

# ЭКОЛОГИЯ

---

## Ч Е Л О В Е К А

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

11.2020

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Северный государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Основан в 1994 году

Основным направлением деятельности журнала является публикация научных исследований, посвященных проблемам экологии человека и имеющих как фундаментальное, так и прикладное значение. В журнале публикуются оригинальные статьи, обзоры и краткие сообщения по всем аспектам экологии человека и общественного здоровья. Предназначен для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций.

**Главный редактор** – А. М. Гржибовский (Архангельск)

**Заместители главного редактора:** А. Б. Гудков (Архангельск), И. Б. Ушаков (Москва)

**Научный редактор** – П. И. Сидоров (Архангельск)

**Международный редактор** – Й. О. Одланд (Норвегия)

**Ответственный секретарь** – Г. Б. Чецкая (Архангельск)

**Редакционный совет:** И. Н. Болотов (Архангельск), Р. В. Бузинов (Архангельск), П. Вейхе (Фарерские острова), М. Гисслер (Финляндия/Швеция), Л. Н. Горбатова (Архангельск), А. В. Грибанов (Архангельск), Р. Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), П. С. Журавлев (Архангельск), Н. В. Зайцева (Пермь), А. Ингве (Швеция), Р. Каледене (Литва), В. А. Карпин (Сургут), П. Ф. Кику (Владивосток), П. Магнус (Норвегия), В. И. Макарова (Архангельск), А. Л. Максимов (Магадан), А. О. Марьяндышев (Архангельск), И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Э. Нибоер (Канада), Г. Г. Онищенко (Москва), К. Пярна (Эстония), А. Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва), Г. Роллин (ЮАР), М. Рудге (Бразилия), Й. Руис (Испания), А. Г. Соловьев (Архангельск), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург), В. И. Торшин (Москва), Т. Н. Унгурияну (Архангельск), В. П. Чащин (Санкт-Петербург), В. А. Черешнев (Москва), З. Ши (Катар), К. Ю (Китай), К. Янг (Канада)

**Редактор** Н. С. Дурасова **Переводчик** О. В. Калашникова **Дизайн обложки и верстка** Г. Е. Волкова

Перепечатка текстов без разрешения журнала запрещена. При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна

Адрес редакции и издателя: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51.

Тел. (8182) 20-65-63; e-mail: rio@nsmu.ru; rionsmu@yandex.ru

Адрес типографии:

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51. Тел. (8182) 28-56-64, факс (8182) 20-61-90

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

Подписано в печать 12.11.20. Дата выхода в свет 23.11.20. Формат 60×90/8. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 7,4. Тираж 1000 экз., зак. 2290.

Индекс 20454. Цена свободная

© Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

# HUMAN

---

# ECOLOGY

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC JOURNAL

11.2020

**Publisher - Northern State Medical University**  
**In continuous publication since 1994**

Human Ecology is a peer-reviewed nationally and internationally circulated Russian journal with the main focus on research and practice in the fields of human ecology and public health. The Journal publishes original articles, reviews, short communications, educational materials and news. The primary audience of the Journal includes health professionals, environmental specialists, researchers and doctoral students. The journal is recommended by the Higher Attestation Committee of the Russian Federation for publication of materials from doctoral theses in health sciences.

**Editor-in-Chief** - A. M. Grijbovski (Arkhangelsk)

**Deputy Editors-in-Chief:** A. B. Gudkov (Arkhangelsk), I. B. Ushakov (Moscow)

**Science Editor** - P. I. Sidorov (Arkhangelsk)

**International Editor** - J. Ø. Odland (Norway)

**Executive Secretary** - G. B. Chetskaya (Arkhangelsk)

**Editorial Council:** I. N. Bolotov (Arkhangelsk), R. V. Buzinov (Arkhangelsk), P. Weihe (Faroe Islands), M. Gissler (Finland/Sweden), L. N. Gorbatova (Arkhangelsk), A. V. Griбанov (Arkhangelsk), R. Johnson (USA), N. V. Dorshakova (Petrozavodsk), P. S. Zhuravlev (Arkhangelsk), N. V. Zaitseva (Perm), A. Yngve (Sweden), R. Kalediene (Lithuania), V. A. Karpin (Surgut), P. F. Kiku (Vladivostok), P. Magnus (Norway), V. I. Makarova (Arkhangelsk), A. L. Maksimov (Magadan), A. O. Maryandyshev (Arkhangelsk), I. G. Mosyagin (Saint Petersburg), E. Nieboer (Canada), G. G. Onishchenko (Moscow), K. Pärna (Estonia), A. Rautio (Finland), Ya. A. Rakhmanin (Moscow), H. Rollin (South Africa), M. Rudge (Brazil), J. Ruiz (Spain), A. G. Soloviev (Arkhangelsk), G. A. Sofronov (Saint Petersburg), V. I. Torshin (Moscow), T. N. Unguryanu (Arkhangelsk), V. P. Chashchin (Saint Petersburg), V. A. Chereshevnev (Moscow), Z. Shi (Qatar), C. Yu (China), K. Young (Canada)

**Editor** N. S. Durasova **Translator** O. V. Kalashnikova **Cover design and make-up** G. E. Volkova

Editorial office: Troitsky Ave. 51, 163000 Arkhangelsk, Russia.

Tel. +7 (8182) 20 65 63; email: rio@nsmu.ru; rionsmu@yandex.ru

Publisher: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University»  
of Ministry of Healthcare of Russian Federation

Troitsky Ave. 51, 163000 Arkhangelsk, Russia. Tel. +7 (8182) 28 56 64, fax +7 (8182) 20 61 90.

Registered by the Federal Supervision Agency for Information Technologies and Communications on 20.03.2020.

Registration number ПИ № ФС 77-78166.

Format 60×90/8. Digital printing. Index 20454. Free price

© Northern State Medical University, Arkhangelsk

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

- Мироненко О. В., Киселев А. В., Магомедов Х. К.,  
Панькин А. В., Суворова О. К., Федорова Е. А.**  
Гигиеническая оценка воздействия выбросов  
из тела полигона для складирования осадков  
сточных вод на здоровье населения ..... 4

### ЭКОЛОГИЯ ТРУДА

- Шевченко О. И., Бодиенкова Г. М.,  
Лахман О. Л., Боклаженко Е. В.**  
Взаимосвязь показателей цитокинового профиля и изменений  
нейроэнергообмена у пациентов с вибрационной болезнью ..... 14

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

- Кривоногова Е. В., Демин Д. Б.,  
Кривоногова О. В., Поскотинова Л. В.**  
Варианты изменения ЭЭГ-ритмов,  
сердечно-сосудистых показателей при кратковременном  
общем воздушном охлаждении у молодых людей ..... 20
- Еськов В. В., Орлов Е. В., Башкатова Ю. В., Мельникова Е. Г.**  
Проблема статистической устойчивости параметров  
кардиоинтервалов сердечно-сосудистой системы ..... 27
- Поповская Е. В., Филиппова О. Е.,  
Шашкова Е. Ю., Щёголева Л. С.**  
Клеточные иммунные реакции при черепно-мозговой травме ..... 32

### ЭКОЛОГИЯ ДЕТСТВА

- Грицинская В. Л., Новикова В. П., Гладкая В. С.**  
Антропометрические показатели детей 8–14 лет  
в трёх городах России ..... 38

### СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Сабгайда Т. П., Ростовская Т. К.**  
Смертность женщин в Российской Федерации ..... 46

### МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Чойнзонов Е. Л., Жуйкова Л. Д., Ананина О. А.,  
Одинцова И. Н., Вальков М. Ю., Пикалова Л. В.**  
Эпидемиология злокачественных новообразований  
в административных центрах Сибирского  
федерального округа ..... 53
- Кекелидзе З. И., Полянский Д. А.,  
Шпорт С. В., Соловьев А. Г.**  
Алкоголь как фактор повышенной аварийности  
у водителей автобусов ..... 60

УДК 614.72:+628.332

DOI: 10.33396/1728-0869-2020-11-4-13

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ ИЗ ТЕЛА ПОЛИГОНА ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

© 2020 г. \*О. В. Мироненко, А. В. Киселев, Х. К. Магомедов, \*\*А. В. Панькин, О. К. Суворова, Е. А. Федорова

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова», г. Санкт-Петербург; \*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург; \*\*ООО «Институт проектирования, экологии и гигиены», г. Санкт-Петербург

Статья посвящена изучению воздействия на здоровье населения веществ в атмосферном воздухе, образующихся в результате разложения органической составляющей осадков сточных вод, размещенной на полигоне. В качестве объекта исследования выбран комплекс иловых площадок Северной станции аэрации ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», расположенный в пос. Новоселки г. Санкт-Петербурга. *Цель* исследования – гигиеническая оценка влияния выбросов полигона для складирования осадков сточных вод на здоровье населения. *Методы*: использованы санитарно-химические методы исследования выбросов полигона, выполнен расчет рассеивания выбросов в атмосферном воздухе, применена методология по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух. *Результаты*. В результате жизнедеятельности полигона в атмосферный воздух поступает 30 загрязняющих веществ, суммарный валовый выброс достигает 768,11 т/год. Основной объем валового выброса образует метан. В составе выбросов присутствуют 12 загрязняющих веществ, обладающих канцерогенным действием. В суммарный индекс неканцерогенной опасности 99,9 % вклада вносят 18 веществ, основными из которых являются дигидросульфид (сероводород), формальдегид и аммиак. *Выводы*. Максимальные значения канцерогенного риска от воздействия формальдегида в расчетных точках достигают значения  $5,8 \times 10^{-6}$ . Уровни индивидуального канцерогенного риска от воздействия формальдегида соответствуют второму диапазону риска (предельно допустимый). Величина суммарного индивидуального канцерогенного риска не превышает значения  $7,4 \times 10^{-6}$ . Максимальные значения коэффициентов опасности при хроническом воздействии обусловлены сероводородом – 0,27. Максимальные значения индекса опасности воздействия в расчетных точках составляют на органы дыхания 0,46; на иммунную систему – 0,16; на глаза – 0,15. Данные уровни риска были оценены как минимальные.

**Ключевые слова:** риск для здоровья, полигон складирования осадков сточных вод, канцерогены, загрязняющие вещества, общетоксическое действие

## HYGIENIC ASSESSMENT OF THE IMPACT OF EMISSIONS FROM THE BODY SEWAGE SLUDGE LANDFILL ON PUBLIC HEALTH

\*O. V. Mironenko, A. V. Kiselev, Kh. K. Magomedov, \*\*A. V. Pankin, O. K. Suvorova, E. A. Fedorova

I. I. Mechnikov North-West State Medical University, Saint Petersburg; \*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg; \*\*Institute of Design, Ecology and Hygiene, Saint Petersburg, Russia

*The aim* was to assess the health impact of substances measured in the air originating from the decomposition of organic components of sewage sludge in the landfill. *Methods*: The study was performed at the Severny landfill in a suburb of Saint Petersburg. Sanitary and chemical methods of landfill emissions research we applied. Health risk assessment of the chemicals polluting the air was used. *Results*. In total, 30 pollutants are emitted from the landfill to the air with the total emission of 768.11 tons/year. The main pollutant was methane. The emissions contained 12 pollutants with a carcinogenic effect. A total of 18 substances comprised 99.9 % of the total index of non-carcinogenic hazard with dihydrosulfide (hydrogen sulfide), formaldehyde and ammonia being the main contributors. *Conclusions*. The maximum values of carcinogenic risk from exposure to formaldehyde at the calculated points reached  $5.8 \times 10^{-6}$ . The levels of individual carcinogenic risk from formaldehyde exposure correspond to the second risk range (maximum permissible). The value of the total individual carcinogenic risk does not exceed the value of  $7.4 \times 10^{-6}$ . The maximum values of the hazard factors for chronic exposure are due to hydrogen sulfide - 0.27. The maximum values of the exposure hazard index at calculated points on the respiratory system are 0.46; on the immune system - 0.16; on the eyes - 0.15. These risk levels were rated as minimal.

**Key words:** health risk, landfill for sewage sludge, carcinogens, pollutants, general toxic effects

### Библиографическая ссылка:

Мироненко О. В., Киселев А. В., Магомедов Х. К., Панькин А. В., Суворова О. К., Федорова Е. А. Гигиеническая оценка воздействия выбросов из тела полигона для складирования осадков сточных вод на здоровье населения // Экология человека. 2020. № 11. С. 4–13.

### For citing:

Mironenko O. V., Kiselev A. V., Magomedov Kh. K., Pankin A. V., Suvorova O. K., Fedorova E. A. Hygienic Assessment of the Impact of Emissions from the Body Sewage Sludge Landfill on Public Health. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 4–13.

В последние годы установление связи между воздействием факторов окружающей среды и состоянием здоровья населения становится все более актуальным в гигиенических исследованиях [1].

Вопросы оценки вклада того или иного объекта в загрязнение атмосферного воздуха решаются путем расчетов рассеивания примесей на основе официальных математических моделей. Примером такого

объекта служит полигон складирования осадков сточных вод (ОСВ) «Северный» филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

В отечественных и зарубежных работах описаны последствия широко применяемых методов утилизации ОСВ, таких как внесение осадков в почву, в том числе в качестве удобрения [27, 30, 32], сжигание с целью получения биотоплива [3, 4, 13, 33, 35], использование осадков при изготовлении стройматериалов [21, 22]. Большой объем работ посвящен активно используемому в России методу складирования осадков на полигонах, в которых говорится об опасности применения данной технологии для окружающей среды (загрязнение выделениями и выбросами полигонов сопредельных сред) [2]. Однако в литературных источниках отсутствуют сведения, посвященные оценке риска здоровью населения, проживающего в зоне размещения полигона и подвергающегося воздействию данного негативного фактора со стороны приоритетных химических соединений, выделяющихся из тела полигона для складирования ОСВ.

Полигон для складирования ОСВ «Северный» филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» располагается в северной части города. С южной стороны полигон граничит с СПб ГУП «Завод МПБО-II» и кольцевой автомобильной дорогой (КАД), с западной — с Левашовским шоссе, за которым располагается строительная площадка автокомпонентов Hyundai, с северной — с аэродромом Левашово и пос. Новоселки, с восточной — с КАД, за которой располагается Успенское кладбище.

Полигон «Северный» расположен в 5 км от ближайших районов Санкт-Петербурга, в 2 км от пос. Левашово, население которого составляет примерно 5 тыс. человек. С этим связаны постоянные жалобы населения, проживающего в обозначенных районах, на неприятный запах в атмосферном воздухе.

Запахи в атмосферном воздухе связаны с тем, что для ряда веществ (например метилмеркаптан) пороги запаха ниже ПДК. Меркаптаны в рамках описываемой темы в основном представлены метилмеркаптаном и этилмеркаптаном. Поскольку оба вещества обладают схожими токсическими свойствами, детально мы разберём их на примере метилмеркаптана.

Метилмеркаптан — это бесцветный газ с характерным запахом, тяжелее воздуха и может стелиться по земле; возможно возгорание на расстоянии. Вещество раздражает глаза, кожу и дыхательные пути. Вдыхание газа может вызвать отек легких. Вещество может оказывать действие на центральную нервную систему, приводя к дыхательной недостаточности. Воздействие в большой дозе может вызвать смерть. При действии высоких концентраций в картине отравления меркаптанами преобладают угнетение, расстройства дыхания и координации движений, вероятна смерть от остановки дыхания. Порог запаха 0,0001–0,0003 мг/м<sup>3</sup> [16].

Площадь объекта 82 328 га согласно акту землеотвода. Объем складированных осадков 2,1 млн<sup>3</sup>

тонн. Полигон предназначен для складирования обезвоженных ОСВ.

Полигон огражден грунтовыми дамбами из кембрийской глины, по верху дамбы проложена асфальтированная дорога с барьерными ограждениями. По общепринятой технологии захоронения отходов предусматривают планировку и уплотнение завозимых отходов, а также регулярную изоляцию грунтом рабочих слоев отходов.

Процесс разложения отходов носит характер окисления, происходящего в верхних слоях отходов за счет кислорода воздуха, содержащегося в пустотах и проникающего из атмосферы. По мере естественного и механического уплотнения отходов и изолирования их грунтом усиливаются анаэробные процессы с образованием биогаза, являющегося конечным продуктом биотермического анаэробного распада органической составляющей отходов под воздействием микрофлоры [31].

За период анаэробного разложения отходов с постоянным выделением метана и максимальным выходом биогаза генерируется около 80 % от общего количества биогаза. Наличие загрязняющих веществ в воздухе обусловлено протеканием процессов биоразложения (гниения и брожения) ОСВ.

Таким образом, полигон «Северный» является значительным источником выброса вредных веществ, в том числе обладающих запахом, на что указывают жалобы и обращения жителей пос. Новоселки и Левашово, при этом данные расчетов ПДВ показывают, что превышений загрязняющих химических веществ на территории жилой застройки нет. Таким образом, подобного рода объект представляет собой систему жизнеобеспечения города достаточно статичную и замена технологии на более экологически благоприятную является сложным процессом [6, 7, 14, 15].

Поскольку классические медико-статистические и эпидемиологические методы зачастую не позволяют установить достоверную взаимосвязь между воздействием фактора на здоровье населения, проживающего в зоне экологического риска, и прямой корреляцией «фактор — эффект» (особенно в течение непродолжительного времени воздействия), необходимо применять метод прогнозирования изменения состояния здоровья при воздействии факторов окружающей среды [8, 10, 17].

Анализ существующих практик медико-экологических исследований и экспертиз наглядно показывает необходимость сочетания методов оценки риска здоровью и медико-статистических и эпидемиологических методов. Методология оценки риска здоровью является официальным приемом оценки вредного воздействия выбросов, определения приоритетности загрязняющих веществ. Она введена в действие в 2004 г. Г. Г. Онищенко, а с 01.04.2008 г. является обязательной процедурой при решении вопросов достаточности размеров санитарно-защитных зон (СЗЗ) объектов источников выбросов [11]. На сегодняшний день Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения

при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» до сих пор остается в России единственным документом, отражающим в полной мере классическую методологию оценки риска, принятую международным научным обществом [12].

В настоящее время в нашей стране методология оценки риска здоровью населения занимает ведущее положение в системе организации безопасности населения и гигиены окружающей среды. За последние годы в России проведено множество исследований по практическому применению методологии оценки риска для характеристики воздействия различных химических веществ, на здоровье населения. Методология оценки риска здоровью представляет собой элемент математического моделирования причинно-следственных связей между фактором (химическим, физическим) и здоровьем населения, находящегося под его воздействием, в конкретных условиях пространства и времени [9].

На основании вышесказанного сформирована цель настоящего исследования – дать гигиеническую оценку влияния выбросов полигона складирования осадков сточных вод на здоровье населения.

## Методы

Оценка риска здоровью выполнена на основании данных выбросов полигона складирования ОСВ «Северный» за 2014–2017 гг. (табл. 1).

Расчеты рассеивания выбросов выполнены в программе УПРЗА «Эколог-Стандарт» версия 4.60 в соответствии с Приказом Минприроды России от 06.06.2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» на основании исходных данных о выбросах. Источник выбросов (иловые площадки) стилизован как неорганизованный источник. Расчеты выполнены на площадке размером 4 000 × 3 400 м с шагом сетки 50 м, а также в 9 расчетных точках. Расчетные точки были выбраны на границе полигона и жилой зоны пос. Левашово (2 250 м от полигона) и Новоселки (1 480 м от полигона).

## Результаты

На первом этапе нашей работы были подвергнуты анализу и ранжированию результаты исследования выбросов полигона и определена последовательность действий применения методологии оценки риска

Таблица 1

Ранжирование загрязняющих веществ по валовому выбросу от полигона

Код	Вещество	ПДКм.р.	ПДКс.с.	ОБУВ	Класс опасности	Валовый выброс, т/г	Вклад, %	Ранг
410	Метан	–	–	50	–	694,75	90,4	1
303	Аммиак	0,2	0,04	–	4	34,62	4,51	2
612	(1-Метилэтил) бензол (Изопропилбензол, Кумол)	0,014	–	–	4	12,00	1,56	3
333	Дигидросульфид (Сероводород)	0,008	–	–	2	10,25	1,33	4
1325	Формальдегид	0,05	0,01	–	2	7,67	1,00	5
403	Гексан	60	–	–	4	1,36	1,8E–01	6
602	Бензол	0,3	0,1	–	2	0,98	1,3E–01	7
626	Триметилбензол	0,04	0,015	–	2	0,93	1,2E–01	8
640	1,4-Диметилбензол (п-Ксилол)	0,3	–	–	3	0,80	1,0E–01	9
2754	Углеводороды предельные C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	1	–	–	4	0,61	8,0E–02	10
1051	Изопропиловый спирт	0,6	–	–	3	0,57	7,5E–02	11
856	1,2-Дихлорэтан	3	1	–	2	0,52	6,9E–02	12
627	Этилбензол	0,02	–	–	3	0,38	4,9E–02	13
1409	Метилэтилкетон	–	–	0,1	–	0,36	4,7E–02	14
639	1,2-Диметилбензол (о-Ксилол)	0,3	–	–	3	0,28	3,7E–02	15
902	Трихлорэтилен	4	1	–	3	0,28	3,7E–02	15
622	Тетраметилбензол	0,025	0,01	–	2	0,25	3,3E–02	17
614	Метилпропилбензол	–	–	0,2	–	0,23	3,1E–02	18
621	Метилбензол (Толуол)	0,6	–	–	3	0,23	3,1E–02	18
2212	2,6,6-Триметилбицикло[3,1,1]гепт-2-ен (2-Пинен)	–	–	0,2	4	0,22	3,0E–02	20
898	Трихлорметан	0,1	0,03	–	2	0,17	2,3E–02	21
2213	3,7,7-Триметилбицикло[4,1,0]гепт-3-ен (3-Карен)	–	–	0,2	4	0,08	1,1E–02	22
707	Метилнафталин	–	–	0,02	–	0,08	1,0E–02	23
1071	Гидроксибензол (Фенол)	0,01	0,006	–	2	0,07	9,7E–03	24
906	Тетрахлорметан	4	0,7	–	2	0,07	9,5E–03	25
631	Метилпропилбензол	–	–	0,03	–	0,06	7,9E–03	26
708	Нафталин	0,007	–	–	4	0,05	7,8E–03	27
1716	Смесь природных меркаптанов	0,00005	–	–	3	0,04	6,0E–03	28
1706	Диметилдисульфид	0,7	–	–	4	0,04	5,4E–03	29
1305	Октаналь	0,02	–	–	2	0,02	3,4E–03	30
	Всего 30 загрязняющих веществ					768,11	100	

здоровью для анализа качества природной среды по этапам работы [11]:

- идентификация опасности
- оценка экспозиции
- оценка зависимости «доза – эффект»
- характеристика риска.

В результате деятельности полигона в атмосферный воздух поступает 30 загрязняющих веществ, суммарный валовый выброс которых составляет 768,11 т/год.

Основной объем валового выброса составляют метан – 694,75 т/год, аммиак – 34,62 т/год, (1-Метилэтил)бензол (Изопропилбензол, Кумол) – 12,00 т/год, дигидросульфид (сероводород) – 10,25 т/год, формальдегид – 7,67 т/год.

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по валовому выбросу от полигона представлены в табл. 1.

В составе выбросов полигона присутствуют 12 загрязняющих веществ, которые по данным СанПиН 1.2.2353-08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности», Руководства по оценке риска 2.1.10.1920-04 и Международного агентства по изучению рака (МАИР) обладают канцерогенным действием при ингаляционном пути поступления в организм: бензол, (1-метилэтил)бензол (изопропилбензол, кумол), метилбензол (толуол), этилбензол, нафталин, 1,2-ди-

хлорэтан трихлорметан, трихлорэтилен, тетрахлорметан, изопропиловый спирт, гидроксibenзол (фенол), формальдегид.

Только для 8 канцерогенов (бензол, этилбензол, нафталин, 1,2-дихлорэтан, трихлорметан, трихлорэтилен, тетрахлорметан, формальдегид) разработан фактор канцерогенного потенциала (SFi), что позволяет выполнить дальнейшую оценку уровней канцерогенного риска для этих веществ.

Изучение степени выраженности токсических свойств загрязняющих веществ по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности показало, что 99,9 % вклада в суммарный индекс неканцерогенной опасности вносят 18 веществ: дигидросульфид (сероводород), формальдегид, аммиак, триметилбензол, метан, смесь природных меркаптанов, тетраметилбензол, (1-метилэтил)бензол (изопропилбензол, кумол), бензол, 1,4-диметилбензол (п-ксилол), гидроксibenзол (фенол), нафталин, 1,2-диметилбензол (о-ксилол), трихлорэтилен, трихлорметан, гексан, метилнафталин, тетрахлорметан.

В рамках выполняемой работы для анализа канцерогенных свойств идентифицированных химических веществ обобщались зарубежные данные о степени доказанности канцерогенного действия по классификациям МАИР, информация о SFi при ингаляционном поступлении, рассчитывались уровни единичного риска с использованием величины SFi, стандартных

Таблица 2

Сведения о параметрах опасности развития неканцерогенных эффектов при хроническом воздействии

Код	Вещество	RiC, мг/м³	Критические органы/системы
303	Аммиак	0,1	Органы дыхания
333	Дигидросульфид (Сероводород)	0,002	Органы дыхания
403	Гексан	0,7	ЦНС, органы дыхания, нервная система
410	Метан	50	–
602	Бензол	0,03	Процессы развития, кроветворная система, красный костный мозг, ЦНС, иммунная система, ССС, репродуктивная система
612	(1-Метилэтил)бензол (Изопропилбензол, Кумол)	0,4	Почки, эндокринная система, ЦНС
621	Метилбензол (Толуол)	5	ЦНС, процессы развития, органы дыхания
622	Тетраметилбензол	0,01	–
626	Триметилбензол	0,006	Почки, изменение биохимических показателей крови, ЦНС, кроветворная система, органы дыхания
627	Этилбензол	1	Процессы развития, печень, почки, эндокринная система
639	1,2-Диметилбензол (о-Ксилол)	0,1	ЦНС, органы дыхания, почки, печень
640	1,4-Диметилбензол (п-Ксилол)	0,1	ЦНС, органы дыхания, почки, печень
707	Метилнафталин	0,071	–
708	Нафталин	0,003	Органы дыхания
856	1,2-Дихлорэтан	0,4	Процессы развития, печень, почки, ЦНС
898	Трихлорметан	0,098	Печень, процессы развития, почки, ЦНС
902	Трихлорэтилен	0,04	ЦНС, печень, эндокринная система, процессы развития, глаза, почки
906	Тetraхлорметан	0,04	Печень, процессы развития, ЦНС, почки
1051	Изопропиловый спирт	7	Печень, почки, процессы развития
1071	Гидроксibenзол (Фенол)	0,006	ССС, почки, ЦНС, печень, органы дыхания
1325	Формальдегид	0,003	Органы дыхания, глаза, иммунная система
1409	Метилэтилкетон	5	Процессы развития
1706	Диметилдисульфид	0,7	–
1716	Смесь природных меркаптанов	0,001	Органы дыхания
2213	3,7,7-Триметилбцикло[4,1,0]гепт-3-ен (3-Карен)	0,2	–

значений массы тела человека (70 кг) и суточного потребления воздуха (20 м<sup>3</sup>/сутки) [5, 18, 24].

Сведения о параметрах опасности развития неканцерогенных эффектов при хроническом воздействии представлены в табл. 2. Критические органы и системы организма, поражаемые приоритетными загрязнителями, приведены в соответствии с Руководством 2.1.10.1920-04 [11].

На основании анализа системной и органотропной направленности действия всех приоритетных загрязняющих веществ в выбросах от полигона прежде всего следует ожидать увеличения общетоксических эффектов на центральную нервную систему, органы дыхания, почки, влияния на процессы развития организма, печень [11].

Учитывая цель исследования, за основу сценария воздействия был принят сценарий жилой зоны, при котором рассматривается хроническое (пожизненное) воздействие.

Это предполагает оценку воздействия на жителей, постоянно проживающих в рассматриваемой местности, без учета их дополнительной экспозиции к вредным веществам в процессе трудовой деятельности [29].

Анализ результатов расчетов среднегодовых концентраций показал, что привносимые уровни загрязнения во всех расчетных точках не будут превышать гигиенических нормативов по всем приоритетным загрязнителям.

Таблица 3  
Диапазоны значений концентраций загрязняющих веществ в расчетных точках

Код	Вещество	Min	Max
		мг/м <sup>3</sup>	
410	Метан	0,020	0,037
303	Аммиак	0,001	0,002
612	(1-Метилэтил)бензол (Изопропилбензол, Кумол)	3,5E-04	6,3E-04
333	Дигидросульфид (Сероводород)	3,0E-04	5,4E-04
1325	Формальдегид	2,6E-04	4,6E-04
403	Гексан	4,0E-05	7,2E-05
602	Бензол	2,9E-05	5,2E-05
626	Триметилбензол	2,7E-05	4,9E-05
640	1,4-Диметилбензол (п-Ксилол)	2,4E-05	4,3E-05
1051	Изопропиловый спирт	1,7E-05	3,1E-05
856	1,2-Дихлорэтан	1,5E-05	2,8E-05
627	Этилбензол	1,1E-05	2,0E-05
1409	Метилэтилкетон	1,1E-05	1,9E-05
639	1,2-Диметилбензол (о-Ксилол)	8,2E-06	1,5E-05
902	Трихлорэтилен	8,2E-06	1,5E-05
622	Тетраметилбензол	7,5E-06	1,4E-05
621	Метилбензол (Толуол)	7,0E-06	1,3E-05
898	Трихлорметан	5,2E-06	9,4E-06
2213	3,7,7-Триметилбцикло[4,1,0]гепт-3-ен (3-Карен)	2,5E-06	4,5E-06
707	Метилнафталин	2,4E-06	4,3E-06
1071	Гидроксибензол (Фенол)	2,2E-06	4,0E-06
906	Тетрахлорметан	2,1E-06	3,9E-06
708	Нафталин	1,7E-06	3,1E-06
1716	Смесь природных меркаптанов	1,3E-06	2,4E-06
1706	Диметилдисульфид	1,2E-06	2,2E-06

Оценка диапазонов среднегодовых концентраций показала, что максимальные значения концентраций во всех расчетных точках будут обусловлены метаном — 0,037 мг/м<sup>3</sup>.

Значения среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в расчетных точках представлены в табл. 3.

На основании полученных расчетным путем значений среднегодовых концентраций был произведен расчет суточных доз, усредненных с учетом ожидаемой средней продолжительности жизни человека для последующей оценки канцерогенных рисков.

Максимальные дозовые нагрузки во всех расчетных точках обусловлены выбросами формальдегида — 1,3E-04 мг/кг×день.

В табл. 4 представлены диапазоны дозовой нагрузки на организм человека, рассчитанные с использованием стандартных факторов экспозиции.

Таблица 4  
Диапазоны значений доз загрязняющих веществ в расчетных точках

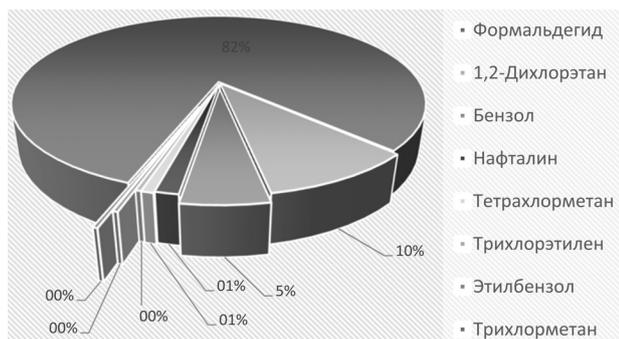
Код	Вещество	Min	Max
		мг/(кг день)	
1325	Формальдегид	7,3E-05	1,3E-04
602	Бензол	8,2E-06	1,5E-05
856	1,2-Дихлорэтан	4,4E-06	8,0E-06
627	Этилбензол	3,2E-06	5,7E-06
902	Трихлорэтилен	2,3E-06	4,2E-06
898	Трихлорметан	1,5E-06	2,7E-06
906	Тетрахлорметан	6,1E-07	1,1E-06
708	Нафталин	5,0E-07	9,0E-07

С целью оценки канцерогенного риска от выбросов предприятия применялся SFi, характеризующий дополнительный индивидуальный канцерогенный риск или степень увеличения вероятности развития рака при ингаляционном воздействии химических веществ, являющихся канцерогенами [11].

Количественная оценка риска развития неканцерогенных эффектов при хроническом ингаляционном воздействии проводилась по величине коэффициента опасности, представляющего собой соотношение между воздействующей среднегодовой концентрацией референтным (безопасным для здоровья) уровнем воздействия.

Изучение структурного вклада отдельных канцерогенов в суммарные уровни риска в расчетных точках показало, что максимальный вклад в значения суммарного канцерогенного риска вносит формальдегид (до 82 %) (рисунок). Индивидуальный канцерогенный риск от воздействия формальдегида регистрируется на уровне 10<sup>-6</sup>; от бензола и 1,2-дихлорэтана — 10<sup>-7</sup>; от нафталина — 10<sup>-7</sup>–10<sup>-8</sup>; от этилбензола, трихлорметана, трихлорэтилена, тетрачлормета — 10<sup>-8</sup>.

Максимальные значения канцерогенного риска от воздействия формальдегида в расчетных точках достигают значения 5,8 × 10<sup>-6</sup>. Уровни индивидуального канцерогенного риска от воздействия формальдегида



Вклад отдельных канцерогенов в суммарные уровни канцерогенного риска, %

соответствуют второму диапазону риска (предельно допустимому риску, т. е. верхней границе приемлемого риска). Данные уровни подлежат постоянному контролю [11].

Анализ территориального распределения величин суммарного индивидуального канцерогенного риска показал, что величина рассчитанного риска не превысит значения 7,4E-06.

Вероятность развития неканцерогенных эффектов в расчетных точках была оценена от воздействия всех приоритетных веществ. Рассчитаны суммарные индексы опасности при воздействии на критические органы и системы (органы дыхания, центральная

нервная система и др.), оценено влияние на процессы развития.

Значения хронического неканцерогенного риска в расчетных точках для приоритетных загрязняющих веществ и суммарные индексы опасности при воздействии на основные критические органы и системы представлены в табл. 5 и 6.

Таблица 6

**Диапазоны суммарных индексов опасности при одновременном поступлении приоритетных загрязнителей по влиянию на критические органы и системы**

Критические органы и системы	Min	Max
Органы дыхания	0,25	0,46
Иммунная система	0,09	0,16
Глаза	0,09	0,15
Центральная нервная система	7,5E-03	1,4E-02
Почки	6,5E-03	1,2E-02
Кроветворная система	5,5E-03	1,0E-02
Процессы развития	1,5E-03	2,6E-03
Сердечно-сосудистая система	1,5E-03	2,6E-03
Эндокринная система	1,1E-03	2,0E-03
Печень	1,0E-03	1,9E-03
Красный костный мозг	9,6E-04	1,7E-03
Репродуктивная система	9,6E-04	1,7E-03
Нервная система	5,7E-05	1,0E-04

Таблица 5

**Диапазоны значений коэффициентов опасности приоритетных загрязнителей в расчетных точках**

Код	Вещество	Min	Max
333	Дигидросульфид (Сероводород)	0,15	0,27
1325	Формальдегид	8,5E-02	1,5E-01
303	Аммиак	1,0E-02	2,0E-02
626	Триметилбензол	4,6E-03	8,2E-03
1716	Смесь природных меркаптанов	1,3E-03	2,4E-03
602	Бензол	9,6E-04	1,7E-03
612	(1-Метилэтил)бензол (Изопропилбензол, Кумол)	8,8E-04	1,6E-03
622	Тетраметилбензол	7,5E-04	1,4E-03
708	Нафталин	5,8E-04	1,0E-03
410	Метан	4,0E-04	7,4E-04
1071	Гидроксibenзол (Фенол)	3,6E-04	6,6E-04
640	1,4-Диметилбензол (п-Ксилол)	2,4E-04	4,3E-04
902	Трихлорэтилен	2,1E-04	3,7E-04
639	1,2-Диметилбензол (о-Ксилол)	8,2E-05	1,5E-04
403	Гексан	5,7E-05	1,0E-04
906	Тетрахлорметан	5,3E-05	9,6E-05
898	Трихлорметан	5,3E-05	9,6E-05
856	1,2-Дихлорэтан	3,9E-05	7,0E-05
707	Метилнафталин	3,3E-05	6,0E-05
2213	3,7,7-Триметилбисцикло[4,1,0]гепт-3-ен (3-Карен)	1,2E-05	2,2E-05
627	Этилбензол	1,1E-05	2,0E-05
1051	Изопропиловый спирт	2,4E-06	4,4E-06
1409	Метилэтилкетон	2,1E-06	3,8E-06
1706	Диметилдисульфид	1,7E-06	3,2E-06
621	Метилбензол (Толуол)	1,4E-06	2,5E-06

Оценка хронического неканцерогенного риска показала, что уровни риска от воздействия всех приоритетных загрязняющих веществ на рассматриваемой территории не превышают допустимых значений риска (1). Максимальные значения коэффициентов опасности в расчетных точках при хроническом воздействии загрязняющих веществ обусловлены воздействием дигидросульфида (сероводорода) – 0,27.

Величины суммарных индексов опасности на все приоритетные органы и системы не превышают допустимых значений (1). Максимальные значения индекса опасности воздействия в расчетных точках составляют для органов дыхания 0,46; для иммунной системы – 0,16; для глаз – 0,15; для остальных органов и систем значения риска не превысят 0,01.

Данные уровни риска были оценены как минимальные, что свидетельствует о малой вероятности проявления неблагоприятных эффектов при комбинированном воздействии приоритетных загрязнителей.

**Обсуждение результатов**

В отечественной и зарубежной научной литературе имеются публикации, в которых представлены результаты исследований ОСВ, оценена степень их воздействия на окружающую среду, в том числе после применения разных технологий по обезвреживанию, отличающихся как принципом, так и механизмом действия.

В России и странах СНГ осадки сточных вод практически не вовлекаются во вторичный хозяйственный оборот, а размещаются на полигонах. Около 15 тыс. санкционированных объектов размещения отходов,

в том числе полигоны ОСВ, занимают территорию общей площадью 4 млн гектаров, и эта территория ежегодно увеличивается на 300–400 тыс. гектаров, являясь источником загрязнения окружающей среды и создавая негативное воздействие на здоровье населения, проживающего в непосредственной близости [2, 6, 7, 14, 19].

В странах Западной Европы, США, Японии и других развитых странах ОСВ используют вторично. Например, в сельском хозяйстве, в качестве удобрения. По своему составу и свойствам ОСВ не уступают органическим сельскохозяйственным удобрениям [3, 20, 23, 25, 28]. В крупных мегаполисах России, где действует общесплавная система канализации и различные виды сточных вод отводятся совместно, образующиеся при очистке сточных вод осадки характеризуются наличием высоких концентраций тяжелых металлов (в составе промышленных сточных вод), что затрудняет использование осадков в сельском хозяйстве [3, 6, 15]. Еще одним методом обращения с ОСВ, широко применяемым во всем мире, является метод сжигания осадков с получением биотоплива и энергии [4, 26, 34]. В России данный метод применяется на станциях аэрации Санкт-Петербурга, где уже более 20 лет образующиеся осадки сжигают. На выходе образуется зола, которая, не найдя применения, складывается на полигоне. Объемы образующейся после сжигания золы на порядок меньше объема осадка. Кроме того, зола не оказывает негативного влияния на атмосферный воздух и тяжелые металлы, содержащиеся в ней, находятся в связанном, неспособном к миграции в сопредельные среды, виде [6].

Несмотря на опасность для окружающей среды метода складирования ОСВ на полигоне – загрязнение прилегающей почвы, подземных и поверхностных вод тяжелыми металлами и микроорганизмами, эмиссия в атмосферный воздух целого ряда опасных химических веществ, в том числе канцерогенов – данный метод является широко распространенным в многочисленных городах России и в странах СНГ, чему посвящено множество научных работ [2, 6, 7, 14, 15].

При выполнении нашего исследования был также изучен один из многочисленных факторов негативного воздействия на окружающую среду, а именно последствия длительного складирования ОСВ на полигоне и воздействие формирующихся при этом выбросов при химическом разложении ОСВ на атмосферный воздух прилегающей территории. Кроме того, была выполнена оценка риска здоровью населения, проживающего в зоне жизнедеятельности полигона, на основании данных расчета полей рассеивания.

Таким образом, объектом нашего исследования являлся полигон «Северный» ГУП «Водоканал СПб», расположенный в непосредственной близости от жилых кварталов Выборгского и Приморского районов Санкт-Петербурга. Полигон заполнен ОСВ более чем на 90 % проектной мощности. И хотя ОСВ в настоящее время на полигон не вывозятся, накопленные десятилетиями миллионы кубометров

осадков являются угрозой загрязнения окружающей среде и здоровью населения, проживающего на прилегающих к полигону территориях.

На сегодняшний день на полигоне «Северный» активно ведутся работы по переработке накопленных осадков с помощью современной экологически благоприятной технологии геотубирования. Суть данной технологии заключается в статическом обезвоживании осадков, помещенных в объемные мелкопористые мешки (геотубы). Предварительно в осадок добавляют реагенты для дезинфекции, дезодорации, связывания и осаждения тяжелых металлов и прочих химических соединений, после чего хранят осадок на протяжении года в геотубах. Санитарно-химические, бактериологические, паразитологические, токсикологические лабораторные исследования продукта, полученного методом геотубирования ОСВ, свидетельствуют о его санитарно-эпидемиологической безопасности для окружающей среды [6, 14, 15]. Но, к сожалению, дать комплексную гигиеническую оценку влиянию продукта геотубирования на атмосферный воздух на данном этапе исследования не представляется возможным. После полного завершения процесса переработки накопленных ОСВ имеются перспективы продолжения данного научного направления с целью гигиенического обоснования эффективности применения методов складирования и геотубирования ОСВ.

### Заключение

Изучение структурного вклада отдельных канцерогенов в суммарные уровни риска в расчетных точках показало, что максимальный вклад в значения суммарного канцерогенного риска вносит формальдегид (до 82 %). Максимальные значения канцерогенного риска от воздействия формальдегида в расчетных точках достигают значения  $5,8 \times 10^{-6}$ . Уровни индивидуального канцерогенного риска от воздействия формальдегида соответствуют второму диапазону риска (предельно допустимому риску, т. е. верхней границе приемлемого риска). Данные уровни подлежат постоянному контролю.

Анализ величин суммарного индивидуального канцерогенного риска показал, что величина рассчитанного риска не превысит значения  $7,4E-06$ .

Оценка хронического неканцерогенного риска показала, что уровни риска от воздействия всех приоритетных загрязняющих веществ на рассматриваемой территории не превышают допустимых значений риска (1). Максимальные значения коэффициентов опасности в расчетных точках при хроническом воздействии загрязняющих веществ обусловлены воздействием дигидросульфида (сероводорода) – 0,27.

Величины суммарных индексов опасности на все приоритетные органы и системы не превышают допустимых значений (1). Максимальные значения индекса опасности воздействия в расчетных точках составляют на органы дыхания 0,46; на иммунную систему – 0,16; на глаза – 0,15; на остальные органы и системы значения риска не превысят 0,01.

Данные уровни риска были оценены как минимальные, что свидетельствует о малой вероятности проявления неблагоприятных эффектов при комбинированном воздействии приоритетных загрязнителей.

Таким образом, гигиеническая оценка воздействия выбросов из тела полигона для складирования осадков сточных вод на здоровье населения показала, что данный объект через воздействие на атмосферный воздух не создаёт неприемлемых рисков для здоровья населения и может в связи с этим быть расценен как благополучный с гигиенической точки зрения.

#### Авторство

Концепция и дизайн исследования – Мироненко О. В., Суворова О. К.; сбор и обработка материалов – Мироненко О. В., Магомедов Х. К., Панькин А. В., Федорова Е. А.; статистическая обработка – Панькин А. В., Киселев А. В.; написание текста – Мироненко О. В., Панькин А. В., Суворова О. К.; редактирование – Магомедов Х. К., Федорова Е. А.; утверждение окончательного варианта статьи – Мироненко О. В.; ответственность за целостность всех частей статьи – Магомедов Х. К.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Мироненко Ольга Васильевна – SPIN 9368-7627; ORCID 0000-0002-1484-8251

Киселев Анатолий Владимирович – SPIN 7856-3975, ORCID 0000-0001-9182-2795

Магомедов Хамзат Курбанович – SPIN 4532-3329, ORCID 0000-0002-1521-551X

Панькин Андрей Владимирович – ORCID 0000-0002-7645-2199

Суворова Оксана Константиновна – SPIN 8383-4199; ORCID 0000-0001-5826-5464

Федорова Екатерина Андреевна – SPIN 3407-7243, ORCID 0000-0002-9233-7203

#### Список литературы

1. *Беляев Е. Н.* Итоги внедрения методологии оценки риска в Российской Федерации // *Материалы съезда гигиенистов и санитарных врачей.* 2007. С. 596–599.
2. *Гриценко А. В., Горбань Н. С., Ревякина Н. Ю.* Влияние канализационных осадков на экологическое состояние природной среды, обработка и утилизация осадков сточных вод // *Проблемы охраны окружающей природной среды и экологической безопасности: сборник научных трудов.* Харьков: УкрНИИЭП, 2011. С. 111–122.
3. *Зайцева Н. А., Пырскова А. Н.* Использование осадков сточных вод в качестве удобрений // *Международный научно-исследовательский журнал.* 2015. С. 104–107.
4. *Калинина Е. В., Добрынина О. М.* Экспериментальные исследования по получению биогаза из избыточного активного ила г. Перми // *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе.* 2012. Т. 4. С. 323–329.
5. *Киселев А. В., Кислицин В. А., Новиков С. М.* Сравнительный анализ расчетных методов определения средних ингаляционных экспозиционных нагрузок при оценке риска здоровью // *Среда обитания, образ жизни и здоровье: материалы XXXVIII научной конференции «Хлопинские чтения», Санкт-Петербург,* 2005. С. 149–152.
6. *Магомедов Х. К., Фридман К. Б., Белкин А. С., Носков С. Н.* Гигиеническая оценка метода геотубирования

осадков городских очистных сооружений канализации // *Гигиена и санитария.* 2017. № 7. С. 623–626.

7. *Мироненко О. В., Копытенкова О. И., Леванчук А. В., Магомедов Х. К.* Гигиеническая оценка влияния метана, поступающего из тела полигона для складирования осадков сточных вод, на состояние воздушного бассейна // *Вестник СПбГУ.* 2018. № 3. С. 316–324.

8. *Новиков С. М., Жолдакова З. И., Румянцев Г. И.* Проблемы прогнозирования и оценки общей химической нагрузки на организм человека с применением компьютерных технологий // *Гигиена и санитария.* 1997. № 4. С. 3–8.

9. *Онищенко Г. Г., Новиков С. М., Рахманин Ю. А., Авалиани С. Л., Буштуева К. А.* Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М., 2002. 408 с.

10. Оценка риска для здоровья. Опыт применения методологии оценки риска в России. Обоснование приоритетности природоохранных мероприятий в Самарской области на основе эффективности затрат по снижению риска для здоровья населения. М.: Консультационный центр по оценке риска, 1999.

11. Р 2.1.10.1920-04. 2.1.9. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей природной среды и условиями проживания населения. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.

12. *Рахманин Ю. А., Новиков С. М., Авалиани С. Л., Синицына О. О., Шашина Т. А.* Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования // *Анализ риска здоровью.* 2015. № 2. С. 4–11.

13. *Свергузова С. В., Севостьянов В. С., Шайхиев И. Г., Сапронова Ж. А., Спирин М. Н.* Использование осадков от очистки сточных вод и рекультивации иловых карт – актуальная задача рационального природопользования // *Вестник Казанского технологического университета.* 2013. Т. 16, № 4. С. 119–202.

14. *Фридман К. Б., Мироненко О. В., Белкин А. С., Носков С. Н., Магомедов Х. К.* Экспериментальное обоснование программы гигиенической оценки метода геотубирования при складировании осадков городских сточных вод // *Вестник СПбГУ.* 2017. № 2. С. 202–211.

15. *Фридман К. Б., Лобанов Ф. И., Крюкова Т. В., Магомедов Х. К., Романцова В. Л.* Современные технологии утилизации осадков очистных сооружений канализации в Санкт-Петербурге // *Профилактическая и клиническая медицина.* 2015. № 2 (55). С. 28–31.

16. *Шугаев Б. Б.* Материалы XII научной сессии по химии и технологии органических соединений серы и сернистых нефтей. Рига, 6–9 декабря 1971 г. Рига: Зинатне, 1971. С. 472–474.

17. *Щербо А. П.* Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска. СПбМАПО, 2002. 376 с.

18. *Щербо А. П., Киселев А. В.* Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье. СПб., 2005. 92 с.

19. *Angin I., Yaganoglu A. V.* Effects of sewage sludge application on some physical and chemical properties of a soil affected by wind erosion // *Journal of Agricultural Science Technology.* 2011. N 1 (3). P. 757–768.

20. *Bolzonella A., Cavinato C., Fatone F.* High rate mesophilic, thermophilic, and temperature phased anaerobic digestion of waste activated sludge: A pilot scale study // *Waste Management.* 2012. Vol. 32. P. 1196–1201.

21. Colangelo F., Cioffi R., Montagnaro F., Santoro L. Soluble salt removal from MSVI fly ash and its stabilization for safer disposal and recovery as road basement material // *Waste Management*. 2012. Vol. 32 (6). P. 1179–1185.
22. Cusido J. A., Cremades L. V. Environmental effects of using clay bricks produced with sewage sludge. Leachability and toxicity studies // *Waste Management*. 2012. Vol. 32 (6). P. 1202–1208.
23. Donatello S., Cheeseman C. R. Recycling and recovery routes for incinerated sewage sludge ash // *Waste Management*. 2013. Vol. 33 (11). P. 2328–2340.
24. Elsom D. M. *Atmospheric Pollution: A Global Problem* (2<sup>nd</sup> edition). Oxford: Blackwell Publishers, 1995. 422 p.
25. Herzel H., Kruger O., Hermann L., Adam C. Sewage sludge ash – a promising secondary phosphorus source for fertilizer production // *Science of the Total Environment*. 2016. Vol. 542, part B. P. 1136–1143.
26. Judex J. W., Gaiffi M., Burgbacher H. C. Gasification of dried sewage sludge: Status of the demonstration and the pilot plant // *Waste Management*. 2012. Vol. 32 (4). P. 719–723.
27. Kelessidis A., Stasinakis A. S. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries // *Waste Management*. 2012. Vol. 32 (6). P. 1186–1195.
28. Li J., Poon C. S. Innovative solidification stabilization of lead contaminated soil using incineration sewage sludge ash // *Chemosphere*. 2017. Vol. 173. P. 143–152.
29. Seinfeld J. H., Pandis S. N. *Atmospheric chemistry and physics // From air pollution to climate change*. NY: Wiley-Interscience, 1997. 1360 p.
30. Targeted National Sewage Sludge Survey: Statistical Analysis Report. EPA-822-R-08-018. U. S. Environmental Protection Agency. USA, Washington, 2009. 58 p.
31. Tornton I., Butler D., Docx P., Hession V., Macropoulos C., McMullen M., et al. *Pollutants in urban waste water and sewage sludge // Final report*. London. ICON, 2001. 273 p.
32. Uggetti E., Argilaga A., Ferrer I., Garcia J. Dewatering model for optimal operation of sludge treatment wetlands // *Water Research*. 2012. P. 335–344.
33. Wang Y., Chen G., Li Y., Yan Be., Pan D. Experimental study of the bio-oil production from sewage sludge by supercritical conversion process // *Waste Management*. 2013. Vol. 33. P. 2408–2415.
34. Zhang X., Matsuto T. Assessment of internal condition of waste in a roofed landfill // *Waste Management*. 2013. Vol. 33. P. 102–108.
35. Zerlotti M., Refosco D., Della Zassa M. Self-heating of dried wastewater sludge // *Waste Management*. 2012. 33 (1). P. 129–137.

### References

1. Belyaev E. N. Itogi vnedreniya metodologii otsenki riska v Rossiiskoi Federatsii [Results of the implementation of the risk assessment methodology in the Russian Federation]. *Materialy s'ezda gigienistov i sanitarnykh vrachei, 2007* [Materials of the Congress of Hygienists and Sanitary Doctors, 2007]. 2007, pp. 596-599.
2. Gritsenko A. V., Gorban' N. S., Revyakina N. Yu. Vliyaniye kanalizatsionnykh osadkov na ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy, obrabotka i utilizatsiya osadkov stochnykh vod [The effect of sewage sludge on the ecological state of the environment, treatment and disposal of sewage sludge]. *Problemy okhrany okruzhayushchei prirodnoy sredy i ekologicheskoy bezopasnosti: sbornik nauchnykh trudov*

[Problems of environmental protection and environmental safety: a collection of scientific papers]. Kharkov, UkrNIIEP, 2011, pp. 111-122.

3. Zaitseva N. A., Pyrsikova A. N. Ispol'zovanie osadkov stochnykh vod v kachestve udobrenii [The use of sewage sludge as fertilizers]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal]. 2015, pp. 104-107. [In Russian]

4. Kalinina E. V., Dobrynina O. M. Eksperimental'nye issledovaniya po polucheniyu biogaza iz izbytochnogo aktivnogo ila g. Permi [Experimental studies on the production of biogas from excess activated sludge in Perm]. *Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse* [Modernization and scientific research in the transport complex]. 2012, 4, pp. 323-329.

5. Kiselev A. V., Kislitsin V. A., Novikov S. M. Sravnitel'nyi analiz raschetnykh metodov opredeleniya srednikh ingalyatsionnykh ekspozitsionnykh nagruzok pri otsenke riska zdorov'yu [Comparative analysis of calculation methods for determining the average exposure exposure inhalation when assessing health risk]. «*Sreda obitaniya, obraz zhizni i zdorov'ye*», *Materialy XXXVIII nauchnoi konferentsii «Khlopinskie chteniya», Sankt-Peterburg, 2005*. [“Habitat, lifestyle and health”, Materials of the XXXVIII scientific conference “Khlopin readings”, St. Petersburg, 2005]. Saint-Petersburg, 2005, pp. 149-152.

6. Magomedov Kh. K., Fridman K. B., Belkin A. S., Noskov S. N. Hygienic assessment of the method of geotubing sediments of urban sewage treatment plants. *Gigiena i Sanitariya*. 2017, 7, pp. 623-626. [In Russian].

7. Mironenko O. V., Kopytenko O. I., Levanchuk A. V., Magomedov Kh. K. Hygienic assessment of the effect of methane coming from the body of a landfill for storing sewage sludge on the state of the air basin. *Vestnik SPbGU* [Bulletin of Saint Petersburg State University]. 2018, 3, pp. 316-324. [In Russian].

8. Novikov S. M., Zholdakova Z. I., Rummyantsev G. I. Problems of forecasting and assessing the total chemical load on the human body using computer technology. *Gigiena i Sanitariya*. 1997, 4, pp. 3-8. [In Russian].

9. Onishchenko G. G., Novikov S. M., Rakhmanin Yu. A., Avaliani S. L., Bushtueva K. A. *Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu* [Basics of risk assessment for public health when exposed to chemicals polluting the environment]. Moscow, 2002, 408 p.

10. *Otsenka riska dlya zdorov'ya. Opyt primeneniya metodologii otsenki riska v Rossii. Obosnovanie prioritnosti prirodookhrannykh meropriyatii v Samarskoi oblasti na osnove effektivnosti zatrat po snizheniyu riska dlya zdorov'ya naseleniya* [Health risk assessment. Experience in applying risk assessment methodology in Russia. Justification of the priority of environmental protection measures in the Samara region on the basis of cost-effectiveness to reduce the risk to public health]. Moscow, Consultation Center for Risk Assessment, 1999.

11. R 2.1.10.1920-04. 2.1.9. The state of health of the population in connection with the state of the environment and living conditions of the population. Guidelines for Assessing Public Health Risks from Exposure to Chemicals Polluting the Environment. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2004. [In Russian]

12. Rakhmanin Yu. A., Novikov S. M., Avaliani S. L., Sinitsyna O. O., Shashina T. A. Modern problems of assessing

the risk of environmental factors on public health and ways to improve it. *Analiz riska zdorov'yu* [Health risk analysis]. 2015, 2, pp. 4-11. [In Russian]

13. Sverguzova S. V., Sevost'yanov V. S., Shaikhiev I. G., Saprionova Zh. A., Spirin M. N. The use of sludge from wastewater treatment and sludge reclamation is an urgent task of environmental management. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013, 16 (4), pp. 119-202. [In Russian]

14. Fridman K. B., Mironenko O. V., Belkin A. S., Noskov S. N., Magomedov Kh. K. Experimental substantiation of the program of hygienic assessment of the geotubing method when storing sediments of urban wastewater. *Vestnik SPbGU* [Bulletin of Saint Petersburg State University]. 2017, 2, pp. 202-211. [In Russian]

15. Fridman K. B., Lobanov F. I., Kryukova T. V., Magomedov Kh. K., Romantsova V. L. Modern technologies for the utilization of sludge from sewage treatment plants in St. Petersburg. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* [Preventive and clinical medicine]. 2015, 2 (55), pp. 28-31. [In Russian]

16. Shugaev B. B. In: *Materialy XII nauchnoi sessii po khimii i tekhnologii organicheskikh soedinenii sery i sernistykh neftei, Riga, 6-9 dekabrya 1971* [Materials of the XII scientific session on chemistry and technology of organic compounds of sulfur and sulphurous oils. Riga, 6-9 december 1971]. Riga, Zinatne, 1971, pp. 472-474.

17. Shcherbo A. P. *Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e: podkhody k otsenke riska* [Environment and health: approaches to risk assessment]. Saint Petersburg, 2002, 376 p.

18. Shcherbo A. P., Kiselev A. V. *Otsenka riska vozdeistviya faktorov okruzhayushchei sredy na zdorov'e* [Health risk assessment of environmental factors]. Saint Petersburg, 2005, 92 p.

19. Angin I., Yaganoglu A. V. Effects of sewage sludge application on some physical and chemical properties of a soil affected by wind erosion. *Journal of Agricultural Science Technology*. 2011, 1 (3), pp. 757-768.

20. Bolzonella A., Cavinato C., Fatone F. High rate mesophilic, thermophilic, and temperature phased anaerobic digestion of waste activated sludge: A pilot scale study. *Waste Management*. 2012, 32, pp. 1196-1201.

21. Colangelo F., Cioffi R., Montagnaro F., Santoro L. Soluble salt removal from MSVI fly ash and its stabilization for safer disposal and recovery as road basement material. *Waste Management*. 2012, 32 (6), pp. 1179-1185.

22. Cusido J. A., Cremades L. V. Environmental effects of using clay bricks produced with sewage sludge. Leachability and toxicity studies. *Waste Management*. 2012, 32 (6), pp. 1202-1208.

23. Donatello S., Cheeseman C. R. Recycling and recovery routes for incinerated sewage sludge ash. *Waste Management*. 2013, 33 (11), pp. 2328-2340.

24. Elsom D. M. *Atmospheric Pollution: A Global Problem* (2<sup>nd</sup> edition). Oxford, Blackwell Publishers, 1995, 422 p.

25. Herzel H., Kruger O., Hermann L., Adam C. Sewage sludge ash - a promising secondary phosphorus source for fertilizer production. *Science of the Total Environment*. 2016, 542 (B), pp. 1136-1143.

26. Judex J. W., Gaiffi M., Burgbacher H. C. Gasification of dried sewage sludge: Status of the demonstration and the pilot plant. *Waste Management*. 2012, 32 (4), pp. 719-723.

27. Kelessidis A., Stasinakis A. S. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Management*. 2012, 32 (6), pp. 1186-1195.

28. Li J., Poon C. S. Innovative solidification stabilization of lead contaminated soil using incineration sewage sludge ash. *Chemosphere*. 2017, 173, pp. 143-152.

29. Seinfeld J. H., Pandis S. N. *Atmospheric chemistry and physics*. From air pollution to climate change. NY, Wiley-Interscience, 1997, 1360 p.

30. Targeted National Sewage Sludge Survey: Statistical Analysis Report. EPA-822-R-08-018. U. S. Environmental Protection Agency. USA, Washington, 2009, 58 p.

31. Tornton I., Butler D., Docx P., Hession V., Macropoulos C., McMullen M., et al. Pollutants in urban waste water and sewage sludge. *Final report*, London, ICON, 2001, 273 p.

32. Uggetti E., Argilaga A., Ferrer I., Garcia J. Dewatering model for optimal operation of sludge treatment wetlands. *Water Research*. 2012, pp. 335-344.

33. Wang Y., Chen G., Li Y., Yan Be., Pan D. Experimental study of the bio-oil production from sewage sludge by supercritical conversion process. *Waste Management*. 2013, 33, pp. 2408-2415.

34. Zhang X., Matsuto T. Assessment of internal condition of waste in a roofed landfill. *Waste Management*. 2013, 33, pp. 102-108.

35. Zerlotti M., Refosco D., Della Zassa M. Self-heating of dried wastewater sludge. *Waste Management*. 2013, 33 (1), pp. 129-137.

#### Контактная информация:

Магомедов Хамзат Курбанович – ассистент кафедры коммунальной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова»

Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41  
E-mail: xamzat1985@mail.ru

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИТОКИНОВОГО ПРОФИЛЯ И ИЗМЕНЕНИЙ НЕЙРОЭНЕРГООБМЕНА У ПАЦИЕНТОВ С ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНЬЮ

© 2020 г. О. И. Шевченко, Г. М. Бодиенкова, О. Л. Лакхман, Е. В. Боклаженко

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск

*Цель исследования* – выявление особенностей изменений сывороточных концентраций про- и противовоспалительных цитокинов у пациентов с вибрационной болезнью (ВБ), возникающей вследствие сочетанного воздействия локальной и общей вибрации, в зависимости от уровня нейроэнергообмена. *Методы.* Обследованы 28 пациентов с ВБ от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации (основная группа) и 24 мужчины, не подвергавшиеся в профессиональной деятельности воздействию вибрации (группа сравнения). Концентрации цитокинов (IL-2, IL-4, IL-8, IFN- $\gamma$ ) определяли в сыворотке крови методом твердофазного иммуноферментного анализа. Степень выраженности нейроэнергообмена оценивали с помощью метода нейроэнергкартирования, основанного на измерении уровней постоянного потенциала (УПП). Применены методы статистического анализа с определением W-критерия Шапиро – Уилка, критерия Стьюдента, U-критерия Манна – Уитни, метод углового преобразования Фишера, метод ранговой корреляции Спирмена. *Результаты.* Установлено преобладание ( $p = 0,001$ ) числа лиц с повышенным УПП головного мозга среди пациентов с ВБ. Одновременно зарегистрировано возрастание сывороточных концентраций провоспалительного IL-8 до 24,29 (14,42–65,16) пг/мл против 14,35 (6,24–19,14) в группе сравнения и IFN- $\gamma$  до 21,38 (1,68–94,28) пг/мл против 0,01 (0,01–0,28) в группе сравнения. Выявленная в результате корреляционного анализа сопряженность уровней IL-4, IL-8, TNF- $\gamma$  с УПП ( $r_s = 0,61; 0,55; 0,57$  соответственно) свидетельствует об их патогенетической значимости в нарушении процессов нейроэнергообмена. *Выводы.* У пациентов с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, в 67,9 % случаев установлен повышенный УПП головного мозга, гиперпродукция IL-8 и TNF- $\gamma$ . Нарушение адекватной работы механизмов цитокиновой регуляции находится в прямой зависимости от усиления нейроэнергообмена, что может свидетельствовать об активации нейровоспалительного процесса.

**Ключевые слова:** энергетический обмен головного мозга, уровень постоянного потенциала, провоспалительные и противовоспалительные цитокины, вибрационная болезнь

## RELATIONSHIP OF CYTOKINE PROFILE INDICATORS AND CHANGES IN NEUROENERGY EXCHANGE IN PATIENTS WITH VIBRATION DISEASE

O. I. Shevchenko, G. M. Bodienkova, O. L. Lakhman, E. V. Boklazhenko

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russia

*The aim* of the study was to assess changes in serum concentrations of pro- and anti-inflammatory cytokines in patients with vibration disease (VD). *Methods.* In total, 28 patients with VD associated with the combined effects of local and general vibration comprised the study group while 24 men were included in the reference group with no exposure to vibration in their professional activities. Serum concentrations of IL-2, IL-4, IL-8, IFN- $\gamma$  were measured by enzyme-linked immunosorbent assay. The severity of neuroenergy exchange was assessed using the neuroenergy mapping method based on measuring the levels of constant potential (DC-potential level). Data were analyzed using Shapiro-Wilk test, Student test, Mann-Whitney test, Fisher's angular transformation method and Spearman's rank correlation. *Results.* The proportion of study participants with increased brain DC-potential level was greater (67.9 %) among patients with VD ( $p = 0.001$ ). The concentration of IL-8 was 24.29 (14.42-65.16) pg / ml in the VD-group vs. 14.35 (6.24-19.14) pg / ml in the comparison group. Concentration of IFN- $\gamma$  - was 21.38 (1.68-94.28) pg / ml in the VD-group vs. 0.01 (0.01-0.28) pg / ml in the reference group. We observed significant correlations between the levels of IL-4, IL-8, TNF- $\gamma$  and DC-potential ( $r_s = 0.61; 0.55; 0.57$ , respectively) suggesting their role in disruption of the processes of neuroenergy exchange. *Conclusions.* More than two thirds of patients with VD have an increased DC-potential level and greater concentrations of IL-8 and TNF- $\gamma$ . Disrupted functioning of the mechanisms of cytokine regulation seems to be associated with neuroenergy exchange and may activate neuroinflammatory processes.

**Key words:** brain energy metabolism, DC-potential level, pro-inflammatory and anti-inflammatory cytokines, vibration disease

### Библиографическая ссылка:

Шевченко О. И., Бодиенкова Г. М., Лакхман О. Л., Боклаженко Е. В. Взаимосвязь показателей цитокинового профиля и изменений нейроэнергообмена у пациентов с вибрационной болезнью // Экология человека. 2020. № 11. С. 14–19.

### For citing:

Shevchenko O. I., Bodienkova G. M., Lakhman O. L., Boklazhenko E. V. Relationship of Cytokine Profile Indicators and Changes in Neuroenergy Exchange in Patients with Vibration Disease. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 14-19.

Известно, что оптимальное взаимодействие иммунной и нервной систем, осуществляемое с помощью вегетативной нервной системы и нейроэндокринной регуляции, обеспечивает адекватную адаптацию организма к условиям окружающей среды. Важная роль в этом процессе принадлежит регуляторам

взаимодействия иммунных клеток — цитокинам, которые через аутокринные и паракринные механизмы, обеспечивающие гомеостаз в ЦНС, являются посредниками связи между нейронами и глией [3, 17]. С другой стороны, при нарушении деятельности ЦНС, состоянии стресса изменяются как характер

гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой регуляции, так и активность вегетативной нервной системы [24]. В литературе имеются сведения, указывающие на взаимосвязь интенсивности энергетического обмена головного мозга (ЭОГМ), характера межполушарных отношений с активностью клеток иммунной системы [2, 20, 23, 25, 26]. В исследованиях Фокина В. Ф. с соавт. [21] показано, что при повышении уровня ЭОГМ посредством адаптационных реакций и активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГНС) происходит снижение иммунной активности [9]. Нарушение центральных механизмов регуляции, неспецифическая активация ГНС общепризнанно являются одними из основных патогенетических звеньев в клинической картине вибрационной болезни (ВБ), обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, которая является одной из ведущих нозологических форм в структуре заболеваний, связанных с воздействием физических производственных факторов [12, 13]. Известно, что развитие заболевания сопровождается нейрососудистыми нарушениями, способствующими выделению vasoактивных веществ противовоспалительного действия (цитокинов), которые, в свою очередь, провоцируют структурные изменения циркуляторного русла [1, 14]. Развитие дисбаланса в системе цитокинов в ответ на стрессовое воздействие вибрации способствует изменению продукции и активности нейромедиаторов, что неизбежно ведет к нарушению интегративной функции нейронов головного мозга (ГМ) [7, 27, 28]. Несмотря на существование информации о состоянии функциональной активности головного мозга [8, 11, 15, 16] и изменений в содержании цитокинов при ВБ [4–6, 10], отсутствуют работы, касающиеся определения взаимосвязей уровней про- и противовоспалительных цитокинов с церебральным энергетическим обменом у пациентов с ВБ. В связи с этим очевидную актуальность и новизну в вопросах исследования патогенеза ВБ представляет изучение сопряженности характеристик уровня постоянного потенциала (УПП), как интегральных показателей ЭОГМ, с уровнем цитокиновой регуляции нейроиммунного ответа.

Цель исследования заключалась в выявлении особенностей изменений сывороточных концентраций про- и противовоспалительных цитокинов у пациентов с вибрационной болезнью, возникающей вследствие сочетанного воздействия локальной и общей вибрации, в зависимости от уровня нейроэнергообмена.

#### Методы

При предварительном обследовании 114 пациентов (средний возраст  $(52,24 \pm 0,47)$  года) с ВБ 2 степени, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, нами установлено усиление церебрального энергетического обмена в 70,2 % случаев. Данный факт способствовал проведению дальнейших исследований, направленных на изучение возможных причин возникновения нейровоспалительного процесса в головном мозге.

С этой целью проведены дополнительные исследования, касающиеся сравнительной оценки и изучения взаимосвязи между уровнем цитокинов и интенсивностью нейроэнергообмена. При этом основную группу представили 28 пациентов (мужчин) с ВБ 2 степени от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации (основная группа, средний возраст  $(52,24 \pm 0,47)$  года). Критерием включения в основную группу было наличие установленного во время работы в контакте с вредным производственным фактором диагноза ВБ 2 степени, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, отсутствие экспозиции к вибрации на момент исследования, отсутствие коморбидной патологии, которая могла бы повлиять на обмен цитокинов (ожирение, сахарный диабет, артериальная гипертензия и т. д.). Все обследования выполнены при поступлении в клинику, до проведения лечения.

В группу сравнения вошли 24 здоровых мужчины (средний возраст  $(51,06 \pm 0,95)$  года), которые по специфике профессиональной деятельности не подвергались воздействию вибрации и не имели на момент исследования острых и хронических (в стадии обострения) заболеваний.

Показатели цитокинового статуса (IL-2, IL-4, IL-8, IFN- $\gamma$ ) определяли в сыворотке крови обследованных твердофазным иммуоферментным методом (тест-системы ЗАО «Вектор Бест», г. Новосибирск). Для измерения среднего УПП (Хср.), характеризующего интенсивность нейроэнергообмена, использовали метод нейроэнергокартирования (НЭК) [22]. В зависимости от выраженности среднего УПП различали пониженный, нормальный, повышенный нейроэнергообмен [20].

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA). Проверку нормальности распределения количественных показателей выполняли с использованием критерия Шапиро – Уилка. Для межгруппового сравнения количественных показателей возраста обследованных пациентов применяли параметрический критерий Стьюдента, данные представлены в виде средней ( $M$ ) и ее ошибки ( $m$ ). Межгрупповое сравнение количественных показателей, характеризующих УПП и цитокины, осуществляли с использованием непараметрического метода U-критерия Манна – Уитни, данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха  $Me (Q_{25} - Q_{75})$ . Статистическую значимость различий показателей, выраженных в процентах, вычисляли по методу углового преобразования Фишера. Корреляционный анализ проводили методом ранговой корреляции Спирмена. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез  $p < 0,05$ .

Работа соответствует этическим стандартам, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г.

и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. От каждого человека было получено информированное согласие на участие в обследовании, одобренное в установленном порядке локальным этическим комитетом.

### Результаты

Для сравнительной оценки интенсивности энергетических процессов в обеих группах рассчитывали усредненный УПП (при 12 канальном отведении). В таблице наглядно представлено статистически значимое увеличение Хср. у пациентов с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, при сопоставлении с таковым группы сравнения.

Кроме того, установлено статистически значимое доминирование в основной группе лиц с повышенным УПП при сопоставлении с группой сравнения (67,9 и 4,2 % соответственно,  $p = 0,01$ ). Пациенты с ВБ с нормальным Хср. и с пониженным Хср. составили 28,6 и 3,5 % соответственно,  $p = 0,05$ . В группе сравнения Хср. имел нормальную выраженность в 87,5 % случаев.

Исследование сывороточных концентраций медиаторов воспаления у пациентов основной группы показало статистически значимое возрастание уровней IL-8 и IFN- $\gamma$  относительно группы сравнения при  $p < 0,013$  (таблица).

**Концентрация цитокинов в сыворотке крови и средний уровень постоянного потенциала обследованных, Me ( $Q_{25}$ – $Q_{75}$ )**

Показатель, пг/мл	Основная группа (n = 28)	Группа сравнения (n = 24)	Уровень статистической значимости отличий (p)
IL-2	5,92 (3,63–8,28)	4,98 (2,88–6,95)	0,0495
IL-4	0,49 (0,01–4,49)	0,01 (0,01–0,32)	0,0672
IL-8	24,29 (14,42–65,16)*	14,35 (6,24–19,14)	0,0110
IFN- $\gamma$	21,38 (1,68–94,28)*	0,01 (0,01–0,28)	0,0075
Хср.	17,92 (13,19–21,67)*	11,00 (9,35–12,33)	0,0012

*Примечание.* \* – различия статистически значимы при сопоставлении основной группы с группой сравнения,  $p \leq 0,013$ .

Результаты сравнительного анализа изменений в содержании сывороточных концентраций цитокинов у пациентов с ВБ с повышенным и нормальным средним УПП не выявили статистически значимых различий между группами. Вместе с тем заслуживает внимания установленный факт тенденции к увеличению провоспалительного IL-8 (в 3 раза) и IFN- $\gamma$  (в 2 раза), отмеченный в группе лиц с наличием повышенного УПП (33,4 (23,4–65,2) и 31,5 (20,8–59,3) пг/мл соответственно,  $p = 0,43$ ) относительно группы лиц с нормальным УПП (17,2 (6,1–20,3) и 11,8 (4,5–17,6) пг/мл соответственно,  $p = 0,29$ ).

Результаты корреляционного анализа позволили выявить взаимосвязь между уровнем цитокинов и

интенсивностью нейроэнергообмена у пациентов с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации. Так, зарегистрированы прямые корреляционные связи между концентрациями IL-4, IL-8, IFN- $\gamma$  и средним УПП ( $r_s = 0,61; 0,55; 0,57$ ,  $p = 0,030; 0,016; 0,02$  соответственно), которые характеризуют очевидную взаимозависимость повышенного ЭОГМ и гиперпродукции вышеперечисленных цитокинов. Установленные зависимости указывают на однонаправленность процессов активации провоспалительных реакций и усиления ЭОГМ (в сторону ацидоза) у пациентов с ВБ.

В группе сравнения в результате применения корреляционного анализа статистически значимых корреляционных связей между показателями цитокинового профиля и средним УПП не установлено. Данный факт указывает на то, что при усилении энергетического обмена головного мозга в группе сравнения не происходит статистически значимого изменения цитокинового профиля.

### Обсуждение результатов

В ходе изучения особенностей ЭОГМ в группе пациентов с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, определено умеренно выраженное усиление ЭОГМ, что косвенно может свидетельствовать о гиперметаболизме анаэробного гликолиза, состоянии ацидоза ГМ [20, 22].

Учитывая, что IL-8 является фактором активации нейтрофилов и при хроническом течении заболевания способствует процессу повреждения тканей [9], а значительное повышение уровня интерферона IFN- $\gamma$  оказывает необратимое цитотоксическое действие на видоизмененные клетки и через Т-лимфоциты и натуральные киллеры усиливает клеточные токсические реакции [18], возможно предположить, что нарастание продукции этих цитокинов в условиях метаболических изменений в ГМ у пациентов с ВБ способствует прогрессированию нейрососудистых нарушений.

На основании анализа полученных данных с большой долей вероятности считаем, что усиление ЭОГМ при сочетанном воздействии локальной и общей вибрации связано с нейровоспалительным процессом, катализирующим продукцию провоспалительных цитокинов, в частности IL-4, IL-8, IFN $\gamma$ , способных оказывать повреждающее действие на клетки ГМ.

Таким образом, в ходе исследования установлены изменения цитокинового профиля у пациентов с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (повышение провоспалительных IL-8, TNF- $\gamma$ ). Гиперпродукция указанных цитокинов патогенетически обусловлена состоянием ЭОГМ (повышением среднего УПП), которое приводит к большему нарастанию окислительного (оксидативного) стресса. Для пациентов с повышенным церебральным энергетическим обменом характерно нарушение адекватной работы механизмов цитокиновой регуляции нейроиммунного ответа, характеризующегося повышенной выработкой IL-4, IL-8,

TNF- $\gamma$ . Выявленные взаимосвязи между интенсивностью энергетического обмена в ГМ и активацией провоспалительных реакций могут быть полезны в дальнейшем изучении роли медиаторов воспаления в патофизиологических механизмах формирования и развития ВБ от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации. Кроме того, опираясь на полученные данные можно совершенствовать подходы к лечению церебральной недостаточности при ВБ, например, назначая комплекс лечения, включающий антиоксидантную терапию [19].

**Выводы:**

1. У пациентов с ВБ, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, в 67,9 % случаев отмечается повышенный УПП головного мозга.

2. Развитие и течение ВБ, обусловленной сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, характеризуется нарушением адекватной работы механизмов цитокиновой регуляции иммунного ответа в виде гиперпродукции IL-8 и TNF- $\gamma$ .

3. Выявлена взаимосвязь между усилением нейроэнергообмена и уровнем цитокинов, проявляющаяся увеличением УПП при повышенной выработке IL-4, IL-8, TNF- $\gamma$ .

#### Финансирование

Работа выполнена в рамках средств, выделяемых для реализации государственного задания ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», конфликт интересов отсутствует.

#### Авторство

Шевченко О. И. разработала концепцию и дизайн исследования, осуществила сбор и анализ данных (НЭК), формирование общей базы данных, написание всех разделов статьи, отправку рукописи; Бодиенкова Г. М. разработала концепцию и дизайн исследования, участвовала в редактировании текста статьи, формулировании выводов; Лахман О. Л. разработал концепцию и дизайн исследования, принимал участие в редактировании текста статьи, в подготовке рукописи к печати, формулировании выводов; Боклаженко Е. В. осуществляла сбор данных (цитокнины).

Шевченко Оксана Ивановна – ORCID 0000-0003-4842-6791; SPIN 4816-7550

Бодиенкова Галина Михайловна – ORCID 0000-0003-0428-3063; SPIN 7751-8515

Лахман Олег Леонидович – ORCID 0000-0002-0013-8013; SPIN 6779-5614

Боклаженко Елена Валерьевна – ORCID 0000-0003-4842-6791; SPIN 9326-7806

#### Список литературы

1. *Абраматец Е. А., Лахман О. Л., Кудяева И. В.* Некоторые аспекты иммунного реагирования больных при различной степени выраженности вибрационной болезни // Медицина труда и промышленная экология. 2007. № 11. С. 30–33.
2. *Абрамов В. В., Еришов О. В., Смык А. В.* Взаимосвязь функциональной асимметрии иммунной системы и ЦНС при формировании иммунного ответа // Нейроиммунология. 2009. Т. 7, № 1. С. 6–7.

3. *Абрамова Т. Я., Кожевников В. С., Абрамов В. В.* Цитокины – посредники нейроиммунорегуляции // Цитокины и воспаление. 2005. Т. 4, № 2. С. 83.

4. *Бабанов С. А., Бараева Р. А., Будах Д. С., Байкова А. Г.* Состояние иммунного профиля и цитокины при вибрационной болезни // РМЖ «Медицинское обозрение» № 1 (II) от 25.04.2018. С. 108–112.

5. *Бараева Р. А., Бабанов С. А.* Иммунный профиль при вибрационной болезни от воздействия локальной и общей вибрации // Санитарный врач. 2015. № 7. С. 11–19.

6. *Бодиенкова Г. М., Курчевенко С. И.* Оценка цитокинов и белка теплового шока при вибрационной болезни // Медицинская иммунология. 2018. Т. 20, № 6. С. 895–898. Doi.org/10.15789/1563-0625-2018-6-895-898

7. *Бодиенкова Г. М., Курчевенко С. И., Русанова Д. В.* Роль цитокинов в развитии нарушений периферической системы при вибрационной болезни // Российский иммунологический журнал. 2017. Т. 11 (20), № 1. С. 58–63.

8. *Борзунова Ю. М.* Вызванные потенциалы головного мозга в оценке сенсорных и когнитивных функций у горнорабочих виброопасных профессий // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2012. № 1. С. 61–62.

9. *Витковский Ю. А., Кузник Б. И., Солпов А. В.* Итоги 10-летнего исследования механизмов лимфоцитарно-тромбоцитной адгезии // Забайкальский медицинский вестник. 2008. № 2. С. 36–41.

10. *Капустник В. А., Сухонос Н. К.* Состояние цитокинового статуса у больных вибрационной болезнью в сочетании с гипертонической болезнью // Вестник проблем биологии и медицины. 2013. Т. 1, № 2. С. 150–153.

11. *Катаманова Е. В., Нурбаева Д. Ж.* Анализ патологической активности ЭЭГ у лиц, подвергающихся воздействию общей и локальной вибрации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3–4. С. 570–573; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8935> (дата обращения: 08.04.2020).

12. *Косарев В. В., Бабанов С. А.* Вибрационная болезнь // Справочник поликлинического врача. 2008. № 11. С. 16–22.

13. *Лахман О. Л., Катаманова Е. В., Картапольцева Н. В., Константинова Т. Н., Русанова Д. В., Бичев С. С.* Клиника, диагностика, лечение профессиональных полиневропатий от воздействия вибрации и физического перенапряжения: учебное пособие для врачей. Иркутск, 2013. 80 с.

14. *Ляпин М. Г.* Воздействие вибрации на иммунную систему (аналитический обзор) // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 12. С. 30–33.

15. *Могилевская К. Э., Николенко В. Ю., Ласткова Н. Д.* Особенности функционального состояния нервной системы у горнорабочих, подвергающихся воздействию локальной вибрации // Архив клинической и экспериментальной медицины. 2018. Т. 027, № 3. С. 78–84.

16. *Никулина Н. В., Бейн Б. Н.* Особенности биоэлектрической активности мозга у больных вибрационной болезнью // Терапевт. 2011. № 7. С. 52–54.

17. *Повещенко А. Ф., Абрамов В. В., Козлов В. А.* Цитокины – фактор нейроэндокринной регуляции // Успехи физиологических наук. 2007. Т. 38, № 3. С. 40–46.

18. *Сологуб Т. В., Цветков В. В., Деева Э. Г.* Интерферон гамма цитокин с противовирусной, иммуномодулирующей и противоопухолевой активностью // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2014. № 3. С. 56–60.

19. *Соколова Л. П., Князева И. В., Сухарева Е. А.*

Расстройства умственной работоспособности в условиях стресса и их коррекция // *Терапия*. 2016. № 4. С. 122–126.

20. Фокин В. Ф., Пономарева Н. В. Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 249 с.

21. Фокин В. Ф., Шабалина А. А., Пономарева Н. В., Медведев Р. Б., Лагода О. В., Танащян М. М. Сопряженность показателей энергетического обмена и уровня гормона стресса кортизола с когнитивными характеристиками больных дисциркуляторной энцефалопатией // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018. № 4 (12). С. 47–51.

22. Шмырев В. И., Витько Н. К., Миронов Н. П., Соколова Л. П., Борисова Ю. В., Фокин В. Ф. Нейро-энергетическое картирование – высокоинформативный метод оценки функционального состояния мозга. Данные нейроэнергетического картирования при когнитивных нарушениях и снижении умственной работоспособности. М., 2010. 21 с.

23. Almajwal A., Alam I., Zeb F., Fatima S. Energy Metabolism and Allocation in Selfish Immune System and Brain: A Beneficial Role of Insulin Resistance in Aging // *Food and Nutrition Sciences*. 2019. N 10. P. 64–80. Doi.org/10.4236/fns.2019.101006

24. Bilbo S. D., Schwarz J. M. The Immune System and Developmental Programming of Brain and Behavior // *Front Neuroendocrinol*. 2012. N 33 (3). P. 267–286. Doi.org/10.1016/j.yfrne.2012.08.006

25. Davidson R. J. Well-being and affective style: neural substrates and biobehavioural correlates // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2004 Sep 29. N 359 (1449). P. 1395–1411. Doi.org/10.1098/rstb.2004.1510

26. Davidson R. J., Coe C. C., Dolshi I., Donzella B. Individual differences in prefrontal activation asymmetry predict natural killer cell activity at rest and in response to challenge // *Brain, Behavior, and Immunity*. 1999. N 13 (2). P. 93–108. Doi.org/10.1006/brbi.1999.0557

27. Miller A. H., Haroon E., Raison C. L., Felger J. C. Cytokine Targets in the Brain: Impact on Neurotransmitters and Neurocircuits // *Depress Anxiety*. 2013. N 30 (4). P. 297–306. Doi.org/10.1002/da.22084

28. *Phelps Ch., Korneva E.* Cytokines and the Brain. Vol. 6. 1st Edition. Elsevier Science, 2008. 608 p.

#### References

1. Abramats E. A., Lakhman O. L., Kudaeva I. V. Some aspects of the immune response of patients with varying degrees of severity of vibrational disease. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2007, 11, pp. 30-33. [In Russian]

2. Abramov V. V., Ershov O. V., Smyk A. V. The relationship of the functional asymmetry of the immune system and the central nervous system in the formation of the immune response. *Neuroimmunologiya* [Neuroimmunology]. 2009, 7 (1), pp. 6-7. [In Russian]

3. Abramova T. Ya., Kozhevnikov V. S., Abramov V. V. Cytokines are mediators of neuroimmune regulation. *Citokiny i vospalenie* [Cytokines and inflammation]. 2005, 4 (2), p. 83. [In Russian]

4. Babanov S. A., Baraeva R. A., Budash D. S., Baikova A. G. The state of the immune profile and cytokines with vibrational disease. *Russkii meditsinskii zhurnal "Meditsinskoe obozrenie"* [Russian Medical Inquiry]. No. 1 (II) dated 04/25/2018, pp. 108-112. [In Russian]

5. Baraeva R. A., Babanov S. A. The immune profile in case of vibration disease from the effects of local and general vibration. *Sanitarnyi vrach* [Sanitary doctor]. 2015, 7, pp. 11-19. [In Russian]

6. Bodyienkova G. M., Kurchevenko S. I. Evaluation of cytokines and heat shock protein in vibratory disease. *Meditsinskaya immunologiya* [Medical immunology]. 2018, 20 (6), pp. 895-898. Doi.org/10.15789/1563-0625-2018-6-895-898 [In Russian]

7. Bodyienkova G. M., Kurchevenko S. I., Rusanova D. V. The role of cytokines in the development of disorders of the peripheral system with vibrational disease. *Rossiiskii immunologicheskii zhurnal* [Russian journal of immunology]. 2017, 11 (20), 1, pp. 58-63. [In Russian]

8. Borzunova Yu. M. Evoked potentials of the brain in assessing sensory and cognitive functions in miners of vibro-hazardous professions. *Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki* [Bulletin of Ural medicine]. 2012, 1, pp. 61-62. [In Russian]

9. Vitkovsky Yu. A., Kuznik B. I., Solpov A. V. Results of a 10-year study of the mechanisms of lymphocytic-platelet adhesion. *Zabaikal'skii meditsinskii vestnik* [Zabaykalsky medical Bulletin]. 2008, 2, pp. 36-41. [In Russian]

10. Kapustnik V. A., Sukhonos N. K. State of cytokine status in patients with vibration disease in combination with hypertension. *Vestnik problem biologii i meditsiny* [Bulletin of problems of biology and medicine]. 2013, 1 (2), pp. 150-153. [In Russian]

11. Katamanova E. V., Nurbayeva D. Zh. Analysis of pathological EEG activity in persons exposed to General and local vibration. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research]. 2016, 3-4, pp. 570-573. Available at: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8935> (accessed: 08.04.2020). [In Russian]

12. Kosarev V. V., Babanov S. A. Vibration disease. *Spravochnik poliklinicheskogo vracha* [Reference book of the polyclinic doctor]. 2008, 11, pp. 16-22. [In Russian]

13. Lakhman O. L., Katamanova E. V., Kartapol'tseva N. V., Konstantinova T. N., Rusanova D. V., Bichev S. S. Clinic, diagnosis, treatment of professional polyneuropathies from the effects of vibration and physical overstrain. *Training manual for doctors*. Irkutsk, 2013, 80 p. [In Russian]

14. Lyapin M. G. Impact of vibration on the immune system (analytical review). *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 1999, 12, pp. 30-33. [In Russian]

15. Mogilevskaya K. E., Nikolenko V. Yu., Lastkova N. D. Features of the functional state of the nervous system in miners exposed to local vibration. *Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny* [Archive of clinical and experimental medicine]. 2018, 027 (3), pp. 78-84. [In Russian]

16. Nikulina N. V., Beyn B. N. Features of bioelectric activity of a brain at patients with a vibration disease. *Terapevt* [Therapist]. 2011, 7, pp. 52-54. [In Russian]

17. Poveshchenko A. F., Abramov V. V., Kozlov V. A. Cytokines - a factor of neuroendocrine regulation. *Uspekhi Fiziologicheskikh Nauk*. 2007, 38 (3), pp. 40-46. [In Russian]

18. Sologub T. V., Tsvetkov V. V., Deeva E. G. Interferon gamma cytokine with antiviral, immunomodulatory and antitumor activity. *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I. P. Pavlova* [I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald]. 2014, 3, pp. 56-60. [In Russian]

19. Sokolova L. P., Knyazeva I. V., Sukhareva E. A. Disorders of mental performance under stress and their correction. *Terapiya* [Therapy]. 2016, 4, pp. 122-126. [In Russian]

20. Fokin V. F., Ponomareva N. V. *Power physiology of a brain*. Moscow, 2003, 249 p. [In Russian]

21. Fokin V. F., Shabalina A. A., Ponomareva N. V.,

Medvedev R. B., Lagoda O. V., Tanashyan M. M. The Correlation of indicators of energy exchange and the level of the stress hormone cortisol with the cognitive characteristics of patients with dyscirculatory encephalopathy. *Annaly klinicheskoi i eksperimental'noi neurologii* [Annals of clinical and experimental neurology]. 2018, 4 (12), pp. 47-51. [In Russian]

22. Shmyrev V. I., Vitko N. K., Mironov N. P., Sokolova L. P., Borisova Yu. V., Fokin V. F. Neuropower mapping high-informative method of assessment of a functional condition of a brain. *Data of neuropower mapping at cognitive violations and decrease in intellectual working capacity*. Moscow, 2010, 21 p. [In Russian]

23. Almajwal A., Alam I., Zeb F., Fatima S. Energy Metabolism and Allocation in Selfish Immune System and Brain: A Beneficial Role of Insulin Resistance in Aging. *Food and Nutrition Sciences*. 2019, 10, pp. 64-80. Doi.org/10.4236/ins.2019.101006

24. Bilbo S. D., Schwarz J. M. The Immune System and Developmental Programming of Brain and Behavior. *Front Neuroendocrinol*. 2012, 33 (3), pp. 267-286. Doi.org/10.1016/j.yfrne.2012.08.006

25. Davidson R. J. Well-being and affective style: neural substrates and biobehavioural correlates. *Philos Trans R Soc*

*Lond B Biol Sci*. 2004 Sep 29, 359 (1449), pp. 1395-1411. Doi.org/10.1098/rstb.2004.1510

26. Davidson R. J., Coe C. C., Dolski I., Donzella B. Individual differences in prefrontal activation asymmetry predict natural killer cell activity at rest and in response to challenge. *Brain, Behavior, and Immunity*. 1999, 13 (2), pp. 93-108. Doi.org/10.1006/brbi.1999.0557

27. Miller A. H., Haroon E., Raison C. L., Felger J. C. Cytokine Targets in the Brain: Impact on Neurotransmitters and Neurocircuits. *Depress Anxiety*. 2013, 30 (4), pp. 297-306. Doi.org/10.1002/da.22084

28. Phelps Ch., Korneva E. Cytokines and the Brain. Vol. 6, 1st Edition, Elsevier Science, 2008, 608 p.

#### Контактная информация:

Шевченко Оксана Ивановна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории профессиональной и экологически обусловленной патологии ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»

Адрес: 665827, Иркутская область, г. Ангарск, 12а микрорайон, д. 3, а/я 1170

E-mail: oich68@list.ru

## ВАРИАНТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ОТВЕТ НА ХОЛОД У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ

© 2020 г. **Е. В. Кривоногова, Д. Б. Демин, О. В. Кривоногова, Л. В. Поскотинова**

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова УрО РАН, г. Архангельск

*Цель* – определение вариантов изменений показателей электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и показателей сердечно-сосудистой системы в ответ на кратковременное общее воздушное охлаждение организма у молодых людей. *Методы.* Были обследованы здоровые мужчины 18–21 года, которые родились и проживают в г. Архангельске. Спектральную мощность ЭЭГ-ритмов оценивали на электроэнцефалографе («Нейрософт», Россия), параметры variability сердечного ритма (BCP) регистрировали на аппаратно-программном комплексе «Варикард» («Рамена», Россия), температуру поверхности кожи измеряли электронным инфракрасным термометром B. Well WF-1000 (Швейцария), артериальное давление (АД) – автоматическим тонометром A&D Medical UA-668 (Япония). Все показатели измеряли в фоне, при общем охлаждении в холодной камере «УШЗ-25Н» (–20 °С, 10 минут), через 5 и 10 минут после охлаждения. *Результаты.* У молодых людей были определены два варианта изменения регуляторных систем в ответ на кратковременное общее охлаждение. В первом варианте во время охлаждения больше снижается температура поверхности тела, увеличиваются АД, показатели BCP (RMSSD, pNN50%, TP) и минимально изменяется биоэлектрическая активность головного мозга. В восстановительный период систолическое АД не снижается и показатели BCP восстанавливаются медленным темпом, что свидетельствует о напряжении функционирования регуляторных систем организма в ответ на холод. Во втором варианте при охлаждении происходит меньшее снижение температуры поверхности тела, усиление  $\alpha$ - $\theta$  активности ЭЭГ в передневисочных отделах головного мозга и  $\theta$ -активности ЭЭГ в лобных областях справа, повышение BCP (SDNN, pNN50%, RMSSD, TP), АД с возвратом к исходным значениям после прекращения воздействия холода, что отражает более успешную приспособительную реакцию на него. *Выводы.* Таким образом, выявленные варианты отражают особенности приспособительных реакций регуляторных систем организма на холод.

**Ключевые слова:** холод, электроэнцефалограмма, variability сердечного ритма, артериальное давление, температура поверхности тела

## CHANGES IN CARDIOVASCULAR INDICES AND BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE BRAIN IN RESPONSE TO COLD EXPOSURE IN YOUNG MEN

**E. V. Krivonogova, D. B. Demin, O. V. Krivonogova, L. V. Poskotinova**

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

*The aim* was to study changes in cardiovascular indices and electroencephalogram (EEG) characteristics in response to short-term general air cooling of the body in young adults. *Methods.* The sample consisted of 13 healthy men aged 18-21 years who were permanent residents of the city of Arkhangelsk (Northwest Russia). The spectral power (SP) of EEG rhythms was assessed using an electroencephalograph (Neurosoft, Russia). Heart rate variability (HRV) was measured using Varikard equipment (Ramena, Russia). Temperature of the skin surface was measured with an electronic infrared thermometer B Well WF - 1000 (Switzerland). Blood pressure were recorded with an automatic tonometer A&D Medical UA-668 (Japan). All indicators were measured prior to the exposure, under cold exposure in the cold chamber "USF-25N" (-20C, 10 minutes) and 5 and 10 minutes after the exposure. *Results.* Two types of changes in the study parameters were identified. In type I reaction there was is a greater decrease in body surface temperature, an increase in blood pressure (BP), HRV indicators (RMSSD, pNN50%, TP) and minimal changes in the bioelectrical activity of the brain during the exposure. During the recovery period, systolic BP did not decrease and HRV indicators recovered slowly. In type II reaction, there was a smaller decrease in body surface temperature, an increase in the  $\alpha$ - $\theta$  activity of the EEG in the anterotemporal regions of the brain and an increase in the  $\theta$ -activity of the EEG in the frontal regions on the right combined with an increase in HRV (SDNN, pNN50%, RMSSD, TP), an increase in BP during exposure with return to initial values after the exposure. *Conclusions.* We identified two types of reactions to cold exposure in young men that may reflect the heterogeneity of adaptive reactions of the body's regulatory systems to cold.

**Key words:** cold, EEG, heart rate variability, blood pressure, body surface temperature

### Библиографическая ссылка:

Кривоногова Е. В., Демин Д. Б., Кривоногова О. В., Поскотинова Л. В. Варианты изменения показателей сердечно-сосудистой системы и биоэлектрической активности головного мозга в ответ на холод у молодых людей // Экология человека. 2020. № 11. С. 20–26.

### For citing:

Krivonogova E. V., Demin D. B., Krivonogova O. V., Poskotinova L. V. Changes in Cardiovascular Indices and Bioelectric Activity of the Brain in Response to Cold Exposure in Young Men. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 20-26.

Изучение реактивности регуляторных систем организма человека на холод важно с точки зрения как адаптивных реакций, так и профилактических аспектов. Люди живут и работают в холодных погодных условиях (низкая температура, сильные ветры, низкая солнечная радиация), а стресс от холода редко является ограничивающим фактором. Индивидуальная восприимчивость организма к острому воздействию холода зависит от его морфофункциональных особенностей, уровня метаболической активности, а также от климатогеографических условий его постоянного места жительства. К особенностям функционального состояния систем на Севере относят выраженную активность центрального звена гипоталамо-гипофизарной системы, системы «гипофиз – щитовидная железа», повышенный уровень тиреотропного гормона [4], кортизола, увеличение экскреции адреналина и норадреналина (в моче) [3]. Эти особенности эндокринной системы могут влиять и на механизмы центрального возбуждения [5], на онтогенетическое становление структуры биоритмов головного мозга. У жителей арктических территорий могут формироваться особые паттерны биоэлектрической активности головного мозга, которые можно рассматривать как адаптивные [11]. Электрофизиологические исследования показали разнонаправленные изменения холодового воздействия на спонтанную колебательную активность мозга [12, 16]. В литературе отмечается вариативность реакций сердечно-сосудистой системы на кратковременный холодовой тест [6, 8]. Цель исследования заключалась в определении вариантов направленности изменений ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и показателей сердечно-сосудистой системы в ответ на кратковременное общее воздушное охлаждение организма.

### Методы

Обследованы 15 практически здоровых мужчин в возрасте 18–21 года (средний возраст  $(19,9 \pm 1,2)$  года), которые родились и проживают в г. Архангельске. Исследование было одобрено Этическим комитетом ФИЦКИА РАН (протокол № 2 от 28.03.2018). Все лица, участвующие в исследовании, дали согласие на участие и подписали информированное согласие. Индекс массы тела молодых людей не выходил за границы нормальных значений (от 18,5 до 24,9 кг/м<sup>2</sup>). В ходе эксперимента испытуемые были одеты в однотипную одежду – кроссовки, хлопчатобумажные брюки, футболку и медицинский халат. Исследование проводилось в январе и феврале в первой половине дня.

В процессе обследования у молодых людей регистрировали параметры синхронной записи ЭЭГ и вариативности сердечного ритма (ВСР) (5 минут), температуры в слуховом проходе (Тсл) и кожного покрова кисти (Тк) в помещении при комнатной температуре (1 этап – Фон), с 5-й по 10-ю минуту нахождения в холодовой камере «УШЗ-25Н» ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (2 этап – Холод), через 5 (3 этап) и 10 минут (4 этап) после выхода из холодовой камеры. Артериальное дав-

ление (АД) измеряли до холодовой камеры в теплом помещении (1 этап – Фон), сразу (2 этап – Холод) и через 10 минут (4 этап) после выхода из камеры.

Спектральную мощность (СМ)  $\theta$ - (4–7 Гц),  $\alpha$ - (8–13 Гц) активности ЭЭГ регистрировали по 16 каналам (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, P3, P4, T3, T4, T5, T6, O1, O2) по международной системе «10–20 %» размещения электродов на поверхности головы (референтные электроды на мочках ушей) в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами в положении сидя с помощью портативного электроэнцефалографа (Нейрон-Спектр-СМ «Нейрософт», Россия). Состояние вегетативной нервной системы оценивали по показателям ВСР на аппаратно-программном комплексе «Варикард» (Россия). Использовали временной и спектральный виды анализа. Оценивались показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), стандартное отклонение NN-интервалов (SDNN), квадратный корень из суммы квадратов разности величин между смежными NN-интервалами (RMSSD) и процент количества пар, в которых разница между длительностью последовательных NN-интервалов превышает 50 мс (PNN50%), индекс напряжения регуляторных систем (SI, усл. ед.), суммарная мощность спектра ВСР (TP, мс<sup>2</sup>) [9]. Артериальное давление измеряли осциллометрическим методом с помощью автоматического тонометра A&D Medical UA-668 (Япония). Тк и Тсл регистрировали медицинским электронным инфракрасным термометром В. Well WF-1000 (Швейцария). Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы Statistica 13. Согласно критерию Shapiro-Wilk, распределение количественных данных отличалось от нормального, поэтому использовали непараметрические методы. Описание выборки выполняли с помощью медианы и 25- и 75-го перцентилей Me (25p; 75p). Кластеризацию полученных результатов осуществляли методом k-средних, предварительно было проведено z-преобразование данных с целью уменьшения асимметрии при распределении переменных. При сравнении количественных данных двух независимых групп использовали критерий Манна – Уитни. Для анализа повторных измерений применяли критерий Фридмана. Для оценки взаимосвязи исследуемых параметров использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

### Результаты

Для выделения однородных групп по исходным значениям и по изменениям СМ  $\alpha$ -активности ЭЭГ, параметров ВСР, Тк и Тсл в ответ на воздействие холодом был проведен кластерный анализ, который показал существование двух значительно различающихся типов реакций. По исходным значениям Тк и Тсл у молодых людей разных кластеров не различалась. На 10-й минуте нахождения в холодовой камере Тк и Тсл снижалась (рис. 1), при этом у молодых людей кластера I Тсл в ответ на холод снижалась более выражено ( $p = 0,03$ ). На 3-м этапе исследования у

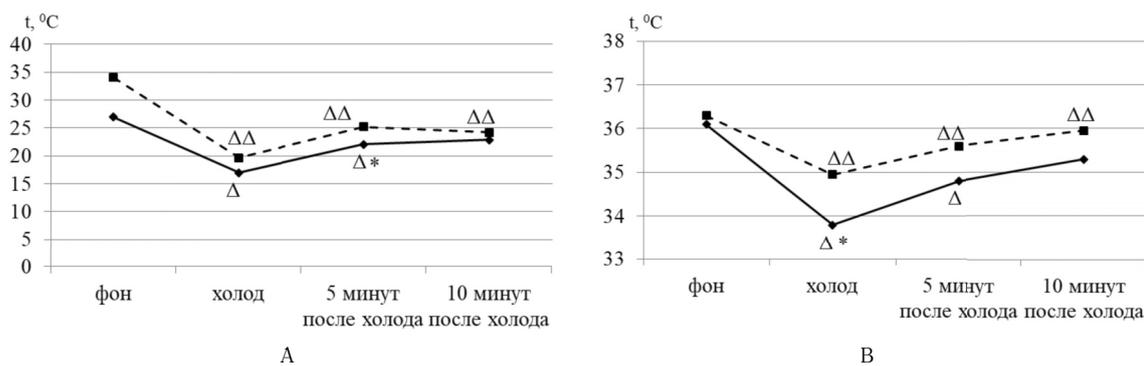


Рис. 1. Изменение температуры кожного покрова кисти (А) и в слуховом проходе (В) на этапах исследования  
 Примечания: сплошная линия – кластер I; пунктирная линия – кластер II; \* –  $p < 0,05$ , различия статистически значимы между кластерами, Δ –  $p < 0,05$ , ΔΔ –  $p < 0,01$ , различия статистически значимы по сравнению с фоном.

молодых людей независимо от кластера сохранялась более низкая температура поверхности тела в сравнении с фоном. На 4-м этапе у представителей кластера I Тк и Тсл восстанавливалась до фоновых значений в отличие от молодых людей кластера II, у которых температура находилась на более низком уровне.

По параметрам ВСР молодые люди кластера I отличались более низкими исходными значениями SDNN, RMSSD, pNN50%, TP и высокими значениями SI по сравнению с лицами кластера II (таблица). В ответ на кратковременное общее воздушное охлаждение организма у представителей кластера I регистрировалось повышение RMSSD ( $p = 0,04$ ), pNN50% ( $p = 0,04$ ), TP ( $p = 0,04$ ) и снижение SI ( $p = 0,04$ ). У молодых людей кластера II повышались значения SDNN ( $p = 0,005$ ), RMSSD ( $p = 0,006$ ), pNN50% ( $p = 0,005$ ), TP ( $p = 0,006$ ) и снижались SI ( $p = 0,005$ ), ЧСС ( $p = 0,01$ ).

На 3-м этапе исследования у молодых людей кластера I сохранялись более высокие значения параметров RMSSD ( $p = 0,04$ ), pNN50% ( $p = 0,04$ ), SDNN ( $p = 0,04$ ) и TP ( $p = 0,04$ ) и низкий SI ( $p = 0,04$ ) по сравнению с фоном, а также снизилась ЧСС ( $p = 0,04$ ). У молодых людей кластера II параметры ВСР возвращались к исходным значениям, оставалась лишь более низкая ЧСС ( $p = 0,005$ ). На 4-м этапе исследования в кластере I показатели ВСР достигали исходных значений.

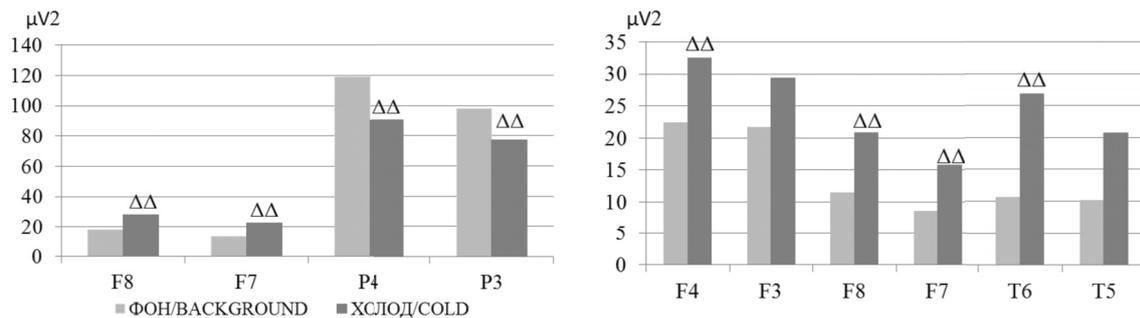
Исходные показатели систолического и диастолического АД (САД и ДАД) не различались у молодых людей разных кластеров (см. таблицу). У лиц кластера I при воздействии холода повышалось ДАД ( $p = 0,04$ ) и САД ( $p = 0,04$ ). Через 10 минут после воздействия холода ДАД возвращалось к фоновым значениям, а САД было на более высоком уровне по сравнению с фоном ( $p = 0,04$ ). В ответ на холод у молодых людей кластера II повысились значения САД ( $p = 0,005$ ) и ДАД ( $p = 0,005$ ) по сравнению с фоном, спустя 10 минут они возвращались к фоновым значениям.

У молодых людей кластера I в отличие от сверстников кластера II в фоне отмечалась статистически более высокая СМ α- и θ-активности ЭЭГ практически во всех отделах головного мозга (рис. 2).

**Показатели вариабельности сердечного ритма и артериального давления на этапах исследования, Ме (25p; 75p)**

Показатель	Кластер I (n = 5)	Кластер II (n = 10)	p-value
Фон (1 этап)			
ЧСС, уд/мин	74,7 (70,7; 83,4)	73,2 (67,8; 76,2)	0,461
RMSSD, мс	22,8 (22,4; 23,1)	46,6 (34,4; 53,8)	0,012
SDNN, мс	40,2 (30,8; 42,4)	61,2 (51,2; 68,3)	0,011
pNN50%	2,3 (2,3; 3,9)	24,8 (10,2; 36,6)	0,033
TP, мс <sup>2</sup>	1286,3 (1149,0; 1458,9)	3806,3 (2478,2; 3885,7)	0,012
SI, усл. ед.	177,9 (111,4; 229,0)	69,1 (50,9; 91,9)	0,023
САД, мм рт. ст.	122 (120; 124)	122 (114; 130)	0,814
ДАД, мм рт. ст.	83 (82; 84)	84 (81; 86)	0,801
Холод (2 этап)			
ЧСС, уд/мин	77,2 (72,7; 78,5)	67,1 (64,3; 71,5) ΔΔ	0,011
RMSSD, мс	48,8 (32,3; 57,9) Δ	66,3 (50,3; 93,9) ΔΔ	0,112
SDNN, мс	72,3 (71,7; 86,6)	83,4 (78,1; 131,4) ΔΔ	0,544
pNN50%	16,3 (9,7; 34,3) Δ	36,6 (26,7; 51,8) ΔΔ	0,116
TP, мс <sup>2</sup>	4547,3 (2226,5; 6654,0) Δ	5627,8 (3670,8; 13953,5) ΔΔ	0,542
SI, усл. ед.	53,8 (39,2; 56,2) Δ	37,1 (17,6; 53,6) ΔΔ	0,337
САД, мм рт. ст.	130 (123; 130) Δ	133 (129; 138) ΔΔ	0,461
ДАД, мм рт. ст.	98 (92; 102) Δ	88 (85; 102) ΔΔ	0,533
Через 5 минут после холода (3 этап)			
ЧСС, уд/мин	65,1 (64,9; 66,3) Δ	61,8 (60,4; 67,3) Δ	0,465
RMSSD, мс	43,9 (30,7; 46,6) Δ	60,2 (44,6; 81,5)	0,084
SDNN, мс	57,1 (44,0; 61,7) Δ	63,6 (51,9; 79,5)	0,461
pNN50%	10,1 (6,8; 25,3) Δ	35,3 (19,9; 46,5)	0,081
TP, мс <sup>2</sup>	2826,4 (2668,9; 3972,1) Δ	4348,4 (3206,1; 8134,7)	0,223
SI, усл. ед.	62,1 (54,9; 102,6) Δ	53,4 (30,4; 71,6)	0,271
Через 10 минут после холода (4 этап)			
ЧСС, уд/мин	68,8 (65,4; 70,4) Δ	64,1 (62,4; 69,9) ΔΔ	0,461
RMSSD, мс	32,9 (28,2; 40,3)	52,0 (34,4; 74,9)	0,180
SDNN, мс	36,5 (34,5; 36,5)	65,4 (50,1; 76,6)	0,007
pNN50%	13,5 (7,7; 15,1)	31,3 (13,3; 53,9)	0,111
TP, мс <sup>2</sup>	1244,2 (1057,2; 2416,5)	4147,2 (2072,6; 5057,2)	0,023
SI, усл. ед.	170,5 (137,6; 192,1)	49,1 (34,9; 84,4)	0,011
САД, мм рт. ст.	130 (120; 130) Δ	123 (121; 130)	0,214
ДАД, мм рт. ст.	89 (89; 90)	84 (78; 90)	0,571

Примечание. Δ –  $p < 0,05$ , ΔΔ –  $p < 0,01$ , различия статистически значимы по сравнению с фоном.



A B

Рис. 2. Спектральная мощность  $\alpha$ -(A) и  $\theta$ -(B) активности ЭЭГ у молодых людей кластера II.*Примечание.*  $\Delta\Delta$  –  $p < 0,01$ , различия статистически значимы по сравнению с фоном.

На 2-м этапе исследования у молодых людей кластера I не было выявлено изменений СМ ЭЭГ по сравнению с фоном. У представителей кластера II повышалась СМ  $\alpha$ -активности ЭЭГ в передневисочных отделах головного мозга (F8,  $p = 0,006$ , F7,  $p = 0,006$ ) и снижалась в теменных (P4,  $p = 0,02$ , P3,  $p = 0,02$ ) (см. рис. 2). Спектральная мощность  $\theta$ -активности увеличивалась справа в лобных (F4,  $p = 0,006$ ), передневисочных (F8,  $p = 0,005$ ) и задневисочных (T6,  $p = 0,006$ ) отделах головного мозга и слева в передневисочном (F7,  $p = 0,005$ ) отделе в ответ на холод. Выявлены корреляционные связи СМ  $\theta$ -активности в отделах С4 ( $r = -0,79$ ,  $p = 0,006$ ), F4, ( $r = -0,75$ ,  $p = 0,03$ ), F8 ( $r = -0,81$ ,  $p = 0,004$ ) с ЧСС. Показатель СМ  $\alpha$ -активности ЭЭГ в отделах F7 коррелировал с  $pNN50\%$  ( $r = 0,67$ ,  $p = 0,03$ ), SI ( $r = -0,75$ ,  $p = 0,01$ ).

### Обсуждение результатов

У молодых людей кластера I значение SI в фоне составило 177,9 (111,4; 229,0) усл. ед., что, согласно данным литературы [1], свидетельствует о преобладании симпатической нервной системы в регуляции ритма сердца. В этом кластере выявлены более низкие значения SDNN, RMSSD,  $pNN50\%$ , TP по сравнению с кластером II. У представителей кластера I отмечалась более высокая исходная СМ  $\alpha$ - и  $\theta$ -волн ЭЭГ, что говорит о преобладании активности гипоталамодизэнцефальных структур мозга [10]. У молодых людей кластера II значение SI в фоне составило 69,1 (50,9; 91,9) усл. ед., что соответствует нормотоническому типу вегетативной регуляции, а также отмечались более высокие значения SDNN, RMSSD,  $pNN50\%$ , TP по сравнению с представителями кластера I. По ЭЭГ регистрировалась более низкая СМ  $\alpha$ - и  $\theta$ -активности по сравнению с кластером I.

Во время охлаждения у молодых людей кластера I с исходным преобладанием симпатической активности в регуляции ритма сердца отмечались более низкие значения Tсл и Tк по сравнению с представителями кластера II, что свидетельствует о большем сужении поверхностных сосудов кожи. Вазомоторный ответ, опосредованный симпатической нервной системой, вызывающий сужение периферических сосудов, приводит к снижению периферического кровотока

и, таким образом, уменьшает потерю тепла организмом [14]. Однако активация симпатической нервной системы увеличивает восприимчивость к холодовым травмам, таким как обморожение у неаклиматизированных людей [14]. У лиц кластера II температура тела по абсолютным значениям снижалась меньше. Меньшее снижение температуры кожи отмечают у людей при адаптации к холоду, объясняя более ранним включением механизмов периферической вазодилатации [2]. После прекращения холода в кластере I через 10 минут Tсл и Tк возвращалась к исходным значениям, а в кластере II не восстанавливалась до фоновых показателей.

Общее охлаждение, как правило, приводит к нарастанию системного АД крови, ЧСС, что связывают с повышением активности симпатической нервной системы. В кластере I отмечалось статистически значимое повышение САД, ДАД и на уровне тенденции увеличение ЧСС. У молодых людей кластера II регистрировалось повышение САД, ДАД при воздействии холода и как отражение барорефлекторной реакции в ответ на повышение давления в магистральных сосудах снижалась ЧСС. В кластере II ДАД меньше повысилось в ответ на холод по сравнению с кластером I, но на уровне тенденции. По данным литературы [17], при адаптации к холоду отмечается меньшее увеличение ДАД при охлаждении. Через 10 минут после прекращения воздействия холода САД и ДАД у молодых людей кластера II возвращалось к исходным значениям, а в кластере I значения САД не восстанавливались. Задержка восстановления САД после холодового стресса может свидетельствовать о напряжении работы регуляторных систем [18].

У молодых людей обоих кластеров отмечалось увеличение RMSSD,  $pNN50\%$ , TP и снижение SI в ответ на холод, что соответствует увеличению и парасимпатического звена регуляции. У лиц кластера I показатели ВСР восстанавливались до фоновых значений через 10 минут, у молодых людей кластера II они соответствовали фоновым значениям уже через 5 минут после холода. В литературе имеются данные, что на фоне достаточно высоких значений SDNN восстановление сердечного ритма после нагрузок происходит быстрее [7], что, по нашим результатам, соответствует кластеру II.

Воздействие холода по-разному отразилось на топографических изменениях СМ ЭЭГ у обследованных лиц. У молодых людей кластера I изменения биоэлектрической активности головного мозга были минимальны. У лиц кластера II отмечалось снижение СМ  $\alpha$ -активности в теменной области. Предполагается, что снижение  $\alpha$ -активности связано с повышенной возбудимостью клеток в таламокортикальной системе, с процессами внимания к охлаждению [13].

Спектральная мощность  $\alpha$ -активности увеличилась в передневисочных отделах мозга (F7, F8), тета-активность — справа в лобных (F4), передневисочных (F8), задневисочных (T6) отделах и слева в передневисочном (F7) отделе головного мозга в ответ на холод. Выявлены корреляционные связи СМ  $\theta$ -активности в отделах С4 ( $r = -0,79$ ,  $p = 0,006$ ), F4 ( $r = -0,75$ ,  $p = 0,03$ ), F8 ( $r = -0,81$ ,  $p = 0,004$ ) с ЧСС. Спектральная мощность  $\alpha$ -активности в отделах F7 коррелировала с рNN50% ( $r = 0,67$ ,  $p = 0,03$ ), SI ( $r = -0,75$ ,  $p = 0,01$ ). Активность парасимпатической и симпатической нервной системы опосредуется корково-подкорковыми путями, которые включают префронтальную кору, переднюю поясную кору, островок, гипоталамус и ствол мозга. Повышенная активация префронтальной коры снижает симпатическую активность, что приводит к преобладанию парасимпатической нервной системы, тогда как сниженная активация префронтальной коры сопровождается увеличением симпатической активности [15].

Повышение  $\theta$ -активности и выявленные корреляции отражают снижение тормозного контроля со стороны коры головного мозга на подкорковые структуры. По литературным данным, имеет место церебральная латерализация в вегетативном контроле сердечно-сосудистой деятельности. Правое полушарие, как сообщается [19], модулирует симпатический тонус, в то время как парасимпатическая нервная система преимущественно регулируется левым полушарием.

Таким образом, проведенное исследование показало, что у молодых лиц выявлены два варианта реакций функциональных систем на холод. В первом варианте отмечались большее снижение температуры кожи, повышение АД, показателей ВСР (RMSSD, рNN50%, TP) и минимальные изменения биоэлектрической активности мозга. После прекращения воздействия холода САД не снижалось, показатели ВСР восстанавливались медленным темпом. Данные изменения первого варианта свидетельствуют о напряжении функционирования регуляторных систем организма в ответ на холод. Во втором варианте при охлаждении температура кожи менее выражено снижалась, повышались АД, параметры ВСР (SDNN, RMSSD, рNN50%, TP) и СМ  $\alpha$ -активности в передневисочных отделах мозга и  $\theta$ -активности справа в лобных, передневисочных, задневисочных отделах и слева в передневисочном отделе головного мозга в ответ на холод. После прекращения воздействия

холода АД, показатели ВСР и биоэлектрическая активность мозга восстановились до исходных значений, что отражает более успешную приспособительную реакцию на холод.

*Работа выполнена по программе ФНИР лаборатории биоритмологии ИФПА ФГБУН ФИЦКИА РАН, № 115050610141*

#### Благодарности

Выражаем благодарность заведующей лаборатории регуляторных механизмов иммунитета ИФПА ФИЦКИА РАН А. В. Самодовой за возможность использования в исследовании холодильной камеры «УШЗ-25Н»

#### Авторство

Кривоногова Е. В. разработала дизайн исследования, получила, проанализировала и интерпретировала данные, написала текст статьи; Демин Д. Б. разработал дизайн исследования, получил данные, принял участие в написании статьи; Кривоногова О. В. получила, проанализировала и интерпретировала данные, написала текст статьи; Поскотнинова Л. В. разработала дизайн исследования, научно отредактировала текст статьи.

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кривоногова Елена Вячеславовна — ORCID 0000-0003-4225-5872; SPIN 9022-9696

Демин Денис Борисович — ORCID 0000-0001-7912-9226; SPIN 6565-4657

Кривоногова Ольга Вячеславовна — ORCID 0000-0002-7267-8836; SPIN 1086-3008

Поскотнинова Лилия Владимировна — ORCID 0000-0002-7537-0837; SPIN 3148-6180

#### Список литературы

1. Баевский Р. М., Кириллов О. И., Кляцкин С. З. Математический анализ изменения сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. 222 с.
2. Бочаров М. И. Терморегуляция организма при холодных воздействиях // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015. № 1. С. 5–16.
3. Власова О. С., Бичкаева Ф. А., Скворцова В. Ю., Нестерова Е. В., Шенюф Б. А. Содержание катехоламинов (адреналина, норадреналина) у детей и подростков Архангельской области в зависимости от географической широты проживания, пола и возраста // Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. Е. Р. Бойко. Сыктывкар; Екатеринбург: УрО РАН, 2012. С. 108–115.
4. Горенко И. Н., Типисова Е. В., Попкова В. А., Елфинова А. Э. Соотношение гормонов гипоталамо-гипофизарно-тиреодной системы, дофамина и цАМФ у жителей Европейского и Азиатского Севера // Журнал медико-биологических исследований. 2019. Т. 7, № 2. С. 140–150.
5. Грибанов А. В., Джос Ю. С., Рысина Н. Н. Изменение параметров биоэлектрической активности головного мозга у школьников-северян 16–17 лет в различных условиях естественной освещенности // Экология человека. 2013. № 6. С. 42–48.
6. Лудков А. Б., Коробицына Е. В., Мелькова Л. А., Грибанов А. В. Реакция показателей гемодинамики на локальное охлаждение кисти и стопы у лиц юношеского возраста // Экология человека. 2015. № 11. С. 13–18.

7. Кротова И. Г., Ведясова О. А., Комарова М. В., Ширяева О. И. Анализ и прогнозирование резервных возможностей организма студентов по параметрам вариабельности сердечного ритма // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, № 6. С. 556–561.

8. Максимов А. Л., Борисенко Н. С., Максимова Н. Н., Королев Ю. Н., Голубев В. Н. Индивидуальные следовые реакции показателей кардиоритма и температуры поверхности кисти после тренировок с ререспирацией при локальном охлаждении // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2015. № 4. С. 95–100.

9. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму). Иваново: ООО «Нейрософт», 2017. 516 с.

10. Сороко С. И., Андреева С. С., Бекшаев С. С. Перестройки параметров электроэнцефалограммы у детей – жителей о. Новая Земля // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2009. № 2. С. 49–59.

11. Сороко С. И., Бекшаев С. С., Рожков В. П. ЭЭГ корреляты генофенотипических особенностей возрастного развития мозга у детей аборигенного и пришлого населения северо-востока России // Российский физиологический журнал имени И. М. Сеченова. 2012. Т. 98, № 1. С. 3–26.

12. Chang P. F., Arendt-Nielsen L., Chen A. C. Dynamic changes and spatial correlation of EEG activities during cold pressor test in man // Brain Res. Bull. 2002. Vol. 57, N 5. P. 667–675.

13. Hansen T. M., Mark E. B., Olesen S. S., Gram M., Frøkjær J. B., Drewes A. M. Characterization of cortical source generators based on electroencephalography during tonic pain // J. Pain Res. 2017. N 10. P. 1401–1409.

14. Harinath K., Malhotra A. S., Pal K., Prasad R., Kumar R., Sawhney R. C. Autonomic nervous system and adrenal response to cold in man at Antarctica // Wilderness Environ. Med. 2005. Vol. 16, N 2. P. 81–91.

15. Jung W., Jang K. I., Lee S. H. Heart and Brain Interaction of Psychiatric Illness: A Review Focused on Heart Rate Variability, Cognitive Function, and Quantitative Electroencephalography // Clin. Psychopharmacol. Neurosci. 2019. Vol. 17, N 4. P. 459–474.

16. Levitt J., Choo H. J., Smith K. A., LeBlanc B. W., Saab C. Y. Electroencephalographic frontal synchrony and caudal asynchrony during painful hand immersion in cold water // Brain Res. Bull. 2017. N 130. P. 75–80.

17. Mäkinen T. M., Mäntysaari M., Pääkkönen T., Jokelainen J., Palinkas L. A., Hassi J., Leppäluoto J., Tahvanainen K., Rintamäki H. Autonomic nervous function during whole-body cold exposure before and after cold acclimation // Aviat. Space Environ. Med. 2008. Vol. 79, N 9. P. 875–882.

18. Stewart J. C., France C. R. Cardiovascular recovery from stress predicts longitudinal changes in blood pressure // Biol. Psychol. 2001. Vol. 58, N 2. P. 105–120.

19. Guo C. C., Sturm V. E., Zhou J., Gennatas E. D., Trujillo A. J., Hua A. Y., Crawford R., Stables L., Kramer J. H., Rankin K., Levenson R. W., Rosen H. J., Miller B. L., Seeley W. W. Dominant hemisphere lateralization of cortical parasympathetic control as revealed by frontotemporal dementia // Proc. Nat. Acad. Sci USA. 2016. Vol. 113, N 17: E2430–9.

## References

1. Baevskii R. M., Kirillov O. I., Klyatskin S. Z. *Matematicheskii analiz izmeneniya serdechnogo ritma*

*pri stresse* [Mathematical analysis of changes in heart rate during stress]. Moscow, 1984, 222 p.

2. Bocharov M. I. Thermoregulation of the body under cold influences. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskiye nauki* [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Medical and biological sciences]. 2015, 1, pp. 5-16. [In Russian]

3. Vlasova O. S., Bichkaeva F. A., Skvortsova V. Yu., Nesterova E. V., Shengof B. A. Soderzhanie katekholaminov (adrenalina, noradrenalina) u detei i podrostkov Arkhangel'skoi oblasti v zavisimosti ot geograficheskoi shiroti prozhivaniya, pola i vozrasta [The Content of Catecholamines (Adrenaline, Norepinephrine) in Children and Adolescents of the Arkhangel'sk Region, Depending on the Geographical Latitude, Sex and Age]. *Adaptatsiya cheloveka k ekologicheskim i sotsial'nym usloviyam Severa* [Human Adaptation to Environmental and Social Conditions in the North], ed. Boyko E. R. Syktyvkar, 2012, pp. 108-115.

4. Gorenko I. N., Tipisova E. V., Popkova V. A., Elfimova A. E. Ratios of the hormones of the pituitary-thyroid axis, dopamine and cAMP in residents of the European and Asian North of Russia. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of medical and biological research]. 2019, 7 (2), pp. 140-150. [In Russian]

5. Gribanov A. V., Dzhos Yu. S., Rysina N. N. Changes of settings of brain bioelectrical activity in northern schoolchildren aged 16-17 in different ambient light conditions. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 6, pp. 42-48. [In Russian]

6. Gudkov A. B., Korobitsyna E. V., Mel'kova L. A., Gribanov A. V. Response of hemodynamics indices to hand and foot local cooling in young people. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 11, pp. 13-18. [In Russian]

7. Kretova I. G., Vedyasova O. A., Komarova M. V., Shiryayeva O. I. Analysis and forecasting of reserve capabilities of the organism of students according to indices of heart rate variability. *Gigiya i Sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2017, 96 (6), pp. 556-561. [In Russian]

8. Maksimov A. L., Borisenko N. S., Maksimova N. N., Korolev Yu. N., Golubev V. N. Individual Trace Responses of Heart Rate and Hand Surface Temperatures after Rerespiration Training at Local Cold Exposure. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN* [Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch]. 2015, 4, pp. 95-100. [In Russian]

9. Mikhailov V. M. *Variabel'nost' ritma serdtsa (novyi vzglyad na staruyu paradigmu)* [Heart rate variability (a new look at the old paradigm)]. Ivanovo, 2017, 516 p.

10. Soroko S. I., Andreeva S. S., Bekshaev S. S. The EEG parameters changes in children on Novaya Zemlya Island. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN* [Bulletin of the North-East Scientific Center, Russian Academy of Sciences Far East Branch]. 2009, 2, pp. 49-59. [in Russian]

11. Soroko S. I., Bekshaev S. S., Rozhkov V. P. EEG correlates of geno-phenotypical features of the brain development in children of the native and newcomers' population of the russian north-east. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I. M. Sechenova* [Russian journal of physiology]. 2012, 98 (1), pp. 3-26. [In Russian]

12. Chang P. F., Arendt-Nielsen L., Chen A. C. Dynamic changes and spatial correlation of EEG activities during cold pressor test in man. *Brain Res. Bull.* 2002, 57 (5), pp. 667-675.

13. Hansen T. M., Mark E. B., Olesen S. S., Gram M., Frøkjær J. B., Drewes A. M. Characterization of cortical source generators based on electroencephalography during tonic pain. *J. Pain Res.* 2017, 10, pp. 1401-1409.

14. Harinath K., Malhotra A. S., Pal K., Prasad R., Kumar R., Sawhney R. C. Autonomic nervous system and adrenal response to cold in man at Antarctica. *Wilderness Environ. Med.* 2005. 16 (2), pp. 81-91.
15. Jung W., Jang K. I., Lee S. H. Heart and Brain Interaction of Psychiatric Illness: A Review Focused on Heart Rate Variability, Cognitive Function, and Quantitative Electroencephalography. *Clin. Psychopharmacol. Neurosci.* 2019, 17 (4), pp. 459-474.
16. Levitt J., Choo H. J., Smith K. A., LeBlanc B. W., Saab C. Y. Electroencephalographic frontal synchrony and caudal asynchrony during painful hand immersion in cold water. *Brain Res. Bull.* 2017, 130, pp. 75-80.
17. Mäkinen T. M., Mäntysaari M., Pääkkönen T., Jokelainen J., Palinkas L. A., Hassi J., Leppäluoto J., Tahvanainen K., Rintamäki H. Autonomic nervous function during whole-body cold exposure before and after cold acclimation. *Aviat. Space Environ. Med.* 2008, 79 (9), pp. 875-882.
18. Stewart J. C., France C. R. Cardiovascular recovery from stress predicts longitudinal changes in blood pressure. *Biol. Psychol.* 2001, 58 (2), pp. 105-120.
19. Guo C. C., Sturm V. E., Zhou J., Gennatas E. D., Trujillo A. J., Hua A. Y., Crawford R., Stables L., Kramer J. H., Rankin K., Levenson R. W., Rosen H. J., Miller B. L., Seeley W. W. Dominant hemisphere lateralization of cortical parasympathetic control as revealed by frontotemporal dementia. *Proc. Natl. Acad. Sci USA.* 2016, 113 (17):E2430-9.

**Контактная информация:**

Кривоногова Елена Вячеславовна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лавёрова УрО РАН».

Адрес: 163061, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249  
E-mail: elena200280@mail.ru

## ПРОБЛЕМА СТАТИСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ КАРДИОИНТЕРВАЛОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

© 2020 г. В. В. Еськов, \*Е. В. Орлов, Ю. В. Башкатова, Е. Г. Мельникова

ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Москва;  
\*ГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара

Одной из главных проблем в теории гомеостаза и теории функциональных систем организма человека является проблема выбора стандартов. При этом оказалось, что статистика слабо диагностирует норму (стандарт) в состоянии функций организма. Цель исследования – доказательство возможностей применения в качестве стандарта (физиологической нормы) параметров организма новых количественных критериев – площади псевдоаттрактора (квазиаттрактора Еськова). Методы. В группе из 15 женщин (средний возраст  $\langle T \rangle = (28 \pm 2,3)$  года, которые более 15 лет проживают на Севере Российской Федерации в Югре) по 225 раз (для каждой испытуемой) регистрировали выборки кардиоинтервалов (по 300 кардиоинтервалов в каждой такой выборке). В итоге рассчитывали по 15 матриц парных сравнений выборок для каждой испытуемой (всего 225 матриц для всех 15 испытуемых) и по 225 площадям  $S$  псевдоаттракторов для каждой испытуемой. Площадь  $S$  находили из формулы  $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$ , где  $\Delta x_1$  – вариационный размах для кардиоинтервалов, а  $\Delta x_2$  – вариационный размах для  $\Delta x_1$ . Результаты. Все 225 матриц для 15 испытуемых показали отсутствие устойчивости выборок кардиоинтервалов. Однако площади  $S$  показали статистическую устойчивость для каждой из 15 испытуемых. Выводы: дальнейшее применение статистики в расчетах кардиоинтервалов представляется проблемным из-за статистической неустойчивости выборок, и предлагается для оценки физиологической нормы использовать площади псевдоаттракторов.

**Ключевые слова:** кардиоинтервалы, статистическая устойчивость, матрицы парных сравнений, псевдоаттракторы, эффект Еськова – Зинченко

## THE PROBLEM OF STATISTICAL STABILITY OF PARAMETERS OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

V. V. Eskov, \*E. V. Orlov, Yu. V. Bashkatova, E. G. Melnikova

Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow; \*Samara State Medical University, Samara, Russia

One of the main problems in the theory of homeostasis and the theory of functional systems of the human body is the problem of choosing standards. It turned out that the statistics poorly diagnose the norm (standard) of function of the human body. The aim of the study was to assess the possibility of using a new quantitative criteria - the area of the pseudoattractors (Eskov's quasiattractors) as standard (physiological norm) parameters. Methods. In a group of 15 women (mean age  $\langle T \rangle = 28 \pm 2,3$  years, who have been living in the North of the Russian Federation in Ugra for more than 15 years), cardiointerval samples were recorded (300 cardiointervals per sample) 225 times for each test subject. As a result, we calculated 15 matrices of pairwise comparisons of samples. A total of 225 matrices for all 15 subjects and 225 areas of  $S$  pseudoattractors for each subject were created. Area  $S$  was found from the formula  $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$ , where  $\Delta x_1$  is the range for cardio intervals, and  $\Delta x_2$  is the range for  $\Delta x_1$ . Results. All 225 matrices for 15 subjects showed a substantial variability in samples of cardiointervals. However,  $S$  areas showed statistical stability for each of 15 subjects. Conclusions: further application of statistics in the calculation of cardio intervals is problematic due to the statistical instability of the samples, therefore we propose to use areas of pseudoattractors to assess the physiological norm.

**Key words:** cardiointervals, statistical stability, paired comparison matrices, pseudoattractors, Eskov-Zinchenko effect

### Библиографическая ссылка:

Еськов В. В., Орлов Е. В., Башкатова Ю. В., Мельникова Е. Г. Проблема статистической устойчивости параметров кардиоинтервалов сердечно-сосудистой системы жителей Севера Российской Федерации // Экология человека. 2020. № 11. С. 27–31.

### For citing:

Eskov V. V., Orlov E. V., Bashkatova Yu. V., Melnikova E. G. The Problem of Statistical Stability of Parameters of the Cardiovascular System. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 27-31.

Ряд исследователей, изучавших параметры нейросетей мозга, указывали на отсутствие устойчивости и периодичности в работе нейросетей [6–9, 15, 16]. При этом подчеркивалось, что не периодически работающие нейроны могут участвовать в организации периодических движений и наоборот [6–9, 19]. В этой связи возникает закономерная необходимость изучения возможности хаотической работы и других биогенераторов (периодических процессов), например, работы сердца [1, 3–5, 10, 17].

Может ли ритмика сердца быть строго устойчивой, или к кардиоинтервалам (КИ) можно применить гипотезу Н. А. Бернштейна о «повторении без повторений» [2]? Напомним, что еще в 1947 г. Н. А. Бернштейн выдвинул эту гипотезу [2] в регуляции движений. За последние 20 лет гипотеза Бернштейна получила подтверждение в виде эффекта Еськова – Зинченко не только в биомеханике, но и во всей физиологии [1, 10, 11, 16–20].

Если выборки КИ будут статистически неустой-

чивы, то что тогда следует выбирать для описания физиологической нормы (стандарта)? Ответы на эти вопросы мы и представляем в настоящем сообщении.

**Методы**

Группа женщин (средний возраст  $\langle T \rangle = (28 \pm 2,3)$  года), проживающих более 15 лет в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (Обский Север Российской Федерации), многократно подвергалась регистрации выборок КИ (каждый период регистрации не менее 5 минут, так что в выборке было не менее 300 КИ). Регистрация выборок КИ производилась ежедневно в период 9–12 часов, после каждой регистрации была пауза 5 минут (беседа на произвольные темы). Каждая женщина регистрировалась в спокойном состоянии, сидя, по 15 выборок КИ в каждой серии (всего 15 серий для одной испытуемой, наблюдения проводились с сентября по ноябрь 2019 г. при комнатной температуре  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Для каждой серии были построены матрицы парных сравнений выборок КИ, в которых по критерию Вилкоксона  $p$  находилось число  $k$  пар, для которых имелась одна общая генеральная совокупность (в этом случае  $p \geq 0,05$ ). В итоге было построено 225 для всех 15 испытуемых матриц и найдены все  $k_{ij}$ , где  $i$  – номер испытуемой,  $j$  – номер серии для этой испытуемой. Подчеркнем, что длительность регистрации выборок ( $T = 5$  мин) КИ соответствует требованиям Европейского кардиологического общества. При этом использовался стандартный прибор «Элок-01С» с программным обеспечением для ЭВМ, который сертифицирован и активно используется (применялся инфракрасный датчик для регистрации пульсовой

волны и уровня насыщения кислорода –  $\text{SpO}_2$ , то есть использовались стандартные методики).

Далее по формуле  $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$ , где  $\Delta x_1$  – вариационный размах для кардиоинтервалов, а  $\Delta x_2$  – вариационный размах для приращения  $x_1$  (то есть для КИ) находились все 225 площадей  $S_{ij}$  (для 15 серий, по 15 выборок в каждой серии) для каждой  $i$ -й испытуемой. В итоге мы строили матрицу парных сравнений выборок этих  $S_{ij}$  для каждой  $i$ -й испытуемой путем сравнения всех 15 серий (из 15 выборок площадей псевдоаттракторов). Матрицы сравнения  $S_{ij}$  обеспечили нам сравнение для выборок 15 площадей для всех 15 серий испытаний. Это дает ответ на вопрос об устойчивости выборок  $S_{ij}$  для каждого испытуемого, так как можно сравнивать выборки уже площадей псевдоаттракторов.

**Результаты**

Прежде всего отметим, что все 225 выборок КИ для каждой испытуемой во всех 15 матрицах показывают отсутствие статистической устойчивости КИ. Установлено, что все  $k_{ij}$  ( $i = 1, 2...15$  – номер испытуемой,  $j = 1, 2...15$  – номер серии) не превышали числа 20 и демонстрировали колебания около 14. Это означает, что из 105 разных пар сравнения в каждой такой матрице (а их, таких матриц, было рассчитано для всех испытуемых 225) менее 15 % показали статистическое совпадение, остальные 85 % пар выборок КИ статистически не совпадают. Более того, вероятность совпадения двух соседних выборок КИ (для одной испытуемой) не превышает  $p \leq 0,05$ . Это крайне малая величина, и она показывает уникальность КИ.

Таблица 1

**Уровни значимости (P) для попарных сравнений 15 выборок параметров кардиоинтервалов испытуемой ЕИР (без нагрузки, число повторов  $n = 15$ ), использовался критерий Вилкоксона (значимость  $p < 0,05$ , число совпадений  $k_{i,j} = 8$ )**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,02		0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	<b>0,13</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,75	0,12	0,01	0,01	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,10	0,03	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,75</b>	0,00	0,00	0,00		0,22	0,04	0,01	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,12</b>	0,00	0,00	0,00	<b>0,22</b>		0,37	0,08	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	<b>0,37</b>		0,51	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	<b>0,10</b>	0,01	<b>0,08</b>	<b>0,51</b>		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Примечание к табл. 1 и 2. Жирным шрифтом обозначены значения чисел, которые статистически не различаются (пары выборок) (т. е. у этих пар  $p > 0,05$  по критерию Вилкоксона).

Таблица 2

Матрица парных сравнений выборок  $S$  для псевдоаттракторов параметров кардио-интервалов одной и той же испытуемой ЕИР (без нагрузки, число повторов  $n = 15$ ), использовался критерий Вилкоксона (значимость  $p < 0,05$ , число совпадений  $k_{i,j,m} = 94$ )

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,16	0,64	0,57	0,05	0,95	0,78	0,13	0,82	0,65	1,00	0,17	0,11	0,09	0,14
2	<b>0,16</b>		0,05	0,10	0,65	0,19	0,31	0,57	0,46	0,50	0,13	0,82	0,83	0,88	0,95
3	<b>0,64</b>	0,05		0,65	0,03	0,78	0,46	0,02	0,61	0,61	0,86	0,05	0,03	0,02	0,13
4	<b>0,57</b>	<b>0,10</b>	<b>0,65</b>		0,04	0,73	0,57	0,05	0,25	0,91	0,57	0,07	0,02	0,03	0,09
5	0,05	<b>0,65</b>	0,03	0,04		0,19	0,23	0,59	0,23	0,16	0,13	0,43	0,78	0,46	0,65
6	<b>0,95</b>	<b>0,19</b>	<b>0,78</b>	<b>0,73</b>	<b>0,19</b>		0,17	0,03	0,50	0,95	0,95	0,28	0,10	0,11	0,21
7	<b>0,78</b>	<b>0,31</b>	<b>0,46</b>	<b>0,57</b>	<b>0,23</b>	<b>0,17</b>		0,09	0,65	0,95	0,82	0,21	0,08	0,16	0,28
8	<b>0,13</b>	<b>0,57</b>	0,02	0,05	<b>0,59</b>	0,03	<b>0,09</b>		0,11	0,36	0,08	0,46	0,53	0,23	1,00
9	<b>0,82</b>	<b>0,46</b>	<b>0,61</b>	<b>0,25</b>	<b>0,23</b>	<b>0,50</b>	<b>0,65</b>	<b>0,11</b>		0,92	0,86	0,86	0,50	0,50	0,57
10	<b>0,65</b>	<b>0,50</b>	<b>0,61</b>	<b>0,91</b>	<b>0,16</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,36</b>	<b>0,92</b>		0,86	0,50	0,09	0,50	0,61
11	<b>1,00</b>	<b>0,13</b>	<b>0,86</b>	<b>0,57</b>	<b>0,13</b>	<b>0,95</b>	<b>0,82</b>	<b>0,08</b>	<b>0,86</b>	<b>0,86</b>		0,43	0,08	0,24	0,21
12	<b>0,17</b>	<b>0,82</b>	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,43</b>	<b>0,28</b>	<b>0,21</b>	<b>0,46</b>	<b>0,86</b>	<b>0,50</b>	<b>0,43</b>		0,73	0,65	0,73
13	<b>0,11</b>	<b>0,83</b>	0,03	0,02	<b>0,78</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	<b>0,53</b>	<b>0,50</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,73</b>		0,78	0,95
14	<b>0,09</b>	<b>0,88</b>	0,02	0,03	<b>0,46</b>	<b>0,11</b>	<b>0,16</b>	<b>0,23</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,24</b>	<b>0,65</b>	<b>0,78</b>		0,61
15	<b>0,14</b>	<b>0,95</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,65</b>	<b>0,21</b>	<b>0,28</b>	<b>1,00</b>	<b>0,57</b>	<b>0,61</b>	<b>0,21</b>	<b>0,73</b>	<b>0,95</b>	<b>0,61</b>	

Для примера мы демонстрируем такую характерную матрицу (из всех 225) в табл. 1, где число  $k_{i,i}$  (первая испытуемая и ее 1-я серия) имеет очень низкое значение ( $k_{i,i} = 8$ ). Это доказывает эффект Еськова – Зинченко и для КИ у всех 15 испытуемых, так как среднее значение  $\langle k_{i,j} \rangle = 15$ . Закономерно возникает вопрос, как можно дальше использовать статистику в оценке стандарта для сердечно-сосудистой системы (ССС), если все выборки статистически не устойчивы? Фактически любая выборка КИ является уникальной. Повторить следующую (вторую) статистически совпадающую выборку в наших исследованиях имеет вероятность  $p \leq 0,05$ , что показал анализ всех 225 матриц парного сравнения выборок.

Что тогда выбирать в качестве стандарта при оценке состояния ССС человека на Севере, если все выборки КИ уникальны? Мы предлагаем рассчитывать площади псевдоаттракторов (ПА) по формуле  $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$ , где  $\Delta x_1$  – вариационный размах для КИ (в мс.), а  $\Delta x_2$  – вариационный размах для скорости изменения  $x_1$  (символ  $\Delta$  означает вариационный размах этих переменных). Подчеркнем, что на фазовой плоскости этих координат  $x_1$  и  $x_2$  мы имеем фазовый портрет в виде набора фазовых траекторий, которые ограничены некоторым прямоугольником со сторонами  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$ . Площадь этого прямоугольника  $S$  и есть площадь ПА, внутри которого располагаются все выборки для  $i$ -й испытуемой в  $j$ -й серии измерений. Подчеркнем, что сами площади ПА имеют уже тройную индексацию  $S_{i,j,m}$ , где  $m$  – номер выборки в  $j$ -й серии для  $i$ -й испытуемой.

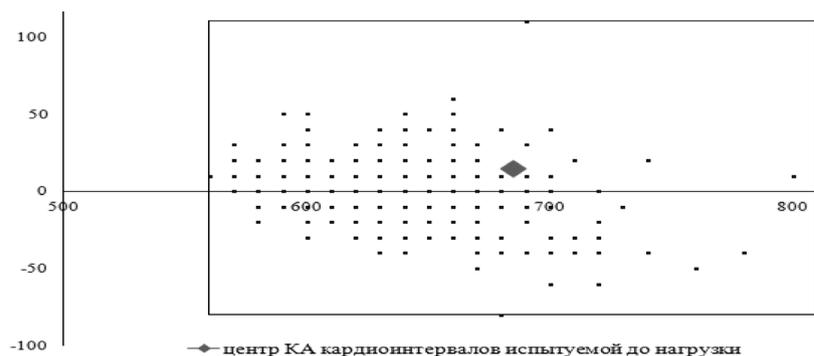
Подчеркнем, что для каждой  $i$ -й испытуемой мы построили матрицы парного сравнения выборок уже этих площадей  $S_{i,j,m}$  (для  $j$ -й серии и  $m$ -й выборки). В итоге мы получили всего 15 матриц парных сравнений выборок всех площадей ПА для каждой из

15 испытуемых. Каждая такая матрица имеет свое значение чисел  $k_i$  совпадений выборок  $S$  для ПА у  $i$ -й испытуемой. Очевидно, что если сами площади ПА будут статистически устойчивы, то их (любую такую  $S_{i,j,m}$ ) можно выбирать в качестве стандарта при измерении функциональной нормы в работе ССС [3–10, 13–18].

В качестве примера мы представляем одну из таких матриц парных сравнений выборок площадей ПА для одной испытуемой (ЕИР) при проведении 225 повторных регистраций КИ. В этом случае мы имеем 15 серий измерений по 15 выборок КИ в каждой такой серии и для каждой такой выборки мы строили фазовую плоскость (см. рисунок ниже) и находили площадь прямоугольника, внутрь которого попадали все данные выборки.

Из табл. 2 следует, что число  $k_{i,j,m}$  ( $i$ -я испытуемая) имеет гораздо большее значение, обычно это число в покое у испытуемых больше 90 %. Это означает, что параметры ПА имеют статистическую устойчивость в отличие от самих выборок с позиций стохастики. В стохастике все характеристики КИ непрерывно и хаотически изменяются от выборки к выборке (у одного и того же испытуемого). Однако площади ПА для КИ демонстрируют статистическую устойчивость, так как матрицы выборок этих площадей  $S_{i,j,m}$  для одного испытуемого статистически слабо изменяются (см. табл. 2).

Подчеркнем, что эти площади образуют прямоугольник со сторонами  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$ , что представлено на рисунке в качестве примера. Здесь по оси  $x_1$  откладываются значения КИ в миллисекундах, а по оси  $x_2$  – величины приращений. Фазовая траектория представлена непрерывной линией, которая получается при соединении всех точек состояния вектора  $x(t) = (x_1, x_2)^T$ . Легко видеть, что это не является



Фазовый портрет состояния параметров кардиоинтервалов испытуемой ЕИР до нагрузки ( $S_1 = 302,5 \times 10^3$  у. е.)

динамическим хаосом Лоренца, так как фазовые траектории непрерывно и хаотически пересекаются. В аттракторах Лоренца их пересечение невозможно, так как они всегда расходятся [10, 11].

Отметим, что сейчас ряд ученых также отмечают сложность в описании кардиоритма с позиций стохастичности [3–5, 12–16]. Это объясняется особенностями регуляции ССС, но при этом остается фундаментальная проблема физиологии человека: что брать за стандарт (физиологическую норму), как диагностировать отклонение от стандарта, если сам стандарт непрерывно и хаотически изменяется (у одного и того же испытуемого даже в спокойном состоянии)? Это фундаментальная проблема и для экологии человека, так как необходимо как-то оценивать действие экофакторов среды обитания [1, 16–20].

**Заключение**

Доказательство статистической неустойчивости выборок параметров ССС приводит к необходимости всей медико-биологической науки искать альтернативные методы и модели для описания состояния организма человека. Доказательство эффекта Еськова – Зинченко для ССС мы приводим с помощью многократных регистраций параметров КИ (по 225 выборок КИ у каждой испытуемой) и путем построения матриц парных сравнений этих выборок. Эти матрицы (по 15 матриц для каждого испытуемого) демонстрируют крайне низкое (менее 15 %) статистическое совпадение.

Напомним, что в биомедицине обычно требуется более 95 % совпадений, иначе статистика не работает. В этой связи мы предлагаем рассчитывать параметры псевдоаттракторов, то есть площадь ПА  $S_{ij,m}$ . Именно эти площади (для каждого испытуемого) могут быть определенными инвариантами, если физиологическое состояние организма человека не изменяется. Многократные повторные измерения выборок КИ и расчет площадей ПА показали, что эти площади действительно могут являться инвариантами в экологии человека. Они не изменяются, если не изменяется физиологическое состояние испытуемого, и наоборот. Эти площади ПА можно использовать при расчетах даже одной выборки, так как в неизменном гомеостазе человек демонстрирует их статистическую устойчивость.

**Благодарности**

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 18-07-00161 А «Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров организма жителей Севера РФ», № 18-07-00162 А «Вычислительные системы для идентификации параметров нормогенеза и патогенеза в биомеханике на примере тремора и теппинга».

**Авторство**

Еськов В. В. разработал методы оценки однородности групп; Орлов Е. В. проанализировал динамику кардиоинтервалов во всех исследуемых выборках; Башкатова Ю. В. измерила кардиоинтервалы у группы испытуемых; Мельникова Е. Г. осуществила построение фазовых портретов.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Еськов Валерий Валериевич – ORCID 0000-0003-3295-1057; SPIN 6107-9234

Орлов Евгений Владимирович – ORCID 0000-0002-2220-793X; SPIN 6325-5310

Башкатова Юлия Владимировна – ORCID 0000-0002-5862-3417; SPIN 8991-6566.

Мельникова Екатерина Геннадьевна – ORCID 0000-0002-9795-0971; SPIN 1700-2480

**Список литературы / References**

1. Филатова О. Е., Гудков А. Б., Еськов В. В., Чемпалова Л. С. Понятие однородности группы в экологии человека // Экология человека. 2020. № 2. С. 40–44.
2. Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The Concept of Uniformity of a Group in Human Ecology. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 2, pp. 40-44. [In Russian]
3. Bernshtein N. A. The coordination and regulation of movements. *Oxford, New York, Pergamon Press*, 1967, 196 p.
4. Braunlin E., Tolar J., Mackey-Bojack S., Masinde T., Krivit W., Schoen F. J. Clear cells in the atrioventricular valves of infants with severe human mucopolysaccharidosis (hurler syndrome) are activated valvular interstitial cells. *Cardiovascular Pathology*. 2011, 20, pp. 315-321.
5. Brown R., Macefield V. G. Skin sympathetic nerve activity in humans during exposure to emotionally-charged images: sex differences. *Frontiers in Physiology*. 2014, 5, p. 111.
6. Chan N., Choy C. Screening for atrial fibrillation in 13 122 Hong Kong citizens with smartphone electrocardiogram. *Heart*. 2017, 103, pp. 24-31.
7. Churchland M. M., Cunningham J. P., Kaufman M. T., Foster J. D., Nuyujukian P., Ryu S. I., Shenoy K. V. Neural population dynamics during reaching. *Nature*. 2012, 487, pp. 51-56.

7. Eskov V. M. Models of hierarchical respiratory neuron networks. *Neurocomputing*. 1996, 11 (2-4), pp. 203-226.
8. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 497-505.
9. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states of neuronal systems. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 526-534.
10. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Vokhmina J. V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra. *Advances in gerontology*. 2016, 6 (3), pp. 191-197.
11. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Vochmina U. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of person. *Russian journal of biomechanics*. 2017, 21 (1), pp. 14-23.
12. Koska, J., Ksinantova I., Seböková E, Kvetnansky R, Klimes I, Chrousos G, Pacak K. Endocrine regulation of subcutaneous fat metabolism during cold exposure in humans. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2002, 967, 1, pp. 500-505.
13. Lovallo W. R. Psychophysiological reactivity: mechanisms and pathways to cardiovascular disease. *Psychosomatic Medicine*. 2003, 65 (1), pp. 36-45.
14. McCraty R., Shaffer F. Heart Rate Variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Global advances in health and medicine*. 2015, 4 (1), pp. 46-61.
15. Sussillo D., Churchland M. M., Kaufman M. T., Shenoy K. V. A neural network that finds a naturalistic solution for the production of muscle activity. *Nature Neuroscience*. 2015, 18, pp. 1025-1033.
16. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Measuring order parameters based on neural network technologies. *Measurement techniques*. 2015, 58 (4), pp. 462-466.
17. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiac Interval Samples. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017, 164 (2), pp. 115-117.
18. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K., Eskov V. V., Minenko I. A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2018, 165 (4), pp. 415-418.
19. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019, 168 (7), pp. 5-9.
20. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019, 167 (4), pp. 419-423.

#### Контактная информация:

Еськов Валерий Валериевич — кандидат медицинских наук, ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»

Адрес: 117218, г. Москва, пр-т Нахимовский, д. 36

E-mail: firing.squad@mail.ru

## КЛЕТЧНЫЕ ИММУННЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЕ

© 2020 г. **Е. В. Поповская, О. Е. Филиппова, Е. Ю. Шашкова, Л. С. Щёголева**

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск

Эпидемиологические исследования указывают на неуклонный рост числа черепно-мозговых травм (ЧМТ), особенно в больших городах. Цель настоящего исследования – выявление клеточных иммунных реакций в первые сутки с момента получения ЧМТ у мужчин старше 40 лет. Методы: комплексное иммунологическое обследование мужчин в возрасте 41–60 лет в первые сутки после получения ЧМТ (г. Архангельск) с определением фенотипов лимфоцитов CD3<sup>+</sup>, CD4<sup>+</sup>, CD5<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD16<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup>, CD95<sup>+</sup>, HLA-DR<sup>+</sup>, CD10<sup>+</sup>. Результаты: Повышение количества зрелых Т-лимфоцитов установлено пропорционально тяжести травмы: при лёгкой ЧМТ 11,1 %, при тяжелой – 37,5 %. У лиц со средней тяжестью травмы регистрируются низкие значения уровня концентраций клеток-активаторов (CD25<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>, HLA-DR<sup>+</sup>): (0,23 ± 0,03); (0,24 ± 0,01); (0,26 ± 0,02) · 10<sup>9</sup> кл/л соответственно на фоне выраженного дефицита всей Т-клеточной популяции. Содержание цитотоксических лимфоцитов CD8<sup>+</sup> и активация процессов апоптоза CD95<sup>+</sup> возрастает с утяжелением травмы: (0,64 ± 0,04)–(0,76 ± 0,01) · 10<sup>9</sup> кл/л; (0,51 ± 0,02)–(0,56 ± 0,01) · 10<sup>9</sup> кл/л соответственно. Вывод. Компенсаторным механизмом фонового дефицита Т-клеточной популяции (CD5<sup>+</sup>), зрелой ее субпопуляции (CD3<sup>+</sup>), дефицита клеток с рецепторами к интерлейкину-2 (CD25<sup>+</sup>), трансферрину (CD71<sup>+</sup>) и клеток с рецепторами к антителам гистосовместимости 2-го класса (HLA-DR<sup>+</sup>) у 75,0 % обследуемых лиц является 8-кратное увеличение хелперно-супрессорного коэффициента ( $k > 2$ ) за счет Т-хелперов (0,24 ± 0,02)–(0,03 ± 0,01) · 10<sup>9</sup> кл/л, что может служить благоприятным прогнозом исхода травмы. При тяжелой ЧМТ снижение хелперно-супрессорного (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>) коэффициента ( $k < 2$ ) на фоне выраженного Т-клеточного дефицита (CD5<sup>+</sup>, CD3<sup>+</sup>) обеспечивается повышенным уровнем содержания цитотоксических лимфоцитов (CD8<sup>+</sup>) – (0,76 ± 0,01) · 10<sup>9</sup> кл/л. Повышение значений цитотоксической активности в первые сутки после получения травмы свидетельствует о неблагоприятном прогнозе исхода травмы.

**Ключевые слова:** адаптивный иммунный ответ, фенотипы лимфоцитов, черепно-мозговая травма, мужчины старше 40 лет

## CELLULAR IMMUNE RESPONSE FOLLOWING HEAD INJURY

**E. V. Popovskaya, O. E. Filippova, E. Yu. Shashkova, L. S. Shchegoleva**

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

The incidence of head injuries is increasing particularly in cities. The aim was to study cellular immune response during the first 24 hours following head injuries among men aged 41-60 years and older. Methods: Altogether, 90 men aged 41-60 years were enrolled within 24 hours after head injury. Phenotypes of lymphocytes CD3<sup>+</sup>, CD4<sup>+</sup>, CD5<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD16<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup>, CD95<sup>+</sup>, HLA-DR<sup>+</sup>, CD10<sup>+</sup> were studied. Results: Proportion of mature T-lymphocytes increased in parallel with the increase of severity of trauma (11.1 % in mild traumas vs. 37.5 % in severe cases). In cases with average degree of trauma low concentrations of activators were detected (CD25<sup>+</sup> = 0,23 ± 0,03 · 10<sup>9</sup> c/l; CD71<sup>+</sup> = 0,24 ± 0,01 · 10<sup>9</sup> c/l and HLA-DR<sup>+</sup> = 0,26 ± 0,02 · 10<sup>9</sup> c/l) combined with T-cells deficiency. Concentrations of CD8<sup>+</sup> and CD95<sup>+</sup> increase with the severity of the trauma: (0,64 ± 0,04) – (0,76 ± 0,01) · 10<sup>9</sup> c/l; (0,51 ± 0,02) – (0,56 ± 0,01) · 10<sup>9</sup> c/l, respectively. Conclusions: An increase in helper-suppressor ratio ( $k > 2$ ) due to T-helpers as a compensation for low concentrations of CD5<sup>+</sup>, CD3<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup> and HLA-DR<sup>+</sup> seems to be associated with favorable prognosis. In severe head injuries a decrease in helper-suppressor ratio ( $k < 2$ ) accompanied by CD5<sup>+</sup>, CD3<sup>+</sup> deficiency can be explained by an increase in CD8<sup>+</sup>. An increase in cytotoxic activity of lymphocytes during the first 24 hours after trauma may be associated with unfavorable prognosis.

**Key words:** adaptive immune response, lymphocytes, head injury, men

### Библиографическая ссылка:

Поповская Е. В., Филиппова О. Е., Шашкова Е. Ю., Щёголева Л. С. Клеточные иммунные реакции при черепно-мозговой травме // Экология человека. 2020. № 11. С. 32–37.

### For citing:

Popovskaya E. V., Filippova O. E., Shashkova E. Yu., Shchegoleva L. S. Cellular Immune Response Following Head Injury. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 32-37.

Северные и арктические территории в настоящее время находятся под пристальным вниманием мирового сообщества, что требует особого внимания со стороны государства к главной составляющей, обеспечивающей успех в реализации самых грандиозных планов — человеческому ресурсу, который определяется состоянием здоровья людей и долгосрочным прогнозом соответствия здоровья выпол-

нению профессиональных требований. Проживание человека в дискомфортных условиях Севера приводит к развитию комплекса метаболических особенностей, связанных с воздействием факторов окружающей среды: метаболической недостаточности утилизации продуктов обмена [13].

При любом стрессе иммунные реакции занимают одно из центральных мест. Лимфоциты способны

изменять свои свойства в зависимости от природы действующего на организм экстремального фактора. Важно понимать и учитывать фоновые изменения параметров иммунного гомеостаза с учётом кооперации и координации активности различных фенотипов клеток, служащих предикторами развития вторичных экологически зависимых иммунодефицитов, формирования их клинических проявлений при адаптации человека к меняющимся условиям среды и возможного развития осложнений при патологии [11]. Воздействие неблагоприятных факторов дискомфортной среды Арктического региона включает длительную активацию иммунной системы: первоначально уменьшается активность Т-клеток, в дальнейшем формируется стойкое снижение содержания в крови зрелых Т-лимфоцитов, возникает дисбаланс соотношений иммунокомпетентных клеток, компенсируемых увеличением количества общего пула циркулирующих лимфопротерирующих лимфоцитов, активизацией интенсивности фагоцитоза. Известно, что хроническое течение воспалительных процессов на Севере очень распространено. С возрастом сокращаются резервные возможности сохранения здоровья, снижаются устойчивость и сопротивляемость организма, формируются предпосылки для преждевременного старения. На Севере иммунореактивность характеризуется короткими периодами антителообразования и снижением иммунного ответа [1, 2, 10].

Влияние социальных и экологических факторов внешней среды накладывает отпечаток на показатели здоровья мужчин на Севере, в частности на формирование адаптивного иммунного ответа. Иммунная система является индикатором адаптационных реакций организма, отражающих степень напряжения в ответ на любое стрессорное воздействие среды. Кроме того, обследуемая группа пострадавших с ЧМТ мужчин-северян 41–60 лет характеризуется длительным воздействием стрессорных факторов, таких как систематический приём алкоголя, наличием соматической патологии. Всё это создаёт фон для срыва компенсаторно-адаптационных механизмов иммунного гомеостаза при ЧМТ.

Инвалидизация при ЧМТ обусловлена как первичным поражением головного мозга, так и формированием в отдаленном периоде и периоде последствий новых клинических синдромов по механизмам дисрегуляции и снижения адаптационных резервов [4]. Однако до настоящего времени не проведены исследования, оценивающие связь адаптивных иммунных реакций с клинической картиной течения травматической болезни головного мозга. Таким образом, изучение особенностей иммунологической реактивности при ЧМТ является актуальной задачей современной иммунофизиологии, патофизиологии, нейрохирургии и др.

Реакции адаптивного иммунитета и эксклюзивные иммунные реакции в первые сутки после травмы представляют собой класс защитно-приспособительных явлений, которые развиваются только в экстремальных условиях, являются ответом на повреждение и не могут компенсировать неврологический ущерб.

Травматические повреждения головного мозга представляют одну из наиболее актуальных форм неврологической патологии. Эпидемиологические исследования указывают на неуклонный рост числа ЧМТ, особенно в больших городах. В Российской Федерации (РФ) ЧМТ встречается с частотой 130–400 на 100 тысяч жителей [3, 6, 12].

У 45–72 % (в зависимости от степени тяжести травмы) пострадавших в дальнейшем развивается осложнение. Черепно-мозговые травмы имеют важное социальное значение, как правило, их получают мужчины трудоспособного возраста (20–60 лет), представители экстремальных профессий (например, оленеводы, вахтовики Арктического региона и другие). Общее количество инвалидов после перенесенной тяжёлой ЧМТ достигает 57,8–85,5 % от всех пострадавших [5, 14, 16].

Вопрос об адаптивном иммунном ответе у пострадавших с ЧМТ в первые сутки с момента получения травмы остаётся открытым. Выяснение характера адаптивного иммунного ответа у таких пострадавших необходимо для своевременного выявления лиц с напряжением иммунной регуляции, прогноза и профилактики осложнений в посттравматическом периоде. На данный момент среди исследовательских работ по ЧМТ иммунологическая составляющая представлена в основном иммуноглобулинами и цитокинами.

Цель исследования – выявление клеточных иммунных реакций в первые сутки с момента получения черепно-мозговой травмы у мужчин старше 40 лет.

### Методы

На базе Первой городской клинической больницы им. Е. Волосевич г. Архангельска обследованы 90 мужчин в возрасте 41–60 лет с ЧМТ в первые сутки с момента получения травмы (40 человек с ЧМТ легкой степени, 30 – с ЧМТ средней степени тяжести, 20 – с тяжелой ЧМТ). Диагноз выставлялся согласно стандартам диагностики и лечения ЧМТ, утверждённым на XXXXIII пленуме Правления Ассоциации нейрохирургов России, г. Санкт-Петербург, 15 апреля 2016 г.. Комплекс иммунологического обследования людей включал изучение содержания в периферической крови лейкоцитов, лимфоцитов и их фенотипов (CD3<sup>+</sup>, CD4<sup>+</sup>, CD5<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>, CD10<sup>+</sup>, CD16<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>, HLA-DR<sup>+</sup>, CD95<sup>+</sup>). Кровь для исследования брали из локтевой вены в объёме 6 мл при госпитализации. Процентное содержание субпопуляций Т-лимфоцитов определяли методом непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител («МедБиоСпектр», г. Москва) на препаратах лимфоцитов типа «высушенная капля», подсчет проводили на микроскопе Nikon Eclipse 50i. Результаты исследования обработаны статистически с определением средних величин и представлены как средняя арифметическая  $\pm$  ошибка средней ( $M \pm m$ ). Статистическая достоверность присваивалась при значении  $p < 0,05$ . Использовался пакет компьютерной программы Statistica 6.0. Работа выполнена в

лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток Института физиологии природных адаптаций ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН в соответствии с направлением 65.12 программы фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. – применение интегративного подхода в анализе молекулярных процессов и их регуляции у живых существ при адаптации организма человека и животных к меняющимся условиям среды обитания; использование полученных результатов в медицине, номер Государственного задания АААА-А15-115122810184-6 (с 09.12.2019 номер государственной регистрации АААА-А15-1151122810184-6 изменён на АААА-А19-119120990059-4), с учетом критических технологий РФ согласно Указу Президента РФ от 07.07.2011 № 899 – технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний. Выбор территорий, на которых проводятся исследования, обусловлен значимостью территорий, входящих в перечень сухопутных территорий Арктической зоны РФ согласно Указу Президента РФ от 02.05.2014 г. – г. Архангельск, Приморский муниципальный район (Архангельская область), Ненецкий автономный округ, Кольский полуостров Мурманской области, Ямало-Ненецкий автономный округ.

### Результаты

Средние уровни содержания клеток CD3<sup>+</sup> крайне низки и равняются при лёгкой травме ( $0,55 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л; при ЧМТ средней степени тяжести ( $0,19 \pm 0,04$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л, а при тяжёлой ЧМТ ( $0,64 \pm 0,06$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л. При исследовании Т-популяции CD5<sup>+</sup> выявлен выраженный дефицит их содержания со средней концентрацией в периферической крови у лиц с лёгкой степенью тяжести ЧМТ – ( $0,68 \pm 0,02$ ) · 10<sup>9</sup> и тяжёлой ЧМТ – ( $0,69 \pm 0,02$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л соответственно, а при ЧМТ средней степени тяжести зафиксированы наименьшие показатели – ( $0,21 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л (табл. 1).

При лёгкой ЧМТ средний показатель Т-хелперов определяется как ( $0,74 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> и находится ближе к верхней границе нормальных физиологических значений, при этом концентрация клеток CD8<sup>+</sup> составляет ( $0,64 \pm 0,04$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л, что в 1,5 раза превышает норму. В случаях с тяжёлой ЧМТ указанная особенность сохраняется: параметры CD4<sup>+</sup> составляют нормальные значения ( $0,76 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л, показатель CD8<sup>+</sup> превышает верхнюю границу нормы и достигает ( $0,76 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л. Низкий уровень иммунорегуляторного коэффициента достигается за счёт высоких цифр цитотоксической активности. Для ЧМТ средней степени тяжести наблюдается противоположная картина: показатель CD4<sup>+</sup> равняется ( $0,24 \pm 0,02$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л, что в два раза ниже нормы, а уровень супрессорной активности составляет ( $0,03 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л, то есть ниже физиологической нормы в 6,7 раза, что способствует развитию вторичных экологически зависимых иммунных дисбалансов и может провоцировать риск посттравматического осложнения.

Таблица 1

Средние данные показателей иммунного статуса у жителей Архангельска с черепно-мозговой травмой в возрасте 41–60 лет (M ± m)

Показатель, · 10 <sup>9</sup> кл/л	ЧМТ лёгкой степени (n = 40)	ЧМТ средней степени (n = 30)	ЧМТ тяжёлой степени (n = 20)
CD3 <sup>+</sup>	0,55±0,01	0,19±0,04	0,64±0,06
CD4 <sup>+</sup>	0,74±0,01	0,24±0,02	0,76±0,01
CD5 <sup>+</sup>	0,68±0,02	0,21±0,01	0,69±0,02
CD8 <sup>+</sup>	0,64±0,04	0,03±0,01	0,76±0,01
CD10 <sup>+</sup>	0,58±0,06	0,21±0,01	0,68±0,02
CD16 <sup>+</sup>	0,48±0,01	0,22±0,02	0,36±0,05
CD25 <sup>+</sup>	0,55±0,02	0,23±0,03	0,47±0,03
CD71 <sup>+</sup>	0,49±0,03	0,24±0,01	0,51±0,04
CD95 <sup>+</sup>	0,51±0,02	0,23±0,02	0,56±0,01
HLA-DR <sup>+</sup>	0,50±0,02	0,26±0,02	0,47±0,06

При этом у пожилых лиц со средней степенью тяжести травмы хелперно-супрессорное (CD4/CD8) соотношение резко возрастает до 8, что превышает норму в 4 раза. Стоит отметить, что высокий иммунорегуляторный коэффициент в группе мужчин 41–60 лет с ЧМТ средней степени тяжести обусловлен резко сниженной супрессорной активностью, при этом именно у лиц со средней степенью тяжести ЧМТ и хелперно-супрессорным коэффициентом 8 отмечено наибольшее количество посттравматических осложнений, (см. табл. 1).

При определении содержания лимфоцитов с рецепторами CD10<sup>+</sup> среди пострадавших с лёгкой степенью ЧМТ мужчин 41–60 лет отмечены значения ( $0,58 \pm 0,06$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л и ЧМТ средней степени тяжести значения ( $0,21 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л, что входит в рамки общепринятых физиологических норм, а при ЧМТ тяжёлой степени этот показатель превышает норму и составляет ( $0,68 \pm 0,02$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л.

Содержание нормальных киллеров CD16<sup>+</sup> при ЧМТ лёгкой степени составляет ( $0,48 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л, при ЧМТ средней степени тяжести этот показатель достигает минимальных значений – ( $0,22 \pm 0,02$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л и повышается при тяжёлой ЧМТ до ( $0,36 \pm 0,05$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л.

Концентрации клеток с маркером CD25<sup>+</sup> при лёгкой ЧМТ определяются в нормальных физиологических пределах ( $0,55 \pm 0,02$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л. Однако с утяжелением травмы их содержание снижается и для ЧМТ средней степени тяжести составляет ( $0,23 \pm 0,03$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л, а при тяжёлой ЧМТ – ( $0,47 \pm 0,03$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л.

Концентрации клеток с рецептором к трансферрину (CD71<sup>+</sup>) при лёгкой ЧМТ и ЧМТ средней степени тяжести ниже общепринятых физиологических значений: ( $0,49 \pm 0,03$ ) и ( $0,24 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л; при тяжёлой степени ЧМТ – ( $0,51 \pm 0,04$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л. Количество клеток, отвечающих за процессы апоптоза (CD95<sup>+</sup>), составляет ( $0,51 \pm 0,02$ ) и ( $0,56 \pm 0,01$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л соответственно у лёгких и тяжёлых больных. При ЧМТ средней степени тяжести зарегистрированы снижения данного показателя ниже нормы – ( $0,23 \pm 0,02$ ) · 10<sup>9</sup> кл/л (см. табл. 1).

Концентрация антигенов гистосовместимости II класса HLA-DR<sup>+</sup> у 60,0 % лиц с лёгкой степенью ЧМТ находится на нижней границе общепринятой нормы –  $(0,50 \pm 0,02) \cdot 10^9$  кл/л. Его минимальные значения зафиксированы  $(0,26 \pm 0,02) \cdot 10^9$  кл/л (100,0 % при средней степени) и  $(0,47 \pm 0,06) \cdot 10^9$  кл/л в группе мужчин с тяжелой ЧМТ (62,5 % случаев).

**Обсуждение результатов**

Представляло интерес оценить уровень иммунологических дисбалансов и частоту их встречаемости среди обследуемого контингента. Анализ показал, что уровни лейкоцитов возрастают прямо пропорционально тяжести травмы, что, возможно, связано с развитием гнойно-септических осложнений, таких как пневмония, гнойный трахеобронхит и прочее.

Для пострадавших с ЧМТ в возрасте 41–60 лет характерна активизация Т-клеточного звена иммунитета, так, в наших исследованиях выявлено повышение уровня зрелых Т-лимфоцитов пропорционально тяжести травмы, и частота повышенных значений CD3<sup>+</sup> составила при лёгкой ЧМТ 11,1 %, а при тяжелой достигает 37,5 %, (табл. 2). Кроме того, в группе мужчин 41–60 лет с ЧМТ средней степени тяжести ушиб головного мозга в 82,0 % случаев осложнился листовидной субдуральной и эпидуральной гематомой и травматическим субарахноидальным кровоизлиянием, то есть скоплением крови в межоболочечном пространстве. Среди этих 82,0 % пострадавших у 76,0 % диагностирована посттравматическая энцефалопатия 2-й степени, что значительно снижало качество жизни и требовало длительного амбулаторного лечения. У 12,0 % энцефалопатия сопровождалась выраженным мнестико-интеллектуальным снижением, и эти больные нуждались в уходе. При лёгкой ЧМТ в данной группе осложнения зафиксированы в 2,0 % случаев и выражались субкомпенсацией энцефалопатии смешанного генеза [7, 9].

Обращает на себя внимание тот факт, что среди популяции Т-хелперов чаще регистрируются дисбалансы в сторону снижения показателя. При лёгкой ЧМТ уровень Т-клеток CD4<sup>+</sup> уменьшается в 11,1 % случаев, при ЧМТ средней степени в 75,0 %, а при тяжелой травме мозга в 50,0 %. Повышенные значения CD4<sup>+</sup> зарегистрированы в 22,2 % случаев при ЧМТ лёгкой степени, при ЧМТ средней степени тяжести повышенных значений не выявлено, при тяжелой ЧМТ повышения уровня CD4<sup>+</sup> отмечены в 37,5 % случаев. При этом дисбалансы цитотоксических клеток CD8<sup>+</sup> регистрируются только в сторону увеличения: при лёгкой и тяжелой ЧМТ повышенные значения встречаются в 50,0 % случаев, при ЧМТ средней степени тяжести повышенных значений не зарегистрировано (см. табл. 2). Таким образом, в соотношении CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> определяется явный сдвиг в сторону цитотоксических клеток. Из литературы известно, что цитотоксические Т-лимфоциты, экспрессирующие рецептор CD8<sup>+</sup>, а также натуральные киллеры, осуществляют

Таблица 2

**Частота регистрации дисбалансов иммунологических параметров у жителей Архангельска с черепно-мозговой травмой в возрасте 41–60 лет, %**

Показатель, · 10 <sup>9</sup> кл/л	ЧМТ лёгкой степени (n = 40)	ЧМТ средней степени (n = 30)	ЧМТ тяжелой степени (n = 20)
CD3 <sup>+</sup> > 1,5	11,1	Нет	37,5
CD4 <sup>+</sup> < 0,4	11,1	75,0	50,0
CD4 <sup>+</sup> > 0,8	22,2	Нет	37,5
CD5 <sup>+</sup> < 1,5	100,0	100,0	100,0
CD8 <sup>+</sup> > 0,4	50,0	Нет	50,0
CD10 <sup>+</sup> > 0,5	20,0	Нет	37,5
CD16 <sup>+</sup> > 0,5	30,0	20,0	37,5
CD71 <sup>+</sup> < 0,8	36,4	100,0	62,5
CD95 <sup>+</sup> > 0,5	40,0	Нет	Нет
HLA-DR <sup>+</sup> < 0,80	60,0	100,0	62,5
HLA-DR <sup>+</sup> > 0,80	12,0	Нет	12,5
CD25 <sup>+</sup> < 0,5	40,0	80,0	62,5

защиту организма от патогенных микроорганизмов и трансформированных опухолевых клеток путем непосредственного контакта с клеткой-мишенью. В случае отсутствия на мембране клетки-мишени «своих», присущих данному организму молекул МНС I класса запускается механизм цитолиза. Данный механизм включает образование в месте контактного взаимодействия отграниченной синаптической зоны, куда клетки-эффекторы высвобождают гранулы с перфорином. Перфорин в присутствии Ca<sup>2+</sup> полимеризуется и делает в мембране клетки-мишени поры, через которые внутрь цитоплазмы поступает белок гранзим. Именно гранзим вызывает ферментативный клеточный лизис мишени путем активизации распада её ДНК на фрагменты [15]. Результаты исследования показали, что выявление хелперно-супрессорного коэффициента ниже единицы (<1) в первые сутки после получения ЧМТ у обследованных лиц мужского пола в возрасте 41–60 лет косвенно свидетельствует о возможном развитии посттравматической церебральной патологии, влияющей в дальнейшем на качество жизни.

Для уровня клеток CD16<sup>+</sup> пониженных значений не выявлено, а повышенные значения выявлены в 30,0 % случаев при лёгкой ЧМТ, в 37,5 % при тяжелой ЧМТ, при травме средней степени тяжести – у 20,0 % пострадавших (см. табл. 2). Следует отметить, что наряду с общим механизмом поражающего действия у цитотоксических клеток есть и свои отличия. Так, натуральные киллеры относятся к клеткам врожденного иммунитета, и в их развитии в отличие от Т-лимфоцитов не требуется участия тимуса (лишь микроокружение костного мозга). Вместо антигенраспознающего Т-клеточного рецептора на поверхностной мембране НК клеток локализуются молекулы CD16<sup>+</sup> и CD56<sup>+</sup>. Последняя представляет собой гомофильную адгезивную молекулу из семейства молекул адгезии клеток нервной системы (N-CAM) суперсемейства иммуноглобулинов. Рецептор CD16<sup>+</sup> (FcγRIII), в свою очередь, выполняет функцию низкоаффинного рецептора для Fc-фрагмента IgG. Цитотоксические Т-лимфоциты распознают клетки-ми-

шени за счет молекулы CD8 (LT8, ICO-31), имеющей принадлежность к суперсемейству иммуноглобулинов. Распознавание осуществляется строго специфически, то есть под действием цитотоксических лимфоцитов гибнут только клетки, несущие определенный антиген. Для этого Т-лимфоцитам приходится увеличивать свою популяцию путем пролиферации и последующей дифференцировки. Для NK клеток цитолитическая активность неспецифична и может реализовываться в отношении различных антигенов [8]. Учитывая вышесказанное, следует предположить, что основная регуляторная роль адаптивного иммунного ответа на фоне крайне низких концентраций клеток-активаторов у пожилых пострадавших принадлежит именно клеточно-опосредованной цитотоксичности и является неэффективной, более того, усугубляет состояние и посттравматические последствия.

Пониженные значения клеток с рецепторами CD25<sup>+</sup> определяются у 40,0 % пострадавших с лёгкой ЧМТ, при средней тяжести ЧМТ пониженные значения достигают 80,0 %, при тяжелой ЧМТ — 62,5 %.

Повышенных значений лимфоидных клеток CD71<sup>+</sup> в наших исследованиях среди пострадавших с ЧМТ 41–60 лет выявлено не было, снижение показателя регистрируется в 36,4 % случаев при лёгкой травме, при тяжёлой травме мозга в 62,5 %, при ЧМТ средней степени тяжести достигает 100 %. Известно, что трансферрин-гликопротеин выполняет железосвязывающую физиологическую функцию в организме, установлено, что трансферрин стимулирует не только лимфопротиферацию, но и дифференцировку Т-лимфоцитов [2]. Следовательно, для всех пострадавших с ЧМТ 41–60 лет характерна выраженная некомпенсируемая тканевая гипоксия, что, вероятно, требует дополнительной коррекции медикаментозного лечения с целью профилактики посттравматических осложнений.

Активность апоптоза (CD95<sup>+</sup>) выявлена в 40,0 % случаев исключительно при ЧМТ лёгкой степени, при тяжёлой и средней травме мозга повышения значений указанного показателя не установлено.

Низкие уровни концентрации клеток с рецепторами к антигену гистосовместимости II класса (HLA-DR) у пострадавших северян выявлены в 60,0 и 62,5 % случаев соответственно при лёгкой и тяжёлой ЧМТ. При средней тяжести ЧМТ пониженные значения выявлены в 100 % случаев. Повышенные значения данного показателя определены у 12,0 % лиц с лёгкой и у 12,5 % пострадавших с тяжелой травмой.

### Вывод

Установлено, что при ЧМТ средней тяжести в течение первых суток с момента её получения у пострадавших старшей возрастной группы северян регистрируются низкие значения уровня концентраций клеток-активаторов (CD25<sup>+</sup>, CD71<sup>+</sup>, HLA-DR<sup>+</sup>): (0,23 ± 0,03); (0,24 ± 0,01); (0,26 ± 0,02) · 10<sup>9</sup> кл/л соответственно; компенсаторным механизмом фонового дефицита Т-клеточной популяции (CD5<sup>+</sup>), зрелой ее

субпопуляции (CD3<sup>+</sup>), дефицита клеток с рецепторами к интерлейкину-2 (CD25<sup>+</sup>), трансферрину (CD71<sup>+</sup>) и клеток с рецепторами к антигенам гистосовместимости II класса (HLA-DR<sup>+</sup>) у 75,0 % обследуемых лиц указанной группы является 8-кратное увеличение хелперно-супрессорного коэффициента ( $k > 2$ ) за счет Т-хелперов  $(0,24 \pm 0,02) - (0,03 \pm 0,01) \cdot 10^9$  кл/л, что может служить благоприятным прогнозом исхода травмы.

Определено, что при тяжелой ЧМТ снижение хелперно-супрессорного (CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>) коэффициента ( $k < 2$ ) на фоне выраженного Т-клеточного дефицита (CD5<sup>+</sup>, CD3<sup>+</sup>) обеспечивается повышенным уровнем содержания цитотоксических лимфоцитов (CD8<sup>+</sup>, CD16<sup>+</sup>):  $(0,76 \pm 0,01) \cdot 10^9$  кл/л. Выявлен механизм компенсации выраженного дефицита всей Т-клеточной популяции (CD5<sup>+</sup>) и зрелой ее субпопуляции (CD3<sup>+</sup>) у тяжёлых пострадавших путем повышения уровня Т-клеток CD8<sup>+</sup> в 50,0 % случаев и Т-клеток CD16<sup>+</sup> в 37,5 % случаев. Повышение значений цитотоксической активности в первые сутки после получения травмы косвенно свидетельствует о неблагоприятном прогнозе исхода травмы, что требует дальнейшего исследования. Выраженная иммуносупрессия создаёт напряжение в системе иммунитета, подобная адаптивная приспособительная реакция в дальнейшем способствует сокращению резервных возможностей иммунного гомеостаза у пострадавших, формированию вторичного экологически зависимого иммунодефицита, проявляющегося развитием посттравматических последствий.

### Авторство

Поповская Е. В. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Шашкова Е. Ю. внесла вклад в разработку концепции статьи, в подготовку первого ее варианта; Щёголева Л. С. участвовала в анализе и интерпретации данных, утверждении рукописи; Филиппова О. Е. принимала участие в получении и анализе данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Поповская Екатерина Васильевна — ORCID 0000-0002-6306-1068

Филиппова Оксана Евгеньевна — ORCID 0000-0001-6117-0562; SPIN 8507-7525

Шашкова Елизавета Юрьевна — ORCID 0000-0002-1735-6690; SPIN 8137-0571

Щёголева Любовь Станиславовна — ORCID 0000-0003-4900-4021; SPIN 6859-2123

### Список литературы

1. Гудков А. Б. Адаптивные реакции организма вахтовых рабочих в Арктике // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 1. С. 65–70.
2. Добродеева Л. К., Сергеева Е. В. Состояние иммунной системы в процессе старения. Екатеринбург, 2014. 136 с.
3. Емелин А. Ю., Воробьев С. В., Коваленко А. П. Особенности клинической диагностики посттравматических когнитивных нарушений // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2009. № 5. С. 15–17.

4. Живолупов С. А., Самарцев И. Н., Коломенцев С. В. Патогенетические механизмы травматической болезни головного мозга и основные направления их коррекции // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2009. Т. 109, № 10. С. 42–46.

5. Михайленко А. А., Одинак М. М., Литвинцев С. В., Ильинский Н. С., Юрин А. А. Легкая черепно-мозговая травма: актуальные и дискуссионные вопросы // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015. № 1 (49). С. 199–203.

6. Овсянников Д. М., Чехонацкий А. А., Колесов В. Н., Бубашвили А. И. Социальные и эпидемиологические аспекты черепно-мозговой травмы (обзор) // Саратовский научно-медицинский журнал. 2012. Т. 8, № 3. С. 777–785.

7. Пат. 2685552 Российская Федерация. Способ прогнозирования осложнения при черепно-мозговой травме / Щёголева Л. С., Поповская Е. В., Шашкова Е. Ю.; заявл. 30.05.2017; опубл. 22.04.2019. Бюл. № 12.

8. Пинегин Б. В., Дамбаева С. В. NK-клетки: свойства и функции // Иммунология. 2007. № 2. С. 105–113.

9. Поповская Е. В., Морозова О. С., Щёголева Л. С. Особенности иммунного статуса после перенесенных оперативных вмешательств у мужчин в условиях Арктики // Российский иммунологический журнал. Пермь. 2015. Т. 9 (18), № 2 (1). С. 97–99.

10. Старченко А. А. Клиническая нейрореаниматология / под ред. В. А. Хилько. М.: МЕДпресс-информ, 2004. 944 с.

11. Черешнев В. А., Юшков Б. Г., Климин В. Г., Лебедева Е. В. Иммунофизиология. Екатеринбург, 2002. 260 с.

12. Шебашева Е. В. Клинико-нейрофизиологические корреляты адаптационных нарушений у лиц, перенесших легкую боевую черепно-мозговую травму: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Казань, 2009. 23 с.

13. Donaldson S. G., Oostdam J. Van., Tikhonov C. Environmental contaminants and human health in the Canadian Arctic // *Sci Total Environ.* 2010. N 408 (22). P. 5165–5234.

14. Egea-Guerrero J. J., Revuelto-Rey J., Murillo-Cabezas F., Muñoz-Sánchez M. A., Vilches-Arenas A., Sánchez-Linares P. Accuracy of the S100B protein as a marker of brain damage in traumatic brain injury // *Brain Inj.* 2012. Vol. 5. P. 76–82.

15. Lieberman J. Cell death and immunity: the ABCs of granule-mediated cytotoxicity. New weapons in the arsenal // *Nat. Rev. Immunol.* 2003. Vol. 3. P. 361–370.

16. Walter A. Hall M. D., Peter D. Kim Neurosurgical Infectious Disease: Surgical and Nonsurgical Management. P. 1 // *Immunology of the Central Nervous System*, Pragati Nigam and Maciej S. Lesniak. 2014. P. 3–16.

## References

1. Gudkov A. B. Adaptive reactions of shift workers in the Arctic. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences]. 2012. 1, pp. 65-70. [In Russian]

2. Dobrodeeva L. K., Sergeeva E. V. *Sostoyanie immunnnoy sistemy v protsesse stareniya* [The immune system in the aging process]. Yekaterinburg, 2014, 136 p.

3. Emelin A. Yu., Vorob'ev S. V., Kovalenko A. P. Features of the clinical diagnosis of post-traumatic cognitive impairment. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Biomedical and socio-psychological safety issues in emergency situations]. 2009, 5, pp. 15-17. [In Russian]

4. Zhivolupov S. A., Samartsev I. N., Kolomentsev S. V.

Pathogenetic mechanisms of traumatic brain disease and the main directions of their correction. *S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S. S. Korsakova.* 2009, 109 (10), pp. 42-46. [In Russian]

5. Mikhailenko A. A., Odinak M. M., Litvintsev S. V., Il'inskii N. S., Yurin A. A. Mild traumatic brain injury: current and debatable issues. *Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii* [Bulletin of the Russian Military Medical Academy]. 2015, 1 (49), pp. 199-203. [In Russian]

6. Ovsyannikov D. M., Chekhonatskii A. A., Kolesov V. N., Bubashvili A. I. Social and epidemiological aspects of traumatic brain injury (review). *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2012, 8 (3), pp. 777-785. [In Russian]

7. Shchegoleva L. S., Popovskaya E. V., Shashkova E. Yu. *Sposob prognozirovaniya oslozhneniya pri cherepno-mozgovoï travme* [A method for predicting complications of traumatic brain injury]. Patent RF, no. 2685552, 2019.

8. Pinegin B. V., Dambaeva S. V. NK cells: properties and functions. *Immunologiya.* 2007, 2, pp. 105-113. [In Russian]

9. Popovskaya E. V., Morozova O. S., Shchegoleva L. S. Features of the immune status after surgery in men in the Arctic. *Rossiiskii immunologicheskii zhurnal* [Russian immunological journal]. Perm, 2015, 9 (18), 2 (1), pp. 97-99. [In Russian]

10. Starchenko A. A. *Klinicheskaya neiroreanimatologiya* [Clinical neuroresuscitation], ed. V. A. Khilko. Moscow, MEDpress-inform, 2004, 944 p.

11. Chepeshnev V. A., Yushkov B. G., Klimin V. G., Lebedeva E. V. *Immunofiziologiya* [Immunophysiology]. Yekaterinburg, 2002, 260 p.

12. Shebasheva E. V. *Kliniko-neirofiziologicheskie korrelyaty adaptatsionnykh narushenii u lits, perenessikh legkuyu boevuyu cherepno-mozgovuyu travmu (avto-ref. kand. diss.)* [Clinical and neurophysiological correlates of adaptive disorders in individuals who have suffered a mild traumatic brain injury. Author's Abstract of Kand. Diss.]. Kazan, 2009, 23 p.

13. Donaldson S. G., Oostdam J. Van., Tikhonov C. Environmental contaminants and human health in the Canadian Arctic. *Sci Total Environ.* 2010, 408 (22), pp. 5165-5234.

14. Egea-Guerrero J. J., Revuelto-Rey J., Murillo-Cabezas F., Muñoz-Sánchez M. A., Vilches-Arenas A., Sánchez-Linares P. Accuracy of the S100B protein as a marker of brain damage in traumatic brain injury. *Brain Inj.* 2012, 5, pp. 76-82.

15. Lieberman J. Cell death and immunity: the ABCs of granule-mediated cytotoxicity. New weapons in the arsenal. *Nat. Rev. Immunol.* 2003, 3, pp. 361–370.

16. Walter A. Hall, MD, Peter D. Kim Neurosurgical Infectious Disease: Surgical and Nonsurgical Management. P. 1. *Immunology of the Central Nervous System*, Pragati Nigam and Maciej S. Lesniak, 2014, pp. 3-16.

## Контактная информация:

Щёголева Любовь Станиславовна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией, главный научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток Института физиологии природных адаптаций ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврёва Уральского отделения Российской академии наук»  
Адрес: 163061, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249  
E-mail: shchegoleva60@mail.ru

УДК 613.955+[572.087-053.5]

DOI: 10.33396/1728-0869-2020-11-38-45

**АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕТЕЙ 8–14 ЛЕТ В ТРЁХ ГОРОДАХ РОССИИ**

© 2020 г. В. Л. Грицинская, В. П. Новикова, \*В. С. Гладкая

ФГБУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет», г. Санкт-Петербург;  
\*ФГБУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова», г. Абакан

*Цель* исследования – сравнительная оценка основных антропометрических показателей детей в возрасте от 8 до 14 лет, проживающих в северных городах с высоким уровнем урбанизации. *Методы.* У школьников Санкт-Петербурга (n = 4 621), Сургута (n = 3 606) и Нового Уренгоя (n = 1 101) из числа пришлого населения измерены показатели длины (ДТ) и массы тела (МТ); для них были определены средняя арифметическая (М), среднеквадратическое отклонение (SD) и 95 % доверительный интервал (95 % ДИ). Значимость различий между групповыми показателями оценивали по непарному критерию Стьюдента с коррекцией критического уровня значимости по Бонферрони (p < 0,017). *Результаты.* В большинстве возрастно-половых групп школьников Сургута соматометрические показатели выше, чем у их сверстников в Санкт-Петербурге: ДТ в 8, 9 и 11 лет (p = 0,001 ÷ p = 0,015); МТ в 11 и 14 лет (p = 0,004 ÷ 0,006) и в Новом Уренгое: ДТ в 8, 9, 11, 13 и 14 лет (p < 0,001 ÷ p = 0,01). У детей Санкт-Петербурга показатели ДТ в возрасте 14 лет выше, чем у сверстников Нового Уренгоя (p = 0,002). Пубертатный перекрыт соматометрических показателей у мальчиков и девочек в большей степени выражен у школьников Нового Уренгоя: у девочек больше, чем у мальчиков, ДТ в 11 (147,2 и 144,9 см; p = 0,012) и 12 (151,7 и 151,1 см) лет, а МТ в 11 (41,8 и 40,0 кг; p = 0,012); 12 (45,77 и 44,4 кг; p = 0,013) и 13 (52,8 и 52,2 кг) лет. Статистически значимое различие превышения ДТ девочек над показателями у мальчиков отмечается только в 12-летнем возрасте у школьников Сургута (155,6 и 153,1 см; p < 0,001) и Санкт-Петербурга (154,3 и 153,0 см; p = 0,002); для МТ значимых различий показателей не выявлено. *Выводы.* Установлены особенности физического развития у школьников в зависимости от места проживания и стирание полового диморфизма в пубертатном возрасте. Данные исследования могут быть использованы в качестве ориентира при проведении диспансеризации школьников.

**Ключевые слова:** школьники, физическое развитие, пришлое население Севера

**ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS OF 8-14 YEARS OLD CHILDREN  
IN THREE RUSSIAN CITIES**

V. L. Gritsinskaya, V. P. Novikova, \*V. S. Gladkaya

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg; \*Katanov Khakass State University, Abakan, Russia

*The aim* of the study was to assess and compare the main anthropometric characteristics of children aged 8 to 14 years living in three northern cities. *Methods.* The consisted of schoolchildren living in St. Petersburg (n = 4 621), Surgut (n = 3 606) and Novy Urengoy (n = 1 101). Indigenous ethnic groups were not included. Body weight and height were measured. Arithmetic means (M), standard deviations (SD) and 95 % confidence interval (CI) were calculated. Between-groups comparisons were performed by independent-samples t-tests. The level of significance was set as 0,017 using Bonferroni correction. *Results.* Schoolchildren in Surgut were taller in most age- and gender groups than their counterparts from St. Petersburg. Significant differences in height were observed among 8, 9 and 11 year-olds (p = 0.001 ÷ p = 0.015). In weight the differences were observed among 11 and 14 years old (p = 0.004 ÷ 0.006). Significant differences between children in Surgut and Novy Urengoy were observed for body length among 8, 9, 11, 13 and 14 year-olds (p < 0.001 ÷ p = 0.01). Children in St. Petersburg were taller at the age of 14 than in their peers in Novy Urengoy (p = 0.002). The puberty intersection of somatometric indicators in boys and girls is more pronounced in schoolchildren of Novy Urengoy: girls were taller than boys at 11 (147.2 and 144.9 cm; p = 0.012) and 12 years (151.7 and 151.1 cm) and heavier at the age of 11 (41.8 and 40.0 kg; p = 0.012), 12 (45.77 and 44.4 kg; p = 0.013) and 13 (52.8 and 52.2 kg) years. Girls were taller than at the age of 12 in Surgut (155.6 and 153.1 cm; p < 0.001) and St. Petersburg (154.3 and 153.0 cm; p = 0.002). *Conclusions.* Our findings suggest that physical development in schoolchildren may depend on living conditions. Another finding is that sexual dimorphism decreases at puberty. Our results can be used as a guide when conducting medical examination of schoolchildren.

**Key words:** schoolchildren, physical development, alien population of the North

**Библиографическая ссылка:**

Грицинская В. Л., Новикова В. П., Гладкая В. С. Антропометрические показатели детей 8–14 лет в трёх городах России // Экология человека. 2020. № 11. С. 38–45.

**For citing:**

Gritsinskaya V. L., Novikova V. P., Gladkaya V. S. Anthropometric Characteristics of 8-14 Years Old Children in Three Russian Cities. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 38-45.

Интенсивное промышленное освоение окружающей среды непрерывно увеличивает количество факторов, оказывающих влияние на здоровье человека. По мнению экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), состояние здоровья населения на 50 % обусловлено воздействием социально-экономических и экологических факторов. Место и условия

проживания людей накладывают свой отпечаток на здоровье популяции в регионах [3, 9, 24]. Важным показателем, отражающим здоровье популяции, является здоровье детского населения. В настоящее время как зарубежные, так и отечественные исследования свидетельствуют об отрицательной тенденции в состоянии здоровья подрастающего поколения.

Отмечают снижение физической активности детей, увеличение умственной нагрузки в процессе учебы, изменение характера питания, ухудшение экологической обстановки в местах проживания [6, 15, 17].

Рост и развитие подрастающего поколения — важные показатели медико-социального благополучия населения региона. Детский организм постоянно растёт и развивается, поэтому изменения в физическом развитии позволяют регистрировать негативные сдвиги в состоянии здоровья ребёнка. На уровень и гармоничность физического развития детей оказывают влияние многочисленные эндогенные (генетический контроль, воздействие эндокринной системы, наличие соматической патологии и инфекционных заболеваний и др.) и экзогенные (дисбаланс микро- и макронутриентов, условия социальной среды, уровень физической нагрузки, и т. п.) факторы [19–21]. Кроме того, общеизвестно, что физическое развитие детей подвержено влиянию географических, климатических, экологических и иных факторов внешней среды. Разнообразие климатогеографических и экологических условий, особенности техногенной деятельности и быта населения создают предпосылки регионарного подхода к изучению и мониторингованию роста и развития подрастающего поколения [4, 9, 15]. Оптимальные средовые факторы способствуют максимальной реализации генетической программы, негативные же, напротив, лимитируют морфофункциональное развитие организма ребёнка [7, 10].

В ряде исследований, проведенных в последние годы, установлено увеличение числа детей и подростков с отклонениями в физическом развитии. Большинство авторов связывают этот рост с действием следующих неблагоприятных факторов: загрязнение природной среды, недостаточно комфортные климатические условия, неудовлетворительная медико-социальная инфраструктура, дисбаланс микро- и макронутриентов в питании [7, 9, 16]. Авторами показано, что в группах детей и подростков, проживающих в различных регионах, имеющих разную этническую принадлежность, обучающихся по разнообразным учебным программам, имеющих разную культуру питания, выявляются особенности физического развития, которые не всегда укладываются в принятые ВОЗ стандарты [14, 16, 23].

Особую значимость приобретает мониторинг показателей физического развития групп детей школьного возраста вследствие их высокой экосенситивности, обусловленной пубертатными изменениями в организме (интенсивные прибавки длины и массы тела, нейрогуморальный и вегетативный дисбаланс) [22, 25]. Проживание детей в городах связано с воздействием многочисленных факторов окружающей среды, которые способны оказывать существенное влияние на физическое развитие ребёнка [2, 8, 10, 14]. Городские школьники подвергаются неблагоприятному влиянию факторов антропогенного загрязнения, интенсивных информационных нагрузок, нерационального питания и др. [3, 8]. Для детей школьного возраста приоритетной средой обитания

являются учреждения образования. Проведенными исследованиями было установлено непосредственное влияние на формирование здоровья учащихся факторов внутришкольной среды, вклад которых может достигать 27 % [11, 18].

Выявление отклонений в состоянии здоровья школьников проводится в рамках диспансеризации детского населения; для оценки физического развития используются региональные стандарты. Учитывая, что эти критерии не являются статичными во времени и имеют территориальные особенности, связанные с различием эколого-гигиенических, социально-экономических условий, а также различия на уровне генофонда популяции, целесообразно проводить регулярную коррекцию территориальных стандартов физического развития детского населения [12, 15]. Таким образом, формирование базы данных физического развития детского населения в различных регионах представляет интерес.

Северные регионы занимают 2/3 территории России и отличаются особыми условиями жизни населения, вызванными экстремальными природно-климатическими факторами. Начиная со второй половины XX века дискомфортность климата Севера усугубилась антропогенным прессом в результате интенсивного промышленного освоения регионов. При этом технологические процессы, используемые в нефтегазодобывающей промышленности, сопровождались поступлением в окружающую среду химических элементов, обладающих различной степенью токсичности. Загрязнение почвы и речных вод способно оказывать негативное воздействие на здоровье населения промышленно осваиваемых регионов, в первую очередь на подрастающее поколение. С этой точки зрения дети, проживающие на этих территориях, оказались в наиболее сложных не только социально-экономических, но и эколого-гигиенических условиях, что делает наиболее актуальным мониторинг роста и развития подрастающего поколения северных регионов страны [1, 4–6, 13].

Учитывая вышесказанное, мы провели исследование, целью которого являлась сравнительная оценка основных антропометрических показателей детей в возрасте от 8 до 14 лет, проживающих в северных городах с высоким уровнем урбанизации.

### Методы

Обследованы школьники в населенных пунктах, имеющих как однотипные условия проживания, так и существенные различия. Санкт-Петербург — мегаполис, расположенный в северо-западной части нашей страны, крупный промышленный, транспортный и культурный центр. Географическое положение города обуславливает климат переходный от умеренно-континентального к умеренно-морскому. Большое количество стационарных и мобильных источников загрязнения атмосферы при повышенной влажности воздуха существенно влияет на экологическую обстановку в городе. Пыль, дым, сажа и другие примеси в воздухе

в дневное время уменьшают солнечную радиацию, а в ночное время задерживают охлаждение воздуха. Сургут, входящий в ТОП-20 самых быстроразвивающихся городов страны, — центр нефтедобывающей отрасли, город с высоким уровнем миграции молодого трудоспособного населения. По климатическим условиям район приравнен к регионам Крайнего Севера. Экологические условия в городе обусловлены работой предприятий нефтепереработки, тепловых электростанций и выхлопными газами многочисленного транспорта. Новый Уренгой сформировался как город работников крупнейшего природного газового месторождения. Он расположен на границе территорий с резко-континентальным и субарктическим климатом. Состояние воздушного бассейна является одним из основных факторов, определяющих экологическую ситуацию в городе. Основными источниками загрязнения атмосферы в городе являются объекты нефтегазоконденсатного месторождения, автотранспорт и ряд промышленных предприятий.

В поперечном исследовании, проводимом в 2018–2019 годах, приняли участие школьники в возрасте от 8 до 14 лет. Обследование в Санкт-Петербурге проводилось перед началом учебного года в общеобразовательных школах, выбранных методом случайных цифр. Критериями включения в исследование были: принадлежность ребёнка к европеоидной расе, проживание в городе не менее трех лет, отсутствие тяжёлых хронических заболеваний. Обследование школьников, проживающих в Сургуте и Новом Уренгое, проводилось в условиях летних оздоровительных центров, расположенных в Туапсинском районе Краснодарского края, на следующий день после прибытия детей в центр. Критериями включения в исследование были: принадлежность ребёнка к пришлому населению региона, проживание в городе не менее трех лет, отсутствие тяжёлых хронических заболеваний. Возрастно-половой состав участников исследования представлен в табл. 1.

На участие школьников в исследовании было получено информированное согласие законных представителей ребёнка. Исследования проводили в первую половину дня. В рамках медицинского осмотра проводилась соматометрия (измерение длины и массы тела) согласно унифицированной методике Арон — Ставицкой (1959) с помощью стандартного, метрологически поверенного инструментария.

Первичная обработка данных исследования осуществлялась по возрастным группам с годовыми интервалами для мальчиков и девочек. Математическая обработка материала выполнена методами вариационной статистики с помощью прикладных программ STATISTICA v.10.0 © STATSOFT, USA. Выборки данных были проверены на нормальность распределения по критерию Колмогорова — Смирнова. В каждой возрастно-половой группе для длины (ДТ) и массы тела (МТ) были рассчитаны следующие показатели: средняя арифметическая (М), среднеквадратическое отклонение (SD) и 95 % доверительный интервал (ДИ). Статистическую значимость

Таблица 1

Объём проведенного исследования				
Возраст, лет	Пол	Число обследованных школьников		
		Санкт-Петербург	Сургут	Новый Уренгой
8	Мальчики	295	75	75
	Девочки	275	63	62
9	Мальчики	246	238	83
	Девочки	299	233	68
10	Мальчики	303	282	88
	Девочки	286	299	77
11	Мальчики	249	253	111
	Девочки	209	290	90
12	Мальчики	385	266	87
	Девочки	314	390	87
13	Мальчики	474	353	75
	Девочки	438	420	70
14	Мальчики	466	211	63
	Девочки	382	233	65
Всего	Мальчики	2418	1678	582
	Девочки	2203	1928	519

различий между групповыми средними оценивали по критерию Стьюдента для независимых выборок. Для коррекции на множественные сравнения применили поправку Бонферрони и изменили критический уровень значимости до 0,017.

**Результаты**

Сравнительный анализ ДТ у мальчиков выявил, что показатели роста у школьников Нового Уренгоя ниже, чем у сверстников, проживающих в Петербурге и Сургуте, причем в большинстве возрастных групп разница статистически значима (табл. 2). Сургутские школьники в возрасте от 8 до 11 лет имеют выше ДТ,

Таблица 2

Показатели длины тела мальчиков, обследованных в трёх городах М (95 % ДИ), см				
Возраст, лет	1. Санкт-Петербург	2. Сургут	3. Новый Уренгой	P*
8	129,9 (129,3–130,5)	131,9 (130,5–133,2)	128,9 (127,5–130,3)	P <sub>1-2</sub> =0,005 P <sub>2-3</sub> =0,006
9	135,3 (134,5–136,1)	136,7 (135,9–137,5)	134,4 (133,0–135,8)	P <sub>1-2</sub> =0,005 P <sub>2-3</sub> =0,01
10	141,5 (140,9–142,1)	141,6 (140,8–142,4)	140,1 (138,5–141,7)	–
11	145,4 (144,6–146,2)	147,2 (146,4–148,0)	144,9 (143,5–146,3)	P <sub>1-2</sub> =0,001 P <sub>2-3</sub> =0,003
12	153,0 (152,2–153,8)	153,1 (152,3–153,9)	151,1 (149,2–153,0)	–
13	160,0 (159,2–160,8)	160,0 (159,2–160,8)	160,0 (157,7–162,3)	–
14	167,0 (165,8–168,2)	167,0 (165,8–168,2)	165,4 (163,3–167,5)	P <sub>1-3</sub> =0,003 P <sub>2-3</sub> =0,002

\*Указаны только статистически значимые различия

чем петербургские сверстники, разница показателей также имеет статистическую значимость.

Показатели ДТ у девочек представлены в табл. 3. Установлено, что практически во всех возрастных группах ДТ девочек, проживающих в Сургуте, выше, чем у сверстниц Санкт-Петербурга и Нового Уренгоя; причем разница показателей имеет статистическую значимость. Также у петербургских школьниц рост выше, чем у девочек из Нового Уренгоя, за исключением возрастной группы 11-летних учениц, где отмечается обратное соотношение.

Сравнивая показатели МТ, мы выявили неоднородность нарастания веса у мальчиков (табл. 4). До 12-летнего возраста МТ выше у школьников Сургута; в

Таблица 3  
Показатели длины тела девочек, обследованных в трёх городах М (5 % ДИ), см

Возраст, лет	1. Санкт-Петербург	2. Сургут	3. Новый Уренгой	Р*
8	128,8 (128,2–129,4)	131,3 (129,9–132,7)	126,2 (124,4–128,0)	$P_{1-2}=0,004$ $P_{1-3}=0,008$ $P_{2-3}<0,001$
9	134,4 (133,6–135,2)	136,4 (135,6–137,2)	133,0 (131,9–134,1)	$P_{1-2}=0,004$ $P_{2-3}=0,006$
10	141,1 (140,3–141,9)	141,1 (140,3–141,9)	139,9 (138,1–141,7)	–
11	146,2 (145,2–147,2)	148,0 (147,2–148,8)	147,2 (145,4–149,0)	$P_{1-2}=0,015$
12	154,3 (153,5–155,1)	155,6 (154,8–156,4)	151,7 (150,1–153,3)	$P_{1-3}=0,007$ $P_{2-3}<0,001$
13	159,1 (158,1–160,1)	160,0 (159,2–160,8)	156,2 (154,2–158,2)	$P_{1-3}=0,002$ $P_{2-3}<0,001$
14	162,2 (161,6–162,8)	163,1 (162,3–163,9)	159,3 (156,5–161,8)	–

\*Указаны только статистически значимые различия

Таблица 4  
Показатели массы тела мальчиков, обследованных в трёх городах М (95 % ДИ), кг

Возраст, лет	1. Санкт-Петербург	2. Сургут	3. Новый Уренгой	Р*
8	28,7 (28,1–29,3)	29,3 (27,9–30,7)	28,1 (26,9–29,3)	–
9	32,1 (31,3–32,9)	33,1 (31,9–34,3)	32,7 (31,1–34,3)	–
10	36,7 (35,7–37,7)	36,9 (36,3–37,5)	36,4 (35,2–37,6)	–
11	38,9 (37,9–39,9)	41,3 (40,1–42,3)	40,0 (38,2–41,8)	$P_{1-2}=0,006$
12	45,6 (44,6–46,6)	45,8 (44,4–47,2)	44,4 (42,1–46,7)	–
13	51,2 (50,2–52,2)	50,6 (49,4–51,8)	52,5 (49,6–55,4)	–
14	57,0 (55,8–58,2)	55,2 (53,6–56,8)	55,7 (52,7–58,7)	–

\*Указаны только статистически значимые различия

Таблица 5

Показатели массы тела девочек, обследованных в трёх городах М (95 % ДИ), кг

Возраст, лет	1. Санкт-Петербург	2. Сургут	3. Новый Уренгой	Р*
8	27,1 (26,5–27,7)	28,0 (26,4–29,6)	26,3 (25,1–27,5)	–
9	30,5 (29,7–31,3)	31,7 (30,7–32,7)	32,1 (30,1–34,1)	–
10	34,8 (33,8–35,8)	36,2 (35,0–37,4)	36,0 (34,8–37,2)	–
11	39,0 (37,6–40,4)	40,3 (39,1–41,5)	41,8 (39,9–43,7)	$P_{1-3}=0,012$
12	46,0 (44,8–47,2)	46,5 (45,5–47,5)	45,7 (43,7–47,7)	–
13	50,8 (49,8–51,8)	51,0 (50,0–52,0)	52,8 (49,8–55,8)	–
14	54,9 (53,9–55,9)	52,7 (51,0–54,1)	53,7 (50,7–56,7)	$P_{1-2}=0,004$

\*Указаны только статистически значимые различия

13 лет – у мальчиков Нового Уренгоя; в 14 лет – у петербургских подростков. Однако следует отметить, что разница показателей статистически значима только у 11-летних учащихся Санкт-Петербурга и Сургута.

Показатели МТ у девочек представлены в табл. 5. У девочек Санкт-Петербурга МТ ниже, чем у сверстниц Сургута, в возрасте от 8 до 13 лет; но у 14-летних школьниц соотношение обратное, причем разница показателей имеет статистическую значимость. У петербургских учениц по сравнению с ровесницами, проживающими в Новом Уренгее, МТ ниже в возрасте 9, 10, 11 и 13 лет, но выше в остальных возрастных группах, хотя статистическая разница показателей выявлена только у 11-летних девочек. У сургутских школьниц МТ выше, чем у сверстниц Нового Уренгоя, в возрасте 8, 10, 12 и 14 лет; в остальных возрастных группах – ниже, но разница показателей не имеет статистической значимости.

Мы проанализировали динамику нарастания соматометрических показателей у мальчиков и девочек, проживающих в одном регионе; данные по увеличению ДТ у школьников Санкт-Петербурга представлены на рис. 1. У мальчиков ДТ выше, чем у девочек, в возрасте 8 и 9 лет; затем в 10 лет показатели

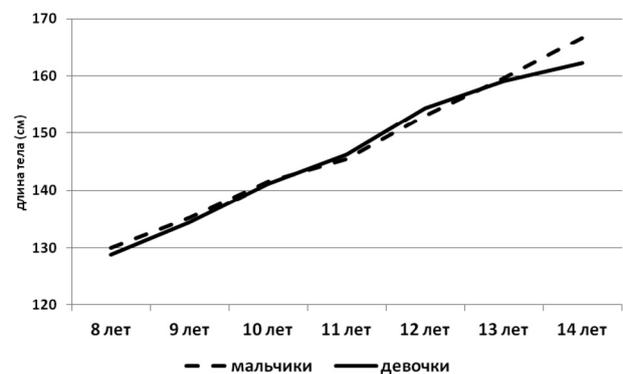


Рис. 1. Возрастная динамика длины тела у мальчиков и девочек г. Санкт-Петербурга

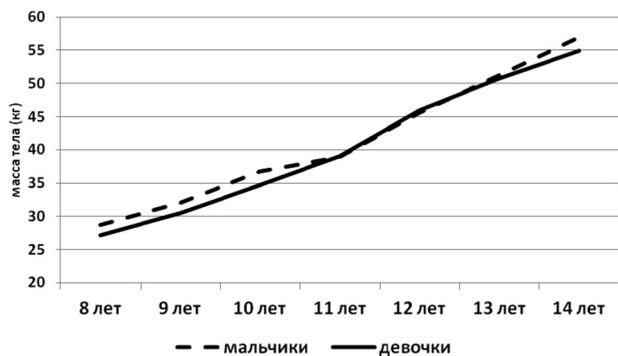


Рис. 2. Возрастная динамика массы тела у мальчиков и девочек г. Санкт-Петербурга

выравниваются, т. е. происходит первый ростовой перекрест. В возрасте 11 и 12 лет у девочек ДТ выше ( $p = 0,002$ ), чем у мальчиков, но в 13 лет у мальчиков вновь ДТ становится больше, достигая максимальной разницы в 14-летнем возрасте с показателями у девочек ( $p < 0,001$ ). В возрасте 8 ( $p < 0,001$ ), 9 ( $p = 0,004$ ) и 10 ( $p < 0,001$ ) лет у девочек МТ больше, чем у мальчиков. Выравнивание показателей МТ происходит в период с 11 до 13 лет, к 14 годам МТ у мальчиков вновь становится больше ( $p = 0,05$ ), чем у сверстниц (рис. 2).

Динамика увеличения ДТ и МТ у школьников Сургута представлена на рис. 3 и 4. Показатели ДТ у мальчиков и девочек в возрасте от 8 до 11 лет не

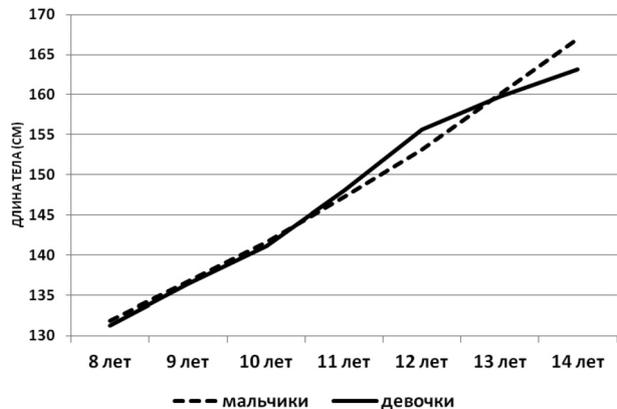


Рис.3. Возрастная динамика длины тела у мальчиков и девочек г. Сургута

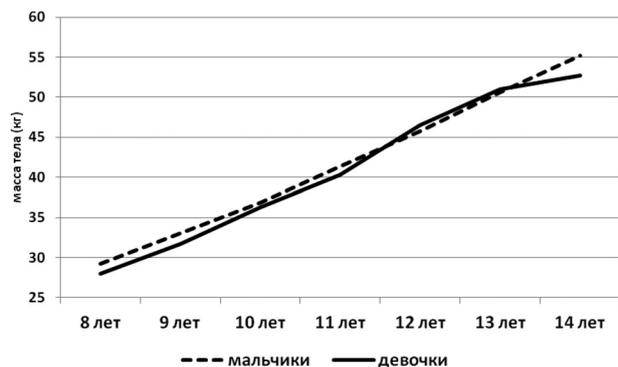


Рис. 4. Возрастная динамика массы тела у мальчиков и девочек г. Сургута

имеют статистически значимой разницы. Превышение роста у девочек отмечается только в возрасте 12 лет ( $p < 0,001$ ); в 13 лет показали вновь выравниваются, а затем становятся больше у мальчиков ( $p < 0,001$ ). Показатели МТ у мальчиков выше, чем у девочек во всех возрастных группах, кроме 12 и 13 лет, но статистически значимая разница выявлена только у 14-летних школьников ( $p = 0,004$ ).

Динамика ДТ у школьников Нового Уренгоя представлена на рис. 5. У мальчиков ДТ выше, чем у девочек, в возрасте 8 и 9 лет. В 10 лет показатели у мальчиков и девочек сравниваются, образуя первый перекрест. В 11 и 12 лет рост девочек выше, чем у мальчиков; затем показатели ДТ у мальчиков становятся больше, причём разница статистически значима ( $p = 0,012$ ). Масса тела у мальчиков выше, чем у девочек, в возрасте 8, 9 и 10 лет, затем у девочек вес до 13 лет больше, но разница показателей не имеет статистической разницы. В 14 лет МТ у мальчиков вновь становится больше, чем у девочек; данные представлены на рис. 6.

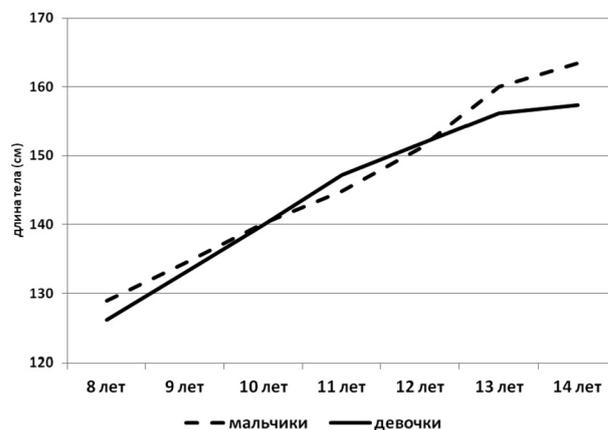


Рис. 5. Возрастная динамика длины тела у мальчиков и девочек г. Нового Уренгоя

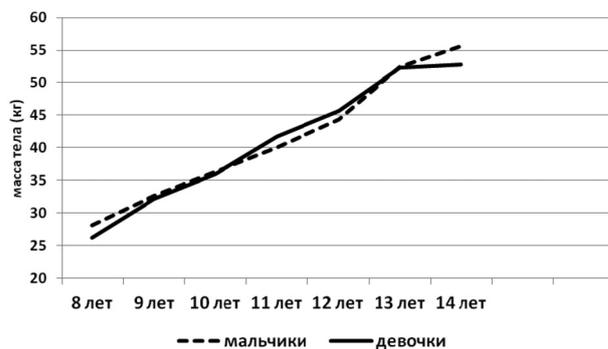


Рис. 6. Возрастная динамика массы тела у мальчиков и девочек г. Нового Уренгоя

### Обсуждение результатов

Одним из приоритетных направлений современной медицинской науки является изучение физического развития детей на разных этапах онтогенеза. Показатели физического развития являются объективным критерием оценки влияния на здоровье детей целого

комплекса факторов внешней среды: природно-климатических, экологических, социально-гигиенических и экономических [4]. Существенное влияние на физическое развитие детей оказывают наследственность и окружающая среда, одним из элементов которой является урбанизация, но степень этого влияния неодинакова в различных регионах.

Полученные нами в ходе обследования детей в трёх городах данные свидетельствуют о том, что динамика соматометрических показателей школьников, подчиняясь общебиологической закономерности к увеличению, имеют регионарные особенности. Нами выявлено, что показатели ДТ у школьников Сургута выше, чем у сверстников в Санкт-Петербурге и особенно в Новом Уренгое. Мы предполагаем, что вероятными факторами, способствующими более высокому уровню физического развития у сургутских школьников, могут быть как более высокий уровень территориальной миграции молодого населения (родителей школьников), увеличение числа гетеролокальных браков (браков между выходцами из географически отдалённых мест), так и более высокий материальный уровень жизни семей нефтяников. По нашему мнению, значимым фактором, оказывающим сдерживающее влияние на линейный рост школьников Нового Уренгоя, также являются более суровые климатические факторы. Полученные нами данные сопоставимы с результатами обследования школьников, проживающих в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах [1, 5, 6, 12].

Разница показателей МТ у школьников в обследованных населенных пунктах менее выражена; однако в целом масса тела у школьников Сургута выше, чем у сверстников Санкт-Петербурга и Нового Уренгоя. Полученные нами результаты согласуются с немногочисленными данными исследований, проведенными другими авторами [1, 5, 6, 12]. В целом отмечена тенденция к увеличению показателей массы тела у обследованных школьников, что совпадает с современным трендом физического развития детей в развитых странах.

Разница возраста наступления пубертатного ускорения линейного роста и увеличения массы тела у мальчиков и девочек приводит к появлению двух перекрёстов показателей на графиках, отражающих динамику антропометрических параметров. Одной из особенностей физического развития современных детей является стирание полового диморфизма, причины данного явления недостаточно изучены [15]. В нашем исследовании половой диморфизм в период пубертатного ускорения роста в большей степени выражен у школьников Нового Уренгоя: несмотря на сниженную амплитуду разницы значений, оба перекрёста в динамике показателей ДТ и МТ хорошо выражены. У школьников Сургута перекрёст показателей ДТ имеет короткий временной интервал (только на протяжении одного года), но выражен в достаточной степени (разница показателей ДТ и МТ статистически значима,  $p < 0,001$ ). По нашим данным, пубертатный

спрут отмечается раньше по возрасту в среднем на год-полтора, чем при обследовании детей другими авторами [6, 9]. У школьников Санкт-Петербурга разница показателей ДТ и МТ во время пубертатного ускорения роста также имеет низкую амплитуду ( $p = 0,002$ ) и занимает короткий временной промежуток (показатели у девочек превышают значения ДТ и МТ у мальчиков в течение одного года).

### Выводы

1. Проведенное обследование школьников позволило установить региональные особенности физического развития в зависимости от экологических и социально-экономических условий проживания.

2. Полученные нами средние значения основных соматометрических показателей пополняют базу данных о физическом развитии детей нашей страны и могут быть использованы в качестве ориентира при проведении диспансеризации школьников.

3. Результаты исследования подтверждают современную тенденцию стирания полового диморфизма в подростковом возрасте и создают предпосылку для проведения более углубленного изучения данного феномена.

### Авторство

Грицинская В. Л. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, набор материала, составила библиографический список и сделала обзор литературы, подготовила первый вариант статьи; Новикова В. П. внесла существенный вклад в концепцию исследования, выполнила окончательную редакцию статьи; Гладкая В. С. осуществила статистический анализ и интерпретацию данных исследования.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Грицинская Вера Людвиговна — ORCID 0000-0002-8290-8674; SPIN 7966-9470

Новикова Валерия Павловна — ORCID 0000-0002-0992-1709; SPIN 1875-8137

Гладкая Валентина Сергеевна — ORCID 0000-0002-9727-9591; SPIN 2301-3947

### Список литературы

1. *Вершубская Г. Г., Козлов А. И.* Физическое развитие детей дошкольного возраста Ханты-Мансийского АО по антропометрическим показателям // Новые исследования. 2019. № 2 (58). С. 37–45.

2. *Гаврюшин М. Ю., Березин И. И., Сазонова О. В.* Антропометрические особенности физического развития школьников современного мегаполиса // Казанский медицинский журнал. 2016. № 4. С. 629–633.

3. *Година Е. З., Хомякова И. А., Задорожная Л. В.* Особенности ростовых процессов у городского и сельского населения севера Европейской части России // Археология, этнография и антропология Евразии. 2017. Т. 45, № 1. С. 146–156.

4. *Гречкина Л. И., Карандашева В. О.* Сравнительная характеристика физического развития детей и подростков — уроженцев первого и второго поколения европеоидов Магаданской области // Гигиена и санитария. 2017. № 96 (2). С. 171–176.

5. Ефимова Н. В., Мыльникова И. В. Особенности физического развития детей Ямало-Ненецкого автономного округа // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2018. № 3. С. 34–39.

6. Койносов П. Г. Современные аспекты физического развития детей ХМАО – Югры // Научный медицинский вестник Югры. 2019. № 3 (21). С. 47–52.

7. Лучанинова В. Н., Цветкова М. М., Веремчук Л. В., Крукович Е. В., Мостовая И. Д. Состояние здоровья детей и подростков и факторы, влияющие на его формирование // Гигиена и санитария. 2017. № 6. С. 561–568.

8. Макарова Л. В., Лукьянец Г. Н., Параничева Т. М., Лезжова Г. Н., Орлов К. В., Тюрина Е. В., Шибалова М. С. Физическое развитие московских школьников 15–16 лет // Новые исследования. 2018. № 3–4 (56). С. 22–30.

9. Максимова Т. М., Лушкина Н. П. Физическое развитие детей России: определение путей обобщающей оценки и выявления проблемных ситуаций в росте и развитии подрастающего поколения // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2013. № 4. С. 3–7.

10. Мельник В. А., Козакевич Н. В. Влияние комплекса социально-биологических факторов на морфофункциональные показатели физического развития и половое созревание городских школьников // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2014. № 2. С. 56–60.

11. Мыльникова И. В., Ефимова Н. В., Ткачук Е. А. Особенности физического развития городских и сельских школьников Иркутской области // Гигиена и санитария. 2018. № 97 (10). С. 957–961.

12. Нифонтова О. Л., Конькова К. С. Физическое развитие учащихся среднего школьного возраста, проживающих на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Экология человека. 2018. № 10. С. 24–31.

13. Петрова П. Г. Эколого-физиологические аспекты адаптации человека к условиям Севера // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. 2019. № 2 (15). С. 29–38.

14. Поляков В. К., Новикова Е. П., Болотова Н. В. Физическое развитие школьников Саратова // Вопросы практической педиатрии. 2018. Т. 13, № 1. С. 7–11.

15. Салдан И. П., Филиппова С. П., Жукова О. В., Швед О. И., Пашков А. П., Поцелуев Н. Ю., Шульц К. В., Нагорняк А. С. Современные тенденции в изменениях показателей физического развития детей и подростков (обзорная статья) // Бюллетень медицинской науки. 2019. № 1 (13). С. 14–20.

16. Салдан И. П., Пашков А. П., Жукова О. В. Сравнительный анализ физического развития школьников 7–10 лет в городской и сельской местности // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 3. С. 308–313.

17. Belisheva N. K., Martynova A. A., Pryanichnikov S. V. Age-dependent heart rate variability in preschool children living under the conditions of the European Arctic region // Human Physiology. 2016. Vol. 42 (2). P. 156–168.

18. Brune M., Hochberg Z. Secular trends in new childhood epidemics: insights from evolutionary medicine // BMC Medicine. 2013. Vol. 11. P. 226.

19. Devís-Devís J., Lizandra J., Valencia-Peris A., Pérez-Gimeno E., GarcíaMassó X., Peiró-Velert C. Longitudinal changes in physical activity, sedentary behavior and body mass index in adolescence: Migrations towards different weight cluster // Plos One. 2017. Vol. 12 (6). P. e0179502.

20. Freedman D. S., Lawman H. G., Skinner A. C., McGuire L. C., Allison D. B., Ogden C. L. Validity of the WHO cutoffs for biologically implausible values of weight,

height, and BMI in children and adolescents in NHANES from 1999 through 2012 // The American Journal of Clinical Nutrition. 2015. Vol. 102 (5). P. 1000–1006.

21. Freedman D. S., Lawman H. G., Pan L., Skinner A. C., Allison D. B., McGuire L. C., Blanck H. M. The prevalence and validity of high, biologically implausible values of weight, height, and BMI among 8.8 million children // Obesity (Silver Spring, Md.). 2016, Vol. 24 (5). P. 1132–1139.

22. Jerrett M., McConnell R., Wolch J., Chang R., Lam C., Duntun G. et al. Traffic-related air pollution and obesity formation in children: a longitudinal, multilevel analysis // Environmental Health. 2014. Vol. 13. P. 49

23. Khasnutdinova S. L., Grjibovski A. M. Urban-rural and gender differences in the prevalence of overweight and obesity among adolescents in northwest Russia // European Journal of Public Health. 2010. Vol. 20 (S1). P. 165.

24. Orden A. B., Apezteguía M. C. Weight and height centiles of Argentinian children and adolescents: a comparison with WHO and national growth references // Annals of Human Biology. 2016. Vol. 43 (1). P. 9–17.

25. Vondrova D., Kapsdorfer D., Argalaso L., Hirosova K., Sevcikova L. The impact of selected environmental, behavioral and psychosocial factors on schoolchildren's somatic and mental health // Reviews on Environmental Health. 2017. Vol. 32 (1–2). P. 189–192.

## References

1. Vershubsky G. G., Kozlov A. I. Physical development of preschool children of Khanty-Mansiysky region by anthropometric indicators. *Novye issledovaniya* [New research]. 2019, 2 (58), pp. 7-45. [In Russian]

2. Gavryushin M. Yu., Berezin I. I., Sazonova O. V. Anthropometric features of the physical development of schoolchildren in a modern metropolis. *Kazanskii meditsinskii zhurnal* [Kazan Medical Journal]. 2016, 4, pp. 629-633. [In Russian]

3. Godina E. Z., Homyakova I. A., Zadorozhnaya L. V. Patterns of growth and development in urban and rural children of the northern part of European Russia. *Arheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii* [Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia]. 2017, 45 (1), pp. 146-156. [In Russian]

4. Grechkina L. I., Karandasheva V. O. Comparative characteristics of the physical development of children and adolescents - natives of the first and second generation of Caucasians of the Magadan region. *Gigiena i Sanitariya*. 2017, 96 (2), pp. 171-176. [In Russian]

5. Efimova N. V., Mylnikova I. V. Peculiarities of physical development of children of the Yamal-Nenets Autonomous district. *Voprosy shkol'noy i universitetskoj meditsiny i zdorov'ya* [Problems of school and university medicine and health]. 2018, 3, pp. 34-39. [In Russian]

6. Koinosov P. G. Modern aspects of physical development of children of the KHAMAO - Ugra. *Nauchnyi meditsinskii vestnik Yugry* [Ugra Scientific Medical Bulletin]. 2019, 3 (21), pp. 47-52. [In Russian]

7. Luchaninova V. N., Tsvetkova M. M., Veremchuk L. V., Krukovich E. V., Mostovaya I. D. Health status of children and adolescents and factors affecting its formation. *Gigiena i Sanitariya*. 2017, 6, pp. 561-568. [In Russian]

8. Makarova L. V., Luk'yanets G. N., Paraniчева T. M., Lezhova G. N., Orlov K. V., Tyurina E. V., Shibalova M. S. Physical development of the Moscow school students at the age of 15-16 years old. *Novye issledovaniya* [New research]. 2018, 3-4 (56), pp. 22-30. [In Russian]

9. Maksimova T. M., Lushkina N. P. The physical development of children in Russia: the specification of means to evaluate and identify the problematic situation in process of growing and development of oncoming generation. *Problemy social'noi gigieny, zdavookhraneniya i istorii meditsiny* [Problems of social hygiene, public health and history of medicine]. 2013, 4, pp. 3-7. [In Russian]
10. Mel'nik V. A., Kozakevich N. V. The influence of a set of socio-biological factors on morphological and functional indicators of physical development and puberty of urban schoolchildren. *Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»* [Kursk Scientific and Practical Bulletin "Man and His Health"]. 2014, 2, pp. 56-60. [In Russian]
11. Mylnikova I. V., Efimova N. V., Tkachuk E. A. Peculiarities of the physical development of urban and rural schoolchildren of the Irkutsk region. *Gigiena i Sanitariya*. 2018, 97 (10), pp. 957-961. [In Russian]
12. Nifontova O. L., Kon'kova K. S. Physical development of high school students living on the territory of Khanty-Mansi autonomous okrug - Ugra. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 10, pp. 24-31. [In Russian]
13. Petrova P. G. Ecological and physiological aspects of human adaptation to the conditions of the North. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M. K. Ammosova. Seriya: Meditsinskie nauki* [Vestnik of North-Eastern Federal University. Series: Medical Sciences]. 2019, 2 (15), pp. 29-38. [In Russian]
14. Polyakov V. K., Novikova E. P., Bolotova N. V. Physical development of Saratov schoolchildren. *Voprosy Prakticheskoi Pediatrii*. 2018, 13 (1), pp. 7-11. [In Russian]
15. Saldan I. P., Filippova S. P., Zhukova O. V., Shved O. I., Pashkov A. P., Potseluev N. Yu., Schulz K. V., Nagorniyak A. S. Current trends in changes of physical development indicators of children and adolescents. *Byulleten' meditsinskoy nauki* [Bulletin of Medical Science]. 2019, 1, pp. 13-19. [In Russian]
16. Saldan I. P., Pashkov A. P., Zhukova O. V. Comparative analysis of the physical development of schoolchildren of 7-10 years in urban and rural areas. *Gigiena i Sanitariya*. 2019, 98 (3), pp. 308-313. [In Russian]
17. Belisheva N. K., Martynova A. A., Pryanichnikov S. V. Age-dependent heart rate variability in preschool children living under the conditions of the European Arctic region. *Human Physiology*. 2016, 42 (2), pp. 156-168.
18. Brune M., Hochberg Z. Secular trends in new childhood epidemics: insights from evolutionary medicine. *BMC Medicine*. 2013, 11, p. 226.
19. Devis-Devis J., Lizandra J., Valencia-Peris A., Pérez-Gimeno E., GarcíaMassò X., Peiró-Velert C. Longitudinal changes in physical activity, sedentary behavior and body mass index in adolescence: Migrations towards different weight cluster. *Plos One*. 2017, 12 (6), p. e0179502.
20. Freedman D. S., Lawman H. G., Skinner A. C., McGuire L. C., Allison D. B., Ogden C. L. Validity of the WHO cutoffs for biologically implausible values of weight, height, and BMI in children and adolescents in NHANES from 1999 through 2012. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2015, 102 (5), pp.1000-1006.
21. Freedman D. S., Lawman H. G., Pan L., Skinner A. C., Allison D. B., McGuire L. C., Blanck H. M. The prevalence and validity of high, biologically implausible values of weight, height, and BMI among 8.8 million children. *Obesity (Silver Spring, Md.)*. 2016, 24 (5), pp. 1132-1139.
22. Jerrett M., McConnell R., Wolch J., Chang R., Lam C., Dunton G. et al. Traffic-related air pollution and obesity formation in children: a longitudinal, multilevel analysis. *Environmental Health*. 2014, 13, p. 49
23. Khasnutdinova S. L., Grijbovski A. M. Urban-rural and gender differences in the prevalence of overweight and obesity among adolescents in northwest Russia. *European Journal of Public Health*. 2010, 20 (S1), p. 165.
24. Orden A. B., Apezteguía M. C. Weight and height centiles of Argentinian children and adolescents: a comparison with WHO and national growth references. *Annals of Human Biology*. 2016, 43 (1), pp. 9-17
25. Vondrova D., Kapsdorfer D., Argalasova L., Hirosova K., Sevcikova L. The impact of selected environmental, behavioral and psychosocial factors on schoolchildren's somatic and mental health. *Reviews on Environmental Health*. 2017, 32 (1-2), pp. 189-192.

#### Контактная информация:

Грицинская Вера Людвиговна — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории медико-социальных проблем в педиатрии НИЦ ФГБУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет», профессор кафедры клинической медицины и гериатрии Санкт-Петербургского медико-социального института

Адрес: 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2  
E-mail: tryfive@mail.ru

## СМЕРТНОСТЬ ЖЕНЩИН В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2020 г. Т. П. Сабгайда, Т. К. Ростовская

Институт демографических исследований Федерального научно-исследовательского социологического центра Российской академии наук (ИДИ ФНИСЦ РАН), г. Москва

*Цель работы* – анализ истоков отставания темпов снижения смертности женщин от темпов изменения мужской смертности в Российской Федерации. *Методы*. Проанализирована неоднородность тенденций среди жительниц городской и сельской местности, жительниц Москвы и Санкт-Петербурга. Сравнивалась структура причин смерти женщин в 1965, 1985, 2003, 2014 и 2018 годах. В качестве исходных использовались официальные данные Росстата (форма С51). Рассчитывались стандартизированные коэффициенты смертности (Европейский стандарт возрастной структуры). *Результаты*. Подтверждена гипотеза о влиянии на замедление темпов снижения женской смертности условий и образа жизни в период перестройки. Основной вклад в отставание изменений в женской смертности от тренда мужской смертности внесла когорта женщин, детство и взросление которых приходилось на этот период. Уровень смертности женщин 35–44 лет от болезней органов пищеварения вырос на 11,9 %, от инфекционных болезней – в 2,7 раза. Среди женщин этого возраста растет смертность от социально обусловленных заболеваний, связанных со злоупотреблением алкоголем и использованием инъекционных наркотиков. Злоупотребление алкоголем отразилось в большей степени на смертности женщин, проживающих в сельской местности, употребление наркотиков в большей степени затронуло жительниц мегаполисов. *Вывод*: повышенная смертность женщин 35–44-летнего возраста после 2013 года – это отложенное вымирание когорты, формирование поведения которой происходило в период социально-политического кризиса.

**Ключевые слова:** поведенческие факторы риска, структура причин смерти, социально обусловленные болезни, гендерная развилка, отложенное вымирание, мегаполисы

## FEMALE MORTALITY IN RUSSIA

T. P. Sabgaida, T. K. Rostovskaya

Institute for Demographic Research of the Federal Center for Theoretical and Applied Sociology of the RAS  
(IDI FCTAS RAS, Moscow, Russia)

*The aim* of this paper was to analyze female mortality in Russia and to elucidate the potential causes of the time lag between gender-specific trends in mortality in the Russian Federation. *Methods*: We analysed the differences of temporal trends in mortality between residents of urban and rural areas, Moscow and St. Petersburg as well as the main causes of death among women in 1965, 1985, 2003, 2014 and 2018 using the data from the national statistical agency - Rosstat. *Results*: Our findings suggest that the slowdown in the decrease of female mortality originates from conditions and lifestyle during the period of Perestroika. The main contribution to the lag of changes in female mortality from male rates was made by cohort of women whose childhood and growing up took place in that period. Mortality from diseases of the digestive system increased by 11.9 % and mortality from infectious diseases increased by 170% in 35-44 years old women. Moreover, mortality from alcohol-attributable causes and injecting drug use has been increasing. Contribution of alcohol to female mortality is more pronounced in rural areas while drug abuse affects urban women to a greater extent. *Conclusions*: The increased mortality of women aged 35-44 years after 2013 can be at least partly explained by the fact that health-related behaviour of this cohort of women was developed during the times of the social crisis.

**Key words:** behavioral risk factors, causes of health, socially determined diseases, mortality, delayed mortality, cities, Russia

### Библиографическая ссылка:

Сабгайда Т. П., Ростовская Т. К. Смертность женщин в Российской Федерации // Экология человека. 2020. № 11. С. 46–52.

### For citing:

Sabgaida T. P., Rostovskaya T. K. Female Mortality in Russia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 46-52.

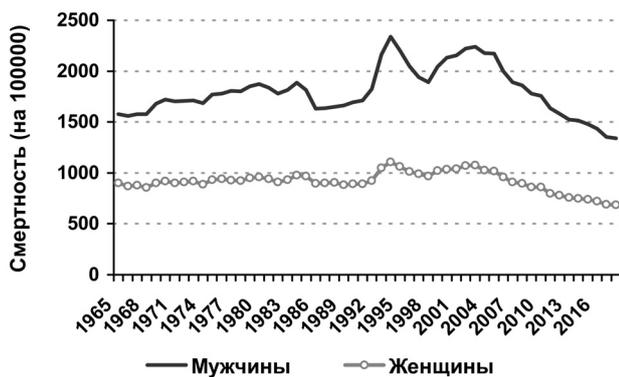
Уже 15 лет смертность российского населения неуклонно снижается. На фоне решения задачи устранения сверхсмертности мужчин (по определению В. И. Харченко и др. [15]) растет значимость задачи снижения смертности женщин. По мнению Н. С. Григорьевой и Т. В. Чубаровой [6], учет гендерного баланса в формировании и реализации национальной политики в области здравоохранения должен стать основой для разработки многоцелевых стратегий, направленных на продвижение равноправия мужчин и женщин в вопросах здоровья.

В России до сих пор смертность женщин в два с лишним раза превышает смертность женщин развитых

стран Европы и Азии, ее уровень выше уровня женской смертности большинства стран постсоветского пространства [17]. К настоящему времени Россия лишь достигла уровня смертности женщин Литвы и Белоруссии тридцатилетней давности.

Уровень смертности российских женщин вдвое ниже мужской смертности (рис. 1). В советский период смертность женщин менялась мало, а в период социально-политических преобразований в стране ее изменения были синхронны с изменениями мужской смертности с меньшей амплитудой вариаций. После пика смертности населения в 1994 году, обусловленного изменением социально-политического уклада,

наблюдался второй пик смертности в 2003 году, обусловленный формированием новых экономических отношений. С 1987 по 2003 год продолжительность жизни женщин снизилась в меньшей степени, чем продолжительность жизни мужчин, — на 2,7 года против 6,5. Наименьшая за полувековой период продолжительность жизни российских женщин была достигнута в 2003 году (71,9 года), после чего на фоне социально-политического оздоровления страны наблюдался её неуклонный рост [8]. При этом разрыв в ожидаемой при рождении продолжительности жизни между мужчинами и женщинами снизился с 13,3 года в 2003 году до 10,1 в 2018-м.



Стандартизованная смертность мужчин и женщин Российской Федерации за пятидесятилетний период (данные Росстата; на 100 000 соответствующего населения, Европейский стандарт)

После 2003 года снижение смертности происходило высокими темпами, при этом смертность мужчин снижалась быстрее: среднегодовые темпы снижения смертности мужчин и женщин составляют соответственно 3,3 и 2,9 %. По сравнению с мужчинами ожидаемая продолжительность жизни женщин увеличилась с 2003 по 2018 год в меньшей степени — на 6,0 лет, тогда как у мужчин она увеличилась на 9,2 года.

После 2013 года в отличие от динамики мужской смертности высокие темпы снижения смертности женщин замедлились, что не соответствует кажущемуся биологическому преимуществу женщин в плане их выживаемости. Знание причин этого отличия от динамики мужской смертности позволит определить актуальные проблемы охраны здоровья женщин в текущих условиях.

Цель работы — анализ истоков замедления темпов снижения женской смертности. При проведении анализа проверялись гипотезы о влиянии возраста, условий и образа жизни, доступности и качества медицинской помощи на рассматриваемый показатель.

**Методы**

В данной работе анализировалась неоднородность тенденций показателей смертности жительниц городской и сельской местности Российской Федерации, жительниц Москвы и Санкт-Петербурга. Сравнивалась структура причин смерти женщин в 1965, 1985, 2003, 2014 и 2018 годах.

Рассмотрена динамика смертности российских женщин семи возрастных групп (0–14, 15–24, 25–34, 35–44, 45–54, 55–64, 65 и старше) в период 1989–2018 годов, включивший как этап кризиса, так и этап социального оздоровления. Были проанализированы среднегодовые темпы изменения уровня смертности в зависимости от анализируемых факторов. В качестве исходных данных использовались официальные данные Росстата (форма С51). Рассчитывались стандартизированные коэффициенты смертности (Европейский стандарт возрастной структуры).

Кроме классов причин смерти (по МКБ-10) анализировалась смертность от причин, обусловленных алкоголем (F10 — хронический алкоголизм, G31.2 — дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем, G62.1, G72.1 — алкогольная полиневропатия и миопатия, I42.6 — алкогольная кардиомиопатия, K29.2, K70 — алкогольные гастрит и болезнь печени, K86.0 — хронический панкреатит алкогольной этиологии, X45, X65, Y15 — отравление (воздействие) алкоголем), и причин, связанных с употреблением наркотиков (F11, F12, F14 — психические расстройства в результате злоупотребления наркотиками, X42 и Y12 — отравление наркотиками).

**Результаты**

В период с 2003 по 2013 год смертность женщин снижалась в среднем на 3,4 % в год, а в период 2014–2018 годов — на 1,9 % (табл. 1). Однако такая ситуация наблюдалась не для всех возрастных групп: смертность женщин до 35-летнего возраста, наоборот, после 2013 года стала снижаться быстрее.

Таблица 1  
Стандартизованная смертность женщин (на 100 000) и среднегодовые темпы её роста в разные периоды в зависимости от возраста и места проживания, %

Группа	Уровень смертности			Темпы роста		
	1989	2003	2018	2003–2018	2003–2013	2014–2018
Все	883,6	1073,1	684,6	-2,9	-3,4	-1,9
<i>Возрастная группа</i>						
0–14	158,5	120,2	51,4	-5,4	-4,2	-7,8
15–24	68,4	86,2	43,0	-4,5	-4,4	-4,6
25–34	91,7	177,1	102,7	-3,5	-1,9	-6,7
35–44	190,5	336,3	244,3	-2,0	-2,6	-1,0
45–54	445,8	715,9	402,1	-3,7	-4,7	-1,7
55–64	1069,6	1440,1	826,0	-3,6	-4,1	-2,5
65+	5632,7	6400,9	4287,0	-2,6	-3,2	-1,5
<i>Место проживания</i>						
Города	895,6	1054,5	674,1	-2,9	-3,5	-1,7
Сельская местность	871,5	1126,4	719,3	-2,9	-3,2	-2,4
Москва	911,1	856,0	501,9	-3,4	-4,4	-1,4
Санкт-Петербург	909,0	980,6	573,8	-3,5	-4,1	-2,2

Наибольшее снижение уровня смертности произошло среди девочек в возрасте до 15 лет, а менее

всего смертность снизилась в возрастной группе женщин 35–44 лет, у которых темпы снижения после 2013 года были наименьшими. При дальнейшем изложении эту возрастную группу мы будем называть «анализируемая группа».

И среди городских, и среди сельских жительниц, как и среди жительниц мегаполисов, общая закономерность сохраняется. Наибольшее различие среднегодовых темпов снижения смертности в сравниваемые периоды наблюдается для женщин Москвы, где замедление темпов снижения смертности более выражено; наименее выражено замедление этих темпов для жительниц сельской местности. Как итог, аналогичным образом изменилась ожидаемая продолжительность жизни. С 2003 по 2013 год больше всего она выросла в мегаполисах: на 5,6 года в Москве и на 5,4 в Санкт-Петербурге, с 2013 по 2018 год она выросла на 1,0 и 1,5 года соответственно. Ожидаемая продолжительность жизни городских женщин увеличилась соответственно на 4,6 и 1,3 года, сельских женщин – на 4,3 и 1,8 года.

Значительное различие уровней смертности городского, сельского населения и населения мегаполисов стало наблюдаться в новых социально-политических условиях. Эти различия сформировались на последнем пике смертности в 2003 году и сохраняются до настоящего времени. Большие темпы снижения смертности жительниц мегаполисов за 15-летний период отражают влияние фактора доступности и качества медицинской помощи на смертность женщин (мегаполисы в меньшей степени испытывали дефицит медицинского персонала, оборудования и расходных материалов). После Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 года № 598 «О совершенствовании государственной политики в сфере здравоохранения» началось широкомасштабное проведение массовых профилактических осмотров и комплексного скрининга здоровья. Затем Постановлением правительства от 15 апреля 2014 года № 294 утверждена Государственная программа Российской Федерации «Развитие здравоохранения», целью которой было обеспечение доступности и повышение эффективности медицинских услуг, в том числе для сельского населения, что сразу отразилось на увеличении темпов снижения смертности сельских жительниц [9].

За пятидесятилетний период в структуре причин смерти женщин заметно выросла доля болезней органов пищеварения, психических расстройств, болезней нервной, эндокринной и мочеполовой систем, снизилась доля болезней системы кровообращения, органов дыхания и внешних причин смерти (табл. 2).

Наибольшая трансформация структуры причин смерти произошла после 2003 года и затем после 2013-го. Второе изменение структуры связано с искусственным снижением смертности от болезней сердечно-сосудистой системы за счет увеличения смертности от других причин (психические расстройства, болезни нервной, эндокринной и мочеполовой

Таблица 2  
Структура причин смерти женщин Российской Федерации в разные годы, %

Класс причин смерти	1965	1985	2003	2014	2018
Инфекционные болезни	2,9	0,8	0,7	1,0	1,2
Новообразования	19,2	11,7	12,1	14,8	15,1
Эндокринные заболевания	0,4	0,5	0,8	1,6	3,2
Болезни крови	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Психические расстройства	0,4	0,2	0,2	0,6	1,3
Болезни нервной системы	0,9	0,6	0,5	2,4	7,7
Болезни системы кровообращения	53,4	69,3	66,2	55,4	49,6
Болезни органов дыхания	7,7	5,8	2,6	2,8	2,2
Болезни органов пищеварения	2,5	2,4	3,1	4,7	4,8
Болезни мочеполовой системы	0,7	0,8	0,6	0,8	1,2
Осложнения беременности и родов	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Болезни кожи	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Болезни костно-мышечной системы	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4
Врожденные аномалии	0,8	0,7	0,3	0,2	0,2
Болезни перинатального периода	1,3	0,9	0,3	0,3	0,2
Симптомы, признаки и неточно обозначенные состояния	3,6	2,2	5,5	10,3	8,9
Травмы и отравления	5,4	5,7	6,9	4,6	3,7

систем, неточно обозначенные состояния), причиной чего стал неверный выбор индикаторов для мониторинга Федеральных программ здравоохранения [13].

В структуре причин смерти женщин анализируемой группы (35–44-летнего возраста) наибольшие изменения после 2003 года коснулись инфекционных заболеваний и болезней органов пищеварения, доля которых выросла соответственно в 3,8 и 1,6 раза (табл. 3).

Уровень смертности женщин анализируемого возраста от болезней органов пищеварения вырос (на 11,9 %), тогда как смертность более молодых женщин и женщин в возрасте 45–64 лет уменьшилась. В структуре болезней органов пищеварения основной причиной смерти женщин этого возраста являются циррозы печени, доля которых вместе с другими заболеваниями печени увеличилась с 52,2 % в 2003 году до 77,9 в 2013-м и 78,1 в 2018. Существенно выросла также доля острого панкреатита (с 4,4 до 11,1 и 10,5 % соответственно). Чаще всего причиной этих заболеваний органов пищеварения является злоупотребление алкоголем.

Смертность от официально установленных причин смерти, обусловленных алкоголем, снизилась среди всего женского населения с 2011 года (первый год наличия статистики этих причин) на 27,0 %, в анализируемой группе эта смертность снизилась в меньшей степени: на 22,0 % против 44,7 % в возрастной группе 25–34 лет и 23,3 % в группе 45–54 лет. Следует отметить, что ситуация с жен-

Таблица 3  
Структура причин смерти женщин возрастных групп 25–34, 35–44 и 45–54 лет в 2003 и 2018 годы в Российской Федерации, %

Класс причин смерти	25–34 года		35–44 года		45–54 года	
	2003	2018	2003	2018	2003	2018
Инфекционные болезни	6,2	21,0	3,8	14,3	2,1	4,1
Новообразования	10,3	12,9	17,3	20,3	21,9	29,9
Эндокринные заболевания	1,2	1,1	0,8	1,0	1,0	1,9
Болезни крови	0,2	0,3	0,13	0,17	0,1	0,1
Психические расстройства	0,7	0,9	0,9	1,1	0,7	0,9
Болезни нервной системы	2,3	3,1	2,1	2,7	1,5	2,7
Болезни системы кровообращения	12,8	13,9	24,2	19,7	36,1	28,8
Болезни органов дыхания	4,4	3,6	4,7	3,6	4,0	2,9
Болезни органов пищеварения	7,3	9,6	8,7	13,5	8,1	11,9
Болезни мочеполовой системы	1,3	0,8	1,3	1,0	1,2	1,5
Осложнения беременности и родов	1,1	0,6	0,3	0,2	0,0	0,0
Болезни кожи	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Болезни костно-мышечной системы	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Врожденные аномалии	0,5	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2
Симптомы, признаки и неточно обозначенные состояния	5,2	3,1	4,3	2,9	3,1	2,4
Травмы и отравления	45,8	27,7	30,7	18,5	19,4	11,9

ской алкогольной смертностью существенно более благоприятная, чем ситуация со смертностью мужчин от причин алкогольной этиологии: после 2013 года темпы снижения показателей для мужчин в младших трудоспособных возрастах замедлились, в старших трудоспособных наметилась стагнация, а в пожилых – рост алкогольной смертности [14].

Известно, что на смертность от цереброваскулярных болезней влияет злоупотребление алкоголем: каждые 10 г чистого этанола увеличивают риск смерти от инсульта на 1,0 % у мужчин 40–59 лет [2]. Женская смертность от цереброваскулярных болезней снизилась с 2003 года на 36,4 % в возрастной группе 25–34 лет, на 34,9 % в группе 35–44 лет и на 61,0 % в группе 45–54 лет, то есть в анализируемой возрастной группе смертность снизилась в меньшей степени.

Смертность женщин от причин, связанных с употреблением наркотиков, в анализируемой группе наибольшая: в 2018 году она составляла 2,0 на 100 000 женского населения против 1,8 в группе 25–34 лет и 0,3 в группе 45–54 лет. Такая ситуация проявляется в росте смертности от гемоконтактных инфекций.

Инфекционная смертность женщин всех возрастов с 2003 года выросла в 1,4 раза, а уровень смертности женщин анализируемой группы вырос в 2,7 раза. По-

сле 2013 года она снизилась среди женщин до 35 лет, тогда как смертность женщин в анализируемой группе увеличилась, и этот рост превышает рост смертности более старших женщин: на 76,1 % против 47,7 у женщин 45–54 лет и 3,3 % у женщин 55–64 лет.

Наибольший вклад в смертность от инфекционных болезней вносит вирус иммунодефицита человека (78,7 % в 2018 году среди женщин анализируемой группы). Уровень смертности женщин от ВИЧ/СПИ-Да в анализируемой возрастной группе наибольший: в 2018 году он составлял 27,2 против 18,2 в группе 25–34 лет и 10,4 в группе 45–54 лет. С 2003 года смертность увеличилась в 68 раз среди женщин анализируемой группы и в 103 раза среди женщин 45–54-летнего возраста. По-видимому, меньшие темпы роста смертности анализируемой группы женщин связаны с более частым применением антиретровирусной терапии среди лиц молодого возраста. Отметим, что в конце прошлого века основным путем передачи ВИЧ была инъекционная наркомания, на долю которой в настоящее время приходится около половины случаев заражения [12].

Второй по величине вклад в инфекционную смертность женщин анализируемой возрастной группы вносит туберкулез (12,4 % в 2018 году). Смертность от него снижается во всех возрастах, но по сравнению с соседними возрастными группами смертность от туберкулеза женщин анализируемого возраста снизилась в меньшей степени: с 2003 года в 2,5 раза против 4,0 и 3,4 раза.

Смертность женщин анализируемой группы от вирусных гепатитов, составлявших 5,1 % их инфекционных смертей, выросла с 2011 года в наибольшей степени (в 2,6 раза, а суммарно для всех возрастов в 1,5 раза). Уровень смертности женщин анализируемого возраста от вирусных гепатитов также значительно выше, чем в соседних возрастных группах: в 2018 году он составил 1,8, а для женщин 25–34 лет – 0,7 и для 45–54 лет – 1,5 на 100 000 женщин соответствующего возраста. Отметим, что инъекционная наркомания является основным путем передачи вирусных гепатитов [11].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что своеобразие динамики смертности женщин возрастной группы 35–44 лет обусловлено причинами, связанными с поведенческими факторами риска. Злоупотребление алкоголем отразилось в большей степени на смертности женщин, проживающих в сельской местности. Там темпы снижения смертности от официально установленных причин, обусловленных алкоголем, наименьшие среди сельских женщин этого возраста (табл. 4).

Следует отметить, что в Москве динамика смертности от цереброваскулярных болезней отличается от динамики в других регионах: среди женщин всех возрастных групп она уменьшилась с 2011 года на 10,6 %, тогда как в целом в российских городах – на 34,9 %, в сельской местности – на 30,5 %, а

в Санкт-Петербурге — на 40,0 %, что позволяет предположить, что учет алкогольных причин смерти в столице далеко не полный.

Таблица 4

**Смертность женщин возрастных групп 25–34, 35–44 и 45–54 лет от причин, связанных с алкоголем и наркотиками, в 2018 году (на 100 000 соответствующего населения) и ее прирост с 2011 года (%) в зависимости от места проживания**

Место проживания	Смертность в 2018 году			Прирост с 2011 по 2018 год		
	25–34	35–44	45–54	25–34	35–44	45–54
Смерть, обусловленная алкоголем						
Москва	3,2	10,4	17,6	-46,7	-38,8	-29,3
Санкт-Петербург	2,6	10,4	21,8	-67,1	-55,2	-36,8
Сельская местность	10,2	30,1	34,4	-33,8	-13,0	-28,3
Города	5,9	21,1	29,7	-48,2	-24,6	-21,0
Российская Федерация	6,8	23,1	30,9	-44,7	-22,0	-23,3
Смерть, связанная с наркотиками						
Москва	1,5	4,2	0,8	114,3	500,0	—*
Санкт-Петербург	6,7	10,5	1,4	13,6	377,3	—*
Сельская местность	0,8	0,6	0,0	33,3	20,0	—*
Города	2,1	2,4	0,4	-38,2	100,0	300,0
Российская Федерация	1,8	2,0	0,3	-35,7	100,0	200,0

Примечание. \* — в 2011 году не было случаев смерти.

Как следует из данных табл. 4, употребление наркотиков в большей степени затронуло жительниц мегаполисов. Там и уровень смертности, и темпы ее роста наибольшие среди женщин анализируемой возрастной группы.

### Обсуждение результатов

В женской смертности неблагоприятные тенденции выявлены для возрастной группы женщин среднего трудоспособного возраста (35–44 года). Детство и юность этой когорты женщин пришлись на период перестройки, когда благоприятная для нормального человека социальная среда менялась на неблагоприятную — с открытой криминализацией властных структур, бизнеса, тотальной коррупцией, бесправием и незащищенностью населения России, духовного обнищания человека [4]. Фактическая безнадзорность и бесконтрольность детей и подростков в ситуации нищеты и безысходности спровоцировали широкое распространение среди них девиантного поведения, сопровождающегося алкоголизмом и наркоманией [1, 3]. В течение 1990–2000-х годов многие авторы стали отмечать в контингентах российских подростков выраженный рост распространённости социально обусловленных и социально-зависимых заболеваний и состояний — социопатий [5, 16]. Среди девушек процветала сексуальная распушенность, также приводящая к накоплению проблем со здоровьем. Их сверстники мужчины с поведенческими факторами

риска умерли в более раннем возрасте [3]. Повышенная смертность женщин 35–44 лет после 2013 года — это отложенное вымирание когорты, формирование поведения которой происходило в период социально-политического кризиса.

В возрасте около 40 лет происходит изменение гормонального фона женщин, сопротивляемость организма к заболеваниям снижается [10], что отражается на росте смертности от социально обусловленных заболеваний (физиологических по терминологии Жуковской и Меркулова [7, с. 55]). Именно это мы наблюдаем в картине женской смертности: из-за повышенной смертности в когорте женщин «потерянного поколения» происходит более медленное снижение смертности.

Можно также отметить, что период перестройки, рассматриваемый как социально-политическая катастрофа, соответствует определению гендерной развилки, сформулированному Григорьевой и Чубаровой [6], когда одинаковая ситуация по-разному повлияла на здоровье мужчин и здоровье женщин.

Таким образом, подтвердилась гипотеза о влиянии на замедление темпов снижения женской смертности условий и образа жизни в период перестройки. Основной вклад в отставание изменений в женской смертности от тренда мужской смертности внесла когорта женщин, детство и взросление которых приходились на этот период. Среди них растет смертность от социально обусловленных заболеваний, связанных со злоупотреблением алкоголем и использованием инъекционных наркотиков. Злоупотребление алкоголем отразилось в большей степени на смертности женщин, проживающих в сельской местности, употребление наркотиков в большей степени затронуло жительниц мегаполисов.

### Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-18-00256 «Демографическое поведение населения в контексте национальной безопасности России»

### Авторство

Сабгайда Т. П. внесла существенный вклад в разработку концепции исследования, анализ и интерпретацию данных; Ростовская Т. К. участвовала в разработке концепции исследования, анализе данных, в доработке статьи.

Сабгайда Тамара Павловна — ORCID 0000-0002-5670-6315, SPIN 7925-6902

Ростовская Тамара Керимовна — ORCID 0000-0002-1629-7780; SPIN 1129-8400

### Список литературы

1. Балыгин М. М., Бруй Б. П., Горбунова Т. Ф. Основные медико-демографические параметры развития детей и подростков Москвы // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2001. № 6. С. 14–22.
2. Бойцов С. А., Чучалина А. Г., ред. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний. Рекомендации. М.: МЗ РФ, 2013. 128 с.

3. Бруй Б. П., Дмитриев В. И., Бальгин М. М. О некоторых медико-демографических и социальных аспектах развития подростков // *Здравоохранение Российской Федерации*. 1999. № 2. С. 41–47.

4. *Возьмитель А. А.* Образ жизни: от советского к российскому // *Россия реформирующаяся: Ежегодник-2011* / отв. ред. академик РАН М. К. Горшков. Вып. 10. М.; СПб.: Институт социологии РАН, Нестор-История, 2011. С. 281–302.

5. *Гвоздева Г. П., Коротких М. В., Харченко И. И.* Социальное окружение школьников и опасность приобщения к наркотикам // *Регион: экономика и социология*. 2004. № 2. С. 79–94.

6. *Григорьева Н. С., Чубарова Т. В.* Гендерные развилки здоровья и здравоохранения в России // *Женщина в российском обществе*. 2019. № 3. С. 55–71.

7. *Жуковская Н. Ю., Меркулов Е. Д.* Социальная обусловленность массовых болезней: понятие и содержание // *Контекст и рефлексия: философия о мире и человеке*. 2017. Т. 6, № 3А. С. 48–59.

8. *Иванова А. Е., Семенова В. Г.* Приоритетные проблемы сокращения смертности // *Демографические перспективы России* / под ред. В. Г. Осипова, С. В. Рязанцева. М.: Экон-Информ, 2008. С. 359–372.

9. *Коробкова О. К.* Федеральная целевая программа «Развитие здравоохранения Российской Федерации» — система государственной поддержки производителей сферы услуг здравоохранения // *Бухгалтерский учет, статистика*. 2017. Т. 150, № 5. С. 69–73.

10. *Мишиева Н. Г.* Бесплодие у женщин позднего репродуктивного возраста: принципы диагностики и лечения в зависимости от овариального резерва: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. ФГУ «Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. В. И. Кулакова Росмедтехнологий». Москва, 2008. 36 с.

11. *Новикова Ю. Б., Асратян А. А., Русакова Е. В.* Современная эпидемическая ситуация по парентеральным вирусным гепатитам и наркомании в Российской Федерации и Москве // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2016. Т. 15, № 2. С. 18–25.

12. *Пирогова И. А.* Распространенность ВИЧ-инфекции в России // *Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области*. 2017. Т. 2, № 4 (19). С. 45–49.

13. *Сабгайда Т. П., Семенова В. Г.* Связь снижения сердечно-сосудистой смертности 2013–2015 годов с изменением смертности от других причин // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2017. Т. 57, № 5. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/915/27/lang,ru/> (дата обращения: 21.03.2020)

14. *Семенова В. Г., Сабгайда Т. П., Михайлов А. Ю., Запороженко В. Г., Евдокушкина Г. Н., Гаврилова Н. С.* Смертность населения России от причин алкогольной этиологии в 2000-е годы // *Социальные аспекты здоровья населения*. 2018. Т. 59, № 1. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/950/27/lang,ru/> (дата обращения: 21.03.2020)

15. *Харченко В. И., Какорина Е. П., Корякин М. В., Вирин М. М., Шаропова Г. А.* Сверхсмертность населения Российской Федерации от болезней системы кровообращения по сравнению с развитыми странами // *Проблемы прогнозирования*. 2006. № 5. С. 138–151.

16. *Чупров В. И., Зубок Ю. А.* Методология целостного подхода в социологии молодежи // *Россия: новые цели и приоритеты* / под ред. Г. В. Осипова, В. Н. Кузнецова, В. В. Локосова. М.: РИЦ ИСПИ РАН, 2006. С. 84–107.

17. WHO Mortality Database. База данных ВОЗ.

URL: <https://apps.who.int/healthinfo/statistics/mortality/whodpms/> (дата обращения: 1.02.2020)

## References

1. Balygin M. M., Brui B. P., Gorbunova T. F. Main medical and demographic parameters of the development of children and adolescents in Moscow. *Problemy sotsial'noy gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny* [Problems of social hygiene, healthcare and the history of medicine]. 2001, 6, pp. 14-22. [In Russian]

2. Boytsov S. A., Chuchalina A. G., ed. *Profilaktika khronicheskikh neinfektsionnykh zabolevaniy. Rekomendatsii* [Prevention of chronic noncommunicable diseases. Recommendations]. Moscow, Ministry of Health of the Russian Federation, 2013, 128 p.

3. Brui B. P., Dmitriev V. I., Balygin M. M. About some medico-demographic and social aspects of adolescent development. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii* [Health of the Russian Federation]. 1999, 2, pp. 41-47. [In Russian]

4. *Voz'mitel' A. A.* Obraz zhizni: ot sovetского k rossiyskomu. [Lifestyle: from Soviet to Russian]. In: Gorshkov M. (eds). *Rossiya reformiruyushchayasya: Ezhegodnik-2011* [Russia is reforming: Yearbook-2011]. Vol. 10. Moscow, St. Petersburg, Institute of Sociology, Russian Academy of Sciences, Nestor-Istoriya, 2011, pp. 281-302.

5. Gvozdeva G. P., Korotkikh M. V., Kharchenko I. I. Social environment of schoolchildren and danger of familiarization with drugs. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: economics and sociology]. 2004, 2, pp. 79-94. [In Russian]

6. Grigorieva N. S., Chubarova T. V. Gender road junction of health and healthcare in Russia. *Zhenshchina v rossiyskom obshchestve* [Woman in Russian society]. 2019, 3, pp. 55-71. [In Russian]

7. Zhukovskaya N. Yu., Merkulov E. D. Social conditionality of mass diseases: the concept and content. *Kontekst i refleksiya: filosofiya o mire i cheloveke* [Context and Reflection: Philosophy of the World and Human Being]. 2017, 6 (3A), pp. 48-59. [In Russian]

8. Ivanova A. E., Semenova V. G. Prioritetnye problemy sokrashcheniya smertnosti [Priority issues of mortality reduction]. In: Osipov V. G. and Ryazantsev S. V. (eds). *Demograficheskie perspektivy Rossii* [Demographic Perspectives of Russia]. Moscow, Ekon-Inform, 2008, pp. 359-372.

9. Korobkova O. K. Federal target program “Development of Health Care in the Russian Federation” is a system of state support for producers of healthcare services. *Bukhgalterskiy uchet, statistika* [Accounting, statistics]. 2017, 150 (5), pp. 69-73. [In Russian]

10. Mishieva N. G. *Besplodie u zhenshchin pozdnego reproduktivnogo vozrasta: printsipy diagnostiki i lecheniya v zavisimosti ot ovarial'nogo rezerva: avtoref. dokt. dis.* [Infertility in women of late reproductive age: principles of diagnosis and treatment depending on the ovarian reserve. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Moscow, 2008, 36 p.

11. Novikova Yu. B., Asratyan A. A., Rusakova E. V. Modern Epidemic Situation of Parenteral Viral Hepatitis and Drug Addiction in the Russian Federation and Moscow. *Epidemiologiya i vaktinoprofilaktika* [Epidemiology and Vaccinal Prevention]. 2016, 15 (2). pp. 18-25. [In Russian]

12. Pirogova I. A. The prevalence of HIV infection in Russia. *Vestnik Soveta molodykh uchennykh i spetsialistov Chelyabinskoy oblasti* [Bulletin of the Council of Young Scientists and Specialists of the Chelyabinsk Region]. 2017, 2 (4, 19), pp. 45-49. [In Russian]

13. Sabgayda T. P., Semenova V. G. Relationship between decline in cardiovascular mortality in 2013-2015 and change in mortality from other causes. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya* [Social aspects of public health]. 2017, 57 (5). Available from: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/915/27/lang,ru/> (accessed: 21.03.2020). [In Russian]
14. Semenova V. G., Sabgayda T. P., Mikhailov A. Yu., Zaporozhchenko V. G., Evdokushkina G. N., Gavrilova N. S. Mortality of the Russian population from alcohol-related causes in the 2000s. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya* [Social aspects of public health]. 2018, 59 (1). Available from: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/950/27/lang,ru/> (accessed: 21.03.2020). [In Russian]
15. Kharchenko V. I., Kakorina E. P., Koryakin M. V., Virin M. M., Sharapova G. A. Super-mortality of the population of the Russian Federation from circulatory system diseases compared with developed countries. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of forecasting]. 2006, 5, pp. 138-151. [In Russian]
16. Chuprov V. I., Zubok Yu. A. Metodologiya tselostnogo podkhoda v sotsiologii molodezhi [The methodology of a holistic approach in the sociology of youth]. In: Osipov G. V., Kuznetsov V. N., Lokosov V. V. (eds). *Rossiya: novye tseli i priority* [Russia: new goals and priorities]. Moscow, 2006, pp. 84-107.
17. WHO Mortality Database. Available from: <https://apps.who.int/healthinfo/statistics/mortality/whodpms/> (accessed: 1.02.2020)

**Контактная информация:**

Ростовская Тамара Керимовна — доктор социологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Институт демографических исследований Федерального научно-исследовательского социологического центра Российской академии наук; профессор кафедры социологии, политологии и нормативно-правового регулирования промышленного развития МГТУ «СТАНКИН»

Адрес: 119333, г. Москва, ул. Фотиевой, д. 6, корп. 1  
E-mail: [rostovskaya.tamara@mail.ru](mailto:rostovskaya.tamara@mail.ru)

## ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЦЕНТРАХ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

©2020 г. <sup>1,2</sup>Е. Л. Чойнзонов, <sup>1</sup>Л. Д. Жуйкова, <sup>1</sup>О. А. Ананина,  
<sup>2</sup>И. Н. Одинцова, <sup>3</sup>М. Ю. Вальков, <sup>1,4</sup>Л. В. Пикалова

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт онкологии, ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», г. Томск; <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Томск; <sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск; <sup>4</sup>ОГАУЗ «Томский областной онкологический диспансер», г. Томск

В Сибирском федеральном округе (СФО) высокий уровень урбанизации (73,1 %). В СФО входит 12 субъектов с городами-административными центрами: Барнаул, Красноярск, Абакан, Горно-Алтайск, Кызыл, Улан-Удэ, Чита, Иркутск, Кемерово, Новосибирск, Омск, Томск. В них проживало 38,4 % населения, находилось 58,7 % предприятий и организаций округа. Цель исследования – анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) населения административных центров СФО. Методы. Используются данные статистических форм № 7 «Сведения о заболеваниях злокачественными новообразованиями» по административным центрам и сведения о половозрастном составе населения с 2004 по 2018 г. Результаты. В 2018 г. в городах зарегистрировано 31 636 заболевших – 39,6 % от всех ЗНО округа. Первые места в структуре онкологической заболеваемости среди мужчин занимают рак легкого (16,3 %), предстательной железы (12,5 %), кожи с меланомой (12,1 %), колоректальной зоны (11,7 %), желудка (7,1 %), среди женщин – опухоли молочной железы (21,5 %), кожи с меланомой (17,3 %), колоректальной зоны (11,5 %), тела (6,4 %) и шейки матки (5,0 %). Показатели заболеваемости новообразованиями кожи и предстательной железы у мужчин и молочной железы у женщин выше, чем в целом по СФО. За 15 лет наблюдался рост стандартизованных показателей (СП) заболеваемости ЗНО в СФО на 6,0 % с 271,0 до 287,2 ‰ с наибольшим приростом в г. Улан-Удэ, Чите, Красноярске и Омске на 13,6–23,8 %. Кумулятивный риск заболеть ЗНО жителей административных центров вырос с 34,1 % в 2004–2008 гг., до 35,9 % в 2014–2018. По прогнозу СП заболеваемости в городах может возрасти до 307,4 ‰. Выводы. Жители административных центров имеют повышенный риск заболеть ЗНО. Показатель заболеваемости рос как в целом по СФО, так и в отдельных городах. По прогнозу данная ситуация сохранится до 2025 г.

**Ключевые слова:** Сибирский федеральный округ, онкологическая заболеваемость, города-административные центры, урбанизация, окружающая среда

## EPIDEMIOLOGY OF MALIGNANT NEOPLASMS IN THE MAIN CITIES OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT

<sup>1,2</sup>E. L. Choynzonov, <sup>1</sup>L. D. Zhuikova, <sup>1</sup>O. A. Ananina,  
<sup>2</sup>I. N. Odinstova, <sup>3</sup>M. Yu. Valkov, <sup>1,4</sup>L. V. Pikalova

<sup>1</sup>Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk;

<sup>2</sup>Siberian State Medical University; Tomsk; <sup>3</sup>North State Medical University, Arkhangelsk;

<sup>4</sup>Tomsk Regional Cancer Center, Tomsk, Russia

*The aim:* To analyze the incidence of malignant neoplasms in the main cities of the Siberian Federal District of Russia. *Methods:* Data were collected from annual forms of the Federal Statistical Monitoring N 7 "Information about Malignant Neoplasms" for the cities of Gorno-Altai, Ulan-Ude, Abakan, Barnaul, Chita, Krasnoyarsk, Irkutsk, Kemerovo, Novosibirsk, Omsk and Tomsk. Main epidemiological indicators were calculated by gender for the period from 2004–2018. *Results.* In 2018, 31 636 cases of cancer were registered in the cities which accounts for 39.9 % of the total number of the malignant neoplasms in whole District. The most common malignancies in male population were lung cancer (16.3 %), prostate cancer (12.5 %), skin melanoma (12.1 %), colorectal cancer (11.7 %) and stomach cancer (7.1 %). Among women, breast cancer (21.5 %), skin melanoma (17.3 %), colorectal cancer (11.5 %), uterine cancer (6.4 %) and cervical cancer (5.0 %) were the most common malignancies. Standardized rates of the increased overall cancer incidence from 271.0 to 287.2 ‰ during the study period. The highest standardized incidence rate was observed in the cities of Ulan-Ude (267.9 ‰), Chita (253.6 ‰), Krasnoyarsk (308.2 ‰) and Omsk (305.9 ‰). According to prediction model, the cancer incidence may increase to 307.4 ‰ by 2025. *Conclusion.* Urban population of Siberia has high incidence of malignant neoplasms. The incidence rate has been gradually increasing over the years and may further increase by 2025 if no measures are taken.

**Key words:** Siberia, Cancer, Incidence, Urbanization, Environment, prediction

### Библиографическая ссылка:

Чойнзонов Е. Л., Жуйкова Л. Д., Ананина О. А., Одинцова И. Н., Вальков М. Ю., Пикалова Л. В. Эпидемиология злокачественных новообразований в административных центрах Сибирского федерального округа // Экология человека. 2020. № 11. С. 53–59.

### For citing:

Choynzonov E. L., Zhuikova L. D., Ananina O. A., Odinstova I. N., Valkov M. Yu., Pikalova L. V. Epidemiology of Malignant Neoplasms in the Main Cities of the Siberian Federal District. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 53–59.

Приоритетным направлением государства в области здравоохранения является охрана, укрепление и повышение уровня здоровья граждан. Одним из показателей качества жизни населения и социально-экономического благополучия страны является общественное здоровье, для оценки которого используют данные о заболеваемости, в том числе социально значимыми болезнями. К ним относят туберкулез, венерические болезни, новообразования, в том числе злокачественные, и др. Под заболеваемостью подразумевается медико-статистический показатель, характеризующий число впервые зарегистрированных за календарный год заболеваний, а также структуру и динамику зарегистрированных случаев среди населения в целом или отдельных его группах. Здоровье создается и поддерживается в повседневной жизни благодаря среде обитания. В Российской Федерации (РФ) показатели здоровья населения различных регионов варьируют, так как они различаются по климатическим, экологическим, социально-экономическим, хозяйственным характеристикам, а также зависят от особенностей половозрастного состава. Ключевую роль в социально-экономическом развитии административных территорий играют крупные города и городские агломерации, в которых аккумулированы человеческие и финансовые ресурсы, высок уровень предпринимательского потенциала, научных и технических разработок. Наиболее часто таковыми являются административные центры субъектов РФ [4, 11, 12]. В состав Сибирского федерального округа (СФО) по ноябрь 2018 г. входило 12 административных территориальных образований, уровень урбанизации составил 73,1 %. Наиболее урбанизированы территории Кемеровской (87,2 %), Иркутской (79,2 %) и Новосибирской (78,8 %) областей, наименее – республик Алтай (28,7 %) и Тыва (53,1 %) (РФ – 74,0 %). В городах-административных центрах (Барнаул, Красноярск, Абакан, Горно-Алтайск, Кызыл, Улан-Удэ, Чита, Иркутск, Кемерово, Новосибирск, Омск, Томск) проживало 38,4 % населения, на их долю приходилось 58,7 % основных фондов предприятий и организаций, 67,8 % оборота розничной торговли, в основной капитал вложено 47,1 % инвестиций округа [13].

Здоровье человека обусловлено влиянием комплекса природных, техногенных и социально-экономических факторов, являющихся различными в городской и сельской среде. Городские жители в сравнении с проживающими в сельских районах имеют более высокий уровень материального дохода, им доступны своевременная, качественная медицинская помощь и высокий уровень образования. Но загрязнение окружающей среды в результате высокой концентрации промышленных предприятий на ограниченной территории, постоянный рост числа автомобилей [20], работа в ночное время способствуют повышению заболеваемости неинфекционными болезнями, в том числе злокачественными новообразованиями (ЗНО) [11, 17, 19, 21]. В СФО регистрируется один из наиболее высоких уровней онкологической заболеваемости среди округов РФ [6, 7, 8].

Цель исследования – анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями населения административных центров СФО.

**Методы**

Сравнительный анализ онкологической заболеваемости в период с 2004 по 2018 г. проводился между административными центрами СФО: городами Барнаул, Красноярск, Абакан, Горно-Алтайск, Кызыл, Улан-Удэ, Читай, Иркутск, Кемерово, Новосибирск, Омск и Томск. В основу были положены сведения о первичной онкологической заболеваемости на основании формы № 7 («Сведения о заболеваниях злокачественными новообразованиями») и данные о половозрастном составе населения городов, предоставленные территориальными органами Федеральной службы государственной статистики и имеющиеся на электронном сайте Федеральной службы государственной статистики РФ [9]. Показатели экстенсивные (%) и стандартизованные на 100 тыс. населения (СП, мировой стандарт ВОЗ, 2001), темп их прироста (%), кумулятивный риск, средний возраст заболевших, прогноз заболеваемости до 2025 г. вычисляли с применением компьютерной программы «ОНКОСТАТ» [10, 14].

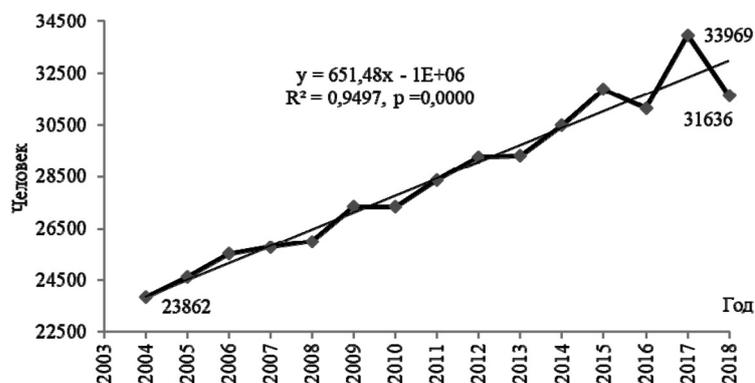


Рис. 1. Динамика вновь зарегистрированных случаев заболеваний злокачественными новообразованиями в административных центрах Сибирского федерального округа, 2004–2018 гг.

Ежегодное число зарегистрированных случаев заболеваний может варьировать из-за недостатков в качестве учета, в связи с чем были проанализированы показатели как в целом за период исследования (2004–2018), так и средние за 5-летние периоды: 2004–2008, 2009–2013, 2014–2018 гг.

**Результаты**

В СФО наблюдался рост заболеваемости злокачественными новообразованиями: за исследуемый период число ежегодно регистрируемых заболеваний в округе варьировало, но в среднем увеличивалось на 1 151 случай. В 2018 г. число впервые поставленных диагнозов составило 79 902 (2004 г. – 63 788). В административных центрах число ЗНО также возрастало – в среднем на 555 случаев в год. В 2018 г. в городах зарегистрировано 31 636 ЗНО, или 39,6 % от всех вновь зарегистрированных случаев заболевания в округе (рис. 1).

Наибольшее число ЗНО выявлено в Новосибирске, Омске и Красноярске (рис. 2).



Рис. 2. Удельный вес диагностированных злокачественных новообразований от общего числа случаев, 2014–2018 гг.

Статистически значимое увеличение числа заболеваний наблюдалось во всех изучаемых городах. Максимальный прирост в Абакане (темп прироста 83,9 %,  $p = 0,0000$ ), Улан-Удэ (75,6 %,  $p = 0,0000$ ), Чите (73,4 %,  $p = 0,0000$ ) и Красноярске (68,2 %,  $p = 0,0000$ ), минимальный – в Горно-Алтайске (27,7 %,  $p = 0,0056$ ), Новосибирске (30,8 %,  $p = 0,0000$ ) и Томске (35,2 %,  $p = 0,0000$ ).

У мужчин, проживающих в административных центрах, в структуре онкологической патологии в 2014–2018 гг. наиболее высокий удельный вес имели новообразования трахеи, бронхов, легкого (16,3 %), предстательной железы (12,5 %), кожи с меланомой (12,1 %), колоректальной зоны (11,7 %), желудка (7,1 %), почки (5,0 %), мочевого пузыря (4,8 %), лимфатической и кроветворной ткани (4,7 %); у

женщин – опухоли молочной железы (21,5 %), кожи с меланомой (17,3 %), колоректальной зоны (11,5 %), тела (6,4 %) и шейки матки (5,0 %), желудка (4,6 %), трахеи, бронхов, легкого (4,2 %) и яичника (4,2 %) (рис. 3).



Мужчины



Женщины

Рис. 3. Структура онкологической заболеваемости населения административных центров Сибирского федерального округа, 2014–2018 гг.

В 2014–2018 гг. в сравнении с 2004–2008 гг. увеличились ( $p < 0,05$ ) доли рака предстательной железы и рака кожи с меланомой – у мужчин и рака молочной железы, опухолей кожи с меланомой и тела матки – у женщин; уменьшились ( $p < 0,05$ ) удельный вес рака желудка, трахеи, бронхов легкого – у мужчин, опухолей трахеи, бронхов, легкого и щитовидной железы – у женщин.

Стандартизованный показатель (СП) заболеваемости ЗНО в административных центрах округа в среднем за 2014–2018 гг. был равен 287,2 (ДИ 285,7–288,7) на 100 тыс. населения ( $\text{‰}$ ), за период исследования темп его прироста составил 6,0 % ( $p < 0,05$ ). Особенно заметный прирост заболеваемости

произошел в городах Улан-Удэ, Чите, Красноярске и Омске (табл. 1).

*Таблица 1*  
Динамика стандартизованных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями населения административных центров Сибирского федерального округа

Административный центр	2004–2008 гг. на 100 тыс.	2014–2018 гг. на 100 тыс.	Темп прироста, %
Кемерово	221,9 (216,8–227,0)	219,0 (214,4–223,6)	–1,3
Чита	210,7 (204,0–217,4)	253,6 (246,7–260,4)	20,3*
Абакан	237,5 (227,3–247,7)	260,6 (251,7–269,5)	9,7*
Горно-Алтайск	240,4 (222,9–258,0)	261,9 (244,6–279,1)	8,9
Улан-Удэ	216,4 (210,1–222,7)	267,9 (261,6–274,2)	23,8*
Новосибирск	275,5 (272,3–278,8)	281,3 (278,3–284,4)	2,1
<b>СФО</b>	<b>271,0 (269,4–272,6)</b>	<b>287,2 (285,7–288,7)</b>	<b>6,0*</b>
Томск	279,8 (273,9–285,7)	298,0 (292,4–303,6)	6,5*
Омск	269,3 (265,6–273,0)	305,9 (302,2–309,6)	13,6*
Красноярск	270,0 (265,8–274,2)	308,2 (304,1–312,3)	14,1*
Иркутск	319,0 (313,1–324,8)	346,5 (340,7–352,2)	8,6*
Барнаул	333,1 (327,2–338,9)	347,2 (341,7–352,7)	4,2*

Примечание. \* –  $p < 0,05$ .

За время исследования в Барнауле, Омске, Красноярске и Иркутске показатели онкологической заболеваемости были выше, чем в среднем по СФО, в мужской и женской популяциях ( $p < 0,05$ ) (рис. 4).

Кумулятивный риск заболеть ЗНО жителей административных центров вырос, он составлял в среднем в 2004–2008 гг. 34,1 %, в 2014–2018 гг. – 35,9 % (мужчины – 43,9 %, женщины – 32,1%), т. е. заболеть ЗНО в течение жизни рискует практически каждый третий проживающий в этих городах.

Рак значительно чаще поражает мужчин, чем женщин, максимальная разница в показателях определялась в Барнауле, Иркутске и Горно-Алтайске, менее значима она в Абакане. Мужчины, проживающие в административных центрах СФО, более подвержены заболеваемости большинством видов ЗНО, в том числе раком губы, полости рта и глотки, органов дыхания, пищеварительной и мочевыделительной систем и простаты. Не наблюдается разницы в показателях при раке кожи (мужчины –  $(36,0 \pm 0,4) \text{‰}$ , женщины –  $(34,8 \pm 0,3) \text{‰}$ ) и меланоме кожи (мужчины –  $(4,5 \pm 0,2) \text{‰}$ , женщины –  $(4,6 \pm 0,1) \text{‰}$ ), а рак щитовидной железы встречается значительно чаще у женщин (мужчины –  $(3,3 \pm 0,1) \text{‰}$ , женщины –  $(12,2 \pm 0,2) \text{‰}$ ) (2014–2018 гг.).

Среди мужчин высокие СП отмечены при раке трахеи, бронхов, легкого ( $55,4 \pm 0,5) \text{‰}$ , кожи ( $36,0 \pm 0,4) \text{‰}$ , предстательной железы ( $29,2 \pm 0,3) \text{‰}$ , желудка ( $23,7 \pm 0,3) \text{‰}$ . Для сравнения – на всей территории СФО в целом у мужчин эти СП составляли при раке трахеи, бронхов, легкого ( $63,5 \pm 0,3) \text{‰}$ , кожи ( $29,9 \pm 0,2) \text{‰}$ , предстательной железы ( $26,7 \pm 0,2) \text{‰}$ , желудка ( $24,5 \pm 0,2) \text{‰}$ . То есть в мужской популяции городов показатели заболеваемости раком кожи и предстательной железы выше, чем на территории округа в целом ( $p < 0,05$ ).

В женской популяции административных центров СФО, как в целом в РФ и во многих странах мира, наиболее актуальной медико-социальной проблемой в 2014–2018 гг. являлась заболеваемость злокачественными опухолями молочной железы ( $62,1 \pm 0,5) \text{‰}$  и половых органов, в том числе раком тела ( $17,8 \pm 0,3) \text{‰}$  и шейки матки ( $16,2 \pm 0,3) \text{‰}$ , яичника ( $13,0 \pm 0,2) \text{‰}$ . Для сравнения – на всей территории СФО в целом у женщин СП составили при раке молочной железы ( $53,9 \pm 0,3) \text{‰}$ , раке тела матки ( $17,4 \pm 0,2) \text{‰}$ , шейки матки ( $19,8 \pm 0,2) \text{‰}$ , опухолях яичника ( $12,3 \pm 0,1) \text{‰}$ . То есть у городских женщин выше заболеваемость ЗНО молочной железы и ниже – половых органов в целом.

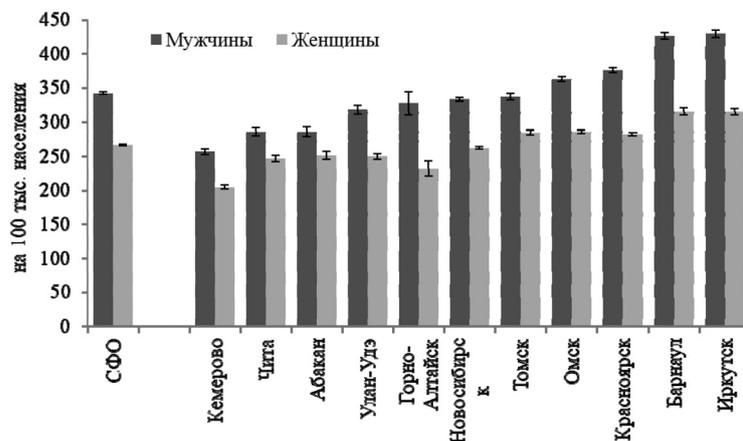


Рис. 4. Стандартизованный показатель заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского и женского населения административных центров Сибирского федерального округа, 2014–2018 гг.

Средний возраст горожан, заболевших ЗНО, составил 64,1 года, у мужчин — 64,8, у женщин — 63,6 года. Более молодой возраст был у заболевших в Горно-Алтайске (62,2 года) и Чите (61,7), более старший — в Новосибирске (65,0) и Омске (64,6). В определенной мере это связано с разницей в половозрастном составе населения, так, в изучаемых городах отмечается более высокая доля лиц пожилого и преклонного возраста.

По прогнозу в 2025 г., при сохранении динамики процесса, средний уровень заболеваемости в изучаемых городах может возрасти до 307,4 на 100 тыс. населения (в сравнении в 2018 г. — 283,0 ‰), в Барнауле ( $p < 0,05$ ) — 362,7 ‰, в Новосибирске — 289,7 ‰, Абакане — 315,8 ‰, Томске — 327,4 ‰, Омске — 320,0 ‰, Красноярске — 332,7 ‰, Иркутске — 398,4 ‰.

### Обсуждение результатов

Изучение заболеваемости ЗНО на различных территориях имеет большое практическое значение с учетом локализаций рака и половозрастной структуры населения. Проведенный нами впервые анализ онкозаболеваемости в административных центрах СФО за 15-летний период (2004–2018) показывает, что в целом заболеваемость раком жителей городов несколько выше, чем у населения соответствующих территорий. Показатели заболеваемости при стабильной тенденции к росту в 2025 г. могут составить 307,4 ‰, что не сможет не отразиться на социально-экономическом благополучии проживающего в них населения. Подобная тенденция к росту отмечается в ряде территорий РФ и касается ряда социально значимых видов ЗНО, таких как прямой и ободочной кишки, молочной железы, предстательной железы и др. [3, 5]

Заболеваемость в онкологии — это эпидемиологическое измерение, характеризующее степень воздействия различных факторов на риск возникновения ЗНО. Но для различных видов новообразований эти факторы риска могут существенно варьировать. В нашем исследовании было установлено, что значимо более высокие, чем на всей территории СФО, уровни онкологической заболеваемости жителей административных центров были зарегистрированы при раке кожи и предстательной железы у мужчин и молочной железы у женщин. Для уточнения влияния специфических факторов, способствующих повышению риска указанных ЗНО в городах, требуются эпидемиологические исследования с дизайном когортного либо случай-контроль [17, 20]. В дальнейшем необходимо формирование групп повышенного риска ЗНО и тщательное их прослеживание [1]

С другой стороны, уровни заболеваемости ЗНО существенно могут зависеть от системы и качества их учета. Регистрация случаев рака может быть существенно затруднена в условиях ограниченной доступности медицинской помощи за пределами агломераций вследствие худшей обеспеченности кадрами и осна-

щенности медицинских учреждений, разреженности и географической удаленности территорий. Как и в нашем исследовании, в недавно опубликованном на основе данных регистров эпидемиологическом анализе из США было выявлено, что общая заболеваемость раком в городской местности была выше, чем в сельской [23]. Однако сельские жители были подвержены в большей степени видам рака, факторами риска которых является алкоголь, табакокурение и вирус папилломы человека. По результатам научных исследований на территории Томской области стандартизованные показатели заболеваемости и смертности от рака лёгкого у сельских мужчин в 1,2 раза выше, чем у горожан [15]. Подобный сравнительный анализ проведен на основе данных популяционных канцер-регистров территорий СФО, существующих уже около 20 лет и неоднократно прошедших внешний аудит качества [2, 16, 18].

Необходимо также учесть, что внедрение программ ранней диагностики и скрининга на первых этапах должно приводить к увеличению заболеваемости за счет выявления большей пропорции активно выявленных случаев без клинических проявлений. Так, после введения диспансеризации отдельных групп взрослого населения с 2013 г. отмечается ежегодный прирост числа случаев, интенсивных показателей заболеваемости при всех ЗНО, на которые направлена эта программа [3]. Неодинаковая доступность диспансеризации может также объяснять различия в регистрируемых уровнях заболеваемости между территориями и временными периодами в нашем исследовании.

Принимая во внимание современную демографическую ситуацию, характеризующуюся снижением рождаемости и увеличением числа лиц пожилого и преклонного возраста, актуальность проблемы ЗНО будет увеличиваться для территорий СФО и потребует более активного изучения для рационального планирования противораковых мероприятий. Продолжающееся влияние специфических факторов городской среды будет способствовать росту заболеваемости раком, что требует их специального изучения. Как следствие, внедрение современных методов профилактики и лечения ЗНО способно привести к увеличению продолжительности жизни и улучшению ее качества на современном этапе развития системы онкологической помощи.

### Выводы

1. За исследуемый период показатель заболеваемости ЗНО населения, вырос ( $p < 0,05$ ) в административных центрах СФО как в целом, так и практически во всех городах (за исключением Горно-Алтайска, Кемерово и Новосибирска). Наибольший прирост показателей отмечен в Улан-Удэ, Чите, Красноярске и Омске.

2. Кумулятивный риск заболеть ЗНО жителей административных центров составил в 2014–2018 гг. 35,9 %. Риск заболеть более высок у мужчин. В мужской популяции высоки показатели заболеваемости

раком трахеи, бронхов, легкого, кожи, предстательной железы и желудка, в женской — новообразованиями молочной железы, кожи и половых органов. Стандартизованные показатели заболеваемости раком органов дыхания, губы, полости рта и глотки, пищеварительной, мочевыделительной систем у мужчин выше, чем у женщин. Не наблюдается разницы в показателях при раке кожи и меланоме кожи. Раком щитовидной железы чаще болеют женщины.

3. По прогнозу при сохранении имеющихся тенденций в динамике показателей рост заболеваемости ЗНО продолжится как в целом в административных центрах СФО, так и в отдельных городах.

#### Авторство

Все авторы принимали участие в разработке концепции и дизайна исследования и в написании рукописи. Чойнзонов Е. Л. окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Жуйкова Л. Д. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования; Ананина О. А. участвовала в анализе данных, в том числе с использованием современных программных средств; Одинцова И. Н. подготовила интерпретацию полученных результатов; Вальков М. Ю. участвовал в анализе и интерпретации данных; Л. В. Пикалова участвовала в анализе и интерпретации данных.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Чойнзонов Евгений Лхаматренович — ORCID 0000-0002-3651-0665; SPIN 2240-8730

Жуйкова Лилия Дмитриевна — ORCID 0000-0003-3536-8473; SPIN 3260-1308

Ананина Ольга Александровна — ORCID 0000-0001-8002-3189; SPIN 3697-1111

Одинцова Ирина Николаевна — ORCID 0000-0003-3942-7944, SPIN 4631-9100

Вальков Михаил Юрьевич — ORCID 0000-0003-3230-9638, SPIN 8608-8239

Пикалова Лидия Валентиновна — ORCID 0000-0003-1453-2254, SPIN 3631-4547

#### Список литературы

1. Ананина О. А., Писарева Л. Ф., Одинцова И. Н., Христенко Е. Л., Попкова П. Г., Христенко И. Д. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения г. Норильска. Формирование групп повышенного риска // Сибирский онкологический журнал. 2013. Т. 4 (58). С. 58–61.
2. Вальков М. Ю., Карпунов А. А., Коулман М. П., Аллемани К., Панкратьева А. Ю., Потехина Е. Ф., Валькова Л. Е., Гржибовский А. М. Популяционный раковый регистр как ресурс для науки и практического здравоохранения // Экология человека. 2017. № 5. С. 54–62.
3. Валькова Л. Е., Левит М. Л., Мерабишвили В. М., Панкратьева А. Ю., Дубовиченко Д. М., Агаева А. В., Рыжов А. Ю., Потехина Е. Ф., Вальков М. Ю. Первичная эпидемиологическая оценка эффективности Всеобщей диспансеризации в роли скрининга онкологических заболеваний по данным Архангельского областного канцер-регистра // Исследования и практика в медицине. 2019. Т. 6 (4). С. 187–199. DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-4-20
4. Голиков Р. А., Суржиков Д. В., Кислицына В. В., Штайгер В. А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) // Научное

обозрение. Медицинские науки. 2017. № 5. С. 20–31. URL: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1031> (дата обращения: 15.04.2020).

5. Дубовиченко Д. М., Вальков М. Ю., Шельгин К. В. Заболеваемость раком прямой кишки в Архангельской области: тренды и краткосрочный прогноз (по данным областного канцер-регистра) // Сибирский онкологический журнал. 2018. Т. 17 (5). С. 5–13.

6. Жуйкова Л. Д., Чойнзонов Е. Л., Ананина О. А., Одинцова И. Н. Онкологическая заболеваемость в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах // Сибирский онкологический журнал. 2019. Т. 18 (6). С. 5–11.

7. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, Г. В. Петровой. М., 2019. 250 с.

8. Одинцова И. Н., Писарева Л. Ф., Ананина О. А., Жуйкова Л. Д., Андропова Т. В. Онкологическая ситуация в Сибири и на Дальнем Востоке // Сибирский онкологический журнал. 2015. Т. 2. С. 39–40.

9. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Бюллетень «Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту...». URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140095700094](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140095700094) (дата обращения: 19.01.2020).

10. Петрова Г. В., Грецова О. П., Каприн А. Д. и др. Характеристика и методы расчета медико-статистических показателей, применяемых в онкологии. М.: ФГБУ МНИОИ им. П. А. Герцена, 2014.

11. Писарева Л. Ф., Ананина О. А., Одинцова И. Н., Жуйкова Л. Д. Загрязнение городов и здоровье населения (обзор литературы) // Профилактическая медицина. 2016. Т. 19, № 4. С. 60–64.

12. Писарева Л. Ф., Одинцова И. Н., Ананина О. А., Бояркина А. П. Злокачественные новообразования у населения Сибири и Дальнего Востока // Сибирский онкологический журнал. 2015. Т. 1 (1). С. 68–75.

13. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 2018: стат. сб. Росстат. М., 2018. С. 342–396.

14. Рег. св-во на программу для ЭВМ «ОНКОСТАТ» («Онкологическая статистика») заявка № 2014611115 от 17.02.2014, з арег. № 2014616130 от 11.06.2014 в РОСПАТЕНТе ФГУ ФИПС, авторы: Гольдин В. Д., Писарева Л. Ф., Ананина О. А., Одинцова И. Н., Бояркина А. П.

15. Чойнзонов Е. Л., Жуйкова Л. Д., Ананина О. А., Одинцова И. Н., Пикалова Л. В. Рак легкого в Томской области (эпидемиологические аспекты) // Современная онкология. 2019. Т. 21, № 2. С. 6–9.

16. Cancer Incidence in Five Continents / Edited by Bray F, Colombet M, Mery L, Piñeros M, Znaor A, Zanetti R and Ferlay // IARC Scientific Publications No. 164. Volume XI. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2017. Available at: <http://ci5.iarc.fr> (accessed: 12.12.2019)

17. Eckert S., Kohler S. Urbanization and health in developing countries: a systematic review // World Health Popul. 2014. Vol. 15 (1) P. 7–20.

18. Ferlay J., Ervik M., Lam F., Colombet M, Mery L., Piñeros M., Znaor A., Soerjomataram I., Bray F. Cancer Incidence and Mortality Worldwide // IARC Cancer Base No. 11. Globocan, 2018. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. 2014. Available at: <http://globocan.iarc.fr> (accessed: 12.04.2020).

19. Moore M., Gould P., Keary B. S. Global urbanization and impact on health // Int J Hyg Environ Health. 2003. Vol. 206 (4–5). P. 269–78.

20. Orru H., Teinmaa E., Lai T., Tamm T., Kaasik M., Kimmel V., Kangur K., Merisalu E., Forsberg B. Health impact assessment of particulate pollution in Tallinn using fine spatial resolution and modeling techniques // *Environmental Health*. 2009. Vol. 8, N 7. Available at: <http://www.ehjournal.net/content/8/1/7>. (accessed: 14.04.2020).

21. Vlahov D., Freudenberg N., Proietti F., Ompad D., Quinn A., Nandi V., Galea S. Urban as a determinant of health // *J Urban Health*. 2007. Vol. 84 (Suppl 1). P. 16–26.

22. Zahnd W. E., James A. S., Jenkins W. D., Izadi S. R., Fogleman A. J., Steward D. E., Colditz G. A., Brard L. Rural-Urban Differences in Cancer Incidence and Trends in the United States // *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2018. Vol. 27 (11). P. 1265–1274.

### References

1. Ananina O. A., Pisareva L. F., Odintsova I. N., Khristenko E. L., Popkova G. A., Khristenko I. D. Cancer incidence among population of Norilsk. Formation of high risk groups for cancer. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal* [Siberian journal of oncology]. 2013, 4 (58), pp. 58-61. [In Russian]

2. Valkov M. Yu., Karpunov A. A., Coleman M. P., Allemani C., Pankratieva A. Yu., Potekhina E. F., Valkova L. E., Grjibovski A. M. The Population-Based Cancer Registry as a Resource for Research and Practical Healthcare. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 5, pp. 54-62. [In Russian]

3. Valkova L. E., Levit M. L., Merabishvili V. M., Pankratieva A. Yu., Dubovichenko D. M., Agaeva A. V., Ryzhov A. Yu., Potekhina E. F., Valkov M. Yu. Primary epidemiological evaluation of the effectiveness of the All-National Dispensarization as a cancer screening by the data of the Arkhangelsk Regional Cancer Registry. *Issledovaniya i praktika v meditsine* [Research and Practical Medicine Journal]. 2019, 6 (4), pp. 187-199. [In Russian] DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-4-20

4. Golikov R. A., Surzhikov D. V., Kislitsyna V. V., Shtayger V. A. The effect of environmental pollution on public health (literature review). *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki* [Scientific Review. Medical Sciences] 2017, 5, pp. 20-31. Available at: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1031> (accessed: 15.04.2020). [In Russian]

5. Dubovichenko D. M., Valkov M. Yu., Shelygin K. V. Rectal cancer incidence in Arkhangelsk region: trends and short-term prognosis by the data of the Arkhangelsk regional cancer registry. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal* [Siberian journal of oncology]. 2018, 17 (5), pp. 5-13. [In Russian]

6. Zhuikova L. D., Choyzonov E. L., Ananina O. A., Odintsova I. N. Cancer incidence in Siberia and Russian Far East. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal* [Siberian journal of oncology]. 2019, 18 (6), pp. 5-11. [In Russian]

7. *Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2018 godu (zabolevaemost' i smertnost')* [Malignant neoplasms in Russia in 2018 (morbidity and mortality)], eds. A. D. Kaprin, V. V. Starinskiy, G. V. Petrova. Moscow, 2019, 250 p.

8. Odintsova I. N., Pisareva L. F., Ananina O. A., Zhuikova L. D., Andropova T. V. Oncological situation in Siberia and the Far East. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal* [Siberian journal of oncology]. 2015, 2, pp. 39-40. [In Russian]

9. Official site of the Federal State Statistics Service. Bulletin "Population of the Russian Federation by sex and age..." Available at: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140095700094](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140095700094) (accessed: 19.01.2020). [In Russian]

10. Petrova G. V., Gretsova O. P., Kaprin A. D. et al. *Kharakteristika i metody rascheta mediko-statisticheskikh pokazatelei, primenyaemykh v onkologii* [Characteristics

and methods of calculating medical and statistical indicators used in oncology]. Moscow, 2014, 40 p.

11. Pisareva L. F., Ananina O. A., Odintsova I. N., Zhuykova L. D. Urban pollution and population health: A review of literature. *Profilakticheskaya meditsina*. 2016, 19 (4), pp. 60-4. [In Russian]

12. Pisareva L. F., Odintsova I. N., Ananina O. A., Boyarkina A. P. Malignant neoplasms in the population of Siberia and the Russian Far East. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal* [Siberian journal of oncology]. 2015, 1 (1), pp. 68-75. [In Russian]

13. *Regiony Rossii. Osnovnyye sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli gorodov. 2018* [Regions of Russia. Main socio-economic indicators of cities. 2018], stat. sb. Rosstat. Moscow, 2018, pp. 342-396.

14. Reg. certificate for the computer program "ONKOSTAT" ("Oncological statistics"), application No. 2014611115 dated February 17, 2014, registration No. 2014616130 dated June 11, 2014 in ROSPATENT FGU FIPS, authors: V. D. Goldin, L. F. Pisareva, O. A. Ananina, I. N. Odintsova, A. P. Boyarkina. [In Russian]

15. Zhuikova L. D., Choyzonov E. L., Ananina O. A., Odintsova I. N. Lung cancer in the Tomsk region (epidemiological aspects). *Sovremennaya onkologiya* [Journal of Modern Oncology]. 2019, 21 (2), pp. 6-9. [In Russian]

16. Cancer Incidence in Five Continents / Edited by Bray F, Colombet M, Mery L, Piñeros M, Znaor A, Zanetti R and Ferlay. *IARC Scientific Publications* No. 164. Vol. XI. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2017. Available at: <http://ci5.iarc.fr> (accessed: 12.12.2019)

17. Eckert S., Kohler S. Urbanization and health in developing countries: a systematic review. *World Health Popul.* 2014, 15 (1), pp. 7-20.

18. Ferlay J., Ervik M., Lam F., Colombet M., Mery L., Piñeros M., Znaor A., Soerjomataram I., Bray F. Cancer Incidence and Mortality Worldwide. *IARC Cancer Base* No. 11. Globocan, 2018. Lyon, France, International Agency for Research on Cancer, 2014. Available at: <http://globocan.iarc.fr> (accessed: 12.04.2020).

19. Moore M., Gould P., Keary B. S. Global urbanization and impact on health. *Int J Hyg Environ Health*. 2003, 206 (4-5), pp. 269-78.

20. Orru H., Teinmaa E., Lai T., Tamm T., Kaasik M., Kimmel V., Kangur K., Merisalu E., Forsberg B. Health impact assessment of particulate pollution in Tallinn using fine spatial resolution and modeling techniques. *Environmental Health*. 2009, 8 (7). Available at: <http://www.ehjournal.net/content/8/1/7>. (accessed: 14.04.2020).

21. Vlahov D., Freudenberg N., Proietti F., Ompad D., Quinn A., Nandi V., Galea S. Urban as a determinant of health. *J Urban Health*. 2007, 84 (1), pp. 16-26.

22. Zahnd W. E., James A. S., Jenkins W. D., Izadi S. R., Fogleman A. J., Steward D. E., Colditz G. A., Brard L. Rural-Urban Differences in Cancer Incidence and Trends in the United States. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2018, 27 (11), pp. 1265-74.

### Контактная информация:

Ананина Ольга Александровна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии НИИ онкологии ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»

Адрес: 634009, г. Томск, пер. Кооперативный, д. 5  
E-mail: [ananina.olga@bk.ru](mailto:ananina.olga@bk.ru)

## АЛКОГОЛЬ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕННОЙ АВАРИЙНОСТИ У ВОДИТЕЛЕЙ АВТОБУСОВ

©2020 г. <sup>1</sup>З. И. Кекелидзе, <sup>1,2</sup>Д. А. Полянский, <sup>1</sup>С. В. Шпорт, <sup>3</sup>А. Г. Соловьев

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии им. В. П. Сербского» Минздрава России, г. Москва; <sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, г. Москва;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск

Безопасность дорожного движения – важная повестка дня в плане формирования федеральной политики. Причинами дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с участием водителей общественного транспорта оказываются различные факторы из составляющей системы «водитель – автомобиль – дорога – среда», при этом признанным фактором риска является употребление алкоголя. Цель работы – определение направлений выявления наркологических расстройств у водителей автобусов для обоснования оптимизации мер, направленных на снижение количества ДТП. Методы. Методической базой исследования стал анализ документов межведомственных организаций, законодательных актов и директивных документов Минздрава Российской Федерации, направленных на снижение случаев ДТП, связанных с состоянием алкогольного опьянения водителей. Результаты. Представлены подходы межведомственных организаций по анализу роли медицинских факторов, повышающих риск возникновения дорожно-транспортного травматизма, к которым относится и состояние алкогольного опьянения, с динамическим изменением обоснования предельно допустимых доз алкоголя в крови водителей. Установлено, что работа на пассажирском транспорте подразумевает повышенные требования к психическому и физическому здоровью водителей. Систематизированы основные психологические качества водителей автобусов. Проанализированы сложности выявления наркологических расстройств у водителей автобусов при отсутствии объективного анамнеза и установке к сокрытию имеющихся у него наркологических проблем и с достаточно сильными психологическими защитами. Показано, что факт управления автобусом в состоянии опьянения целесообразно расценивать как употребление психоактивных веществ с вредными последствиями. Полученные в результате медицинского освидетельствования водителя автобуса сведения, персональные данные могут быть переданы в наркологические диспансеры. Выводы. Предложенный алгоритм скрининга наркологических расстройств у водителей автобуса может лежать в основе обоснования оказания превентивной медико-психологической профилактической помощи для уменьшения случаев ДТП в состоянии алкогольного опьянения и соответственно снижения уровня автодорожного травматизма.

**Ключевые слова:** водители автобуса, алкогольное опьянение, алгоритм выявления наркологических расстройств, документация

## ALCOHOL AS A RISK FACTOR FOR ACCIDENTS AMONG BUS DRIVERS

<sup>1</sup>Z. I. Kekelidze, <sup>1,2</sup>D. A. Polyansky, <sup>1</sup>S. V. Shport, <sup>3</sup>A. G. Soloviev

<sup>1</sup>V. P. Serbsky National medical research center of psychiatry and narcology, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Yevdokimov, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

Traffic safety is an important issue that needs to be taken into account in developing national policy. Several causes of accidents along the “driver-vehicle-road-environment” chain have been identified, although alcohol consumption seems to be the most important preventable cause. The aim of this paper is to describe the main activities to detect alcohol-related problems among bus drivers with the further going aim to develop public health strategies to decrease the number of traffic accidents. Methods. We analyzed normative documents, laws and edicts of the Russian Ministry of Health directed at reduction of traffic accidents associated with alcohol intoxication among drivers. Results. The main analytic approaches to study risk factors for traffic accidents including alcohol consumption practiced by intersectoral organizations are presented. Special emphasis is given to changes in legal limits of blood alcohol concentrations among the drivers in Russia. The analysis suggests that occupation as a drivers of public buses poses greater demands to physical and mental health. Psychological traits of bus drivers were summarized. Difficulties associated with detection of alcohol abuse and use of other substances among bus drivers were analyzed. The fact of driving a bus under the influence of alcohol should be treated as the use of psychoactive substances with health-related consequences. Data related to substance use obtained at medical checkup of drivers at the beginning of the shift can be transferred to narcological dispensaries (abuse clinics). Conclusions: the suggested algorithm of screening for substance abuse among bus drivers can become the basis for development of medical and psychological prevention directed at reduction of the number of traffic accidents associated with alcohol.

**Key words:** bus drivers, alcohol, detection of substance abuse, documentation

### Библиографическая ссылка:

Кекелидзе З. И., Полянский Д. А., Шпорт С. В., Соловьев А. Г. Алкоголь как фактор повышенной аварийности у водителей автобусов // Экология человека. 2020. № 11. С. 60–64.

### For citing:

Kekelidze Z. I., Polyanskiy D. A., Shport S. V., Soloviev A. G. Alcohol as a Risk Factor for Accidents among Bus Drivers. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 11, pp. 60-64.

В последние несколько десятилетий безопасность дорожного движения является важной повесткой дня в плане формирования федеральной политики. Правительством Российской Федерации (РФ) поставлена цель — к 2030 г. достигнуть нулевого уровня смертности на дорогах, в качестве промежуточного итога установив показатель социального риска — не более 4 погибших на 100 тыс. населения при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) [1].

Специалисты в области дорожной психологии выделяют важные технические системы для обеспечения безаварийной езды: мотивацию, стремление к самоутверждению и успеху, чувство ответственности, уверенность в своих возможностях, внимательность, восприимчивость. При этом водитель должен проявлять способность к преодолению неопределенности ситуации посредством осмысления происходящего, перевода неявные, внутренние ощущения и состояния в осознаваемые действия, ведущие к определенной цели [7].

Причинами ДТП являются различные факторы из составляющей системы «водитель — автомобиль — дорога — среда»: возраст водителя, его физическое и психическое состояния, опыт управления транспортным средством, уровень профессиональной подготовки, качество автомобильных дорог, интенсивность дорожного движения, техническое состояние автомобиля и т. д. Признанным фактором риска ДТП является потребление алкоголя: каждое четырнадцатое из всех ДТП в России, происшедшее из-за нарушения водителями Правил дорожного движения (ПДД), совершено в состоянии алкогольного опьянения, в том числе и со смертельным исходом, что вносит весомый вклад в структуру алкоголь-атрибутивной смертности [5].

Для обеспечения безопасности дорожного движения в сфере пассажирского транспорта в РФ основные требования изложены в ст. 20 Федерального закона от 10.12.1995 г. № 196 — ФЗ «О безопасности дорожного движения», которые подкреплены различными нормативно-правовыми актами соответствующих ведомств [12].

Одним из наиболее опасных и аварийных категорий транспортных средств, участвующих в дорожном движении, является автобус. По данным ГИБДД, основной причиной аварий водителями автобусов является нарушение ПДД. С 2016 г. в стране отмечается устойчивая тенденция высоких показателей ДТП с участием водителей автобусов, совершенных в результате нарушения ПДД: 2016 г. — 5 294, 2017 г. — 5 608, 2018 г. — 5 815, 2019 г. — 5 535 случаев. Вероятность совершения ДТП обусловлена чаще всего превышением скоростного режима, а также алкогольным или иным опьянением водителя. Проблемы профилактики злоупотребления алкоголем у водителей общественного транспорта носят комплексный характер и неразрывно связаны с социально-гигиеническими особенностями производственной среды — монотонностью работы, непрестижностью

профессии, нервно-психическими перегрузками, хроническим эмоциональным стрессом, ограниченными возможностями дальнейшего развития личности или профессионального роста водителей автобусов.

Оградить представителя специфической группы риска — водителя автобуса от всех неблагоприятных воздействий на производстве не представляется возможным, следовательно, необходимо привлекать внимание специалистов к проблеме профилактики психического здоровья и пагубного употребления алкоголя.

Цель работы — определение направлений выявления наркологических расстройств у водителей автобусов для обоснования оптимизации мер, направленных на снижение количества ДТП.

### Методы

Методической базой явился анализ документов межведомственных организаций, федеральных законодательных актов и директивных документов Минздрава РФ, направленных на снижение случаев ДТП, связанных с состоянием алкогольного опьянения водителей.

### Результаты

Объективным критерием наличия алкоголя в организме является содержание его в крови. Вероятность ДТП, совершенного нетрезвым водителем при содержании алкоголя в крови 0,3–0,9 ‰ возрастает в 7 раз, при 1,0–1,4 ‰ — в 30 раз, при 1,5 ‰ — в 55 раз. В то же время отмечено, что большинство ДТП в состоянии алкогольного опьянения совершается в легкой степени опьянения водителей при концентрации алкоголя в крови от 0,5 до 1,5 ‰. В результате приема даже небольших доз алкоголя процесс мышления водителя замедляется, что снижает его готовность к действиям при неожиданном изменении дорожной обстановки на маршруте: нарушается визуальная оценка ситуации, снижается способность различать цвета, увеличивается время восстановления зрения после ослепления; нарушается координация движений и их точность в результате увеличения времени реакции, вследствие чего водителю автобуса требуется больший отрезок времени для оценки обстановки и принятия решения; отмечается изменение взаимоотношений с пассажирами и отклик на их критику [10].

Не случайно в течение многих лет Всемирная организация здравоохранения и другие заинтересованные межведомственные организации постоянно анализируют роль медицинских факторов, повышающих риск возникновения дорожно-транспортного травматизма, к которым относится и состояние алкогольного опьянения.

Так, еще в 1968 г. в Европейской конвенции о дорожном движении [4] впервые была приведена рекомендуемая величина предельно допустимой концентрации алкоголя (ПДКА) в крови водителя транспортного средства — 0,80 г/л и выдыхаемом

воздухе — 0,40 мг/л; а в 1971 г. в Европейском соглашении зафиксировано решение о том, что величина ПДКА в организме водителя транспортного средства в соответствии с национальным законодательством не должна превышать 0,50 г/л. В материалах «Всемирного доклада о предотвращении дорожно-транспортного травматизма» [2] приведено сравнение риска попадания водителя в ДТП с последующими травмами в результате превышения скорости и в результате употребления алкоголя. Как следует из приведенных данных, превышение скорости на 5 км/ч сверх установленного лимита в 60 км/ч приводит к возрастанию относительного риска возникновения ДТП с получением травм, который сопоставим с уровнем содержания этанола в крови водителя 0,5 г/л. Даже при малых концентрациях алкоголя в крови и отсутствии клинических признаков опьянения мастерство водителей снижается. При этом степень неадекватности реагирования опьяневшего резко возрастает при более высоких скоростях и в нестандартных чрезвычайных ситуациях. Кроме прямого действия алкоголь оказывает и опосредованное воздействие: водители с присутствием алкоголя в крови реже используют ремни безопасности, чаще превышают скорость движения.

В разных странах предел допустимого содержания алкоголя в крови водителя составляет от 0,1 до 1,2 ‰: в США допускается управление автомобилем при концентрации алкоголя в крови менее 1,0 ‰, в большинстве европейских стран — 0,8 ‰, но в Финляндии, Норвегии, Греции, Швеции — 0,5 ‰ [3], в России — 0,3 ‰ [14].

Работа на пассажирском транспорте подразумевает повышенные требования к психическому и физическому здоровью, адекватности оценки собственных физических и психологических ограничений в структуре личностных особенностей [16] и другим профессионально важным качествам, включая концентрацию внимания, скорость переработки зрительной информации и пр.

К наиболее важным качествам водителя автобуса относят:

- психическое состояние — в процессе управления автобусом важно уметь длительное время сохранять адекватность и спокойствие;
- склонность к риску — это показатель социально-психологической устойчивости, которая напрямую связана с частотой нарушений правил дорожного движения;
- концентрация внимания — чем больше скорость, тем меньше времени у водителя без риска допустить ошибку в управлении;
- утомляемость — продолжительное воздействие чрезмерных нагрузок на водителя и отсутствие условий для отдыха может привести к развитию явлений переутомления [11].

В соответствии с п. 1 ст. 20 Федерального закона от 10.12.1995 г. № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» [12] и Порядком проведения медицинских

осмотров (Приказ Минздрава России от 15.12.2014 г. № 835н) [8] юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие на территории России деятельность, связанную с эксплуатацией транспортных средств, обязаны организовывать проведение обязательных медицинских осмотров водителей, в том числе автобусов, для выявления признаков воздействия вредных и/или опасных производственных факторов, состояний и заболеваний, препятствующих выполнению трудовых обязанностей, в том числе алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения и остаточных явлений такого опьянения.

### Обсуждение результатов

Выявление наркологической патологии, включая пагубное употребление алкоголя, среди представителей специфической социальной группы — водителей автобусов — при отсутствии объективного анамнеза и установке лица к сокрытию имеющихся у него наркологических проблем с сильными психологическими защитами [15] достаточно сложно. Клинические признаки наркологических расстройств водителей автобусов проявляются только в так называемых «фазных» состояниях. В состоянии воздержания от приема алкогольных напитков даже при наличии выраженных соматоневрологических последствий в результате хронической интоксикации нет верифицированных клинических маркеров, свидетельствующих об интоксикационной природе выявленных расстройств. Наличие данных анамнеза в большинстве случаев является решающим при установлении диагноза наркологического расстройства, и алкогольной зависимости в частности.

В связи с этим в разделе II «Психические расстройства и расстройства поведения, связанные с употреблением психоактивных веществ (до прекращения диспансерного наблюдения в связи со стойкой ремиссией (выздоровлением)» Перечня медицинских противопоказаний к управлению транспортными средствами, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 29.12.2014 г. № 1604 [6], необходимо отметить определенное противоречие. С одной стороны, раздел должен содержать информацию именно о хронических заболеваниях, поскольку в названии указывается наличие стойкой ремиссии; с другой — приведенные коды (F10—F16; F18; F19) не позволяют однозначно отнести группу расстройств к хроническим.

Действующая в РФ редакция диагностических указаний для рубрики F1x.1 по МКБ-10 позволяет расценивать факт управления транспортным средством в состоянии опьянения как употребление психоактивных веществ (ПАВ) с вредными последствиями. В мировой практике управление транспортным средством в состоянии опьянения интерпретируется как факт, свидетельствующий о формировании зависимости от ПАВ; аналогичный подход используется и в американской классификации DSM-V. Кроме того, согласно

требованиям Приказа Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 г. № 302н [9] употребление ПАВ с пагубными последствиями является медицинским противопоказанием для допуска к управлению транспортными средствами.

Таким образом, полученные в результате медицинского освидетельствования на состояние опьянения водителя автобуса сведения, персональные данные могут быть переданы в наркологические диспансеры в рамках обмена информацией медицинскими организациями. Данное утверждение находится в соответствии с требованиями п. 8 ч. 4 ст. 13 Федерального закона от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны граждан в Российской Федерации» [13], что, в свою очередь, позволяет осуществлять диспансерное наблюдение водителей с диагнозом F1x.1 как минимум в течение одного года.

Результаты осмотров медицинских освидетельствований вносятся в специальные журналы, которые ведутся на бумажном носителе или в электронном виде. Непреложный факт действительности — каждое автопредприятие определяет ведение отчетного журнала произвольно. Единого реестра (электронного) водителей автопредприятий не существует, что затрудняет систематизацию оценки здоровья и организационные подходы к учету алкоголь-атрибутивных состояний водителей пассажирского транспорта. С одной стороны, создание единой электронной базы, содержащей сведения о гражданах, имеющих медицинские противопоказания к управлению транспортными средствами, может противоречить ст. 13 «Соблюдение врачебной тайны» Федерального закона от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны граждан в Российской Федерации»; с другой — единообразие отчетной документации предрейсовых и послерейсовых осмотров водителей пассажирского транспорта в электронной системе позволило бы обеспечить единый мониторинг состояния здоровья водителей на уровне субъекта и по России в целом. В данном случае представляется целесообразным передавать сведения о водителях, выявленных в состоянии опьянения по результатам проведенного медицинского освидетельствования, в наркологический диспансер по месту их жительства (регистрации) для осуществления профилактического наблюдения.

Предложенный алгоритм скрининга наркологических расстройств у водителей автобуса может лежать в основе обоснования оказания превентивной медико-психологической профилактической помощи для уменьшения случаев ДТП в состоянии алкогольного опьянения и соответственно снижения уровня автодорожного травматизма.

### Выводы

1. Выявление наркологической патологии у водителя автобусного транспорта, включая пагубное употребление алкоголя, при отсутствии объективного анамнеза и установке лица к сокрытию имеющихся у него наркологических проблем, достаточно сложно.

2. Отсутствие четких критериев пагубного употребления ПАВ в МКБ-10 позволяет расценивать сам факт управления транспортным средством в состоянии опьянения как употребление с пагубными последствиями, что, в свою очередь, можно рассматривать как достоверные анамнестические данные.

3. Единообразие отчетной документации предрейсовых и послерейсовых осмотров водителей пассажирского транспорта в электронной системе позволит обеспечить единый мониторинг состояния здоровья водителей пассажирского транспорта.

4. Предложенный алгоритм скрининга наркологических расстройств у водителей автобуса может лежать в основе обоснования оказания превентивной медико-психологической профилактической помощи.

### Авторство

Шпорт С. В. получила и провела анализ данных, подготовила первый вариант статьи; Полянский Д. А. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, интерпретацию данных; Кекелидзе З. И. участвовал в анализе текста настоящей статьи, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Соловьев А. Г. участвовал в анализе и интерпретации результатов исследования, подготовке окончательного варианта статьи.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Кекелидзе Зураб Ильич — ORCID 0000-0003-0679-6268  
Полянский Дмитрий Алексеевич — SPIN 6753-3110; ORCID 0000-0002-0756-308X

Шпорт Светлана Вячеславовна — ORCID 0000-0003-0739-4121

Соловьев Андрей Горгоньевич — ORCID 0000-0002-0350-1359

### Список литературы

1. Бурцев А. А. Медицинский и правовой аспекты профилактики автодорожного травматизма, связанного с опьянением водителя транспортного средства: монография. М.: Техполиграфцентр, 2017. 147 с.

2. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма. ВОЗ, Женева, 2004.

3. Европейский доклад о состоянии безопасности дорожного движения. ВОЗ, Копенгаген, 2004.

4. Конвенция о дорожном движении. Вена, 8.11.1968 г.

5. Мордовский Э. А., Вязьмин А. М., Соловьев А. Г. Алкоголь-атрибутивная смертность и организационные подходы к её учету в России и за рубежом // Наркология. 2012. Т. 11, № 11 (131). С. 60–69.

6. Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2014 г. № 1604 «О перечнях медицинских противопоказаний, медицинских показаний и медицинских ограничений к управлению транспортным средством». URL: <https://base.garant.ru/70836098/> (дата обращения: 25.08.2020)

7. Постовалова А. И. Основы автотранспортной психологии: учебное пособие / под ред. З. А. Шакуровой. Челябинск: ЮУрГУ, 2006. 164 с.

8. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 декабря 2014 г. № 835н «Об утверждении Порядка проведения предсменных, предрейсовых и послерейсовых медицинских осмотров». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70880038/> (дата обращения: 25.08.2020)

9. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 12.04.2011 № 302Н. «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_120902/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120902/) (дата обращения: 25.08.2020)

10. Романов А. Н. Автотранспортная психология. М.: Академия, 2002. 224 с.

11. Сьедин О. Н. Безопасность дорожного движения: учебное пособие. М., 2014. С. 271. URL: [https://rosavtotransport.ru/netcat\\_files/382/558/Bezopasnost\\_.pdf](https://rosavtotransport.ru/netcat_files/382/558/Bezopasnost_.pdf) (дата обращения: 25.08.2020)

12. Федеральный закон от 10.12.1995 г. № 196 – ФЗ «О безопасности дорожного движения». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/) (дата обращения: 25.08.2020)

13. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323 – ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121895/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/) (дата обращения: 25.08.2020)

14. Федеральный закон от 3.07.2018 «О внесении изменения в ст. 12.8 Кодекса РФ об административных нарушениях». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_294729/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_294729/) (дата обращения: 25.08.2020)

15. Цыганков Д. Б., Малыгин В. Л., Цыганков Б. Д., Агасарян Э. Г. Психологические защиты у больных алкоголизмом и паническим расстройством // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2008. № 11. С. 96–97.

16. Яныкбаш А. В. Склонность к риску в структуре личностных особенностей // Прикладная юридическая психология. 2012. № 2. Р. 79–87.

#### References

1. Burtsev A. A. *Medsinskii i pravovoi aspekty profilaktiki avtodorozhnogo travmatizma, svyazannogo s op'yaneniem voditelya transportnogo sredstva: monografiya* [Medical and legal aspects of prevention of traffic accidents associated with drivers' intoxication]. Moscow, 2017, 147 p.

2. World report on road traffic injury prevention. WHO. Geneva, 2004.

3. European status report on road safety. WHO. Copenhagen, 2004.

4. Vienna Convention on Road Traffic, 1968.

5. Mordovsky E. A., Vyazmin A. M., Soloviev A. G. Alcohol-Attributive Mortality and Organizational Approaches to Its Consideration in Russia and Abroad. *Narkologiya* [Narcology]. 2012, 11 (11), 131, pp. 60-69. [In Russian]

6. Edict of the Government of the Russian Federation N 1604 «On medical contraindications, medical indications and medical limitations to driving» from 29 December 2014. Available from: <https://base.garant.ru/70836098/> (accessed: 25.08.2020) [In Russian]

7. Postovalova A. I. *Osnovy avtotransportnoi psikhologii: uchebnoe posobie* [Basic traffic psychology: a textbook], ed. Z. A. Shakurova. Chelyabinsk, 2006, 164 p.

8. Edict of the Ministry of Health N 835н «On the order of medical checkups before the shift, before the route, after the route and after the shift» from 15 December 2014. Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70880038/> (accessed: 25.08.2020) [In Russian]

9. Edict of the Ministry of Health and Social Development N 302Н «On a list of harmful or hazardous occupational factors and professional activities requiring regular medical checkups and an order of regular medical checkups of the employees in occupations with heavy or hazardous working conditions» from 12 April 2011. Available from: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_120902/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120902/) (accessed: 25.08.2020) [In Russian]

10. Romanov A. N. *Avtotransportnaya psikhologiya* [Traffic psychology]. Moscow, Akademiya Publ., 2002, 224 p.

11. S'edin O. N. *Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: uchebnoe posobie* [Road traffic safety: a textbook]. Moscow, 2014, p. 271. Available from: [https://rosavtotransport.ru/netcat\\_files/382/558/Bezopasnost\\_.pdf](https://rosavtotransport.ru/netcat_files/382/558/Bezopasnost_.pdf) (accessed: 25.08.2020)

12. Federal law N 196 «On road traffic safety» from 10 October 1995. Available from: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/) (accessed: 25.08.2020) [In Russian]

13. Federal law N 323 «On health protection of the citizens of the Russian Federation » from 21 November 2011. Available from: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121895/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/) (accessed: 25.08.2020) [In Russian]

14. Federal law «On changes in article 12.8 in the Code of Administrative Offences of the Russian Federation» from 3 July 2018. Available from: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_294729/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_294729/) (accessed: 25.08.2020) [In Russian]

15. Tsygankov D. B., Malygin V. L., Agasaryan E. G., Tsygankov B. D. Psychological Defenses in Patients with Alcoholism and Panic Disorders. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S. S. Korsakova*. 2008, 11, pp. 96-97. [In Russian]

16. Yanykhash A. V. Tendency to risk in personality structure. *Prikladnaya yuridicheskaya psikhologiya* [Applied legal psychology], 2012, 2, pp. 79-87. [In Russian]

#### Контактная информация:

Полянский Дмитрий Алексеевич – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения терапии психических расстройств, осложненных болезнями зависимости, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии им. В. П. Сербского» Минздрава России; доцент кафедры психиатрии, наркологии и психотерапии факультета дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России

Адрес: 119034, г. Москва, Кропоткинский пер, д. 23  
E-mail: dmi2792@yandex.ru