элементного дисбаланса посредством интегрального показателя — коэффициента степени адаптированности элементной системы организма молодых женщин в фазе наивысшей репродуктивной активности в зависимости от уровня сывороточного тиреотропного гормона (ТТГ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено перекрёстное неконтролируемое исследование в весенний период года, в котором приняли участие молодые женщины (средний возраст $27,28 \pm 0,23$ года), уроженки Магадана 1-го или 2-го поколения, европеоиды, без соматических заболеваний, с индексом массы тела в пределах нормы ($16,7\text{--}24,6 \text{ кг/м}^2$), что позволило включить их в группу предварительного анализа.

Из общего числа обследуемых выделены две группы: 1-я ($n=30$) — женщины со значениями ТТГ $0,5\text{--}2,0 \text{ мМЕ/л}$ (низконормальный уровень), 2-я ($n=25$) — женщины

со значениями ТТГ $2,1\text{--}4,2 \text{ мМЕ/л}$ (высоконормальный уровень).

Критериями исключения из исследования являлись эндокринные и гинекологические заболевания, обострение хронических заболеваний, приём гормональных контрацептивов, препаратов, влияющих на функцию щитовидной железы, беременность, кормление грудью, отсутствие добровольного информированного согласия на участие в исследовании.

При анкетировании фиксировали возраст, социальное положение, место рождения и срок проживания на Севере, определяли антропометрические данные (длину и массу тела), физиологическое состояние (стадия менструального цикла, наступление менархе, длительность менструального цикла). Отмечали также некоторые социально значимые факторы, способные вызвать стромогенный эффект (например, профессиональные занятия спортом, курение и его стаж), что также являлось фактором исключения из выборки.

Забор волос для анализа на содержание в организме макро- и микроэлементов осуществляли на базе Научно-исследовательского центра «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук. Волосы состригали с затылочной части головы от корня на длину 2 см и в количестве не менее 0,1 г. В образцах волос оценивали содержание 25 макро- и микроэлементов: алюминия (Al), мышьяка (As), бериллия (Be), кальция (Ca), кадмия (Cd), кобальта (Co), хрома (Cr), меди (Cu), железа (Fe), ртути (Hg), йода (I), калия (K), лития (Li), магния (Mg), марганца (Mn), молибдена (Mo), натрия (Na), никеля (Ni), фосфора (P), свинца (Pb), селена (Se), кремния (Si), олова (Sn), ванадия (V), цинка (Zn). Аналитическое исследование проводили методами атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной аргонной плазмой (АЭС-ИСП) согласно МУК 4.1.1482-03 на приборе Optima 2000 DV (PerkinElmer, США) в ООО «Микронутриенты» (Москва).

Методика определения в биосубстратах макро- и микроэлементов методом АЭС-ИСП основана на окислительно-кислотной «мокрой» минерализации проб исследуемых биосубстратов и последующем разложении их на требуемые химические элементы методом АЭС-ИСП с использованием в качестве источника возбуждения высокочастотной индуктивно-связанной аргонной плазмы. Оперативный контроль качества осуществляли путём анализа испытуемых проб и стандартного образца, химический состав которого не должен был отличаться от состава испытуемой пробы настолько, чтобы потребовалось изменить методику анализа. При оценке полученных величин содержания макро- и микроэлементов в биосубстратах использовали диапазоны, предлагаемые А.В. Скальным и соавт. в качестве границ нормы [17]. Полученные значения сравнивали с региональными показателями содержания макро- и микроэлементов в организме жителей Магадана [18].

Протокол обследования одобрен комиссией по биоэтике Института биологических проблем Севера Дальневосточного отделения Российской академии наук (протокол № 001/020). Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013 г.) и ФЗ № 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011, ФЗ № 152 «О персональных данных» от 27.07.2006. До включения в исследование от всех испытуемых получено письменное информированное согласие о добровольном участии в работе.

Статистическую обработку данных проводили стандартными методами с использованием IBM SPSS Statistics v/21.0 [19, 20]. Характер распределения массива значений содержания химических элементов определяли методом Колмогорова–Смирнова. Для установления различий между двумя независимыми выборками по количественным показателям применяли критерий Манна–Уитни. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принимали при $p < 0,05$. Параметры описательной статистики для количественных показателей приведены в виде медианы (Me), выборочного среднего (M), выборочного стандартного отклонения (σ), процентильных интервалов (25%, 75%).

Элементный портрет женщин с разным уровнем сыровоточного ТТГ представлен в виде формул элементного дисбаланса, где в числителе указаны элементы с избыточными значениями, в знаменателе — с дефицитными.

Показатель степени адаптированности элементной системы организма к условиям окружающей среды (A) на фоне низконормального и высоконормального уровня сыровоточного ТТГ рассчитывали по формуле на основе значений коэффициентов корреляции, определённых с помощью ранговой корреляции Спирмена:

$$A = \frac{n \times \sum K_k}{N},$$

где A — степень адаптированности (усл. ед.), n — количество корреляционных связей между элементами с коэффициентом корреляции 0,5 и более, $\sum K_k$ — сумма коэффициентов корреляции без учёта знака, N — число микроэлементов, объединённых в плеяды [21]. Плеяды были построены по принципу расположения в ядре тех элементов, с которыми (и между которыми) образовано наибольшее количество связей. При этом общее число параметров в плеяде должно было быть не менее четырёх.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Значения показателей элементного профиля женщин северянок репродуктивного возраста приведены в табл. 1.

Анализ полученных абсолютных значений концентраций 25 макро- и микроэлементов не выявил статистически значимых различий в зависимости от уровня в организме сыровоточного ТТГ. Медиана концентрации значительного числа элементов в обеих группах отличалась

от региональных показателей содержания макро- и микроэлементов в организме жителей Магадана: As, K, P — выше 75-го процентиля, Co, Cr, V — ниже 25-го процентиля, но в большинстве соответствовала референсным лабораторно-диагностическим величинам.

Характер элементного дисбаланса в группах женщин с низко- и высоконормальным уровнем сыровоточного ТТГ имеет общие черты в части набора элементов в дефиците, однако общая суммарная частота дефицита значительно различается: наибольшая она в группе женщин с низконормальным уровнем сыровоточного ТТГ (323%) против 203% у женщин с высоконормальным показателем ТТГ. Избытки элементов встречаются в единичных случаях и в основном в группе с высоконормальным уровнем ТТГ (табл. 2).

На основе анализа выявленных корреляционных связей для оценки элементного дисбаланса у женщин зобно-эндемичного региона применяли подход, предложенный в работе Р.М. Баевского и соавт. [21], неоднократно используемый ранее в наших работах и в работах других авторов [22–24], с расчётом показателя степени адаптированности функциональной системы организма, к которой мы отнесли так называемую элементную систему — набор из 25 макро- и микроэлементов, представляющий собой стандартный комплекс химических элементов, определяемый спектрометрическими методами для оценки обеспеченности организма эссенциальными элементами. Показатель степени адаптированности в группе женщин с низконормальным уровнем ТТГ составил 86,50 усл. ед., что было несколько выше значения в группе женщин с высоконормальным содержанием ТТГ — 75,33 усл. ед.

Для отражения структуры связей, на основе которых рассчитан коэффициент адаптированности, построили корреляционные плеяды тиреоспецифических элементов для каждой группы (рис. 1).

Все выявленные корреляционные связи в системе тиреоспецифических макро- и микроэлементов прямые, разной силы взаимного влияния, значимые на уровне 0,05, за исключением пар элементов Ca/Mg, Ca/Mn, Cr/Mo, Mg/Mn в 1-й группе и Ca/I, Ca/Fe, Fe/I, Fe/Zn, I/Zn — во 2-й группе, с уровнем статистической значимости $p=0,01$ (табл. 3).

Корреляционные матрицы элементной плеяды различаются в группах с разным уровнем сыровоточного ТТГ. Общими являются корреляционные пары Ca/Fe, Ca/Cu, Ca/I, Ca/Mg, Ca/Mn, Co/Mn, Cr/Mo, Fe/I.

ОБСУЖДЕНИЕ

В проведённом Е.М. Степановой исследовании [25] проанализировано структурно-функциональное состояние щитовидной железы жительниц Магадана репродуктивного возраста, не имеющих установленной патологии щитовидной железы и проживающих в зоне вторичного йодного дефицита. У 32% лиц отмечен высоконормальный уровень ТТГ со статистически значимым снижением

интегрального тиреоидного индекса и индекса соответствия функции щитовидной железы функции гипофиза, что позволило предположить в этой группе минимальную тиреоидную недостаточность, раннюю по срокам возникновения и наиболее лёгкую по степени тяжести, на фоне меньших по сравнению с показателями у женщин с низконормальным уровнем ТТГ значений концентрации сывороточной фракции свободного Т4, указывающих на снижение процессов периферической конверсии йодтиронинов у лиц с более высокими уровнями ТТГ.

В настоящем исследовании интерес представлял элементный статус женщин возраста наивысшей репродуктивной активности (20–34 лет) в зависимости от уровня сывороточного ТТГ в организме (высоконормальный

Таблица 1. Значения статистических показателей элементного профиля женщин репродуктивного возраста Магадана, мкг/г сухой массы

Table 1. Values of statistical indicators of the elemental profile of reproductive women in Magadan, mcg/g of dry weight

Микро-эле-менты Trace ele-ments	1-я группа Group 1					2-я группа Group 2					Референсные пределы Reference range		p
	Me	M	σ	25%	75%	Me	M	σ	25%	75%	Границы нормы [17] Range for norm [17] (25–75%)	Региональ- ные зна- чения [18] Regional level [18] (25–75%)	
Макроэлементы Macronutrients													
Ca	261,00	254,00	151,18	149,50	449,50	430,00	572,29	479,12	281,00	1426,00	250,00–4000,00	257,36–761,49	0,062
K	300,00	322,00	151,18	193,50	442,50	298,00	353,63	175,09	234,00	419,75	30,00–1000,00	17,09–76,84	0,600
Mg	37,00	41,69	26,83	25,00	48,50	52,50	103,00	101,85	28,75	177,00	25,00–500,00	21,34–68,27	0,243
Na	59,00	112,13	108,45	36,00	189,00	65,50	160,13	174,59	29,25	324,75	30,00–2500,00	40,65–184,43	0,930
P	170,00	168,06	36,54	143,00	193,50	171,50	176,88	28,80	147,25	209,50	120,00–250,00	137,35–165,73	0,771
Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы Essential and conditionally essential trace elements													
As	0,13	0,12	0,03	0,10	0,15	0,14	0,14	0,03	0,10	0,16	<1,00	0,04–0,06	0,398
Be	0,0006	0,0008	0,0005	0,0004	0,0012	0,0010	0,0016	0,0017	0,0006	0,0024	<0,005	0,00–0,01	0,320
Co	0,005	0,009	0,008	0,0047	0,012	0,008	0,017	0,022	0,0049	0,057	0,004–0,300	0,01–0,02	0,281
Cu	9,20	9,26	2,95	7,70	11,50	9,20	8,76	2,26	7,95	10,75	9,00–50,00	8,46–11,55	0,953
Cr	0,085	0,096	0,043	0,072	0,108	0,088	0,184	0,246	0,065	0,156	0,04–1,00	0,23–0,53	0,861
Fe	17,00	18,79	9,82	11,00	26,00	16,50	21,00	13,21	15,00	44,50	7,00–70,00	14,21–29,69	0,431
I	0,688	0,878	0,689	0,29	1,35	0,757	1,04	0,93	0,24	1,76	0,15–10,00	0,30–1,05	0,793
Li	0,019	0,020	0,009	0,013	0,029	0,030	0,032	0,020	0,01	0,051	<0,10	0,01–0,02	0,200
Mn	0,349	0,738	0,706	0,26	1,18	0,676	0,977	0,840	0,33	1,96	0,25–7,00	0,43–1,66	0,322
Mo	0,028	0,03	0,009	0,023	0,039	0,031	0,033	0,011	0,025	0,036	0,015–0,100	Нет данных No data avail- able	0,732
Ni	0,13	0,18	0,08	0,12	0,26	0,16	0,26	0,24	0,11	0,29	<2,00	0,11–0,31	0,907
Se	0,442	0,424	0,164	0,26	0,57	0,599	0,535	0,241	0,43	0,51	0,20–2,00	0,26–0,48	0,116
Si	19,00	18,82	2,85	17,50	20,50	18,00	18,63	1,22	18,00	19,75	11,00–70,00	17,40–46,15	0,743
V	0,010	0,012	0,007	0,007	0,012	0,010	0,018	0,018	0,009	0,018	0,005–0,100	0,02–0,08	0,322
Zn	180,00	200,53	72,16	147,00	243,50	195,00	307,63	291,91	154,00	301,50	140,00–500,00	154,52–211,68	0,541
Токсичные элементы Toxic elements													
Al	3,60	4,23	2,44	2,55	5,05	4,35	4,69	2,11	3,05	8,33	<25,00	4,37–13,82	0,256
Cd	0,003	0,004	0,002	0,002	0,005	0,0025	0,0061	0,0078	0,002	0,008	<0,25	0,00–0,02	0,859
Hg	0,318	0,365	0,242	0,15	0,48	0,145	0,213	0,191	0,11	0,22	<1,00	0,30–0,67	0,062
Sn	0,046	0,297	0,803	0,023	0,088	0,11	0,36	0,45	0,021	0,758	<3,00	0,04–0,20	0,415
Pb	0,04	0,072	0,059	0,034	0,102	0,043	0,11	0,16	0,028	0,108	<5,00	0,09–0,33	0,771

Таблица 2. Встречаемость элементного дисбаланса в организме женщин репродуктивного возраста с разным уровнем сывороточного тиреотропного гормона, проживающих в Магадане, %

Table. 2. Frequency of elemental imbalance in the body of reproductive women with different levels of serum thyroid-stimulating hormone living in Magadan, %

Группа Group	Встречаемость элементного дисбаланса Frequency of elemental imbalance
1-я	Fe(6)
	Cu(65)Ca(53)Co(41)Mg(35), Mn, Na, Zn(29), Se(18)I, P(12)
2-я	Al(6)Be(6)Co(6)Fe(6)Se(13)Zn(6)
	Cu(75)Mg, Na(25)Ca, Co, I, Mn, Se, Zn(13)

и низконормальный уровень), а также различается ли минералограмма организма женщин в зависимости от уровня сывороточного ТТГ. На стадии формирования научной гипотезы предполагалось, что у женщин с признаками

минимальной тиреоидной недостаточности, ранней по срокам возникновения и наиболее лёгкой по степени тяжести, будет выявлен глубокий дефицит тиреотропных элементов, ассоциированный с пониженной функцией щитовидной железы. Однако полученные нами данные свидетельствуют об обратном: больший процент элементного дефицита обнаружен в 1-й группе обследованных женщин на фоне низконормальной концентрации в организме ТТГ.

При высоконормальном уровне ТТГ наблюдаются признаки минимальной тиреоидной недостаточности, что влечёт за собой снижение уровня метаболизма и компенсаторно тормозит элиминацию макро- и микроэлементов из организма до тех пор, пока функциональные резервы сдерживают срыв адаптации.

На фоне общего дефицитного профиля при низконормальном уровне сывороточного ТТГ выявлена наибольшая частота недостаточного содержания Ca у 53% женщин, Co — у 41%, Mg — у 35%, Zn — у 29%, Mn — у 29%, Se — у 18%, дефицит йода выражен незначительно и соотносим в обеих группах. При этом дефицит тиреоспецифических

Таблица 3. Корреляционные связи пар тиреоспецифических макро- и микроэлементов у женщин репродуктивного возраста

Table. 3. Correlations of pairs of macro- and microelements involved in thyroid performance regulation in reproductive women

1-я группа Group 1			2-я группа Group 2		
Связь МЭ/МЭ ($r \geq 0,5$) ME/ME correlation ($r \geq 0,5$)	r	p	Связь МЭ/МЭ ($r \geq 0,5$) ME/ME correlation ($r \geq 0,5$)	r	p
Ca/Fe	0,655	0,01	Ca/Fe	0,862	0,01
Ca/I	0,520	0,05	Ca/I	0,738	0,01
Ca/Mg	0,748	0,01	Ca/Mg	0,810	0,01
Ca/Mn	0,718	0,01	Ca/Mn	0,786	0,05
Ca/Co	0,601	0,05	Ca/Zn	0,810	0,05
Ca/Cu	0,602	0,05			
Co/Mn	0,519	0,05	Co/Mn	0,810	0,05
Co/Fe	0,590	0,05	Co/Cu	0,731	0,05
Co/Mg	0,497	0,05	Co/Zn	0,714	0,05
Cr/Mo	0,655	0,01	Cr/Mo	0,755	0,05
Cr/I	0,484	0,05			
Cu/Mg	0,713	0,05	Cu/Mo		
			Cu/Zn	0,795	0,05
Mo/Fe	0,603	0,05			
Mo/I	0,603	0,05			
Mo/Zn	0,615	0,05			
Fe/I	0,548	0,05	Fe/I	0,874	0,01
Fe/Mg	0,522	0,05	Fe/Zn	0,886	0,01
Fe/Mn	0,644	0,05	Fe/I	0,874	0,01
Fe/Se	0,543	0,05			
Mg/Mn	0,643	0,01			
			I/Zn	0,881	0,01
Se/Zn	0,591	0,05			
			Mn/Zn	0,738	0,05

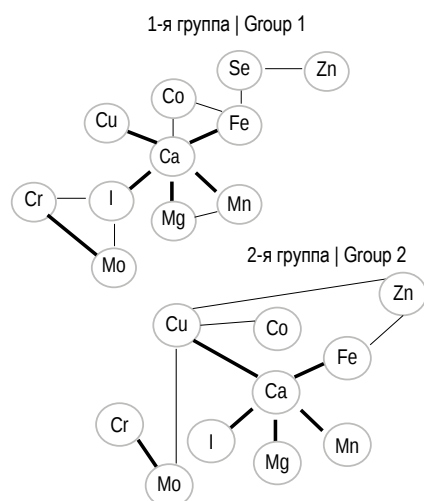


Рис. 1. Корреляционные плеяды химических элементов в группах обследованных женщин: прямая линия — прямая корреляционная связь, полужирный контур — связи, обнаруженные в корреляционных плеядах обеих групп, независимо от уровня сывороточного тиреотропного гормона (ТТГ) в группе; 1-я группа — низконормальный ТТГ; 2-я группа — высоконормальный ТТГ.

Fig. 1. Correlational matrix of chemical elements in the groups of examined: a straight line is a direct correlation, the bold outline indicates the relationships found in the correlational pleiades of both groups, regardless of the level of serum thyroid-stimulating hormone (TSH) in the group; Group 1 — low-normal TSH; Group 2 — high-normal TSH.

макро- и микроэлементов, участвующих в процессе усвоения йода щитовидной железой, вероятно, можно рассматривать как стромогенный фактор формирования йоддефицитных состояний у женщин репродуктивного возраста в условиях Севера.

Для оценки элементного статуса организма человека и количественной оценки степени резистентности организма к действию неблагоприятных условий окружающей среды и интерпретации данных о содержании макро- и микроэлементов в волосах людей с учётом не только абсолютных значений показателей, но и с анализом их соотношений путём расчёта различных коэффициентов и выведения индикаторов дисбаланса интересен коэффициент степени адаптированности элементной системы организма к условиям окружающей среды.

Одним из важнейших подходов к диагностике нарушений элементного гомеостаза является анализ парных корреляций между элементами (по данным атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии биосубстратов), который может служить источником достоверной информации о наличии или отсутствии в биосубстрате металлорганических комплексов, а также позволяет выявить адаптационные механизмы в структуре межэлементных отношений.

По мнению исследователей, одним из механизмов, обеспечивающих адекватный ход адаптационных перестроек, является увеличение числа внутри- и межсистемных связей как средство более надёжного функционирования организма (или его отдельной системы)

в случае каких-либо нарушений или поломки в одном из регуляторных звеньев. При этом, как было показано рядом физиологических исследований, происходит перераспределение функциональных нагрузок на другие системы организма, что компенсирует вызванные нарушения и не приводит к срыву адаптации, выраженным дисрегуляторным последствиям или патологии [26, 27]. Вместе с тем А.Н. Горбань и соавт. отмечают [28], что при значительном адаптационном напряжении корреляции между физиологическими параметрами растут, соответственно, растёт значение показателя степени адаптированности, а в ходе успешной адаптации — уменьшается. В линейном приближении получается уменьшение корреляций в ходе адаптации: чем выше адаптированность, тем меньше корреляции, и, напротив, чем больше напряжение, тем они выше.

На рис. 1 видно, что, несмотря на практически одинаковый набор элементов, структура связей в обеих плеядах различна. Некоторые элементы опосредованно связаны между собой через другой элемент: например, несмотря на то что в обоих случаях в центре плеяды находится кальций как элемент с наибольшим количеством связей, в корреляционной плеяде микроэлементов в группе с низконормальным уровнем ТТГ он опосредованно связан с цинком через железо и селен, а во 2-й группе с высоконормальным уровнем ТТГ — только через железо. Учитывая функциональную роль селена в работе щитовидной железы в качестве элемента, участвующего в регуляции клеточного роста и апоптоза, секреции и метаболизме тиреоидных гормонов [29], в тиреоидном гормональном цикле, можно говорить о том, что для поддержания необходимого гомеостатического баланса необходимо образование этой дополнительной связи на фоне общего более выраженного, чем во 2-й группе, дисбаланса. Это касается и йода, который в 1-й группе связан не только с кальцием, но и хромом и молибденом, тогда как во 2-й группе образует простую сильную связь только с центральным элементом плеяды. Такой подход визуализации корреляционных связей также подтверждает неоднократно озвученное специалистами мнение, что чем менее устойчива система, тем большее количество межэлементных связей (в данном случае) она образует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наибольший суммарный дефицит эссенциальных макро- и микроэлементов выявлен у женщин с низконормальным показателем ТТГ, что определяет их в группу повышенного риска развития клинических состояний. Показатель степени адаптированности элементной системы можно считать информативным диагностическим маркером уровня внутри- и межсистемных перестроек функциональных параметров организма, который в 1-й группе с низконормальным уровнем ТТГ составил 86,50 усл. ед., что несколько выше значения в группе с высоконормальным содержанием ТТГ — 75,33 усл. ед.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Е.А. Луговая — подготовка протокола исследования, правки текста, окончательная редакция статьи; Е.М. Степанова — сбор и анализ данных, статистический анализ, интерпретация результатов, подготовка обзора литературы, подготовка первого варианта статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Этическая экспертиза. Протокол обследования одобрен комиссией по биоэтике Института биологических проблем Севера Дальневосточного отделения Российской академии наук (протокол № 001/020).

Информированное согласие на участие в исследовании. До включения в исследование от всех исследуемых получено письменное информированное согласие о добровольном участии в работе.

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках реализации темы государственного задания «Комплексная оценка состояния здоровья населения Дальневосточного федерального округа и Арктических территорий для разработки адаптационных программ трудоспособного контингента к экстремальным условиям жизнедеятельности» (рег. номер 124111200092-3) и при финансовой поддержке Правительства Магаданской области (конкурс грантов в форме субсидий из областного бюджета молодым учёным).

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. E.A. Lugovaya prepared the study protocol, edited the text, made the final revision of the article; E.M. Stepanova collected and analyzed data, performed statistical analysis and interpretation of results, prepared the reference review, and made the initial draft of the article. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Ethics approval. The examination protocol was approved by the Bioethics Commission of the Institute of Biological Problems of the North of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Protocol No. 001/020).

Consent for publication. Prior to inclusion in the study, all the subjects received written informed consent to participate voluntarily in the work.

Funding sources. This study was carried out by the Scientific Research Center "Arktika", Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences within the framework of the state assignment "Comprehensive assessment of the health state of populations in the Far Eastern Federal District and Arctic territories for the development of adaptation programs proposed to workable people who adapt to extreme living conditions" (Reg. number 124111200092-3), and was funded with the financial support of the Magadan Region Government as part of implementation of the Governor's Grant competition among young scientists.

Disclosure of interests. Authors declare no apparent and prospective conflicts of interest related to the publication of this article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Ulyanovskaya SA, Bazhenov DV, Shestakova VG, Kalinkin MN. Effect of the climatic and geographic factors of the North on adaptive reactions of the human body. *Pathological physiology and experimental therapy*. 2020;64(1):147–154. doi: 10.25557/0031-2991.2020.01.147-154 EDN: HECFWC
2. Gorbachev AL. Biogeochemical characteristics of Russia's northern regions. In: *Man in the North: system mechanisms of adaptation: a collection of works dedicated to the 90th Anniversary of the foundation of Magadan*. Magadan: Express-polygraphs. 2019;3:68–79. (In Russ.)
3. Gridin LA. Human adaptive reactions in the conditions of the Far North. *Politics and Society*. 2015;(10):1335–1362. doi: 10.7256/1812-8696.2015.10.15173 EDN: UKPYWN
4. Zaitseva NV, Zemlyanova MA, Koldibekova YuV, Peskova EV. Study of indicators of negative effects in children under the influence of adverse factors of the subarctic climate. *Yakut Medical Journal*. 2021;(3):5–8. doi: 10.25789/YMJ.2021.75.01 EDN: ERNAAP
5. Kleyn SV, Zemlyanova MA, Koldibekova YuV, Glukhikh MV. Climatic and chemical health risk factors for people living in Arctic and Sub-Arctic regions: population and sub-population levels. *Health Risk Analysis*. 2022;(3):39–52. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.03 EDN: MOCNGK
6. Kolpakov AR, Razumenko AA, Panin LE. Circumpolar medicine. General results, problems, perspectives. *Journal of Ural Medical Academic Science*. 2014;(2):56–59. EDN: SFACYP
7. Lugovaya EA, Aver'yanova IV. Assessing tension coefficient of body adaptation reserves under chronic exposure to factors existing in Polar Regions. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):101–109. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.11 EDN: XTIDIM
8. Markin VV, Silin AN, Vershinin IS. Human health in the Arctic: socio-spatial discourse (case study of the Yamalo-Nenets autonomous okrug). *Ekonomicheskie i Social'nye Peremeny: Fakty, Tendencii, Prognoz*. 2020;13(5):182–199. doi: 10.15838/esc.2020.5.71.11 EDN: CYBAXK
9. Sergeychik OI, Yaroslavskaya EI, Plyusnin AV. Impact of environmental factors on the risk of cardiovascular disease in the population of the Arctic. *Journal of Medical and Biological Research*. 2022;10(1):64–72. doi: 10.37482/2687-1491-Z091 EDN: UZGHNW
10. Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2020 report of the lancet countdown on health and climate change: responding to converging crises. *Lancet*. 2021;397(10269):129–170. doi: 10.1016/S0140-6736(20)32290-X
11. Evseeva SA, Burtseva TE, Klimova TM, et al. Seasonal changes in the pituitary — thyroid system in children of the arctic region of Yakutia. *Yakut Medical Journal*. 2021;(2):91–93. doi: 10.25789/YMJ.2021.74.23 EDN: HSMHIW

12. Koubasov RV. Hormonal changes in response to extreme environment factors. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2014;69(9-10):102–109. doi: 10.15690/vramn.v69i9-10.1138 EDN: TBQJDB
13. Serikbayeva AA, Tauesheva ZB, Shcherbakova LV, Rymar OD. Associations of thyroid status and thyroperoxidase antibodies with serum trace elements. *Clinical and Experimental Thyroidology*. 2023;19(1):12–19. doi: 10.14341/ket12762 EDN: PKMLEU
14. Kudabaeva Khl, Koshmaganbetova GK, Mickuviene N, et al. Role of trace elements imbalance in development of endemic goitre among schoolchildren in oil and gas districts of the Western region of the republic of Kazakhstan. *Trace Elements in Medicine*. 2016;17(2):36–44. doi: 10.19112/2413-6174-2016-17-2-36-44 EDN: WBERXR
15. Kondratev KV, Kiku PF, Beniova SN, et al. Social and hygienic lifestyle factors and iodine deficiency diseases. *Public Health and Life Environment*. 2020;(12):10–15. doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-10-15 EDN: QTCHKQ
16. Rayman MP. Multiple nutritional factors and thyroid disease, with particular reference to autoimmune thyroid disease. *Proc Nutr Soc*. 2019;78(1):34–44. doi: 10.1017/S0029665118001192
17. Skalny AV, Grabeklis AR, Korobeynikova TV, et al. *Reference values of the content of chemical elements in human indicator biological samples*. Moscow; 2023. 58 p. (In Russ.)
18. Lugovaya EA, Stepanova EM. *Regional indicators of the content of macro- and microelements in the body of residents of Magadan*. Magadan: Ekspress-poligrafiya; 2019. 27 p. (In Russ.)
19. Voronin GL. *IBM SPSS Statistics V21.0.0.0 introductory course: a teaching aid*. Nizhny Novgorod; 2014. 79 p. (In Russ.)
20. Venchikov AI, Venchikov VA. *Basic methods of statistical processing of observational results in the field of physiology*. Moscow; 1974. 152 p. (In Russ.)
21. Baevsky RM, Maksimov AL, Berseneva AP. *Fundamentals of human ecological valeology*. Magadan: SVNC DVO RAN; 2001. 266 p. (In Russ.)
22. Cheremushnikova II, Notova SV. Evaluation adaptive systems microelement homeostasis persons aggressive tendencies in behavior. *Vrach-aspirant*. 2013;57(2):53–59. EDN: PZSQDH
23. Lugovaya EA, Stepanova EM, Gorbachev AL. Approaches to the body element status assessment. *Trace Elements in Medicine*. 2015;16(2):10–17. EDN: TWCAXD
24. Lugovaya EA, Stepanova EM. Reference values of chemical elements in hair of children and adolescents living in Magadan. *Pediatrics. Zhurnal im G.N. Speranskogo*. 2016;95(2):178–184. EDN: VOXEGB
25. Stepanova EM. Thyroid status in women of reproductive age living under mild iodine deficiency conditions. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023;15(5):97–116. doi: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-928 EDN: IYSWHG
26. Maksimov AL, Bartosh TP. Influence of climatic-ecological factors of htenorth on hormonal status of the miners occupied in underground goldbmining. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 1999;(2):12–15.
27. Soroko SI, Burykh EA, Bekshaev SS, Sergeeva EG. Human systemic reactions to a dosed exposure to hypoxia: a multiparameter study. *Fiziologiya cheloveka*. 2005;31(5):88–109. EDN: HSCJPD
28. Gorbani' AN, Smirnova EV, Cheusova EP. *Grupповой stress: dinamika korrelyacij pri adaptacii i organizaciya sistem ekologicheskikh faktorov*. The manuscript is deposited in VINITI 17.07.1997, No 2434B97. 54 p. (In Russ.)
29. Biryukova YeV. A contemporary view on a role played by selenium in physiology and pathology of the thyroid gland. *Effective Pharmacotherapy*. 2017;(8):34–41. EDN: YGXVYL

ОБ АВТОРАХ

* Степанова Евгения Михайловна;

адрес: Россия, 685000, Магадан, пр-кт Карла Маркса, д. 24;
ORCID: 0000-0002-2223-1358;
eLibrary SPIN: 4972-0152;
e-mail: at-evgenia@mail.ru

Луговая Елена Александровна, канд. биол. наук, доцент;

ORCID: 0000-0002-6583-4175;
eLibrary SPIN: 5825-7122;
e-mail: elena_plant@mail.ru

AUTHORS' INFO

* Evgenia M. Stepanova;

address: 24 Karl Marx ave, Magadan, Russia, 685000;
ORCID: 0000-0002-2223-1358;
eLibrary SPIN: 4972-0152;
e-mail: at-evgenia@mail.ru

Elena A. Lugovaya, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;

ORCID: 0000-0002-6583-4175;
eLibrary SPIN: 5825-7122;
e-mail: elena_plant@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642350>

EDN: KFYRYF

Реактивные изменения моноцитарного звена костного мозга в восстановительном периоде после паренхиматозного кровотечения печени

Н.С. Феленко¹, Е.Д. Кубасова¹, Н.А. Шутский¹, С.Л. Кашутин¹, Д.В. Мизгирев¹, Р.В. Кубасов¹, М.В. Каторина¹, А.В. Торопов¹, О.В. Долгих¹, Д.В. Шатов², Н.В. Сухорукова², А.В. Сафроненко², Д.В. Сафонов³, Г.С. Грошилина⁴, Е.А. Кутузова⁴, С.Н. Линченко⁵, А.В. Скляров², Т.В. Остапенко², С.А. Акопьянц², К.С. Караханян², С.М. Грошили²

¹ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;

² Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия;

³ Городская клиническая больница скорой медицинской помощи, Таганрог, Россия;

⁴ 1602 военный клинический госпиталь, Ростов-на-Дону, Россия;

⁵ Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Процессы восстановления повреждённых тканей в организме представляют собой достаточно сложную систему последовательно протекающих изменений. Скорость заживления зависит от множества факторов, но ведущим из них считается состояние гуморального ответа. Функциональное состояние клеток моноцитарного звена во многом определяет процессы репарации. В этой связи представляет научный интерес и практическую значимость изучение перестроек регуляторных компонентов в ответ на повреждение ткани.

Цель. Изучение реактивных изменений, заключающихся в пролиферации, дифференцировке и рекрутинге клеток моноцитарного звена костного мозга в восстановительном периоде после паренхиматозного кровотечения печени.

Материалы и методы. Проведено экспериментальное исследование *in vivo* на беспородных крысах обоих полов, которым было смоделировано повреждение печени (паренхиматозное кровотечение). В опытной группе лечение сопровождалось включением в терапию ксеногенного биоматериала на основе коллагена из шкуры северного оленя как гемостатического средства. В костном мозге определяли миелограмму с учётом моноцитогаммы. Дифференцировали следующие морфологические варианты: монобласты, промоноциты, собственно моноциты и полиморфно-ядерные моноциты. В связи с ненормальным распределением данных описание переменных проводили с помощью медианы (Me) и квартилей (Q25; Q75). Вероятность различий показателей между группами оценивали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова (Z). Критический уровень статистической значимости принимали при $p < 0,05$. Статистическую обработку результатов проводили с помощью SPSS 13.0 для Windows.

Результаты. На 3-и сутки после моделирования паренхиматозного кровотечения печени реактивные изменения в моноцитарном звене заключались в увеличении уровня промоноцитов с 0,6 до 1,9% ($p < 0,001$), собственно моноцитов — с 1,5 до 4,6% ($p = 0,010$) при неизменённом уровне монобластов (0,8%; $p = 0,850$). На 7-е сутки эксперимента произошло снижение числа промоноцитов и монобластов до 0,8% ($p = 0,006$) и 0,6% ($p = 0,850$) соответственно. На 14-е сутки эксперимента статистически значимых изменений со стороны изучаемых параметров не регистрировали. На 21-е сутки выявлено снижение количества собственно моноцитов до 4,6% ($p = 0,120$), полиморфно-ядерных моноцитов — до 0,2% ($p = 0,990$), промоноцитов — до 0,8% ($p = 0,290$) при неизменённом уровне монобластов.

Заключение. Реактивные изменения клеток моноцитарного звена костного мозга после паренхиматозного кровотечения печени заключаются в активации процессов пролиферации и дифференцировки на 3-и сутки. На 7-е сутки увеличивается интенсивность рекрутинга моноцитов из костного мозга в периферическую кровь. Через 3 недели уровни монобластов, промоноцитов и полиморфно-ядерных моноцитов возвращаются к контрольным значениям, тогда как содержание собственно моноцитов сохраняется на высоком уровне.

Ключевые слова: паренхиматозное кровотечение; костный мозг; моноцитарные клетки.

Как цитировать:

Феленко Н.С., Кубасова Е.Д., Шутский Н.А., Кашутин С.Л., Мизгирев Д.В., Кубасов Р.В., Каторина М.В., Торопов А.В., Долгих О.В., Шатов Д.В., Сухорукова Н.В., Сафроненко А.В., Сафонов Д.В., Грошилина Г.С., Кутузова Е.А., Линченко С.Н., Скляров А.В., Остапенко Т.В., Акопьянц С.А., Караханян К.С., Грошили С.М. Реактивные изменения моноцитарного звена костного мозга в восстановительном периоде после паренхиматозного кровотечения печени // Экология человека. 2024. Т. 31, № 8. С. 618–627. DOI: 10.17816/humeco642350 EDN: KFYRYF

Рукопись поступила: 28.11.2024

Рукопись одобрена: 10.02.2025

Опубликована online: 05.03.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642350>

EDN: KFYRYF

Reactive changes in the monocytic lineage of the bone marrow during the recovery period after parenchymal liver hemorrhage

Nikolay S. Felenko¹, Elena D. Kubasova¹, Nikita A. Shutsky¹, Sergey L. Kashutin¹, Denis V. Mizgirev¹, Roman V. Kubasov¹, Maria V. Katorina¹, Alexander V. Toropov¹, Olga V. Dolgikh¹, Dmitry V. Shatov², Natalia V. Sukhorukova², Andrey V. Safronenko², Dmitry V. Safonov³, Galina S. Groshilina⁴, Elena A. Kutuzova⁴, Sergey N. Linchenko⁵, Artem V. Sklyarov², Tatiana V. Ostapenko², Svetlana A. Akopyants², Karina S. Karakhanyan², Sergey M. Groshilin²

¹ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

² Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia;

³ Municipal Clinical Hospital of Emergency Medical Care, Taganrog, Russia;

⁴ 1602 Military Clinical Hospital, Rostov-on-Don, Russia;

⁵ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Damaged tissue repair in the body is a complex system of sequential changes. The healing rate depends on multiple factors, with the humoral immune response playing a critical role. The functional state of monocytic lineage cells significantly influences tissue regeneration. Therefore, investigating regulatory adaptations in response to tissue injury holds both scientific and clinical significance.

AIM: To examine reactive changes in the proliferation, differentiation, and recruitment of monocytic lineage cells in the bone marrow during the recovery period following parenchymal liver hemorrhage.

MATERIALS AND METHODS: This *in vivo* experimental study was conducted on outbred rats of both sexes, in which liver injury was modeled as parenchymal hemorrhage. In the experimental group, treatment included a xenogeneic biomaterial derived from reindeer skin collagen as a hemostatic agent. Bone marrow myelograms were analyzed, including monocytochrome assessment. The following morphological cell types were differentiated: monoblasts, promonocytes, mature monocytes, and polymorphonuclear monocytes. Due to the non-normal data distribution, variables were described using the median (Me) and quartiles (Q25; Q75). Intergroup differences were assessed using the Kolmogorov–Smirnov test (Z), with statistical significance set at $p < 0.05$. Statistical analysis was performed using SPSS 13.0 for Windows.

RESULTS: On day 3 after modeling parenchymal liver hemorrhage, reactive changes in the monocytic lineage included an increase in promonocytes from 0.6% to 1.9% ($p < 0.001$) and monocytes from 1.5% to 4.6% ($p = 0.010$), whereas monoblast levels remained unchanged at 0.8% ($p = 0.850$). By day 7, promonocyte and monoblast counts declined to 0.8% ($p = 0.006$) and 0.6% ($p = 0.850$), respectively. By day 14, no statistically significant changes were observed. On day 21, a decrease in monocytes (4.6%; $p = 0.120$), polymorphonuclear monocytes (0.2%; $p = 0.990$), and promonocytes (0.8%; $p = 0.290$) was recorded, whereas monoblast levels remained stable.

CONCLUSION: Reactive changes in the monocytic lineage of the bone marrow following parenchymal liver hemorrhage involve activation of proliferation and differentiation processes by day 3. By day 7, the intensity of monocytic recruitment from the bone marrow into peripheral circulation increases. By week 3, monoblast, promonocyte, and polymorphonuclear monocyte levels return to baseline, whereas monocyte levels remain elevated.

Keywords: parenchymal hemorrhage; bone marrow; monocytic cells.

To cite this article:

Felenko NS, Kubasova ED, Shutsky NA, Kashutin SL, Mizgirev DV, Kubasov RV, Katorina MV, Toropov AV, Dolgikh OV, Shatov DV, Sukhorukova NV, Safronenko AV, Safonov DV, Groshilina GS, Kutuzova EA, Linchenko SN, Sklyarov AV, Ostapenko TV, Akopyants SA, Karakhanyan KS, Groshilin SM. Reactive changes in the monocytic lineage of the bone marrow during the recovery period after parenchymal liver hemorrhage. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):618–627. DOI: 10.17816/humeco642350 EDN: KFYRYF

Received: 28.11.2024

Accepted: 10.02.2025

Published online: 05.03.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco642350>

EDN: KFYRYF

肝实质性出血恢复期骨髓单核细胞系统的反应性变化

Nikolay S. Felenko¹, Elena D. Kubasova¹, Nikita A. Shutsky¹, Sergey L. Kashutin¹, Denis V. Mizgirev¹, Roman V. Kubasov¹, Maria V. Katorina¹, Alexander V. Toropov¹, Olga V. Dolgikh¹, Dmitry V. Shatov², Natalia V. Sukhorukova², Andrey V. Safronenko², Dmitry V. Safonov³, Galina S. Groshilina⁴, Elena A. Kutuzova⁴, Sergey N. Linchenko⁵, Artem V. Sklyarov², Tatiana V. Ostapenko², Svetlana A. Akopyants², Karina S. Karakhanyan², Sergey M. Groshilin²

¹ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

² Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia;

³ Municipal Clinical Hospital of Emergency Medical Care, Taganrog, Russia;

⁴ 1602 Military Clinical Hospital, Rostov-on-Don, Russia;

⁵ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

摘要

论证。损伤组织的修复是复杂且有序的生物过程。其愈合速度受多种因素影响，但其中体液免疫反应被认为是主要因素。单核细胞系统的功能状态在修复过程中起着关键作用。因此，研究组织损伤后调节成分的变化机制具有重要的科学价值和临床意义。

目的。探讨肝实质性出血恢复期骨髓单核细胞系统的增殖、分化及募集的反应性变化。

材料与方法。本研究为体内实验，对象为无特定品系的雄性和雌性大鼠，采用肝实质性出血模型模拟肝损伤。实验组在治疗过程中额外使用驯鹿皮胶原基异种生物材料作为止血剂。研究中对骨髓细胞进行髓象分析，并测定单核细胞比例，区分以下形态学类型：单核母细胞、原单核细胞、单核细胞、多形核单核细胞。由于数据呈非正态分布，采用中位数 (Me) 和四分位数 (Q25; Q75) 进行描述，并使用Kolmogorov-Smirnov检验 (Z) 评估组间差异，统计学显著性水平设定为 $p < 0.05$ 。数据统计分析使用SPSS 13.0 for Windows 软件完成。

结果。术后第3天，单核细胞系统的反应性变化表现为：原单核细胞比例由0.6%升至1.9% ($p < 0.001$)；单核细胞比例由1.5%升至4.6% ($p = 0.010$)；单核母细胞比例保持不变 (0.8%, $p = 0.850$)。术后第7天，原单核细胞和单核母细胞比例分别下降至0.8% ($p = 0.006$) 和0.6% ($p = 0.850$)。术后第14天，所有观察指标均未见显著统计学变化。术后第21天，单核细胞比例下降至4.6% ($p = 0.120$)，多形核单核细胞下降至0.2% ($p = 0.990$)，原单核细胞下降至0.8% ($p = 0.290$)，单核母细胞比例保持不变。

结论。肝实质性出血后，骨髓单核细胞系统经历了一系列动态变化：术后第3天：单核细胞系统活化，细胞增殖和分化增强。术后第7天，单核细胞募集至外周血液的过程加速。术后第3周，单核母细胞、原单核细胞及多形核单核细胞的比例恢复至对照水平，而单核细胞比例仍维持在较高水平。

关键词：肝实质性出血；骨髓；单核细胞系统。

引用本文：

Felenko NS, Kubasova ED, Shutsky NA, Kashutin SL, Mizgirev DV, Kubasov RV, Katorina MV, Toropov AV, Dolgikh OV, Shatov DV, Sukhorukova NV, Safronenko AV, Safonov DV, Groshilina GS, Kutuzova EA, Linchenko SN, Sklyarov AV, Ostapenko TV, Akopyants SA, Karakhanyan KS, Groshilin SM. 肝实质性出血恢复期骨髓单核细胞系统的反应性变化. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(8):618–627. DOI: 10.17816/humeco642350 EDN: KFYRYF

收到: 28.11.2024

接受: 10.02.2025

发布日期: 05.03.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Повреждение печени обычно сопровождается диффузным и обильным кровотечением. Тяжесть патологии обусловлена отсутствием клапанов в венах, возможностью сосудов печени спадаться, низкой сократительной способностью органа, фибринолитической активностью истекающей жёлчи, что приводит к последующему нарушению функций печени. От скорости наступления гемостаза, процессов регенерации печени и восстановления её функций после повреждения зависит сохранение жизни пациента и качество его жизни [1–3].

Моноциты/макрофаги принимают участие в развитии регенеративного процесса в зоне повреждения путём синтеза и секреции цитокинов и энзимов, кооперации с другими иммунокомпетентными клетками и воздействия на фибробласты. От регуляции пролиферации, дифференцировки и рекрутирования клеток моноцитарного дифферона из костного мозга зависят процессы репарации [4–6].

Исходя из того, что система мононуклеарных фагоцитов представлена монобластами, промоноцитами, собственно моноцитами и макрофагами [7], ключевым моментом является изучение соотношения этих субпопуляций в динамике регенеративного процесса в костном мозге в ходе восстановительного периода после паренхиматозного кровотечения печени.

Согласно современным представлениям, промоноциты, мигрируя из костного мозга в кровь, имеют способность к пролиферации, а после их дифференцировки в моноциты такая способность теряется, поскольку моноциты становятся высокодифференцированными клетками, обеспечивая неспецифическую защиту организма за счёт своей фагоцитарной активности и секреции монокинов. Из моноцитов крови постоянно созревают макрофаги, которые, покидая кровяное русло, мигрируют в различные ткани организма, где выполняют свои эффекторные и регуляторные функции [7–9].

Несмотря на многофункциональность клеток моноцитарного звена, сведения относительно их пролиферации, дифференцировки и рекрутинга в ходе регенеративного процесса после паренхиматозного кровотечения из печени в литературе отсутствуют.

Цель исследования

Изучение реактивных изменений, заключающихся в пролиферации, дифференцировке и рекрутинге клеток моноцитарного звена костного мозга в восстановительном периоде после паренхиматозного кровотечения печени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнено экспериментальное исследование *in vivo* на 71 беспородной крысе обоих полов с массой 180–220 г. Исследуемые животные были разделены на две группы: опытная ($n=52$), в которой гемостаз достигался путём

нанесения ксеногенного биоматериала на основе коллагена, полученного из шкуры северного оленя [10], и контрольная ($n=19$). В контрольную (интактную) группу были включены лабораторные крысы, которые содержались на идентичном пищевом и питьевом режиме. Моделирование паренхиматозного кровотечения у животных контрольной группы не проводили.

Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утверждённым правовыми актами Российской Федерации, принципам Базельской декларации и рекомендациям этического комитета ФГБОУ ВО СГМУ (Архангельск) Минздрава России, протокол № 04/05–23 от 26.05.2023.

Методика моделирования паренхиматозного кровотечения печени

Лабораторное животное располагали на спине с фиксацией конечностей. В ходе ингаляционной анестезии хлороформом по закрытому контуру лабораторных крыс брили в области живота, которую 3-кратно обрабатывали 0,5% спиртовым раствором хлоргексидина биглюконата, и отграничивали операционное поле стерильным одно-разовым бельём.

Далее производили верхнесреднюю срединную лапаротомию путём послышного рассечения мягких тканей передней брюшной стенки от мечевидного отростка до средней 1/3 живота, соблюдая тщательный гемостаз краёв раны.

Под выведенную левую долю печени подкладывали стерильную сухую марлевую салфетку и наносили скальпированную рану размерами 10×10 мм и глубиной до 5 мм (рис. 1).

На возникшее капиллярное паренхиматозное кровотечение из печени сразу производили аппликацию ксеногенного биоматериала на основе коллагена (рис. 2), не допуская обильных кровопотерь [11].

После достижения полного гемостаза послышно ушивали лапаротомную рану узловыми капроновыми швами. Контроль состояния животных в ходе эксперимента проводили ежедневно. Вывод лабораторных крыс из эксперимента осуществляли по 13 особей передозировкой средства для наркоза на 3, 7, 14 и 21-е сутки.

Методика морфологической дифференцировки моноцитов в костном мозге

Забор костного мозга осуществляли из проксимального отдела бедренной кости при выведении животного из эксперимента [12]. Мазки костного мозга после фиксации окрашивали по Романовскому–Гимзе и подсчитывали миелограмму соответственно с учётом моноцитогаммы, дифференцируя их на морфологические варианты: монобласты, промоноциты, собственно моноциты и полиморфно-ядерные моноциты (рис. 3).

Классическая идентификация следующая: промоноциты — клетки с округлым ядром, собственно

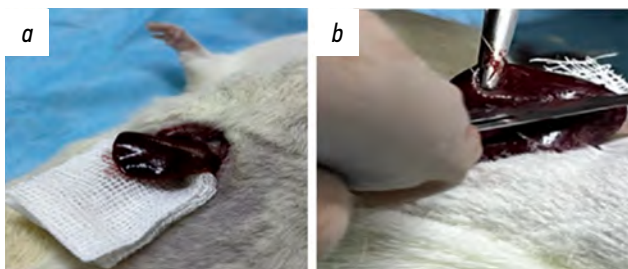


Рис. 1. Выведение левой доли печени (а) и нанесение скальпированной раны (b).

Fig. 1. Removal of the left lobe of the liver (a) and its application of a scalped wound (b).

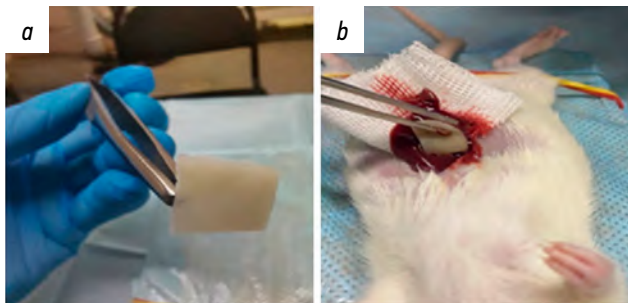


Рис. 2. Ксеногенный биоматериал на основе коллагена, полученного из шкуры северного оленя (а), и аппликация его на скальпированную рану печени (b).

Fig. 2. Collagen-based xenogenic biomaterial from reindeer dermis (a) and its application to a scalped liver wound (b).

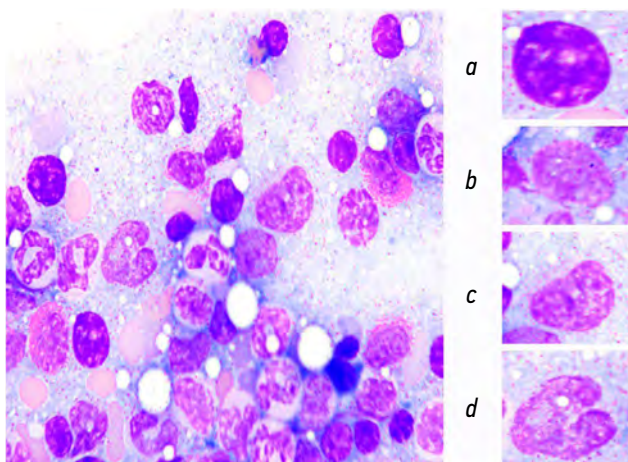


Рис. 3. Миелограмма костного мозга крыс с дифференцировкой моноцитарного звена на монобласты (а), промоноциты (b), собственно моноциты (c), полиморфно-ядерные моноциты (d). Окрашивание по Романовскому–Гимзе; $\times 400$.

Fig. 3. Myelogram of rat bone marrow with differentiation of the monocyte unit into monoblasts (a), promonocytes (b), monocytes proper (c), polymorphonuclear monocytes (d). Romanovsky–Giemse coloring; $\times 400$.

моноциты — с бобовидным ядром, полиморфно-ядерные моноциты — с многолопастным ядром, часто причудливой формы.

В связи с ненормальным распределением данных описание переменных проводили с помощью медианы (Me) и квартилей (Q25; Q75). Вероятность различий

показателей между группами оценивали по критерию Колмогорова–Смирнова (Z). Критический уровень статистической значимости принимали при $p < 0,05$. Статистическую обработку результатов проводили с помощью SPSS 13.0 для Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В соответствии с полученными результатами (табл. 1) после паренхиматозного кровотечения печени реактивные изменения в усреднённых данных связаны с увеличением содержания собственно моноцитов с 1,5 до 5,8% ($p < 0,001$). Снижение уровня монобластов костного мозга не было статистически значимым (с 0,8 до 0,6%; $p = 0,270$). Наблюдалось незначительное увеличение промоноцитов (с 0,6 до 1,0%; $p = 0,080$). Значения содержания полиморфно-ядерных моноцитов в опытной и контрольной группах не имели существенных различий (по 0,4%; $p = 0,190$).

С учётом того, что усреднённые данные по содержанию клеток моноцитарного звена не показывают детали реактивных изменений, представляло интерес изучение моноцитограммы красного костного мозга в зависимости от суток после паренхиматозного кровотечения. Так, на 3-и сутки эксперимента регистрировали статистически значимое увеличение содержания промоноцитов (с 0,6 до 1,9%; $p < 0,001$) и собственно моноцитов (с 1,5 до 4,6%; $p = 0,010$). Однако различия в содержании монобластов и полиморфно-ядерных моноцитов между опытной и контрольной группами не выявлены: 0,8% ($p = 0,990$) и 0,4% ($p = 0,720$) соответственно.

На 7-е сутки после моделирования паренхиматозного кровотечения снижение содержания промоноцитов с 1,9 до 0,8% ($p < 0,001$) происходило на фоне незначительного увеличения уровня собственно моноцитов с 4,6 до 6,6% ($p = 0,200$). Изменения в содержании монобластов и полиморфно-ядерных моноцитов были незначительными.

На 14-е сутки эксперимента статистически значимых изменений со стороны изучаемых параметров не регистрировали. Наблюдали лишь небольшое снижение содержания монобластов, собственно моноцитов и полиморфно-ядерных моноцитов. Слабое увеличение уровня демонстрировали только промоноциты (до 1,0%; $p = 0,570$).

На 21-е сутки отмечали продолжение снижения количества собственно моноцитов (до 4,6%; $p = 0,120$) и полиморфно-ядерных моноцитов (до 0,2%; $p = 0,990$). Также незначительно снизился уровень промоноцитов (до 0,8%; $p = 0,290$). Содержание монобластов не изменилось. В сравнении с контрольной группой в восстановительном периоде после паренхиматозного кровотечения к 21-м суткам у животных опытной группы доли монобластов, промоноцитов и полиморфно-ядерных моноцитов были сопоставимы. Доля собственно моноцитов в опытной группе (4,6%) была в 3 раза выше ($p < 0,001$) по сравнению с контрольной группой (1,5%).

Таблица 1. Содержание моноцитов костного мозга после паренхиматозного кровотечения печени в зависимости от их морфологии, Me, % (Q25; Q75)

Table 1. The content of bone marrow monocytes after liver parenchymal bleeding, depending on their morphology, Me, % (Q25; Q75)

Показатель Indicator	Контрольная группа (к.) The control group (к.) (n=19)	Опытная группа An experienced group					Уровень статистической значимости между сравниваемыми группами The level of statistical significance between the compared groups
		Среднее значение* The average value* (n=52)	3-и сутки 3 rd day (n=13)	7-е сутки 7 th day (n=13)	14-е сутки 14 th day (n=13)	21-е сутки 21 st day (n=13)	
Моно-бласты Monoblasts	0,8 (0,7; 1,2)	0,6 (0,4; 0,8)	0,8 (0,5; 1,3)	0,6 (0,2; 1,0)	0,4 (0,2; 0,5)	0,4 (0,3; 0,8)	к.-сред. знач.: Z=0,99; p=0,270 к.-3-и сут: Z=0,43; p=0,990 3-и сут-7-е сут: Z=0,61; p=0,850 7-е сут-14-е сут: Z=1,02; p=0,240 14-е сут-21-е сут: Z=0,53; p=0,930 к.-21-е сут: Z=0,97; p=0,290
Промоно-циты Promono-cytes	0,6 (0,4; 1,2)	1,0 (0,8; 1,8)	1,9 (1,4; 2,5)	0,8 (0,6; 1,4)	1,0 (0,7; 1,7)	0,8 (0,5; 1,3)	к.-сред. знач.: Z=1,26; p=0,080 к.-3-и сут: Z=2,27; p<0,001 3-и сут-7-е сут: Z=1,71; p=0,006 7-е сут-14-е сут: Z=0,78; p=0,570 14-е сут-21-е сут: Z=0,98; p=0,290 к.-21-е сут: Z=0,65; p=0,790
Собственно моноциты Actually monocytes	1,5 (0,8; 2,7)	5,8 (4,4; 8,0)	4,6 (1,8; 9,0)	6,6 (5,5; 8,5)	5,8 (5,2; 9,4)	4,6 (3,4; 6,9)	к.-сред. знач.: Z=2,94; p<0,001 к.-3-и сут: Z=1,54; p=0,010 3-и сут-7-е сут: Z=1,07; p=0,200 7-е сут-14-е сут: Z=0,58; p=0,870 14-е сут-21-е сут: Z=1,17; p=0,120 к.-21-е сут: Z=2,13; p<0,001
Поли-морфно-ядерные моноциты Poly-morpho-nuclear monocytes	0,4 (0,0; 1,1)	0,4 (0,2; 0,6)	0,4 (0,2; 1,0)	0,5 (0,2; 1,0)	0,3 (0,2; 0,4)	0,2 (0,1; 0,3)	к.-сред. знач.: Z=1,08; p=0,190 к.-3-и сут: Z=0,69; p=0,720 3-и сут-7-е сут: Z=0,26; p=0,990 7-е сут-14-е сут: Z=0,81; p=0,510 14-е сут-21-е сут: Z=0,35; p=0,990 к.-21-е сут: Z=0,84; p=0,470

* Усреднённые значения опытной группы крыс.

* Average values of the experimental group of rats.

ОБСУЖДЕНИЕ

Повреждения печени и других паренхиматозных органов с обильными кровотечениями как открытого, так и закрытого типов являются одними из самых распространённых травм, угрожающих жизни пациентов. Исследования в области патогенеза таких случаев преимущественно связаны с определением объёма кровопотери, степени тяжести анемии и гемодинамических свойств [13, 14]. Небольшое внимание уделяют изменениям гемограммы и биохимическим показателям периферической крови [15]. Однако источник гемопоэтических клеток, а именно красный костный мозг, практически не исследуют, по нашему мнению, в связи с его труднодоступностью и сложностью идентификации клеток.

С другой стороны, большинство работ направлены на изучение и разработку тактики ведения пациентов

с поражениями печени различной природы: токсическими, биологическими и вирусными [1, 2]. Макрофаги и клетки моноцитарного звена исследуются в меньшей степени. Сотрудники Института иммунологии и физиологии УрО РАН установили повышение содержания макрофагов в повреждённом участке печени при частичной гепатэктомии и сделали предположение, что система фагоцитирующих мононуклеаров принимает большое значение в регуляции реакций стволовых клеток костно-мозгового происхождения [4, 16].

Способность клеток моноцитарного звена инициировать и поддерживать развитие воспалительной реакции, высвобождая провоспалительные цитокины TNF-α, IL-6, IL-1β, активировать эндотелиальные или звёздчатые клетки печени, влиять на фибрирование паренхимы подтверждает их роль в участии воспалительного

и регенераторного процессов при патологиях печени [17–19]. Несомненно, сведения относительно пролиферации, дифференцировки и рекрутинга моноцитарного дифферона в костном мозге в динамике регенеративного процесса при паренхиматозном повреждении печени представляют не только теоретический, но и практический интерес, связанный с ускорением регенеративных процессов, происходящих в печени, восстановлением её функций, что напрямую связано с качеством жизни пациента.

В настоящем исследовании установлено, что на 3-и сутки после паренхиматозного кровотечения печени регистрируется увеличение числа промоноцитов и собственно моноцитов костного мозга при неизменных уровнях полиморфно-ядерных моноцитов и монобластов. Увеличение доли промоноцитов при неизменном содержании монобластов позволяет предполагать, что на 3-и сутки после паренхиматозного кровотечения происходит активация пролиферации промоноцитов наряду с монобластами, что подтверждает способность промоноцитов к пролиферации [18]. В то же время статистически значимое увеличение числа собственно моноцитов может свидетельствовать об активизации процессов дифференцировки из промоноцитов в более зрелые формы.

К 7-м суткам эксперимента регистрируемое снижение числа промоноцитов на фоне незначительного увеличения содержания собственно моноцитов может указывать на увеличение рекрутинга, в частности промоноцитов, из костного мозга в периферическую кровь, а затем в повреждённый участок. Обращает на себя внимание тот факт, что на 7-е сутки после паренхиматозного кровотечения происходит снижение содержания монобластов, которое на 3-и сутки эксперимента отсутствовало. Другими словами, на 7-е сутки пролиферативная активность из монобластов в промоноциты происходит более интенсивно, чем формирование монобластов.

На 14-е и 21-е сутки после паренхиматозного кровотечения значимых изменений, которые были на 3-и сутки, не наблюдали. Продолжалось постепенное снижение количества промоноцитов, собственно моноцитов и полиморфно-ядерных моноцитов без изменения содержания монобластов, что может свидетельствовать о превалировании процессов рекрутинга промоноцитов, собственно моноцитов и полиморфно-ядерных моноцитов в этот период.

В сравнении с контрольной группой в восстановительном периоде после паренхиматозного кровотечения к 21-м суткам уровни монобластов, промоноцитов и полиморфно-ядерных моноцитов были сопоставимы. Различие заключалось в повышенном содержании собственно моноцитов у крыс, что может указывать на увеличение в костном мозге пула моноцитов, способных выполнять все присущие для них функции. Данное наблюдение согласуется с современными представлениями о механизме репаративной регенерации печени после паренхиматозного кровотечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реактивные изменения клеток моноцитарного звена костного мозга после паренхиматозного кровотечения печени заключаются в активации процессов пролиферации и дифференцировки на 3-и сутки. На 7-е сутки увеличивается интенсивность рекрутинга моноцитов из костного мозга в периферическую кровь. Через 3 нед после паренхиматозного кровотечения уровни монобластов, промоноцитов и полиморфно-ядерных моноцитов возвращаются к контрольным значениям, тогда как содержание собственно моноцитов сохраняется на высоком уровне.

Таким образом, выявленные механизмы пролиферации, дифференцировки и рекрутинга клеток моноцитарного дифферона после паренхиматозного кровотечения печени могут представлять основу для разработки корректирующих мероприятий, направленных на ускорение регенерации печени при её паренхиматозных повреждениях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Н.С. Феленко, Е.Д. Кубасова, Н.А. Шутский, С.Л. Кашутин — разработка идеи исследования, анализ данных, утверждение текста статьи; Д.В. Мизгирев, Р.В. Кубасов — подготовка и написание текста статьи, М.В. Каторина, А.В. Торопов, О.В. Долгих — сбор материалов для исследования, Д.В. Шатов, Н.В. Сухорукова, А.В. Сафроненко, Д.В. Сафонов, Г.С. Грошили-на, Е.А. Кутузова, С.Н. Линченко, А.В. Скляр, Т.В. Остапенко, С.А. Акопьянц, К.С. Караханян, С.М. Грошили-н — научный анализ, интерпретация результатов, написание статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Этическая экспертиза. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утверждённым правовыми актами Российской Федерации, принципам Базельской декларации и рекомендациям этического комитета ФГБОУ ВО СГМУ (Архангельск) Минздрава России, протокол № 04/05-23 от 26.05.2023.

Источник финансирования. Научное исследование проведено в рамках государственного задания № 124022800143-5.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. N.S. Felenko, E.D. Kubasova, N.A. Shutsky, S.L. Kashutin — development of the research idea, data analysis, approval of the text of the article; D.V. Mizgirev, R.V. Kubasov — preparation and writing of the text of the article, M.V. Katorina, A.V. Toropov, O.V. Dolgikh — collection of materials for research, D.V. Shatov, N.V. Sukhorukova, A.V. Safronenko, D.V. Safonov, G.S. Groshilina, E.A. Kutuzova, S.N. Linchenko, A.V. Sklyarov, T.V. Ostapenko, S.A. Akopyants, K.S. Karakhanyan, S.M. — scientific analysis, interpretation of results, writing an article. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria

(all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Ethics approval. All procedures performed in animal studies complied with ethical standards approved by the legal acts of the Russian Federation, the principles of the Basel Declaration and the recommendations of the Ethics Committee of the Federal State

Budgetary Educational Institution of Higher Medical Education (Arkhangelsk) Ministry of Health of the Russian Federation, Protocol No. 04/05-23 dated 05/26/2023.

Funding source. The scientific research was conducted within the framework of the state assignment No. 124022800143-5.

Disclosure of interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Lipatov VA, Severinov DA, Sahakian AR. Local applicational blood reestablishing instruments in surgery of the XXI century (literary review). *Innova*. 2019;(1):16–22. doi: 10.21626/innova/2019.1/03 EDN: NWYDBU
2. Zyкова NV, Onishchenko SV. The management strategy and technical features in treatment of patients with closed liver injuries. *Vestnik SURGU. Medicina*. 2023;16(4):20–27. doi: 10.35266/2949-3447-2023-4-3 EDN: OOUIFJ
3. Ragimov GS. Surgical hemostasis by liver and spleen traumas. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2010;(12):53–57. EDN: NQZMCB
4. Yushkov BG, Danilova IG, Kazakova IA. The role of stem cells in the regeneration of the liver and kidneys. *Journal of Ural Medical Academic Science*. 2013;(1):46–47. EDN: PZACJX
5. Ivolgin DA, Kudlay DA. Mesenchymal multipotent stromal cells and cancer safety: two sides of the same coin or a double-edged sword (review of foreign literature). *The Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology*. 2021;8(1):64–84. doi: 10.21682/2311-1267-2021-8-1-64-84 EDN: FZOQTN
6. Theret M, Mounier R, Rossi F. The origins and non-canonical functions of macrophages in development and regeneration. *Development*. 2019;146(9):dev156000. doi: 10.1242/dev.156000
7. Elder SS, Emmerson E. Senescent cells and macrophages: key players for regeneration? *Open Biology*. 2020;10(12):200309. doi: 10.1098/rsob.200309
8. Mussbacher M, Derler M, Basilio J, Schmid JA. NF-κB in monocytes and macrophages—an inflammatory master regulator in multitasked immune cells. *Front Immunol*. 2023;14:1134661. doi: 10.3389/fimmu.2023.1134661
9. Fantin A, Vieira JM, Gestri G, et al. Tissue macrophages act as cellular chaperones for vascular anastomosis downstream of VEGF-mediated endothelial tip cell induction. *Blood*. 2010;116(5):829–840. doi: 10.1182/blood-2009-12-257832
10. Patent RUS № 2825463 / 26.08.2024. Byul. № 24. Kashutin SL, Kholopov NS, Gorbatoва LN, et al. Method of producing xenogenic biomaterial from reindeer dermis collagen in form of film. Available from: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_69724149_26422860.PDF (In Russ.) EDN: IRZBHA
11. Maystrenko AN, Bezhin AI, Lipatov VA, Chizhikov GM. Determination of blood loss volume in modeling injuries of parenchymatous organs with application of new hemostatic agents in an experiment. *Innova*. 2018;(2):12–14. doi: 10.21626/innova/2018.2/03 EDN: YWVBR
12. Savintsev AM, Malko AV, Smolyaninov AB. Cellular technologies in the surgical treatment of fractures of the proximal femur. *Health is the basis of human potential: problems and solutions*. 2012;7(2):834. (In Russ.) EDN: SHNELL
13. Lipatov VA, Lazarenko SV, Severinov DA, et al. Comparative analysis of efficacy of the new local hemostatic agents. *Medicine of Extreme Situations*. 2023;25(4):131–136. doi: 10.47183/mes.2023.063 EDN: MQYKUS
14. Masalimov AR, Bautin AE, Gordeev ML, et al. Effect of topical application of tranexamic acid on blood loss in the early postoperative period in patients undergoing cardiac surgery. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2015;10(3):36–39. EDN: WICENP
15. Semichev EV, Bushlanov PS, Gereng EA, Koshhevec ES. Features of the liver after hemostasis by suturing in early period (experimental work). *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*. 2014;130(7):32–36. EDN: TQPYSR
16. Zimmermann HW, Trautwein C, Tacke F. Functional role of monocytes and macrophages for the inflammatory response in acute liver injury. *Front Physiol*. 2012;3:56. doi: 10.3389/fphys.2012.00056
17. Yang J, Zhang L, Yu C, et al. Monocyte and macrophage differentiation: circulation inflammatory monocyte as biomarker for inflammatory diseases. *Biomarker Research*. 2014;2(1):1. doi: 10.1186/2050-7771-2-1
18. Sokolova KV, Danilova IG. Liver macrophages as the key regulators of tissue homeostasis in organ. *Ural Medical Journal*. 2023;22(6):85–93. doi: 10.52420/2071-5943-2023-22-6-85-93 EDN: VUDBEG
19. Leplina OYu, Tikhonova MA, Meledina IV, et al. Topical issues of clinical symptoms and diagnostics of septic shock. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2022;12(3):475–485. doi: 10.15789/2220-7619-CMS-1810 EDN: EPFQUA

ОБ АВТОРАХ

* **Кашутин Сергей Леонидович**, д-р мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 163061, Архангельск, Троицкий пр-кт, д. 51;
ORCID: 0000-0002-2687-3059;
eLibrary SPIN: 7623-7216;
e-mail: sergeycash@yandex.ru

AUTHORS' INFO

* **Sergey L. Kashutin**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;
address: 51 Troitsky ave, Arkhangelsk, Russia, 163061;
ORCID: 0000-0002-2687-3059;
eLibrary SPIN: 7623-7216;
e-mail: sergeycash@yandex.ru

Феленко Николай Сергеевич, ассистент кафедры;
ORCID: 0000-0002-3591-8247;
eLibrary SPIN: 2164-8710;
e-mail: nikolaifelenko@yandex.ru

Кубасова Елена Дмитриевна, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-9683-7814;
eLibrary SPIN: 7684-8140;
e-mail: lapkino2001@mail.ru

Шутский Никита Алексеевич, канд. биол. наук;
ORCID: 0000-0003-0979-1569;
eLibrary SPIN: 1430-4970;
e-mail: nikitashutskij@rambler.ru

Мизгирёв Денис Владимирович, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-6804-3790;
eLibrary SPIN: 6202-6807;
e-mail: denimsur@rambler.ru

Кубасов Роман Викторович, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0003-1698-6479;
eLibrary SPIN: 8780-4464;
e-mail: romanas2001@mail.ru

Каторина Мария Владиславовна;
ORCID: 0009-0008-4201-0035;
e-mail: katorina.mariia@mail.ru

Торопов Александр Валерьевич;
ORCID: 0009-0007-3256-6112;
e-mail: sasatoropov7@gmail.com

Долгих Ольга Васильевна, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0003-2855-3160;
eLibrary SPIN: 5728-4694;
e-mail: olvado@mail.ru

Шатов Дмитрий Викторович, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-5833-0403;
eLibrary SPIN: 1610-6721;
e-mail: shatovdv@mail.ru

Сухорукова Наталия Владимировна, канд. мед. наук,
доцент;
ORCID: 0000-0002-3964-2137;
eLibrary SPIN: 4028-5848;
e-mail: natasuh77@mail.ru

Сафроненко Андрей Владимирович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-4625-6186;
eLibrary SPIN: 3448-9574;
e-mail: andrejsaf@mail.ru

Сафонов Дмитрий Владимирович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-9472-5114;
e-mail: dimas-99@mail.ru

Грошилина Галина Сергеевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-1558-5307;
e-mail: ggroshilina@rambler.ru

Кутузова Елена Александровна;
ORCID: 0009-0001-4869-377X;
e-mail: lena_doc@mail.ru

Nikolay S. Felenko, Assistant Lecturer;
ORCID: 0000-0002-3591-8247;
eLibrary SPIN: 2164-8710;
e-mail: nikolaifelenko@yandex.ru

Elena D. Kubasova, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-9683-7814;
eLibrary SPIN: 7684-8140;
e-mail: lapkino2001@mail.ru

Nikita A. Shutsky, Cand. Sci. (Biology);
ORCID: 0000-0003-0979-1569;
eLibrary SPIN: 1430-4970;
e-mail: nikitashutskij@rambler.ru

Denis V. Mizgirev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-6804-3790;
eLibrary SPIN: 6202-6807;
e-mail: denimsur@rambler.ru

Roman V. Kubasov, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0003-1698-6479;
eLibrary SPIN: 8780-4464;
e-mail: romanas2001@mail.ru

Maria V. Katorina;
ORCID: 0009-0008-4201-0035;
e-mail: katorina.mariia@mail.ru

Alexander V. Toropov;
ORCID: 0009-0007-3256-6112;
e-mail: sasatoropov7@gmail.com

Olga V. Dolgikh, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0003-2855-3160;
eLibrary SPIN: 5728-4694;
e-mail: olvado@mail.ru

Dmitry V. Shatov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-5833-0403;
eLibrary SPIN: 1610-6721;
e-mail: shatovdv@mail.ru

Natalia V. Sukhorukova, MD, Cand. Sci. (Medicine),
Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-3964-2137;
eLibrary SPIN: 4028-5848;
e-mail: natasuh77@mail.ru

Andrey V. Safronenko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0003-4625-6186;
eLibrary SPIN: 3448-9574;
e-mail: andrejsaf@mail.ru

Dmitry V. Safonov, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-9472-5114;
e-mail: dimas-99@mail.ru

Galina S. Groshilina, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-1558-5307;
e-mail: ggroshilina@rambler.ru

Elena A. Kutuzova;
ORCID: 0009-0001-4869-377X;
e-mail: lena_doc@mail.ru

Линченко Сергей Николаевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-8345-0645;
eLibrary SPIN: 1681-3350;
e-mail: s_linchenko@mail.ru

Скляр Артем Вадимович;
ORCID: 0009-0008-7327-2417;
e-mail: dokru1@rambler.ru

Остапенко Татьяна Вячеславовна;
ORCID: 0009-0007-0511-3660;
e-mail: tanja.ostapenko@yandex.ru

Акопянец Светлана Алексеевна;
ORCID: 0009-0002-6233-9467;
e-mail: svtlnstroeva22536@gmail.com

Караханян Карина Суреновна, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0003-0519-0248;
eLibrary SPIN: 9171-6762;
e-mail: kara_008@mail.ru

Грошили Сергей Михайлович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-2782-7094;
eLibrary SPIN: 3980-0099;
e-mail: 9185546646@rambler.ru

Sergey N. Linchenko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-8345-0645;
eLibrary SPIN: 1681-3350;
e-mail: s_linchenko@mail.ru

Artem V. Sklyarov;
ORCID: 0009-0008-7327-2417;
e-mail: dokru1@rambler.ru

Tatiana V. Ostapenko;
ORCID: 0009-0007-0511-3660;
e-mail: tanja.ostapenko@yandex.ru

Svetlana A. Akopyants;
ORCID: 0009-0002-6233-9467;
e-mail: svtlnstroeva22536@gmail.com

Karina S. Karakhanyan, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
ORCID: 0000-0003-0519-0248;
eLibrary SPIN: 9171-6762;
e-mail: kara_008@mail.ru

Sergey M. Groshilin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0003-2782-7094;
eLibrary SPIN: 3980-0099;
e-mail: 9185546646@rambler.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author