

ЭКОЛОГИЯ

Ч Е Л О В Е К А

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

02.2019

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 – Любовь Николаевна Горбатова (Архангельск)
Заместители главного редактора: А. Б. Гудков (Архангельск), И. Б. Ушаков (Москва)
Научный редактор – П. И. Сидоров (Архангельск)
Международный редактор – А. М. Гржибовский (Россия/Казахстан)
Ответственный секретарь – О. Н. Попова

Редакционная коллегия: Т. А. Бажукова (Архангельск), В. П. Быков (Архангельск), Н. В. Зайцева (Пермь), Б. В. Лабудин (Архангельск), В. И. Макарова (Архангельск), В. И. Малыгин (Северодвинск), С. И. Малявская (Архангельск), С. Л. Совершаева (Архангельск), А. Г. Соловьев (Архангельск), В. И. Торшин (Москва), Б. Ю. Филиппов (Архангельск), В. П. Чащин (Санкт-Петербург)

Председатель редакционного совета – В. А. Черешнев (Москва)

Редакционный совет: Р. В. Бузинов (Архангельск), А. Т. Быков (Сочи), А. Н. Глушков (Кемерово), С. Ф. Гончаров (Москва), В. А. Грачев (Москва), А. В. Грибанов (Архангельск), Ронда Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), С. А. Ефименко (Москва), П. С. Журавлев (Архангельск), Е. А. Ильин (Москва), Рамуне Каледене (Литва), С. И. Колесников (Москва), Пер Магнус (Норвегия), И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Йон Ойвинд Одланд (Норвегия), Г. Г. Онищенко (Москва), В. И. Покровский (Москва), Керсти Пярна (Эстония), Арья Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург), В. С. Фортыгин (Архангельск), Л. С. Щёголева (Архангельск), Кью 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) 13 октября 2016 г. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-67426

Подписано в печать 05.02.19. Дата выхода в свет 12.02.19. Формат 60×90/8. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 7,3. Тираж 1000 экз., зак. 2074.

Индекс 20454. Цена свободная

© Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

HUMAN

ECOLOGY

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC JOURNAL

02.2019

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 - Liubov Nikolaevna Gorbatova (Arkhangelsk)
Deputy Editors-in-Chief: A. B. Gudkov (Arkhangelsk), I. B. Ushakov (Moscow)
Science Editor - P. I. Sidorov (Arkhangelsk)
International Editor - A. M. Grjibovski (Russia/Kazakhstan)
Executive Secretary - O. N. Popova

Editorial Board: T. A. Bazhukova (Arkhangelsk), V. P. Bykov (Arkhangelsk), N. V. Zaitseva (Perm), B. V. Labudin (Arkhangelsk), V. I. Makarova (Arkhangelsk), V. I. Malygin (Severodvinsk), S. I. Malyavskaya (Arkhangelsk), S. L. Sovershaeva (Arkhangelsk), A. G. Soloviev (Arkhangelsk), V. I. Torshin (Moscow), B. Yu. Filippov (Arkhangelsk), V. P. Chashchin (Saint Petersburg)

Chairman of Editorial Council - V. A. Chereshnev (Moscow)

Editorial Council: R. V. Buzinov (Arkhangelsk), A. T. Bykov (Sochi), A. N. Glushkov (Kemerovo), S. F. Goncharov (Moscow), V. A. Grachev (Moscow), A. V. Griбанov (Arkhangelsk), Rhonda Johnson (USA), N. V. Dorshakova (Petrozavodsk), S. A. Efimenko (Moscow), P. S. Zuravlev (Arkhangelsk), E. A. Ilyin (Moscow), Ramune Kalediene (Lithuania), S. I. Kolesnikov (Moscow), Per Magnus (Norway), I. G. Mosyagin (Saint Petersburg), Jon Øyvind Odland (Norway), G. G. Onishchenko (Moscow), V. I. Pokrovsky (Moscow), Kersti Pärna (Estonia), Arja Rautio (Finland), Yu. A. Rakhmanin (Moscow), G. A. Sofronov (Saint Petersburg), V. S. Fortygin (Arkhangelsk), L. S. Shchegoleva (Arkhangelsk), Kue 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 13.10.2016.

Certificate of Mass Media Registration ПИ № ФС 77-67426.

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

© Northern State Medical University, Arkhangelsk

СОДЕРЖАНИЕ

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Константинова Е. Д., Маслакова Т. А., Шалаумова Ю. В., Вараксин А. Н., Живодеров А. А. Радиоактивное загрязнение территории и адаптационная реакция организма человека	4
---	---

ЭКОЛОГИЯ ТРУДА

Никанов А. Н., Чашин В. П., Дардынская И., Горбанев С. А., Гудков А. Б., Лагхайн Б., Попова О. Н., Дорофеев В. М. Риск-ориентированный подход к сохранению профессионального здоровья работников на предприятиях цветной металлургии в Арктической зоне Российской Федерации	12
---	----

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Еськов В. В., Филатова О. Е., Башкатова Ю. В., Филатова Д. Ю., Иляшенко Л. К. Особенности возрастных изменений кардиоинтервалов у жителей Севера России.....	21
---	----

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОРФОЛОГИЯ

Мельник В. А. Изменения во времени превалентности соматотипов школьников, проживающих на урбанизированной территории в Беларуси	27
---	----

СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Мулик А. Б., Улесикова И. В., Мулик И. Г., Назаров Н. О., Шатыр Ю. А. Комфортность и эстетичность среды обитания в становлении фенотипического и социального статуса человека	31
--	----

МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

Зайцева Н. В., Землянова М. А., Степанков М. С., Игнатова А. М. Научное прогнозирование токсичности и оценка потенциальной опасности наночастиц оксида магния для здоровья человека	39
---	----

Емцева Е. Д., Кикю П. Ф., Мазелис А. Л. Использование методов многомерного статистического анализа для оценки динамики заболеваемости онкологическими новообразованиями	45
---	----

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аталян А. В., Колесникова Л. И., Колесников С. И., Гржибовский А. М., Сутурина Л. В. Информационная система REDCar для сбора и хранения данных популяционных биомедицинских исследований	52
---	----

Соловьев А. Г., Голубева Е. Ю., Пезешкиан Х. Роль социального окружения в скрининге нарушений психического здоровья лиц пожилого возраста в условиях приарктической зоны России	60
---	----

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ И АДАПТАЦИОННАЯ РЕАКЦИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

© 2019 г. **Е. Д. Константинова, Т. А. Маслакова, Ю. В. Шалаумова,
А. Н. Вараксин, *А. А. Живодеров**

ФГБУН «Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург;
*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Цель исследования: выявить особенности влияния радиоактивного загрязнения территории на степень напряжения адаптационных механизмов организма по изменению показателей ритма сердца. *Методы.* Ритм сердца исследован у 944 жителей Уральского региона, из которых 223 жителя бассейна реки Теча, в которую осуществлялись сбросы жидких радиоактивных отходов, 587 проживают в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа и 134 обитателя контрольной (чистой) территории. У обследуемых были измерены частота сердечных сокращений, артериальное давление, снята и проанализирована по методике Р. М. Баевского кратковременная кардиограмма (100 кардиоинтервалов). Использованы: параметрический тест Шеффе (для сравнения трех и более выборок); двухфакторный дисперсионный анализ; метод сравнения долей с применением критерия, основанного на биномиальном распределении. *Результаты.* В качестве показателей адаптационных реакций выбраны параметры кардиогемодинамики (вариабельность сердечного ритма и артериальное давление). У людей, проживающих на радиоактивно загрязненных территориях, обнаружено напряжение адаптационных механизмов, о чем свидетельствует отклонение от нормы значений показателей индекса напряжения (ИН) у 52,2 % жителей, среднего квадратичного отклонения – у 58,1 %, индекса вегетативного равновесия – у 42,7 %. Отмечено, что среднее значение показателя ИН у жителей прибрежных населенных пунктов реки Теча находится за пределами нормы и статистически значимо отличается от аналогичных значений на остальных исследуемых территориях. *Выводы.* Обнаружено, что у значительной части населения радиоактивно загрязненных территорий регуляторная система организма находится в состоянии напряжения. Такой сопутствующий фактор, как принадлежность к старшей возрастной группе (>51 года), дополнительно увеличивает эффект влияния радиоактивного загрязнения территории на организм человека.

Ключевые слова: радиационное воздействие; вариабельность сердечного ритма

HUMAN ADAPTATION TO RADIOACTIVE CONTAMINATION OF A TERRITORY

**E. D. Konstantinova, T. A. Maslakova, Yu. V. Shalaumova,
A. N. Varaksin, *A. A. Zhivoderov**

Institute of Industrial Ecology of Ural Branch of Russian Academy of Sciences;
*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

The aim was to study effects of radioactive contamination of a territory on human adaptive mechanisms with special emphasis on cardiovascular risk factors. The adaptive reactions of the human body as a result of long radiation exposure were studied by analyzing heart rate variability and blood pressure. *Methods:* A sample consisted of 944 residents of the Urals region. Of them, 223 lived in the Techa River basin, into which liquid radioactive waste materials were released, 587 lived in the zone of the East Ural Radioactive Trace (EURT), and 134 residents lived in a non-polluted area. Short electrocardiograms (100 R-R intervals) were recorded. Continuous data were analyzed using Scheffe test two-way analysis of variance. Proportions were analyzed using tests assuming binomial distribution. *Results:* Heart rate variability and blood pressure were chosen as indicators of adaptive reactions of the human body. Substantial proportion of the population living in radioactive contaminated areas is in the state of the stress, as expressed by the deviation from the normal values of SI (at 52.2 % of the sample), SDNN (at 58.1 % of the sample), and from the normal values of VBI (at 42.7 % of the sample). Mean values of SI among residents of the Techa River basin were significantly different from the corresponding values among study participants from other territories. *Conclusions:* We observed significant effect of radioactive pollution on the state of adaptation mechanisms of the Urals region population. It is shown that regulatory system is in stress at significant part of population living in radioactive contaminated territories.

Key words: adaptive reactions of the human body; radiation exposure; heart rate variability; stress index; standard deviation of the NN interval; vegetative balance index

Библиографическая ссылка:

Константинова Е. Д., Маслакова Т. А., Шалаумова Ю. В., Вараксин А. Н., Живодеров А. А. Радиоактивное загрязнение территории и адаптационная реакция организма человека // Экология человека. 2019. № 2. С. 4–11.

Konstantinova E. D., Maslakova T. A., Shalaumova Yu. V., Varaksin A. N., Zhivoderov A. A. Human Adaptation to Radioactive Contamination of a Territory. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 2, pp. 4-11.

Теория адаптации в настоящее время является одним из фундаментальных направлений современной медицины и экологии человека [1, 4, 25]. В соответствии с мнением Р. М. Баевского, проявлением различных стадий общего адаптационного синдрома является изменение сердечного ритма [3]. Известно, что система кровообращения может рассматриваться как чувствительный индикатор адаптационных реакций целостного организма [1, 5], а вариабельность сердечного ритма (ВСР) хорошо отражает степень напряжения регуляторных систем [3, 4]. Поэтому использование контроля ВСР может служить одной из инструментальных составляющих в методологии выявления симптоматики стрессового состояния.

Многочисленные работы посвящены исследованию ВСР при различного рода физических и психических нагрузках [6, 17, 20], а также оценке приспособительных ответов организма при техногенном загрязнении окружающей среды [21, 23, 24]. Однако немногие работы ориентированы на изучение влияния радиоактивного загрязнения территории на состояние адаптационных механизмов организма посредством анализа ВСР [11, 12].

В настоящее время широко обсуждается проблема оценки долгосрочных последствий длительного воздействия малых доз ионизирующего излучения на организм человека [8, 19, 27]. Радиационное облучение может как усиливать действие общепризнанных факторов риска заболевания системы кровообращения [16], так и быть самостоятельной причиной возникновения патологии, однако риск подобных заболеваний обнаруживается только спустя десятилетия после экспозиции [19].

Кроме того, при оценке влияния основного фактора риска (в данном случае радиоактивного загрязнения территории) на показатели ВСР необходимо учитывать сопутствующие факторы, которые также могут оказывать влияние на исследуемый отклик. В ряде работ было показано, что средние значения показателей ВСР меняются с возрастом [14, 22, 28, 29]. Некоторыми авторами отмечаются гендерные различия средних значений показателей ВСР [22, 28], однако в других исследованиях подобных результатов не было получено [7, 29]. В проведенное исследование включен анализ показателей ВСР у обследуемых, относящихся к разным половозрастным группам.

Цель работы — исследование влияния радиоактивного загрязнения территории на степень напряжения адаптационных механизмов организма человека.

Задачей исследования является анализ параметров ВСР у населения, проживающего на радиоактивно загрязненных и условно чистой территориях Уральского региона.

Методы

Для проведения поперечного сравнительного исследования воздействия фактора окружающей среды (радиоактивное загрязнение местности) на состояние здоровья населения выделили три территории

Уральского региона. Две из них — опытные, то есть радиоактивно загрязненные, и одна контрольная. Причиной радиоактивного загрязнения на опытных территориях стало несовершенство технологического процесса и ряд аварий на производственном объединении «Маяк» [2, 13].

Первая опытная территория — прибрежные районы реки Теча, в которую осуществлялись сбросы жидких радиоактивных отходов на протяжении 1949—1956 годов суммарной активностью по бета-излучению 2,75 МКи [2]. В составе сброса были долгоживущие радионуклиды ^{90}Sr — 11,6 % и ^{137}Cs — 12,2 %, которые стали причиной последующего хронического внутреннего облучения людей [19]. В настоящее время среднегодовая объёмная активность ^{90}Sr в воде реки Течи вблизи прибрежных населенных пунктов на наиболее загрязненном участке (поселок Першинское Курганской области) составляет 5,81 Бк/л. Это значение в 1,2 раза выше уровня вмешательства для населения по нормам радиационной безопасности (4,9 Бк/л) и на 3 порядка выше фонового уровня для рек России (5,10 мБк/л) [15]. Несмотря на введенное ограничение на использование речной воды, население, в связи с затрудненным водоснабжением, до сих пор продолжает ее применять для хозяйственно-бытовых нужд [13].

Вторая опытная территория — зона ВУРС (населенные пункты, попавшие под действие Восточно-Уральского радиоактивного следа), образовавшегося в 1957 году вследствие аварии. Загрязненная в результате взрыва территория ВУРС занимала площадь около 20 000 км² с плотностью выше минимально измеряемого уровня радиоактивного загрязнения ^{90}Sr 0,1 Ки/км² и 1 000 км² — выше уровня загрязнения ^{90}Sr 2 Ки/км² [2]. Кроме того, на зону ВУРС частично наложился «цезиевый» радиоактивный след, образовавшийся в 1967 году в результате ветрового выноса радиоактивной пыли с берегов озера Карачай. Для населения определяющий вклад в накопленную дозу был сформирован посредством внутреннего облучения ^{90}Sr , который после аварии поступал в организм с местными продуктами питания [9]. В настоящее время, по данным радиационно-гигиенического мониторинга [10], остаточное радиоактивное загрязнение территории ВУРС формирует дополнительную дозовую нагрузку на население не выше 0,11 мЗв/год, что находится в пределах дозы техногенного облучения населения России — 1,0 мЗв/год, однако накопленная эффективная доза техногенного облучения у жителей ряда населенных пунктов может превышать 7 сЗв, что позволяет им обращаться за социальной защитой со стороны государства.

В качестве контрольной территории выбрано расположенное в Курганской области село Корюково, не попавшее в зону ВУРС и удаленное от реки Теча.

Был применен серийный способ создания выборки, где единицей отбора являлись относящиеся к трем указанным территориям населенные пункты, а

элементами — их постоянные жители. Участниками одномоментного (поперечного) исследования стали 944 человека. В исследовании принимали участие взрослое население в возрасте от 18 до 88 лет. Средний возраст обследуемых и стандартное отклонение составили $(49,7 \pm 16,6)$ года. На территории бассейна реки Теча обследованы 71 мужчина и 152 женщины, средний возраст $(50,3 \pm 16,8)$ года. На территории ВУРС были обследованы 191 мужчина и 396 женщин, средний возраст $(50,5 \pm 16,3)$ года. На контрольной территории обследованы 52 мужчины и 82 женщины, средний возраст $(45,3 \pm 17,1)$ года. У жителей проанализированных территорий проводилось измерение систолического и диастолического артериального давления и была снята пульсограмма методом Р. М. Баевского [3] длительностью 5 минут в условиях относительного покоя, лежа на спине, во втором стандартном отведении. Одновременно фиксировались пол, возраст, а также ряд антропометрических показателей.

Анализ ВСР проводился на основе следующих показателей: частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), среднее квадратическое отклонение (СКО), коэффициент вариации (V), амплитуда моды (АМо), вариационный размах (АХ), индекс напряжения регуляторных систем (ИН), индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный показатель ритма (ВПР), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР).

Сравнение средних значений показателей ВСР для различных территорий производилось с помощью параметрического теста Шеффе. Метод сравнения долей с применением современного критерия, основанного на биномиальном распределении [30], использовался для оценки долевого распределения значений расчетных показателей ВСР по исследуемым территориям. Оценка действия радиоактивного загрязнения местности в возрастных группах 18–50 и 51–88 лет на здоровье проводилась с использованием двухфакторного дисперсионного анализа.

Среднее арифметическое и его стандартная ошибка обозначены через $M \pm m$. Статистическая значимость различий устанавливалась при $p < 0,05$. Статистический анализ данных проводился в пакете STATISTICA 10 (StatSoft, Inc.).

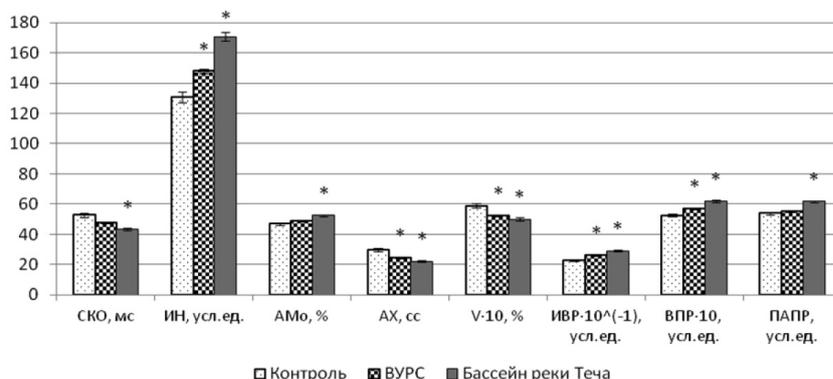
Исследование не противоречит стандартам медицинской этики, в том числе положениям Хельсинкской декларации в редакции 1983 года (протокол № 1 заседания этического комитета Института промышленной экологии УрО РАН от 30.01.2018).

Результаты

Для выявления особенностей ВСР населения исследуемых территорий (радиоактивно загрязненных и чистой) был использован параметрический тест Шеффе (для сравнения трех и более выборок). Проведенный анализ позволил выявить статистически значимые различия ряда показателей (СКО, АХ, ИН, V и АМо) у жителей радиоактивно загрязненных и чистой территорий. На рисунке представлены средние значения и стандартная ошибка некоторых показателей ВСР у населения, проживающего на трех исследуемых территориях.

Первым на рисунке представлен показатель СКО, отражающий суммарный эффект вегетативной регуляции сердечной деятельности. Можно видеть уменьшение средних значений СКО от контрольной территории $(0,053 \pm 0,003)$ с к радиоактивно загрязненным территориям: $(0,048 \pm 0,001)$ с — ВУРС; $(0,043 \pm 0,002)$ с — бассейн реки Теча.

Сравнение средних значений ИН, характеризующего степень централизованности управления ритмом сердца, на исследуемых территориях выявило превышение его нормативных значений (50–150 усл. ед.) до 171 усл. ед. у жителей бассейна реки Теча. Для АМо, отражающего влияние центрального контура регуляции на автономный, обнаружено увеличение средних значений на радиоактивно загрязненных территориях: $(48,9 \pm 0,6)$ % — ВУРС, $(52,5 \pm 1,0)$ % — бассейн реки Теча по сравнению с контрольной $(46,9 \pm 1,2)$ %. У жите-



Средние значения показателей variability сердечного ритма у людей, проживающих на исследуемых территориях: контрольной (чистой), Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС), бассейна реки Теча

Примечание. * — значимое различие показателей у жителей радиоактивно загрязненной территории по сравнению с контрольной при $p < 0,05$.

лей бассейна реки Теча АМо превышает верхнюю границу нормы (30–50 %).

Изменения трех вышеописанных показателей свидетельствуют об усилении тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы и напряжении регуляторных систем у жителей радиоактивно загрязненных территорий по сравнению с контрольной.

Показатель АХ отражает активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Наибольшее среднее значение АХ наблюдается на территории контроля (0,30 ± 0,02) с. На радиоактивно загрязненных территориях этот показатель снижается, что говорит о стабилизации сердечного ритма.

По значению V делается заключение о наличии фоновой аритмии или стационарности состояния. На всех исследуемых территориях средние значения V находятся в интервале 5,0–5,9 %. Нормальное значение V составляет 3–12 % [13].

Средние значения ИВР, ВПР и ПАПР, начиная с контрольной территории, возрастают, достигая наибольшего значения у жителей населенных пунктов, расположенных вдоль реки Теча. На всех территориях средние значения этих показателей находятся в пределах нормы [3, 4]. ИВР указывает на соотношение активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. ВПР характеризует вегетативный баланс с точки зрения активности автономного контура регуляции. ПАПР позволяет судить об избыточной или недостаточной централизации управления ритмом сердца.

Рассмотрим долевое распределение значений расчетных показателей ВСР по исследуемым территориям относительно нормы (табл. 1).

Таблица демонстрирует, что для показателей ИН, СКО и ВПР доля жителей со значениями, находящимися в пределах нормы на всех исследуемых территориях, примерно одинакова и составляет от 32,1 до 47,5 %. Доля жителей со значениями показателя ИВР, находящимися в пределах нормы, лежит в диапазоне 43,0–52,2 %, максимальное значение она имеет на контрольной территории. По показателю ПАПР в диапазон нормы попадает большинство жителей всех исследуемых территорий (от 61,0 до 65,8 %).

Отклонения от нормы значений показателя ИН < 50 усл. ед., показателя СКО > 80 мс и показателя ИВР < 100 усл. ед. отражают процесс активации парасимпатической регуляции. Эти отклонения наблюдаются только у небольшой доли населения, не превышающей 21,6 %.

Значения показателей ИН > 150 усл. ед., СКО < 40 мс и ИВР > 300 усл. ед. свидетельствуют о состоянии напряжения адаптационных механизмов. Самая большая доля жителей со значениями ИН, ИВР выше нормы и СКО ниже нормы наблюдается на территории бассейна реки Теча; самая низкая – на контрольной территории. Различия статистически значимы для ИН на уровне p = 0,003, для СКО – на уровне p = 0,031, для ИВР – на уровне p < 0,001.

Таблица 1

Распределение значений расчетных показателей варибельности сердечного ритма у жителей исследуемых территорий, % (абс. число)

Показатель	Территория		
	Бассейн реки Теча	ВУРС	Контроль
<i>ИН</i>			
<50 усл. ед.	6,3 (14)	13,3 (78)	19,4 (26)
50–150 усл. ед. (норма)	35,4 (79)	36,8 (216)	38,8 (52)
>150 усл. ед.	58,3 (130)	49,9 (293)	41,8 (56)
<i>СКО</i>			
<40 мс	60,5 (135)	57,2 (336)	49,2 (66)
40–80 мс (норма)	35,0 (78)	34,6 (203)	40,4 (54)
>80 мс	4,5 (10)	8,2 (48)	10,4 (14)
<i>ИВР</i>			
<100 усл. ед.	8,1 (18)	14,0 (82)	21,6 (29)
100–300 усл. ед. (норма)	43,0 (96)	45,7 (268)	52,2 (70)
>300 усл. ед.	48,9 (109)	40,4 (237)	26,1 (35)
<i>ВПР</i>			
<7,1 усл. ед.	49,4 (110)	56,7 (333)	65,7 (88)
7,1–9,3 усл. ед. (норма)	47,5 (106)	40,3 (237)	32,1 (43)
>9,3 усл. ед.	3,1 (7)	3,0 (17)	2,2 (3)
<i>ПАПР</i>			
<35 усл. ед.	6,7 (15)	14,0 (82)	17,1 (23)
35–70 усл. ед. (норма)	61,0 (136)	65,0 (382)	65,8 (88)
>70 усл. ед.	32,3 (72)	21,0 (123)	17,1 (23)

В совокупности для населения двух подвергшихся облучению территорий (ВУРС и бассейн реки Теча) доля жителей с отклонениями от нормы для ИН > 150 усл. ед. составляет 52,2 %, СКО < 40 мс – 58,1 %, ИВР > 300 усл. ед. – 42,7 %.

Помимо радиоактивного загрязнения территории на функциональное состояние организма может влиять принадлежность к старшей возрастной группе. Оценка влияния радиоактивного загрязнения местности на показатели ВСР у людей разных возрастных групп проводилась с использованием двухфакторного дисперсионного анализа. Средние значения и стандартная ошибка показателей представлены в табл. 2.

Сравнительный анализ показателей ВСР у населения исследуемых территорий выявил, что у жителей бассейна реки Теча средние значения вариационного размаха АХ ниже, чем на территориях контроля и ВУРС независимо от возраста.

Можно видеть, что радиоактивное загрязнение местности статистически значимо увеличивает значение ИВР в старшей возрастной группе, в то время как на контрольной территории величина этого показателя не зависит от возраста.

Минимальные значения ИН наблюдаются на контрольной (чистой) территории, значимых различий у

Таблица 2

Сравнение параметров гемодинамики у жителей трех исследуемых территорий Уральского региона в зависимости от возраста ($M \pm m$)

Показатель	Контроль			ВУРС			Бассейн реки Теча		
	<51	>51	p	<51	>51	p	<51	>51	p
САД, мм рт. ст.	112,7 ± 1,7	147,8 ± 3,3	<0,001	130,6 ± 1,2	153,6 ± 1,5	<0,001	119,4 ± 2,1	150,9 ± 2,8	<0,001
ДАД, мм рт. ст.	71,4 ± 1,2	83,7 ± 1,7	<0,001	84,5 ± 0,8	92,2 ± 0,8	<0,001	76,5 ± 1,3	87,5 ± 1,3	<0,001
ЧСС, уд. в мин	68,9 ± 0,9	67,2 ± 1,2	0,255	67,6 ± 0,5	65,5 ± 0,5	0,091	69,5 ± 0,9	69,2 ± 0,9	0,775
СКО, с	0,051 ± 0,003	0,055 ± 0,006	0,489	0,046 ± 0,001	0,049 ± 0,002	0,376	0,040 ± 0,001	0,044 ± 0,003	0,856
АХ, с	0,266 ± 0,023	0,349 ± 0,038	0,049	0,230 ± 0,006	0,261 ± 0,012	0,027	0,219 ± 0,012	0,225 ± 0,015	0,756
ИН, усл. ед.	129 ± 8	133 ± 11	0,791	139 ± 5	157 ± 5	0,006	157 ± 8	182 ± 8	0,026
V, %	5,8 ± 0,4	6,2 ± 0,6	0,622	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,3	0,472	4,9 ± 0,2	5,0 ± 0,4	0,914
АМо, %	43,2 ± 1,4	52,5 ± 1,9	<0,001	45,3 ± 0,7	52,4 ± 0,9	<0,001	49,4 ± 1,4	55,1 ± 1,4	0,005
ИВР, усл. ед.	219,4 ± 12,7	237,4 ± 19,8	0,424	237,4 ± 6,8	282,8 ± 8,0	<0,001	266,5 ± 11,9	311,0 ± 12,4	0,011
ВПР, усл. ед.	5,55 ± 0,25	4,84 ± 0,33	0,086	5,72 ± 0,13	5,55 ± 0,13	0,742	6,09 ± 0,19	6,30 ± 0,19	0,444
ПАПР, усл. ед.	50,4 ± 1,9	59,4 ± 2,4	0,004	51,9 ± 1,1	57,9 ± 1,2	<0,001	58,3 ± 2,1	64,6 ± 2,1	0,035

разных возрастных групп по данной выборке получено не было. В бассейне реки Теча средние значения *ИН* увеличиваются на 25 усл. ед. в старшей возрастной категории, различие статистически значимо. Также статистически значимы различия средних значений *ИН* у разновозрастных групп на территории ВУРС.

Минимальные значения *СКО* наблюдаются на обеих радиоактивно загрязненных территориях. Различия средних значений *СКО* в разных возрастных группах не значимы для всех исследуемых территорий.

Кроме того, на всех исследуемых территориях наблюдаются статистически значимые различия средних значений таких показателей, как *САД*, *ДАД*, *АМо* и *ПАПР* у разных возрастных групп.

Следует отметить, что статистически значимых гендерных различий в анализируемой выборке обнаружено не было.

Обсуждение результатов

В настоящей работе исследовано функциональное состояние организма жителей некоторых территорий Уральского региона. Подход, основанный на анализе ВСП, позволил сравнить степень напряжения регуляторных систем у жителей радиоактивно загрязненных и контрольной территорий. Внимание было уделено также изучению особенностей ВСП, обусловленных возрастными изменениями организма.

Было показано, что радиоактивное загрязнение территории ведет к напряжению функциональных систем организма. У значительной части населения, подвергшегося долгосрочному облучению, выявлены отклонения от нормы значений показателей *СКО*, *ИН* и *ИВР*, отражающие дисбаланс вегетативной нервной системы в сторону преобладания симпатической регуляции, сопровождающийся повышенными энергетическими потребностями. Длительное преобладание симпатической регуляции приводит к истощению энергетических резервов и, как следствие, может спровоцировать появление и развитие заболеваний различной этиологии [1, 26].

Отмечено, что у людей, подвергшихся радиационному воздействию, и их потомков патологии различных классов заболеваний и множественные патологии встречаются чаще, чем в контрольных группах [11, 12], что может объясняться повышенным напряжением компенсаторных механизмов организма [26]. Таким образом, напряжение адаптационных механизмов может являться совокупным откликом организма на длительное воздействие облучения, и жители радиоактивно загрязненных территорий подвержены большему риску заболеваний, чем в контрольной группе.

Полученные оценки степени напряжения регуляторных систем на основании анализа показателей ВСП у жителей Уральского региона хорошо согласуются с результатами исследования ВСП у мужчин-ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС, в котором была выявлена ведущая роль повышенной активности симпатического отдела нервной системы в появлении сердечно-сосудистой патологии [12].

Следует отметить, что в структуре общей заболеваемости населения Российской Федерации в последние годы болезни системы кровообращения занимают первое место среди неинфекционных заболеваний [18]. Аналогичная тенденция прослеживается у людей, подвергшихся облучению, например проживающих вдоль реки Теча [16] или участвовавших в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС [12], которые имеют более высокие риски заболевания системы кровообращения по сравнению с контрольной группой.

При оценке состояния сердечно-сосудистой системы традиционно уделяется внимание сопутствующим факторам сердечно-сосудистого риска. Нами проанализировано влияние такого фактора, как возраст. Установлено, что на радиоактивно загрязненных территориях у людей, относящихся к старшей возрастной группе (≥ 51 года), отмечается еще более выраженный эффект изменения показателей ВСП.

Таким образом, обнаружено влияние радиоактивного техногенного загрязнения окружающей среды

на состояние адаптационных механизмов населения Уральского региона. У большей части населения, проживающего на территориях, подвергшихся длительному радиационному воздействию, регуляторная система находится в состоянии функционального напряжения, о чем свидетельствует отклонение от нормы ряда значений показателей ВСР. Было выявлено отклонение значений *ИН* и *ИВР* относительно верхней границы у 52,2 и 42,7 % обследуемых и стандартного отклонения ряда кардиоинтервалов *СКО* относительно нижней границы у 58,1 % обследуемых по сравнению с распространенностью аналогичных отклонений на контроле, составляющих 41,8, 26,1 и 49,2 % соответственно. Указанные отклонения от нормы свидетельствуют о значительном напряжении регуляторных механизмов, выражаемом через дисбаланс вегетативной нервной системы в сторону преобладания центрального контура управления над автономным. Наиболее выраженный эффект напряжения регуляторной системы под влиянием радиоактивного загрязнения как по абсолютным значениям отклонения от нормы показателей ВСР, так и по распространенности этих отклонений наблюдается у жителей прибрежных населенных пунктов реки Теча. Такой сопутствующий фактор, как принадлежность к старшей возрастной группе (>51 года), дополнительно увеличивает неблагоприятный для организма человека эффект радиоактивного загрязнения территории.

Работа выполнена по государственному заданию ИПЭ УрО РАН, тема № 0392-2014-0002.

Авторство

Константинова Е. Д. внесла существенный вклад в получение данных, участвовала в анализе и интерпретации данных; Маслакова Т. А. участвовала в анализе и интерпретации данных; Шалаумова Ю. В. участвовала в интерпретации данных, подготовила первый вариант статьи; Варакин А. Н. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретацию данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Живодеров А. А. участвовал в получении, анализе и интерпретации данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Константинова Екатерина Даниловна — SPIN 1887-7612; ORCID 0000-0002-2260-744X

Маслакова Татьяна Анатольевна — SPIN 3233-7652; ORCID 0000-0001-6642-9027

Шалаумова Юлия Валерьевна — SPIN 3163-6856; ORCID 0000-0002-0173-6293

Варакин Анатолий Николаевич — SPIN 9910-2326; ORCID 0000-0003-2689-3006

Живодеров Андрей Алексеевич — SPIN 3091-7050; ORCID 0000-0002-9106-1882

Список литературы

1. Агаджанян Н. А. Стресс и теория адаптации. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. 2005, 190 с.
2. Атлас Восточно-Уральского и Карачаевского радиоактивных следов, включая прогноз до 2047 года / Израэль Ю. А., ред. М.: ИГКЭ Росгидромета и РАН, Фонд «Инфосфера» — НИА-Природа, 2013. 140 с.

3. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. № 3. С. 108–127.

4. Баевский Р. М., Берсенева А. П., Луцицкая Е. С., Слепченкова И. Н., Черникова А. Г. Оценка уровня здоровья при исследовании практически здоровых людей. М.: Слово, 2009. 100 с.

5. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дёстева Г. Н. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 4. С. 137–142.

6. Дерягина Л. Е., Цыганок Т. В., Рувинова Л. Г., Гудков А. Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. № 3. С. 40–44.

7. Карпенко Ю. Д. Изучение зависимости вариабельности сердечного ритма от факторов внутренней и внешней среды // Фундаментальные исследования. 2011. № 10. С. 619–623.

8. Карпин В. А., Кострюкова Н. К., Гудков А. Б. Радиационное воздействие на человека района и его дочерних продуктов распада // Гигиена и санитария. 2005. № 4. С. 13–17.

9. Костюченко В. А., Перемыслова Л. М., Аклеев А. В., Попова И. Я., Батурич В. А., Казаченок Н. Н. и др. Сравнительная характеристика формирования радиационно-гигиенической обстановки на загрязненных территориях Уральского региона // Медицина экстремальных ситуаций. 2011. № 2. С. 79–87.

10. Кузьмин С. В., Романов С. В., Власов И. А., Тиблюков И. В., Калинин А. А., Малых О. Л. Восточно-Уральский радиоактивный след: Свердловская область // Радиационная гигиена. 2012. № 5 (3). С. 48–52.

11. Мешков Н. А. Адаптивная реакция организма в отдаленный период после радиационного воздействия // Мир науки, культуры, образования. 2011. № 2 (27). С. 318–321.

12. Мешков Н. А. Особенности патогенеза сердечно-сосудистой патологии у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС в отдаленном периоде // Радиация и риск. 2016. № 25 (3). С. 73–85.

13. Муслимово: итоги 50-летнего наблюдения / под ред. Аклеева А. В., Киселева М. Ф. Челябинск, 2001. URL: <http://nuclear.tatar.mtss.ru/0f0000011.htm> (дата обращения: 16.02.2018).

14. Нифонтова О. Л., Гудков А. Б., Шербакова А. Э. Характеристика параметров ритма сердца у детей коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2007. № 11. С. 41–44.

15. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад. М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2017. 760 с.

16. Плеханова О. В., Калев О. Ф., Аклеев А. В. Множественные хронические заболевания у лиц, проживающих в зоне радиационного воздействия // Материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции Уральского федерального округа «Полипатии в общей врачебной практике (семейной медицине)», Челябинск, ЧелГМА, 2007. С. 74–77.

17. Попова Н. В., Попов В. А., Гудков А. Б. Возможности тепловидения и вариабельность седечного ритма при прогностической оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы // Экология человека. 2012. № 11. С. 33–37.

18. Уточненный отчет о ходе реализации и оценке эффективности государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» за 2014 год. М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2015. 132 с.
19. Akleyev A. V. Chronic radiation syndrome. Berlin: Springer, 2014. 410 p.
20. Billman G. E. Heart Rate Variability - A Historical Perspective // *Front Physiol.* 2011. Vol. 2 (86). P. 13.
21. Huang J., Deng F., Wu S., Lu H., Hao Y., Guo X. The impacts of short-term exposure to noise and traffic-related air pollution on heart rate variability in young healthy adults // *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology.* 2013. Vol. 23. P. 559–564.
22. Jandackova V. K., Scholes Sh., Britton A., Stoptoe A. Are changes in heart rate variability in middle-aged and older people normative or caused by pathological condition? Findings from a large population-based longitudinal cohort study // *Journal of the American Heart Association.* 2016. N 5 (2). P. e002365.
23. Nyhan M., McNabola A., Misstear B. Comparison of particulate matter dose and acute heart rate variability response in cyclists, pedestrians, bus and train passengers // *Science of the Total Environment.* 2014. Vol. 468. P. 821–831.
24. Schnell I., Potchter O., Epstein Y., Yaakov Y., Hermesh H., Brenner S. et al. The effects of exposure to environmental factors on Heart Rate Variability: An ecological perspective // *Environmental Pollution.* 2013. Vol. 183. P. 7–13.
25. Thayer J. F., Hansen A. L., Saus-Rose E., Johnsen B. H. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health // *Annals of Behavioral Medicine.* 2009. Vol. 37, N 2. P. 141–153.
26. Thayer J. F., Yamamoto S. S., Brosschot J. F. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors // *International Journal of Cardiology.* 2010. N 141 (2). P. 122–131.
27. UNSCEAR (2010). Summary of low-dose radiation effects on health. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010. United Nations, New York. 2011. 106 p.
28. Voss A., Schroeder R., Heitmann A., Peters A., Perz S. Short-term heart rate variability - influence of gender and age in healthy subjects // *PLoS ONE.* 2015. N 10 (3). P. e0118308.
29. Zhang J. Effect of age and sex on heart rate variability in healthy subjects // *Journal of manipulative and physiological therapeutics.* 2007. N 30 (5). P. 374–379.
30. Zhang H., Rojas H. A. G., Cuervo E. C. Confidence and credibility intervals for the difference of two proportions // *Revista Colombiana de Estadística.* 2010. N 33 (1). P. 63–88.
31. Baevsky R. M., Berseneva A. P., Luchitskaya E. S., Slepchenkova I. N., Chernikova A. G. *Otsenka urovnya zdorov'ya pri issledovanii prakticheski zdorovykh lyudey* [The assessment of the level of health in studies of healthy people]. Moscow, Slovo Publ., 2009, 100 p.
32. Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Degteva G. N. Some Features of Physiological Responses in workers during expedition shift work in the Arctic region. *Fiziologiya cheloveka.* 1996, 22 (4), pp. 137-142. [In Russian]
33. Deryagina L. E., Tsyganok T. V., Ruvina L. G., Gudkov A. B. Psychophysiological traits of personality and the specific features of heart rhythm regulation under the influence of occupational activities. *Meditsinskaya Tekhnika.* 2001, 3, pp. 40-44. [In Russian]
34. Karpenko Y. D. Izucheniye zavisimosti variablenosti serdechnogo ritma ot faktorov vnutrenney i vneshney sredy. *Fundamentalnye issledovaniya* [Fundamental research]. 2011, 10, pp. 619-623. [In Russian]
35. Karpin V. A., Kostyukova N. K., Gudkov A. B. Human radiation action of radon and its daughter disintegration products. *Gigiena i Sanitarya.* 2005, 4, pp. 13-17. [In Russian]
36. Kostyuchenko V. A., Peremyslova L. M., Akleyev A. V., Popova I. Y., Baturin V. A., Kazachenok N. N. et al. The comparative characteristic of radiation-hygienic situation formation in contaminated territory of the Urals region. *Meditsina ehkstremaal'nykh situatsii* [Medicine of Extreme Situations]. 2011, 2, pp. 79-87. [In Russian]
37. Kuzmin S. V., Romanov S. V., Vlasov I. A., Tibilov I. V., Kalinin A. A., Malykh O. L. et al. East-Ural Radioactive Trace: Sverdlovsk region. *Radiatsionnaya Gygiena* [Radiation Hygiene]. 2012, 5 (3), pp. 48-52. [In Russian]
38. Meshkov N. A. Adaptive reaction in a distant period after radiation exposure. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [The world of science, culture and education]. 2011, 2 (27), pp. 318-321. [In Russian]
39. Meshkov N. A. Pathogenesis of cardiovascular diseases in liquidators of Chernobyl disaster in the long term. *Radiatsiya i risk* [Radiation and Risk]. 2016, 25 (3), pp. 73-85. [In Russian]
40. *Muslyumovo: itogi 50-letnego nablyudeniya.* [Muslyumovo: the results of the 50 years of observations]. Eds.: Akleyev A. V., Kiselev M. F. Chelyabinsk, 2001. Available at: <http://nuclear.tatar.mtss.ru/of0000011.htm> (accessed: 16.02.2018).
41. Nifontova O. L., Gudkov A. B., Shcherbakova A. Ye. Description of parameters of cardiac rhythm in indigenous children in Khanty-Mansiysky autonomous area. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007, 11, pp. 41-44. [In Russian]
42. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu. Gosudarstvennyi doklad* [State and protection of the environment of the Russian Federation in 2015. State report]. Moscow, Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, 2017, 760 p.
43. Plekhanova O. V., Kalev O. F., Akleyev A. V. Mnozhestvennyye khronicheskie zabolevaniya u lits, prozhivayushchikh v zone radiatsionnogo vozdeistviya [Multiple chronic diseases among residents in the area of radiation exposure]. In: *Materialy IV Mezhhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii Ural'skogo federal'nogo okruga «Polipatii v obshchei vrachebnoi praktike (semeinoi meditsine)»* [Polypathy in general practice (family medicine): Proceedings of the IV Inter-regional scientific-practical conference of the Ural Federal District]. Chelyabinsk, 2007, pp. 74-77.

References

1. Agadzhanyan N. A. *Stress i teoriya adaptatsii* [Stress and adaptation theory]. Orenburg, 2005, 190 p.
2. *Atlas Vostochno-Ural'skogo i Karachayevskogo radioaktivnykh sledov, vkluychaya prognoz do 2047 goda* [Atlas of the East Ural and Karachay radioactive trace including forecast up to 2047]. Ed. Izrael Yu. A. Moscow, Infosphere Publ., 2013, 130 p.
3. Baevsky R. M., Ivanov G. G. Heart rate variability: theoretical aspects and the possibilities of clinical use. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika* [Ultrasonic and functional diagnostics]. 2001, 3, pp. 108-127. [In Russian]

17. Popova N. V., Popov V. A., Gudkov A. B. Opportunities of thermography and heart rate variability in predictive valuation of cardiovascular system functional state. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 11, pp. 33-37. [In Russian]

18. *Utochnennyi otchet o khode realizatsii i otsenke effektivnosti gosudarstvennoi programmy Rossiiskoi Federatsii «Razvitie zdavookhraneniya» za 2014 god* [The revised report on the implementation and evaluation of the effectiveness of the state program of the Russian Federation "Health care development" in 2014]. Moscow, Ministry of Health of the Russian Federation, 2015, 132 p.

19. Akleyev A. V. *Chronic radiation syndrome*. Berlin, Springer, 2014, 410 p.

20. Billman G. E. Heart Rate Variability - A Historical Perspective. *Front Physiol*. 2011, 2 (86), 13 p.

21. Huang J., Deng F., Wu S., Lu H., Hao Y., Guo X. The impacts of short-term exposure to noise and traffic-related air pollution on heart rate variability in young healthy adults. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 2013, 23, pp. 559-564.

22. Jandackova V. K., Scholes Sh., Britton A., Stoptoe A. Are changes in heart rate variability in middle-aged and older people normative or caused by pathological condition? Findings from a large population-based longitudinal cohort study. *Journal of the American Heart Association*. 2016, 5 (2), p. e002365.

23. Nyhan M., McNabola A., Misstear B. Comparison of particulate matter dose and acute heart rate variability response in cyclists, pedestrians, bus and train passengers. *Science of the Total Environment*. 2014, 468, pp. 821-831.

24. Schnell I., Potchter O., Epstein Y., Yaakov Y., Hermesh H., Brenner S. et al. The effects of exposure to environmental factors on Heart Rate Variability: An ecological perspective. *Environmental Pollution*. 2013, 183, pp. 7-13.

25. Thayer J. F., Hansen A. L., Saus-Rose E., Johnsen B. H. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of Behavioral Medicine*. 2009, 37 (2), pp. 141-153.

26. Thayer J. F., Yamamoto S. S., Brosschot J. F. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International Journal of Cardiology*. 2010, 141 (2), pp. 122-131.

27. UNSCEAR (2010). Summary of low-dose radiation effects on health. *Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010*. United Nations, New York, 2011, 106 p.

28. Voss A., Schroeder R., Heitmann A., Peters A., Perz S. Short-term heart rate variability - influence of gender and age in healthy subjects. *PLoS ONE*. 2015, 10 (3), p. e0118308.

29. Zhang J. Effect of age and sex on heart rate variability in healthy subjects. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2007, 30 (5), pp. 374-379.

30. Zhang H., Rojas H. A. G., Cuervo E. C. Confidence and credibility intervals for the difference of two proportions. *Revista Colombiana de Estadística*. 2010, 33 (1), pp. 63-88.

Контактная информация:

Константинова Екатерина Даниловна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории математического моделирования в экологии и медицине ФГБУН «Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук»

Адрес: 620990, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 20

E-mail: K_Konst@ecko.uran.ru; Konstantinovaekateri@gmail.com

УДК 613.6.02(98)

DOI: 10.33396/1728-0869-2019-2-12-20

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СОХРАНЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2019 г. ^{1,4}А. Н. Никанов, ^{1,3}В. П. Чащин, ⁵И. Дардынская, ¹С. А. Горбанев, ²А. Б. Гудков, ⁶Б. Лагхайн, ²О. Н. Попова, ¹В. М. Дорофеев

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург; ²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск; ³ФГАОУ ВО НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва; ⁴Министерство здравоохранения Мурманской области, г. Мурманск; ⁵Школа глобального здоровья, Университет Иллинойс, Чикаго, США; ⁶Университет Дуйсбург-Эссен, ФРГ

Цель: оценить риск возникновения нарушений здоровья, связанных с условиями труда, определить этиологический вклад вредных производственных факторов, суммарное бремя этих болезней и тренды их изменений у работников, занятых на предприятиях цветной металлургии Арктической зоны Российской Федерации. *Методы.* Проведен анализ результатов обязательных периодических медицинских осмотров 5 006 работников, занятых в пирометаллургическом и электролитическом производстве никеля и меди. Определен показатель потери лет жизни, скорректированный по нетрудоспособности работников (DALY) от заболеваний, имеющих устойчивую и статистически существенную связь с условиями труда. *Результаты.* Подвергаются воздействию соединений никеля и меди 53 % от общей численности работников, в том числе 50,9 % – в условиях недопустимых концентраций в воздухе рабочей зоны никеля, 9,2 % – меди и 19,9 % пыли смешанного состава. При этом относительный риск возникновения развития профессиональных заболеваний оказался наиболее значительным у работников, занятых в цехах электролиза никеля (ЦЭН), – 6,78, а наименьший – у работников в производстве меди. Показатель распространенности заболеваний в ЦЭН сократился с 2006 по 2015 г. на 27,8 %, в рафинировочном цехе – на 26,8 %, а среди работников, имеющих периодический контакт с этими металлами, – на 24,1 %. *Выводы.* Наиболее экспонированными группами являются работники, занятые в пирометаллургическом и электролитическом производстве никеля. Применение риск-ориентированного подхода к разработке мер по сохранению здоровья работников позволило достигнуть существенного сокращения показателя распространенности болезней, связанных с условиями труда, в том числе среди работников ЦЭН – в 2,1 раза, у работников пирометаллургического рафинирования на 17,8 % (среди мужчин – на 5,0 %, среди женщин – в 2 раза).

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, медно-никелевая промышленность, болезни, связанные с работой, риск-ориентированный подход к сохранению здоровья

RISK-BASED APPROACH TO IMPROVE WORKPLACE HEALTH IN NON-FERROUS METALLURGY LOCATED IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIAN FEDERATION

^{1,4}A. N. Nikanov, ^{1,3}V. P. Chashchin, ⁵I. Dardynskaia, ¹S. A. Gorbanev, ²A. B. Gudkov, ⁶B. Lachhein, ²O. N. Popova, ¹V. M. Dorofeev

¹Northwest Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russia; ²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia; ³National Research University - Higher School of Economics, Moscow, Russia; ⁴Health Ministry of Murmansk Region, Murmansk, Russia; ⁵School of Global Health, University of Illinois, Chicago, USA; ⁶The University of Duisburg-Essen, Germany

Objective: To assess the work-related health risk and to determine the attributable fraction due to exposure to the occupational hazards as well as the total burden of related diseases and its temporal trends in non-ferrous metallurgy located in the Arctic zone of the Russian Federation. *Methods:* The results of mandatory medical examinations of 5006 workers engaged in the pyrometallurgic and electrolytic departments of nickel and copper have been analyzed. The disability adjusted life years lost, (DALY) due to diseases having a stable and statistically significant relationship with occupational hazards has been determined. *Results:* 53 % of the total number of employees are occupationally exposed to nickel and copper compounds, including 50.9 % those exposed to unacceptable nickel air concentrations, 9.2 % to copper air concentrations and 19.9 % to dust of mixed composition. At the same time, the relative risk of the occupational diseases turned out to be the most significant among workers employed in the nickel-electroplating department (NED) - 6.78, and the lowest was in workers employed in copper department. The prevalence rate of work-related diseases at NED had been declining by 27.8 % from 2006 to 2015, in the pyro-refining department - by 26.8 %, and among workers who have periodic exposure to these metals - by 24.1 %. *Conclusion.* The most exposed groups are workers employed in the pyro-refining and nickel-electroplating departments. The use of a risk-based approach to the development of the health preventive measures allowed achieving a significant reduction in the incidence rate of work-related diseases, including that in NED workers by 2.1 times, among workers of pyrometallurgical refining by 17.8 %, including among males - by 5.0 % in men, and by 2 times in female workers.

Key words: Arctic zone of the Russian Federation, copper-nickel industry, work-related diseases, risk-based approach to health promotion

Библиографическая ссылка:

Никанов А. Н., Чащин В. П., Дардынская И., Горбанев С. А., Гудков А. Б., Лагхайн Б., Попова О. Н., Дорофеев В. М. Риск-ориентированный подход к сохранению профессионального здоровья работников на предприятиях цветной металлургии в Арктической зоне Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 2. С. 12–20.

Nikanov A. N., Chashchin V. P., Dardynskaia I., Gorbanev S. A., Gudkov A. B., Lachhein B., Popova O. N., Dorofeev V. M. Risk-based Approach to Improve Workplace Health in Non-ferrous Metallurgy Located in the Arctic Zone of Russian Federation. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 2, pp. 12-20.

Актуальность проблемы сохранения здоровья работников, занятых на предприятиях металлургической промышленности Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), определяется большим экономическим значением этих предприятий, которые обеспечивают более 30 % от общего производства никеля в России, а также значительную часть кобальта, меди, редкоземельных и драгоценных металлов. Перспективы их развития определяются как освоением новых месторождений, являющихся в ряде случаев нетрадиционными источниками сырья, так и глубоким техническим перевооружением производства. Главное внимание в настоящий период уделено реконструкции и техническому перевооружению предприятий на основе внедрения современного оборудования и технологий, обеспечивающего наряду с повышением экономической эффективности производства и снижение интенсивности воздействия на организм вредных веществ и пыли. Для медно-никелевой промышленности эти задачи имеют особую актуальность, а важнейшее значение среди них придается охране здоровья работающих [2, 10, 20].

В силу особенностей производственных процессов, характеризующихся высокой энергоемкостью, многостадийностью, большими грузопотоками, интенсивным выделением в воздух вредных веществ и пыли, медно-никелевую промышленность относят к отраслям с наиболее тяжелыми, опасными и вредными условиями труда. Закономерно, что по уровню профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости работники, занятые в цветной металлургии в АЗРФ, занимают одно из ведущих мест как в целом по экономике России, так и среди других предприятий металлургической промышленности [1, 12, 16, 28].

Очевидно, что в суровых природно-климатических условиях Арктики, где, как было установлено в результате ранее проведенных экспериментальных и эпидемиологических исследований, возможно существенное повышение восприимчивости организма к воздействию вредных веществ, в том числе широко представленных в этом производстве диоксида серы, а также увеличение ретенции аэрозолей в дыхательной системе при пониженных температурах среды [4, 5, 17, 19, 27], для сохранения здоровья работников кроме модернизации технологических процессов и оборудования необходима также разработка на основе риск-ориентированного подхода целевых организационных и медико-профилактических мер, направленных на предотвращение возникновения болезней и других нарушений здоровья, связанных с работой, включая разработку рациональных режимов труда и отдыха, определение допустимого стажа работы, внедрение эффективных оздоровительных мероприятий [3, 6, 8, 18, 29].

Целью исследования являлась оценка риска возникновения профессиональных заболеваний и других связанных с работой нарушений здоровья, опреде-

ление этиологического вклада основных вредных производственных факторов в суммарное бремя этих болезней (DALY) и временных трендов изменений в этих показателях у работников, занятых на предприятиях цветной металлургии Арктической зоны Российской Федерации.

Методы

Исследования выполнены на предприятиях горно-металлургического комплекса АО «Кольская горно-металлургическая компания» (АО «Кольская ГМК»), размещенных на территории Европейской части Арктической зоны Российской Федерации (Мурманская область), осуществляющих добычу и переработку медно-никелевых руд. Определение параметров вредных факторов на рабочих местах наиболее массовых профессий при электролитическом и пирометаллургическом рафинировании никеля и меди осуществлялось на основе как российских национальных, так и оригинальных методов исследования, рекомендованных ВОЗ для оценки экспозиции в эпидемиологических исследованиях по оценке риска развития профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний [9, 14, 21, 24]. Определение аэрозолей никеля в пробах воздуха рабочих зон осуществлялось в соответствии с ISO 15202-2:2001 (Определение металлов и металлоидов в твердых частицах аэрозоля методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой), а его содержание в пробах мочи — атомно-абсорбционным методом в соответствии с требованиями МУК 4.1.774-99 (Определение содержания железа, цинка, никеля в моче методом атомной абсорбции).

Оценка риска развития профессиональных заболеваний у работников горно-металлургического комплекса проведена по данным архива клиники профессиональных заболеваний филиала НИЛ ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» (г. Кировск, Мурманская область). Информацию о впервые выявленных 666 случаях профессиональных заболеваний у работников, занятых рафинированием никеля и меди, получены за период с 1975 по 2010 г. В контрольную группу вошли работники вспомогательных профессий, которые подвергаются воздействию вредных производственных факторов, как правило, не превышающих их предельно допустимых значений. По возрасту и стажу работы на момент выявления профзаболеваний у работников, занятых рафинированием никеля и меди, существенных отличий не выявлено (табл. 1).

Для оценки связи нарушений здоровья с работой использованы результаты периодических медицинских осмотров 2 113 работников, занятых пирометаллургическим рафинированием никеля, и 2 893 работника, занятых электролитическим рафинированием никеля. Анализ результатов динамического наблюдения за показателями заболеваемости осуществлен за период с 2006 по 2015 г.

Таблица 1
Распределение работников, пострадавших вследствие профессиональных заболеваний, по возрасту и стажу работы в производстве никеля и меди

Показатель	Рафинирование			
	Пирометаллургическое		Электролитическое	
	Никелевое производство (n=178)	Медное производство (n=52)	Никелевое производство (n=144)	Медное производство (n=6)
Средний возраст, лет	49,9±0,5	48,1±0,9	49,4±0,7	48,8±2,9
Средний стаж, лет	22,5±0,6	19,7±1,2	20,6±0,7	23,0±3,2

Комплексная оценка потерь здоровья проведена с использованием DALY-анализа [22]. При подготовке базы данных результатов периодических осмотров были кодированы все диагнозы в соответствии с Международной статистической классификацией болезней (МКБ-10). Выборка данных о заболеваемости работников проведена по возрастным группам: до 30 лет, 30–34, 35–39, 40–44, 45–49, 50–54, 55–59, 60 лет и старше, отдельно для мужчин и женщин.

Для статистической обработки и анализа материалов исследований использовались функции приложения Excel пакета Microsoft Office 2010. Определялись t-критерий Стьюдента для независимых выборок, относительный риск (ОР), 95 % доверительный интервал (95 % ДИ) и этиологическая доля (ЕФ) факторов рабочей среды в возникновении отдельных классов болезней и других нарушений здоровья. Числовые данные представлены в виде математического ожидания и стандартной ошибки ($M \pm m$). Различия показателей считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Технологический процесс рафинирования никеля и меди сопровождается загрязнением воздуха рабочих мест вредными веществами и пылью. Интенсивность экспозиции к металлам для отдельных профессий во многом определяется способом рафинирования, стадией переработки и получения готового продукта.

Специальная оценка условий труда, проведенная в подразделениях АО «Кольская ГМК», выявила значительное количество рабочих мест с вредными условиями труда (класс 3.1–4), на которых заняты 90,1 % от общей численности работников. При этом 53,0 % работников заняты на работах в условиях воздействия соединений никеля и меди, в том числе 50,9 % – в условиях недопустимых концентраций никеля в воздухе (класс 3.1–4), 9,2 % – в условиях повышенных концентраций меди (класс 3.1–3.2) и 19,9 % – в условиях повышенных концентраций пыли (класс 3.1–4).

Гигиеническая оценка воздуха рабочей зоны в основных производственных помещениях при пирометаллургическом и электролитическом процессах получения никеля показала, что ведущими вредными производственными факторами являются

водорастворимые и нерастворимые в воде соединения никеля, содержание которых находилось в интервале концентраций 0,19–198,0 мг/м³. Удельный вес проб воздуха с превышением ПДК составил при электролитическом производстве никеля 71,5–79,9 %, в пирометаллургическом – 95,2 %. Аэрозоли, образующиеся при электролитическом производстве никеля, характеризуются преимущественным содержанием его растворимых соединений (55–99,0 %), тогда как в пирометаллургическом производстве преобладают нерастворимые соединения (сульфиды и оксиды никеля). При электролитическом производстве меди среднесменные и максимально-разовые концентрации аэрозолей соединений меди соответствуют уровням допустимых значений. Среднее содержание водорастворимых соединений никеля в воздухе этих рабочих зон также находится в пределах ПДК, хотя в отдельных пробах отмечено превышение до 2 раз. Максимально-разовые концентрации достигают превышений ПДК до 2–8,4 раза при осуществлении подавляющего большинства технологических процессов.

Содержание никеля в пробах мочи, отобранных после рабочей смены, у работников цехов электролиза никеля оказалось примерно в 2,0 раза выше, чем у рабочих пирометаллургического производства (рафинировочный цех – РАФЦ), несмотря на то, что его концентрация в воздухе рафинировочного цеха была в 29 раз больше, чем в электролизном производстве (табл. 2).

Таблица 2
Сравнительная оценка содержания никеля в воздухе рабочей зоны и в пробах мочи у работников

Производство	Время отбора	Содержание никеля в моче, мкг/г креатинина		Содержание никеля в воздухе, мг/м ³	
		$M \pm m$	Медиана	$M \pm m$	Медиана
РАФЦ (n=43)	До смены	145,6 ± 20,9	87,5	9,5 ± 3,6	5,6
	После смены	146,5 ± 54,9	49,0		
ЦЭН (n=55)	До смены	116,6 ± 16,7	70,0	0,24 ± 0,03	0,19
	После смены	141,9 ± 21,7	95,0		

Расхождение между соотношением показателей содержания никеля в воздухе к его содержанию в пробах мочи у работников пиро- и гидрометаллургических цехов, очевидно, обусловлено токсикокинетическими особенностями водорастворимых соединений никеля, характеризующихся гораздо более высокой сорбционной способностью, на что указывают разные величины коэффициентов корреляции между концентрацией ингалируемого и экскретируемого никеля: электролитическое производство $r = 0,27$; пирометаллургическое производство $r = -0,06$. Помимо ингаляционного поступления никеля в организм, возможно, определенное значение могут иметь и другие пути, например, контактный (табл. 3).

Таблица 3

Содержание растворимых и нерастворимых соединений никеля в ингалируемом воздухе и его экскреция с мочой

Производство	Содержание никеля в воздухе, мг/м ³				Содержание никеля в моче, мкг/г креатинина
	Растворимые ПДК = 0,005	Класс	Нерастворимые ПДК = 0,05	Класс	
Электролитическое	0,103	4	0,016	2	116,6 (до смены) 141,9 (после смены)
Пирометаллургическое	0,24	4	5,90	4	145,6 (до смены) 146,5 (после смены)

Анализ профессиональной заболеваемости показал, что из числа работников различных профессий, занятых в пирометаллургическом и электролитическом производстве никеля и меди, наиболее часто профзаболевания выявлялись среди плавильщиков (32,0 % всех случаев) и электролизников (38,9 %). В структуре профессиональной патологии у работников пирометаллургического и электролитического производств никеля и меди преобладали болезни органов дыхания. При этом из 453 случаев этой патологии 87,2 % приходилось на хронические обструктивные болезни легких, а на заболевания верхних дыхательных путей – только 12,8 %. Последующие места в структуре профессиональной заболеваемости занимали болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани – 7,5 %, нервной системы – 7,1 %, нейросенсорная тугоухость – 6,0 %, злокачественные новообразования – 3,0 % случаев (табл. 4).

Таблица 4

Структура профессиональных заболеваний в производстве никеля и меди, % от общего числа установленных случаев

Класс заболеваний	Электролитическое рафинирование		Пирометаллургическое рафинирование	
	Никелевое производство (n=243)	Медное производство (n=8)	Никелевое производство (n=282)	Медное производство (n=71)
Болезни органов дыхания	69,5	100,0	74,5	93,0
Болезни костно-мышечной системы	10,7	–	7,1	5,6
Болезни нервной системы	9,5	–	6,4	–
Болезни уха и сосцевидного отростка	6,2	–	8,9	–
Новообразования	4,1	–	3,2	1,4

Риск возникновения профзаболеваний, рассчитанный для работников пирометаллургического производства никеля и меди, а также электролитического производства никеля и меди, выявил наиболее высокие уровни риска при электролитическом рафинировании никеля (ОР = 6,78), а наименьший – у

работников в производстве меди электролитическим рафинированием (табл. 5).

Таблица 5

Относительный риск возникновения профессиональных болезней у работников медно-никелевой промышленности

Вид производства	ОР	95% ДИ	p
Электролитическое рафинирование никеля	6,78	3,01–15,27	<0,001
Пирометаллургическое рафинирование никеля	5,66	2,52–12,70	<0,001
Пирометаллургическое рафинирование меди	5,52	2,38–12,77	<0,001
Электролитическое рафинирование меди	1,38	0,43–4,49	0,589

Для оценки эффективности профилактических мероприятий (технических, технологических, организационных и лечебно-оздоровительных) по предотвращению профессиональных заболеваний и других нарушений здоровья, связанных с работой, проанализирована заболеваемость работников пирометаллургического и электролитического производств АО «Кольская ГМК» по результатам периодических медицинских осмотров за период с 2006 по 2015 г. Отмечено снижение распространенности хронических заболеваний среди работников электролитического (у мужчин на 33,4 %, у женщин на 26,0 %) рафинирования никеля и пирометаллургического (у мужчин на 30,6 %, у женщин на 30,0 %) (табл. 6).

Таблица 6

Распространенность хронической патологии у работников по результатам периодических медицинских осмотров

Пол	Стандартизованный показатель (по возрасту) на 1 000 работающих		
	2006 г.	2011 г.	2015 г.
Электролитическое рафинирование никеля			
Мужчины	2265,1	2046,6	1509,3
Женщины	2657,0	2506,9	1965,2
Оба пола	2386,9	2185,0	1645,6
Пирометаллургическое рафинирование никеля			
Мужчины	2130,5	2098,7	1479,2
Женщины	2900,0	2378,3	2030,6
Оба пола	2294,5	2210,6	1567,4

Интенсивный показатель распространенности заболеваний по результатам периодических медицинских осмотров с 2006 по 2015 г. в расчете на 1 000 работающих в ЦЭН сократился на 27,8 %, РАФЦ – на 26,8 %, а среди работников, имеющих периодический контакт, – на 24,1 %. В разрезе отдельных классов болезней установлено статистически значимое снижение заболеваемости работников цеха электролиза никеля по болезням нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы и соединительной ткани. У работников пирометаллургического рафинирования также установлено статистически

Таблица 7

Оценка связи нарушений здоровья с работой по отдельным классам заболеваний

Класс заболеваний	Электролитическое рафинирование никеля			Пирометаллургическое рафинирование никеля		
	Относительный риск			Этиологическая доля, %		
	2006	2011	2015	2006	2011	2015
Болезни нервной системы	**1,85 / 45,9	**1,59 / 36,9	*1,09 / 8,4	*1,15 / 13,4	**1,69 / 40,8	+0,69 / -44,5
Болезни кожи и подкожной клетчатки	**1,91 / 47,7	*1,09 / 8,2	*1,09 / 8,6	**1,92 / 48,0	**1,53 / 34,6	+0,75 / -34,1
Болезни костно-мышечной системы	**1,75 / 42,7	**1,76 / 43,0	*1,25 / 20,1	*1,47 / 32,1	*1,37 / 26,9	+0,83 / -21,2
Болезни мочеполовой системы	*1,30 / 23,3	*1,10 / 9,0	+0,99 / -0,6	**1,50 / 33,2	+0,73 / 0,0	+0,67 / -48,9

Примечание. + – уровень заболеваний для отдельных классов с относительным риском в пределах $0 < RR \leq 1$ и этиологической долей $EF = 0$ %; * – общие заболевания с малой степенью связи нарушений здоровья с работой – уровень заболеваний для отдельных классов с относительным риском в пределах $1 < RR \leq 1,5$ и этиологической долей $EF < 33$ %; ** – производственно-обусловленные заболевания со средней степенью связи нарушений здоровья с работой – уровень заболеваний для отдельных классов с относительным риском в пределах $1,5 < RR \leq 2$ и этиологической долей $EF = 33-50$ %.

значимое снижение распространенности болезней нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы и соединительной ткани и заболеваний мочеполовой системы. Проведенная оценка связи этих нарушений здоровья с условиями труда у работников пирометаллургического и электролитического производства никеля и меди показала наличие средней степени связи с воздействием на организм комплекса вредных производственных факторов таких нарушений здоровья, как болезни нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной и мочеполовой систем (табл. 7). Этиологическая доля вредных производственных факторов в возникновении этих болезней за период 2006–2015 гг. у работников электролитического производства никеля снизилась в классах болезней кожи и подкожной клетчатки от 47,7 до 8,6 %, нервной системы от 45,9 до 8,4 %, костно-мышечной системы – от 42,7 до 20,1 %, мочеполовой системы – от 23,3 до 0,6 %. За этот же период наблюдений большинство из перечисленных болезней у работников пирометаллургического производства, судя по результатам периодического медицинского осмотра стандартизованным по стажу, утратили к 2015 г. статистически значимую связь с воздействием комплекса вредных производственных факторов.

В результате проведенных организационно-технологических и лечебно-оздоровительных мероприятий, эффективность которых оценена методом DALY-анализа, с 2006 по 2015 г. установлено сокращение этого суммарного показателя потери здоровья среди

работников электролитического рафинирования никеля в 2,1 раза, в равной мере среди мужчин и женщин. Среди работников пирометаллургического рафинирования его снижение за 10-летний период составило 17,8 %, в том числе среди мужчин – 5,0 %, среди женщин – в 2,0 раза (табл. 8).

Обсуждение результатов

Установлено, что технологический процесс рафинирования никеля и меди сопровождается интенсивным загрязнением воздуха рабочих зон, где уровень экспозиции к металлам для отдельных профессий во многом определяется способом рафинирования, стадией переработки и получения готового продукта. Оценка условий экспозиции современными методами при пирометаллургическом производстве показывает преимущественное воздействие на организм работников оксидных и сульфидных соединений никеля [12, 21, 25, 26]. Тогда как водорастворимые соединения никеля (сульфаты) являются преобладающими в электролитическом производстве. Коэффициент корреляции между концентрациями ингалируемого и экскретируемого никеля в электролитическом производстве составляет 0,27, в то время как в пирометаллургическом его величина незначительна ($-0,06$), что отражается существенным увеличением нормализованной по креатинину концентрации никеля в пробах мочи после смены, а в пирометаллургическом производстве – изменения этой концентрации в пробах, полученных до и после смены, незначительны. Использование нормализованной по креатинину концентрации никеля в пробах мочи, отобранных до и после смены, может служить приемлемым биомаркером среднесменной экспозиции у работников электролитического производства, однако применение такого биомаркера для оценки интенсивности воздействия никеля в течение одной смены у работников пирометаллургических цехов мало информативно [23, 25, 28]. Относительный риск возникновения профессиональных заболеваний, рассчитанный для работников пирометаллургического и электролитического производств никеля и меди, выявил наиболее высокий его уровень в цехах электролиза никеля (6,78) и в меньшей степени у работников рафинировочных цехов никеля (5,66) и меди (5,22).

Таблица 8

Динамика величины потерь здоровья работников горно-металлургического комплекса от производственно-обусловленных заболеваний, всего (в единицах DALY)*

Год	Электролитическое производство никеля			Пирометаллургическое производство никеля		
	Оба пола	Мужчины	Женщины	Оба пола	Мужчины	Женщины
2006	382,9	244,8	138,1	224,7	162,1	62,5
2011	322,6	193,3	129,2	218,8	176,0	42,7
2015	185,3	118,5	66,8	184,6	154,0	30,6

Примечание. * – одна единица DALY соответствует потере одного года здоровой жизни.

У работников, занятых в цехе электролитического рафинирования меди, определялся наименьший уровень риска возникновения профессиональных заболеваний. Установлено, что из числа работников различных профессий, занятых в пирометаллургическом и электролитическом производстве никеля и меди, наиболее часто профзаболевания выявлялись среди плавильщиков (32,0 % всех случаев) и электролизников (38,9%), то есть в профессиях с наиболее высоким уровнем экспозиции к никелевым аэрозолям. В общей структуре профессиональной патологии у работников пирометаллургического и электролитического производств никеля и меди преобладали болезни органов дыхания, что отмечалось и в исследованиях других авторов [7, 8, 16].

Проведенная оценка связи нарушений здоровья с работой по результатам периодических медицинских осмотров работников пирометаллургического и электролитического производства никеля и меди показала средние уровни атрибутивного риска таких нарушений здоровья, как болезни нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы и соединительной ткани, а также болезней мочеполовой системы. В результате осуществления в АО «Кольская ГМК» программы оздоровительных мероприятий, в том числе с учетом методических рекомендаций по применению риск-ориентированного подхода к медицинской профилактике профессиональных заболеваний на предприятиях цветной металлургии в АЗРФ [11, 13, 15], среди работников электролитического и пирометаллургического производств отмечено снижение распространенности и профессиональной обусловленности многих заболеваний, связанных с условиями труда.

Комплексная оценка потерь здоровья методом DALY-анализа свидетельствует о существенном сокращении бремени болезней среди работников электролитического рафинирования никеля в 2,1 раза и среди работников пирометаллургического рафинирования — на 17,8 %.

Экономическая эффективность реализованной оздоровительной программы в АО «Кольская ГМК» за 2006–2015 гг. показала, что общий предотвращенный экономический ущерб в результате снижения профессионально-обусловленных заболеваний составил в расчете на одного работника металлургического производства 119,3 тыс. рублей в среднем за год. Предотвращенный экономический ущерб в результате снижения профессиональных заболеваний в расчете на одного работника составил 10,4 тыс. рублей в год.

Выводы

1. Металлургические производства по рафинированию никеля и меди, размещенные в Арктической зоне Российской Федерации, характеризуются специфическими условиями труда, отличающимися значительным количеством рабочих мест с вредными условиями труда, на которых заняты 90,1 % от общей численности работников, в том числе 50,9 % работников, подвергающихся воздействию соедине-

ний никеля, загрязняющих воздух в недопустимых концентрациях.

2. Аэрозоли, образующиеся при электролитическом производстве никеля, характеризуются преимущественным содержанием его водорастворимых соединений (55–99,0 %), а в пирометаллургическом производстве преобладают нерастворимые соединения, в том числе сульфиды никеля — до 50,0 %.

3. Наибольшие относительные риски возникновения профессиональных заболеваний установлены среди работников, занятых в электролитическом производстве никеля (ОР = 6,78), а также в пирометаллургии никеля и меди (ОР = 5,66 и 5,22), в частности, у плавильщиков выявлялось 32,0 % всех установленных случаев этих заболеваний и у электролизников водных растворов — 38,9 % случаев.

4. Реализация программы оздоровительных мероприятий за период с 2006 по 2015 г., направленных на снижение воздействия вредных производственных факторов, выявила снижение распространенности хронических заболеваний по результатам периодических осмотров среди работников электролитического (у мужчин на 33,4 %, у женщин на 26,0 %) рафинирования никеля и пирометаллургического (у мужчин на 30,6 %, у женщин на 30,0 %).

5. В результате проведенных организационно-технологических и лечебно-оздоровительных мероприятий, эффективность которых оценена методом DALY-анализа, с 2006 по 2015 г. установлено сокращение этого суммарного показателя потери здоровья среди работников электролитического рафинирования никеля в 2,1 раза, в равной мере среди мужчин и женщин. Среди работников пирометаллургического рафинирования его снижение за 10-летний период составило 17,8 %, в том числе среди мужчин — 5,0 %, среди женщин — в 2,0 раза

Авторство

Никанов А. Н. внёс существенный вклад в получение и интерпретацию данных, написал первый вариант статьи; Чашин В. П. внёс существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Дардынская И. внесла существенный вклад в интерпретацию данных; Горбанёв С. А. внёс существенный вклад в дизайн исследования; Гудков А. Б. внёс существенный вклад в анализ результатов и написание первого варианта статьи; Лагхайн Б. внесла существенный вклад в интерпретацию данных; Попова О. Н. внесла существенный вклад в интерпретацию данных и написание первого варианта статьи; Дорوفеев В. М. внёс существенный вклад в получение данных и написание первого варианта статьи.

Никанов Александр Николаевич — SPIN 6838-5002; ORCID 0000-0003-3335-4721

Чашин Валерий Петрович — SPIN 6989-1648; ORCID 0000-0002-2600-0522

Горбанёв Сергей Анатольевич — SPIN 9271-9456; ORCID 0000-0002-5849-4185

Гудков Андрей Борисович — SPIN 4369-3372; ORCID 0000-0001-5923-0914

Попова Ольга Николаевна — SPIN 5792-0273; ORCID 0000-0002-0135-4594

Дорوفеев Виталий Михайлович — SPIN 1685-5972

Список литературы

1. *Артюнина Г. П., Чащин В. П., Игнаткова С. А., Остапjak З. Н., Никанов А. Н., Талькова Л. В., Петухов Р. В., Чащин М. В., Рочева И. И.* Проблемы профессиональной патологии в никель-кобальтовой промышленности // Гигиена и санитария. 1998. № 1. С. 9–13.
2. *Горбанев С. А., Никанов А. Н., Чащин В. П.* Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 50–51.
3. *Горбанев С. А., Чащин В. П., Фридман К. Б., Гудков А. Б.* Применение принципов доказательности при оценке причинной связи при оценке здоровья населения с воздействием вредных химических веществ в окружающей среде. Экология человека // Экология человека 2017. № 11. С. 10–17.
4. *Гудков А. Б., Попова О. Н., Скрипаль Б. А.* Реакция системы внешнего дыхания на локальное охлаждение у молодых лиц трудоспособного возраста // Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 4. С. 26–30.
5. *Гудков А. Б., Попова О. Н., Никанов А. Н.* Адаптивные реакции внешнего дыхания у работающих в условиях Европейского Севера // Медицина труда и промышленная экология. 2010. № 4. С. 24–27.
6. *Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дёгтева Г. Н.* Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 4. С. 137–142.
7. *Каримова Л. К., Серебряков П. В., Шайхлисламова Э. Р., Яцына И. В.* Профессиональные риски нарушения здоровья работников, занятых добычей и переработкой полиметаллических руд. Уфа-Москва: Изд-во «Принт-2», 2016. 337 с.
8. *Липатов Г. Я., Адриановский В. И., Гоголева О. И.* Химические факторы профессионального риска у рабочих основных профессий в металлургии меди и никеля // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 2. С. 64–67.
9. Методика комплексной оценки потерь здоровья в результате заболеваемости и смертности: инструкция по применению / ГУ «Белорусский центр медицинских технологий, информатики, управления и экономики здравоохранения». Минск, 2008. 27 с.
10. *Никанов А. Н., Дорофеев В. М., Чащин В. П.* Производственно-обусловленная заболеваемость среди рабочих цветной металлургии Кольского Заполярья при электролизном способе получения никеля // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профилактическая медицина – 2016». СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И. И. Мечникова, 2016. С. 87–88.
11. *Никанов А. Н., Талькова Л. В., Быков В. Р., Табарча О. И.* Влияние лечебно-профилактических напитков на минеральный обмен промышленных рабочих Арктической зоны Российской Федерации // Вестник Кольского научного центра РАН. 2017. № 4. С. 113–118.
12. *Никанов А. Н., Чащин В. П.* Гигиеническая оценка экспозиции и определение ее величины при производстве никеля, меди и кобальта на горно-металлургическом комплексе Кольского Заполярья // Экология человека. 2008. № 10. С. 9–14.
13. Организация и проведение медицинской профилактики профессиональных заболеваний у рабочих, занятых в производстве цветных металлов: методические рекомендации. Утв. Главным государственным санитарным врачом России. № 01-19/38-17. М., 1999.
14. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Руководство Р 2.2.1766-03. М.: Минздрав России, 2004.
15. *Сааркоппель Л. М., Никанов А. Н., Крючкова Ю. Н.* Особенности здоровья и формирования патологии работающих в условиях Крайнего Севера // Гигиенические проблемы коррекции фактора питания у работающих во вредных условиях: коллективная монография. М.: Изд-во Торговая корпорация «Дашков и К», 2015. С. 75–82.
16. *Серебряков П. В., Карташев О. И., Федина И. Н.* Клинико-гигиеническая оценка состояния здоровья работников производства меди в условиях Крайнего Севера // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 1. С. 25–28.
17. *Унгурияну Т. Н., Новиков С. М., Бузинов Р. В., Гудков А. Б., Осадчук Д. Н.* Риск для здоровья населения от химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в городе с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью // Гигиена и санитария. 2010. № 4. С. 21–24.
18. *Чащин В. П., Гудков А. Б., Чащин М. В., Попова О. Н.* Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода // Экология человека. 2017. № 5. С. 3–13.
19. *Чащин В. П., Сюрин С. А., Гудков А. Б., Попова О. Н., Воронин А. Ю.* Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 9. С. 20–26.
20. The Global Burden of Disease: 2004 update. Geneva: WHO, 2004. 9 p.
21. *Koch W., Dunkhorst W., Lödding H., Thomassen Y., Skaugset N. P., Nikanov A., Vincent J.* Evaluation of the Respicon® as a personal inhalable sampler in industrial environments // Journal of Environmental Monitoring. 2002. Vol. 4, N 5. P. 657–662.
22. *Murray C. J., Vos T., Lozano R., Naghavi M., Flaxman A. D., Michaud C., Ezzati M.* Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010 // Lancet. 2013. N 381 (9867). P. 2197–2223.
23. *Weinbruch S., Van Aken P., Ebert M., Thomassen Y., Skogstad A., Chashchin V. P., Nikonov A.* The heterogeneous composition of working place aerosols in a nickel refinery: a transmission and scanning electron microscope study // Journal of Environmental Monitoring. 2002. Vol. 4, N 3. P. 344–350.
24. *Küpper M., Weinbruch S., Benker N., Ebert M., Skaug V., Skogstad A., Thornér E. E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J. Ø.* Electron microscopy of particles deposited in the lungs of nickel refinery workers. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2015. Vol. 407, N 21. P. 6435–6445.
25. *Nieboer E., Øyvind Odland J., Thomassen Y., Romanova N., Chashchin V., Nikonov A.* Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery: Part 2. Biological exposure indices for copper, nickel and cobalt // Journal of Environmental Monitoring. 2007. Vol. 9, N 7. P. 695–700.
26. *Nieboer E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J. Ø.* Occupational exposure assessment of metals // Journal of Environmental Monitoring. 2005. Vol. 7, N 5. P. 412–415.
27. *Smith-Sivertsen T., Bykov V., Melbye H., Tschachtchine V., Selnes A., Lund E.* Sulphur dioxide exposure and lung function in a Norwegian and Russian population

living close to a nickel smelter // International Journal of Circumpolar Health. 2001. Vol. 60. P. 342.

28. Thomassen Y., Hetland S., Nieboer E., VanSpronsen E. P., Odland J. Ø., Romanova N., Chashchin V., Nikanov A. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery: Part I. Environmental monitoring // Journal of Environmental Monitoring. 2004. Vol. 6, N 12. P. 985–991.

29. Vaktshjold A., Talykova L. V., Chashchin V. P., Odland J. O., Nieboer E. Maternal nickel exposure and congenital musculoskeletal defects // American Journal of Industrial Medicine. 2008. Vol. 51, N 11. P. 825–833.

References

1. Artyunina G. P., Chashchin V. P., Ignatkova S. A., Ostapyak Z. N., Nikanov A. N., Talykova L. V., Petukhov R. V., Chashchin M. V., Rocheva I. I. Problems of occupational pathology in the nickel-cobalt industry. *Gigiena i Sanitariya*. 1998, 1, pp. 9-13. [In Russian]

2. Gorbanev S. A., Nikanov A. N., Chashchin V. P. Actual problems of occupational medicine in the Arctic zone of the Russian Federation. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2017, 9, pp. 50-51. [In Russian]

3. Gorbanev S. A., Chashchin V. P., Fridman K. B., Gudkov A. B. Operation of evidence-based principles in assessment of causal link between health condition and environmental hazardous substance exposure. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 11, pp. 10-17. [In Russian]

4. Gudkov A. B., Popova O. N., Skripal' B. A. External respiration system reaction to local cooling of skin of young able-bodied persons. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2009, 4, pp. 26-30. [In Russian]

5. Gudkov A. B., Popova O. N., Nikanov A. N. Adaptive reactions of external respiration in workers of European North. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2010, 4, pp. 24-27. [In Russian]

6. Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Degteva G. N. Some Features of Physiological Responses in workers during expedition shift work in the Arctic region. *Fiziologiya cheloveka*, 1996, 22 (4), pp. 137-142. [In Russian]

7. Karimova L. K., Serebryakov P. V., Shaikhislamova E. R., Yatsyna I. V. *Professional'nye riski narusheniya zdorov'ya rabotnikov zanyatyyh dobychej i pererabotkoj polimetallicheskikh rud* [Occupational hazards to health problems for workers engaged in the mining and processing of polymetallic ores]. Ufa, Moscow, Print-2 publishing house, 2016, 337 p.

8. Lipatov G. Ya., Adrianovsky V. I., Gogoleva O. I. Chemical occupational risk factors for workers in the main occupations in the metallurgy of copper and nickel. *Gigiena i Sanitariya*. 2015, 94 (2), pp. 64-67. [In Russian]

9. Methods of comprehensive assessment of health losses due to morbidity and mortality. Instructions for use. State Institution "Belarusian Center for Medical Technologies, Informatics, Management and Health Economics". Minsk, 2008, 27 p. [In Russian]

10. Nikanov A. N., Dorofeev V. M., Chashchin V. P. Proizvodstvenno-obuslovlennaya zaboлеваemost' sredi rabochikh tsvetnoi metallurgii Kol'skogo Zapolyar'ya pri elektroliznom sposobe polucheniya nikelya [Production-related morbidity among non-ferrous metallurgy workers of the Kola Polar region in the electrolysis method of producing nickel]. In: *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Profilakticheskaya meditsina - 2016»* [Materials of the All-Russian scientific-

practical conference with international participation "Preventive medicine – 2016"]. Saint Petersburg, 2016, pp. 87-88.

11. Nikanov A. N., Talykova L. V., Bykov V. R., Tabarcha O. I. The influence of therapeutic and prophylactic beverages on the mineral metabolism of industrial workers in the Arctic zone of the Russian Federation. *Vestnik Kol'skogo nauchnogo centra RAN* [Herald of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2017, 4, pp. 113-118. [In Russian]

12. Nikanov A. N., Chashchin V. P. Hygienic assessment of exposure and determination of its value in production of nickel, copper and cobalt at mining and smelting complex in Kola High North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 10, pp. 9-14. [In Russian]

13. *Organizatsiya i provedenie meditsinskoj profilaktiki professional'nykh zabolevanii u rabochikh, zanyatykh v proizvodstve tsvetnykh metallov. Metodicheskie rekomendatsii. Utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossii* [Organization and implementation of medical prevention of occupational diseases among workers engaged in the production of non-ferrous metals. Guidelines. Approved the main state sanitary doctor of Russia N 01-19/38-17]. Moscow, 1999.

14. *A guide to assessing occupational health risk for workers*. Guideline R 2.2.1766-03. Russian Ministry of Health. 2004. Moscow, Minzdrav Rossii, 2004. [In Russian]

15. Saarkoppel' L. M., Nikanov A. N., Kryuchkova Yu. N. Osobennosti zdorov'ya i formirovaniya patologii rabotayushchikh v usloviyakh Krainego Severa [Features of health and the formation of pathology working in the conditions of the Far North]. In: *Gigienicheskie problemy korrektsii faktora pitaniya u rabotayushchikh vo vrednykh usloviyakh* [Hygienic problems of correction of the power factor for workers in hazardous conditions]. Moscow, Torgovaya korporatsiya "Dashkov i K", 2015, pp. 75-82.

16. Serebryakov P. V., Kartashev O. I., Fedina I. N. Clinical and hygienic assessment of the health status of copper production workers in the conditions of the Far North. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2016, 1, pp. 25-28. [In Russian]

17. Unguryanu T. N., Novikov S. M., Buzinov R. V., Gudkov A. B., Osadchuk D. N. Public health risk from chemicals, air pollutants in the city with developed pulp and paper industry. *Gigiena i Sanitariya*. 2010, 4, pp. 21-24. [In Russian]

18. Chashchin V. P., Gudkov A. B., Chashchin M. P., Popova O. N. Predictive assessment of individual human susceptibility to damaging cold exposure. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 5, pp. 3-13. [In Russian]

19. Chashchin V. P., Sjurin S. A., Gudkov A. B., Popova O. N., Voronin A. Ju. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2014, 9, pp. 20-26. [In Russian]

20. The Global Burden of Disease: 2004 update. Geneva, WHO, 2004, 9 p.

21. Koch W., Dunkhorst W., Lödding H., Thomassen Y., Skaugset N. P., Nikanov A., Vincent J. Evaluation of the Respicon® as a personal inhalable sampler in industrial environments. *Journal of Environmental Monitoring*. 2002, 4 (5), pp. 657-662.

22. Murray C. J., Vos T., Lozano R., Naghavi M., Flaxman A. D., Michaud C., Ezzati M. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global

Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2013, 81 (9867), pp. 2197-2223.

23. Weinbruch S., Van Aken P., Ebert M., Thomassen Y., Skogstad A., Chashchin V. P., Nikonov A. The heterogeneous composition of working place aerosols in a nickel refinery: a transmission and scanning electron microscope study. *Journal of Environmental Monitoring*. 2002, 4 (3), pp. 344-350.

24. Küpper M., Weinbruch S., Benker N., Ebert M., Skaug V., Skogstad A., Thornér E. E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J. Ø. Electron microscopy of particles deposited in the lungs of nickel refinery workers. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 015, 407 (21), pp. 6435-6445.

25. Nieboer E., Øyvind Odland J., Thomassen Y., Romanova N., Chashchin V., Nikonov A. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery: Part 2. Biological exposure indices for copper, nickel and cobalt. *Journal of Environmental Monitoring*. 2007, 9 (7), pp. 695-700.

26. Nieboer E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J. Ø. Occupational exposure assessment of metals. *Journal of Environmental Monitoring*. 2005, 7 (5), pp. 412-415.

27. Smith-Sivertsen T., Bykov V., Melbye H., Tchachtchine V., Selnes A., Lund E. Sulphur dioxide exposure and lung function in a Norwegian and Russian population living close to a

nickel smelter. *International Journal of Circumpolar Health*. 2001, 60, p. 342.

28. Thomassen Y., Hetland S., Nieboer E., VanSpronsen E. P., Odland J. Ø., Romanova N., Chashchin V., Nikonov A. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery: Part 1. Environmental monitoring. *Journal of Environmental Monitoring*. 2004, 6 (12), pp. 985-991.

29. Vaktskjold A., Talykova L. V., Chashchin V. P., Odland J. O., Nieboer E. Maternal nickel exposure and congenital musculoskeletal defects. *American Journal of Industrial Medicine*. 2008, 51 (11), pp. 825-833.

Контактная информация:

Никанов Александр Николаевич – кандидат медицинских наук, заместитель директора центра – директор филиала «Научно-исследовательская лаборатория ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, главный внештатный специалист (профпатолог) Министерства здравоохранения Мурманской области

Адрес: 184250, Мурманская область, г. Кировск, пр. Ленина, д. 34

E-mail: krl_s-znc@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КАРДИОИНТЕРВАЛОВ У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРА РОССИИ

© 2019 г. В. В. Еськов, О. Е. Филатова, Ю. В. Башкатова, Д. Ю. Филатова, *Л. К. Иляшенко

БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут; *Филиал ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Сургут

Развиваются новые представления о гомеостазе как непрерывном и хаотическом изменении особых параметров функциональных систем организма. Поскольку в этом случае очень сложно статистически зарегистрировать любые изменения вектора состояния $x(t)$ организма человека (они непрерывно изменяются), то возникает серьезная проблема количественной оценки возрастных изменений параметров $x(t)$. Цель настоящего исследования – установление статистических и хаотических закономерностей возрастных изменений кардиоинтервалов жителей Севера Российской Федерации. Предлагается новый подход в такой оценке, который базируется на регистрации параметров квазиаттракторов (КА). Информацию о состоянии показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) населения получали методом пульсоинтервалографии на базе приборно-программного обеспечения пульсоксиметра «ЭЛОКС-01». *Результаты.* Рассмотрены вопросы возрастной эволюции признаков x_i , входящих в общий вектор $x(t)$. Дается новая трактовка понятия эволюции сложных биосистем на примере ССС аборигенов и пришлого женского населения Югры. Результат проведенного исследования показал, что в рамках теории хаоса – самоорганизации становится возможным сравнение динамики параметров КА. Возрастные изменения площади КА демонстрируют существенные изменения, которые удовлетворяют условию двукратного изменения площади кардиоинтервалов с возрастом. Многие обследованные после 55 лет дают увеличение своего КА, что не согласуется с динамикой изменения площади КА от времени для женщин-ханты и не гарантирует реального долголетия. Эта динамика может рассматриваться как эволюция в фазовом пространстве вектора состояния ССС представителей двух групп населения (пришлого и коренного). Показано существенное различие в динамике КА ССС аборигенов и приезжих женщин, в частности динамики кардиоинтервалов $x_i(t)$. *Выводы.* Установлено, что эти КА (их площади) с возрастом уменьшаются, что характерно именно для параметров кардиоинтервалов. Получена зависимость скорости возрастной эволюции кардиоинтервалов для аборигенов, которую можно использовать как эталон нормального старения организма человека на Севере страны.

Ключевые слова: эволюция, квазиаттрактор, функциональные системы организма, сердечно-сосудистая система

AGE-RELATED CHANGES IN HEART RATE VARIABILITY AMONG RESIDENTS OF THE RUSSIAN NORTH

V. V. Eskov, O. E. Filatova, Yu. V. Bashkanova, D. Yu. Filatova, *L. K. Ilyashenko

Surgut State University, Surgut; *Tyumen Industrial University, Surgut Branch, Surgut, Russia

In this paper we present new models of homeostasis as uninterrupted and chaotic changes of functional systems parameters of human body. *The aim* of the study is to establish the statistical and chaotic patterns of age-related changes in heart rate variability of residents of the North of the Russian Federation. *Methods.* The main outcomes variable was R-R interval measured using pulse oximeter "ELOKS-01". Data on other cardiovascular system functional parameters were also obtained. The new approach for the analysis we present is based on calculation of coordinates x_i , which are included in a common vector $x(t)$. The new presentation of complex systems evolution for aboriginal residents and newcomers was presented. We studied permanent female residents of the Ugra region and newcomers. *Results.* The result of the study showed that according to a new theory of chaos-self organization there are substantial differences between dynamics of quasi-attractors of cardio-vascular system of newcomers. Age-related changes in the area of quasi-attractors demonstrate significant changes that satisfy the condition of a two-fold change in R-R intervals with age. Many people surveyed after 55 years give an increase in their quasi-attractor, which is inconsistent with the dynamics of change in the area of quasi-attractor S from time T for Khanty women and does not guarantee real longevity. The dynamic is not typical for normal aging changes of functional system parameters x_i (especially R-R intervals $x_i(t)$). *Conclusions.* It is established that these quasi-attractors decrease with age (their area S), which is typical for the parameters of the R-R intervals. The dependence of the rate of age evolution of R-R intervals for aboriginal women is obtained, which can be used as a standard of normal aging of the human body in the Russian North.

Key words: evolution, quasi-attractor, functional systems of the organism, cardiovascular system

Библиографическая ссылка:

Еськов В. В., Филатова О. Е., Башкатова Ю. В., Филатова Д. Ю., Иляшенко Л. К. Особенности возрастных изменений кардиоинтервалов у жителей Севера России // Экология человека. 2019. № 1. С. 21–26.

Eskov V. V., Filatova O. E., Bashkanova Yu. V., Filatova D. Yu., Ilyashenko L. K. Age-Related Changes in Heart Rate Variability among Residents of the Russian North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 1, pp. 21-26.

Термин «эволюция» уместен, если применять его в отношении медленных возрастных изменений параметров организма человека. В этом случае мы будем говорить о возрастной эволюции организма человека [10–12, 14, 15].

Следует отметить, что к такой постановке вопроса

приходил выдающийся российский патолог И. В. Давыдовский в первой половине XX века, а затем и его последователь в этой теории академик Г. Н. Крыжановский. Оба ученых говорили о заболевании как об эволюционном развитии патологического процесса в аспекте огромного комплекса адаптивных и патологи-

ческих изменений в организме, которые развиваются совместно и в определенном смысле синхронно. При этом могут регистрироваться изменения всех компонент x_i ($i = 1, 2, \dots, m$) вектора состояния организма человека $x = x(t) = (x_1, x_2, x_m)^T$ [6–8, 17–19].

Если подходить к возрастным изменениям в организме с аналогичных позиций, то мы можем сейчас поставить вопрос и об эволюционном возрастном изменении параметров организма человека. Тем более это оправдано тем, что с возрастом нарастают и различные патологические процессы в организме, наблюдается их качественный и количественный рост. В определенном смысле старение ряд ученых рассматривают именно как патологический процесс в виде эволюционных изменений параметров организма. Эти изменения касаются в первую очередь параметров сердечно-сосудистой системы (ССС) и нервно-мышечной системы как наиболее важных функциональных систем организма (ФСО) человека.

В этой проблеме центральным звеном является ответ на вопрос: где граница между направленной эволюцией параметров ФСО (любых систем организма человека) и простыми изменениями (вариациями) с возрастом, т. е. что считать эволюционными или простыми изменениями параметров $x(t)$? Где находится граница между реальными возрастными и адаптационными (экологическими) и простыми (и хаотическими) изменениями (вариациями) параметров x_i ССС человека, находящегося в особых условиях Севера Российской Федерации? Оказалось, эта задача с позиций традиционной стохастики почти неразрешима [8, 10–12, 16–19], и для решения мы сейчас используем новые методы теории хаоса – самоорганизации.

Методы

Поскольку любые статистические характеристики параметров ФСО у одного человека, находящегося в одном гомеостатическом состоянии (и тем более в одном возрасте) непрерывно изменяются (см. ниже табл. 1 и 2), мы ввели аналог принципа неопределенности Гейзенберга из квантовой механики, где тоже для квантовых частиц имеем большую неопределенность для координаты частицы $x_1 = x_1(t)$ и её скорости $x_2 = dx_1/dt$. Оказалось, что для каждого человека, для любой его переменной x_i (у нас для ССС это могут быть параметры кардиоинтервалов – КИ, т. е. $x_1 = x_1(t)$ – это величина КИ, регистрируемая согласно рекомендации европейских кардиологов в интервале времени $\Delta t = 5$ мин) можно рассчитать скорость $x_2 = dx_1/dt$ изменения этой координаты $x_1 = x_i$ и построить некоторый квазиаттрактор (КА). Внутри этого КА хаотически и непрерывно движется такой двумерный вектор состояния (координаты x_i). При этом все функции распределения – $f(x)$, спектральные плотности сигнала – СПС и автокорреляции – $A(t)$ непрерывно и хаотически изменяются, но остаются внутри своих КА [7, 8].

Гомеостаз таких хаотических регуляторных систем удовлетворяет условной неизменности параметров самого КА. Сохраняются не статистические характеристики параметров ФСО, а параметры КА. На фоне хаоса статистических характеристик мы получаем неизменность параметров КА. Причём эта неизменность не носит характера детерминистского требования, когда $dx/dt = 0$ или даже стохастического требования (чтобы все выборки площади квазиаттрактора – S давали одинаковые функции распределения). Понятие гомеостатичности имеет несколько другие требования, которые сейчас сформированы в новой теории хаоса – самоорганизации [7, 9, 16–19].

Эти новые требования статичности (или неизменности) параметров гомеостаза выливаются в критерий неизменности объёмов (или площадей) КА, а также условной неизменности координат центров КА в виде x_1^c . Если центр второго квазиаттрактора KA_2 не выходит за пределы первого KA_1 , то система находится в гомеостазе. При этом мы требуем, чтобы и объёмы не изменялись в два и более раза (увеличивались вдвое или уменьшались в два раза). Условия статичности (гомеостатичности) приобретают другой характер, который отличен от статистических критериев неизменности $f(x)$, СПС или $A(t)$ [7, 17, 18].

В наших исследованиях были рассмотрены три возрастные группы женщин-ханты и аналогичные по возрасту три группы приезжих женщин (средний возраст 27 лет, 43 года и 58 лет для 1, 2 и 3-й групп). Для этих групп женщин со средним возрастом (аборигены-ханты и пришлое население) рассчитывались их КИ – x_1 и скорости изменения этих КИ, т. е. $x_2 = dx_1/dt$. На основании вариации Δx_1 и Δx_2 строились КА и находились площади $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$ для КИ всех 105 женщин-ханты и 105 приезжих женщин (по 35 человек в каждой группе обследуемых). Рассчитывался их общий (групповой) КА, который поглощал все КА кардиоинтервалов испытуемых каждой возрастной группы. Как оказалось, для аборигенов со средним возрастом $T_1 = 27$ лет этот общий KA_1 имеет общую площадь $S_1 = 220\,339$ у. е., а для KA_2 $S_2 = 111\,508$ у. е. и $S_3 = 5\,400$ у. е. для KA_3 (третьей возрастной группы).

Такие двумерные векторы x^2 описывают реальный гомеостаз по одному параметру ССС – по значениям КИ, но это уже объективная характеристика. В этом KA_1 мы имеем хаотическое движение x_1, x_2 , их $f(x)$, СПС и $A(t)$. Эти параметры S реально характеризуют состояние гомеостаза ССС женщин-ханты со средним возрастом 27 лет, 43 года и 58 лет. Следующие (приезжие женщины) группы будут демонстрировать другие значения КА по площади S .

Таким образом, мы можем теперь сравнивать состояние гомеостаза разных возрастных групп (и разных по продолжительности проживания в Югре) обследуемых с помощью расчёта параметров квазиаттракторов KA_1, KA_2 и KA_3 (это последнее значение мы имели как для старшей возрастной группы женщин-ханты, так и приезжих женщин при среднем возрасте $T_3 = 58$).

Результаты

Измерения КИ у одного испытуемого при повторах измерений (по 5 мин каждая регистрация, как рекомендует европейская ассоциация кардиологов) показали отсутствие статистической устойчивости выборок КИ. Любая матрица 15×15 для КИ даёт число совпадений пар $k \approx 17-19\%$. Это менее пятой части и произвольно получить совпадения двух соседних выборок (чтобы было $f_j(x) = f_{j+1}(x)$) для КИ статистически невозможно. Мы всегда (для нескольких тысяч измерений с повторами) получали менее 20 % совпадений выборок КИ в таких матрицах (15×15), что доказывает несохранение статистической устойчивости выборок КИ для любого испытуемого. Это накладывает реальные ограничения в медицине на использование статистики, когда мы начали активно изучать КИ, разработали методы кардиографии, определяли спектральные плотности (СПС) для КИ и даже находили $A(t)$.

Любые статистические характеристики выборок КИ (в виде кардиоинтервалограмм) не могут произвольно совпадать. Не совпадают произвольно две подряд регистрируемые статистические функции $f(x)$, их спектральные плотности (около 30 % совпадений бывает в таких матрицах (15×15) – СПС, их $A(t)$ и т. д.). Все статистические характеристики для одной выборки уникальны, на другом интервале измерения $\Delta t_2 = 5$ мин для КИ мы получаем другие выборки КИ и другие $f(x)$, СПС, $A(t)$. Всё непрерывно и хаотически изменяется, но число пар совпадений k выборок для КИ, СПС, $A(t)$ могут проявлять характерные зависимости. Например, в эффекте Еськова – Зинченко установлено, что для тремора обычно $k_1 \approx 4\%$, а для теппинга k всегда в 4–5 раз больше ($k_2 \approx 16-18\%$). Этим произвольные движения (тремор) отличаются от произвольных движений

(теппинга). Для КИ мы обычно имеем $k \approx 17\%$, что представлено в табл. 1, где $k = 17$.

Число k является важной характеристикой самого гомеостаза, т. к. для разных физиологических состояний k различно, но всё-таки оно сильно варьирует в индивидуальном отношении, и мы действительно сейчас вынуждены переходить к индивидуальной медицине, индивидуальной кардиологии и индивидуальной экологии человека [1–9, 19].

Легко представить, что если мы будем наблюдать какие-либо параметры кардиореспираторной системы у испытуемого разных возрастов (а мы это уже выполняли для КИ с разными пациентами, разных возрастов), то полученная одна выборка при N повторах измерений (у нас для КИ эта выборка имеет $N = 300$ точек) не может объективно демонстрировать истинного значения x_i всего вектора $x(t)$. Например, выборка КИ для некоторого испытуемого X в 27 лет совпадает с выборкой КИ для некоторого испытуемого 80 лет и т. д. Невозможно использовать разовые выборки для оценки физиологического или психического (как с тремором или теппингом в психофизиологии) состояния испытуемого. Статистика всегда будет давать искажённые представления о статусе одного обследуемого, даже если мы будем повторять обследования.

Об этом говорит табл. 1. Из 105 пар сравнений выборок КИ возможность совпадения двух пар подряд, т. е. чтобы $f_j(x) = f_{j+1}(x)$ имеет обычно частоту $p \leq 0,03$, т. е. это очень маленькая частота. Всегда каждая выборка будет иметь свою (особую) $f(x)$. Всё непрерывно и хаотически изменяется, и поэтому для многих биомедицинских параметров организма человека мы сейчас ввели новые критерии гомеостаза (неизменность ФСО) и эволюции. Математические оценки таких измерений мы сейчас и представляем.

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок кардиоинтервалов испытуемого Г.Д.В. (число повторов $N = 15$), использовался критерий Вилкоксона (уровень значимости $p < 0,05$, число совпадений $k = 17$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.00	1.00
2	.00		.00	.00	.00	.05	.00	.00	.00	.00	.19	.33	.00	.00	.00
3	.00	.00		.48	.00	.91	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	.00	.00	.48		.00	.86	.02	.00	.00	.00	.02	.03	.00	.00	.00
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.40	.84	.45	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.05	.91	0.86	.00		.04	.00	.00	.00	.13	.08	.00	.00	.00
7	.00	.00	.01	.02	.00	.05		.02	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00
8	.00	.00	.00	.00	0.40	.00	.02		.56	.63	.00	.00	.00	.00	.00
9	.00	.00	.00	.00	0.84	.00	.01	0.56		.99	.00	.00	.00	.00	.00
10	.00	.00	.00	.00	0.45	.00	.00	0.63	0.99		.00	.00	.00	.00	.00
11	.00	0.19	.00	.02	.00	0.13	.00	.00	.00	.00		0.55	.00	.00	.00
12	.00	0.33	.00	.03	.00	.08	.00	.00	.00	.00	.55		.00	.00	.00
13	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00
14	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00
15	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	

В табл. 2 представлена статистическая обработка данных по расчётам КА всех трёх возрастных групп аборигенов (со средними возрастaми в группах: $T_1 = 27$ лет, $T_2 = 43$ года, $T_3 = 58$ лет).

Таблица 2

Результат расчёта площади квазиаттракторов выборок кардиоинтервалов трёх возрастных групп женщин коренного населения Югры

Средний возраст группы	Маркер площади	Численное значение площади в усл. ед.
27 лет	S_1	220 339
43 года	S_2	111 508
58 лет	S_3	57 410
102 года	S_4	5 400
$S_1/S_2 = 1,98$		
$S_2/S_3 = 1,94$		
$S_1/S_3 = 3,84$		

Отметим, что такой гибридный (используется статистика и теория хаоса – самоорганизации) подход мы специально демонстрируем для того, чтобы было возможно понять в рамках старых (статистических) категорий, как изменяются реальные параметры гомеостаза ССС у трёх возрастных групп женщин-ханты. В табл. 2 мы представляем сводные данные для площади КА этих трёх возрастных групп и S_4 – КА 102-летней женщины-ханты, которая в наших расчётах является предельным значением (асимптотой). Отметим, что среди приезжих женщин нет даже лиц, достигших 90 лет (прогноз на долгожительство сложный для длительно проживающих в Югре приезжих).

Обсуждение результатов

Рассмотрим теперь, как можно измерять скорость такой возрастной эволюции и можно ли вообще определять эволюцию параметров ССС для каждого человека в отдельности? Ответы на эти вопросы должны составить основы всей индивидуализированной медицины (ИМ), о которой столько много говорят, но практически в этой новой науке очень мало сделано. Обычно её (ИМ) сводят к расширению размерности фазового пространства состояний. Например, вводятся генетические данные и т. д. Но это всё только новые координаты x_i . Индивидуализированная медицина начинается тогда, когда мы преодолеем неопределённость стохастики, когда прекратим по одной (разовой выборке) определять статистические функции $f(x)$, их СПС и $A(t)$, другие характеристики. Всё это хаотически изменяется, и тогда непонятно, какие выборки следует использовать при обследовании конкретного человека (из 105 разных пар, в наших примерах)?

Как мы показали выше, гомеостаз – это когда сохраняются параметры КА, а возрастная эволюция гомеостаза начинается, если реально изменяются эти параметры КА. При этом такое изменение должно быть целенаправленным. Сравним количественно все три ранее полученные выборки параметров КА

для этих трёх возрастных групп женщин-ханты, а затем и для пришлого женского населения Югры (отметим, что для мужчин собрать группу старше 80 лет в Югре – реальная проблема). Очевидно, что эти КА с возрастом уменьшаются, их площади S (см. табл. 2).

Такая закономерность характерна именно для параметров КИ, т. к. другие характеристики ССС (в наших исследованиях их было 15, включая и уровень оксигенации крови SpO_2) могут и увеличиваться. Априори понятно, что с возрастом будет падать гормональный фон, мышечные усилия и т. д.), а некоторые параметры будут и нарастать. В целом динамика каждого диагностического признака x_i требует особого подхода и анализа. Сейчас мы можем рассмотреть конкретно динамику изменения скорости эволюции одного параметра – кардиоинтервалов x_i . Действительно, если построить модель изменения площади КА S от времени T по трём средним значениям $\langle S_1 \rangle$ для T_1 , $\langle S_2 \rangle$ для T_2 и $\langle S_3 \rangle$ для T_3 , то мы получим уравнение Ферхюльста-Пирла вида:

$$dS/dt = (a - bS)S,$$

где: $a = 0,000\ 028\ 4$, $b = 0,000\ 052\ 6$ для женщин-ханты, что представлено в виде графика на рис. 1. Из этого уравнения можно определить dS/dt – скорость изменения площади КА, что представлено в виде графика на рис. 2. Очевидно, что скорость $Z = dS/dt$ отрицательна и по модулю убывает. Однако при этом она реально количественно описывает эволюционный процесс, а рис. 1 даёт качественную характеристику эволюции параметров КИ.

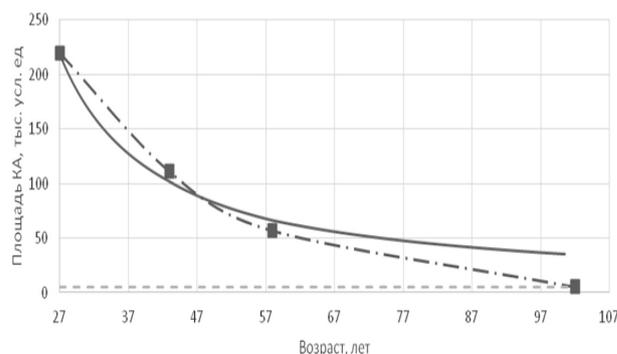


Рис. 1. Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений площадей квазиаттракторов кардиоинтервалов женщин ханты: сплошная линия – модельные данные, штрих-пунктирная – реальные данные, штрих – асимптота $y_a = a/b = 5,4$ тыс. усл. ед. для долгожительницы Р.Е.А. 102 года; $a = 0,000\ 028\ 4$, $b = 0,000\ 052\ 6$.

Поскольку для такого уравнения можно найти его решение в явном виде (в виде зависимости $S = S(t)$), то можно просто продифференцировать это уравнение по t и получить в явном виде функцию $Z = dS/dt$. Эта функция $Z = Z(t)$ и будет описывать динамику эволюции квазиаттракторов КИ для разных возрастных групп. Отметим, что возрастные изменения площади квазиаттракторов демонстрируют существенные изменения, которые удовлетворяют условию двукратного

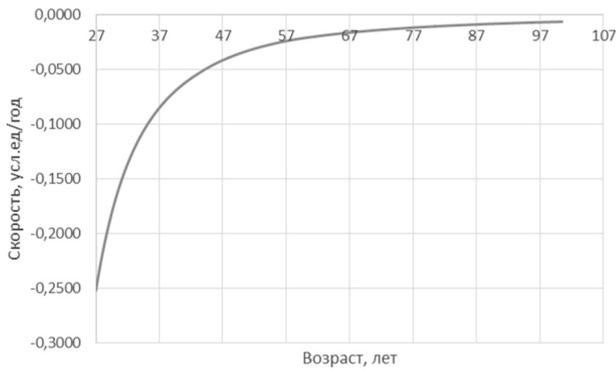


Рис. 2. График скорости изменения параметров квазиаттракторов для модели Ферхюльста-Пирла в описании возрастной эволюции организма женщин ханты

изменения площади КИ с возрастом. Напомним, что условием эволюции [8, 18] является или выход центра KA_2 за пределы KA_1 , или двукратное изменение площади $S(t)$. В нашем примере с женщинами-ханты имеются следующие соотношения: $S_1/S_2 = 1,92$, т. е. почти в 2 раза изменилась площадь S_2 для T_2 ; $S_2/S_3 = 1,94$, тоже существенное изменение, а $S_1/S_3 = 3,84$, т. е. почти в 4 раза изменилась S_3 . Согласно итоговым критериям эволюции биосистемы [8, 17, 18], мы имеем реальные эволюционные изменения параметров кардиоинтервалов для трёх возрастных групп женщин-ханты.

Иная динамика наблюдалась у пришлого населения, которая имеет вид параболы. На рис. 3 мы представляем внешний вид кривой $S(t)$, т. е. зависимость площади КА для приезжих женщин. Мы получили реальную модель скорости эволюции параметра КИ — x_1 с возрастом для аборигенов и приезжих женщин Югры, которая может быть эталоном изменения КИ с возрастом при нормальном старении (у аборигенов) и при патологическом старении (в виде рис. 3). В 1-й модели в качестве асимптотики мы брали КА 102-летней женщины-ханты, у которой $S_4 = 5\,400$ у. е. Очевидно, что жителям Югры надо стремиться к такой динамике, если они желают достигнуть такого возраста (в активном состоянии). Однако наши исследования для пришлого населения

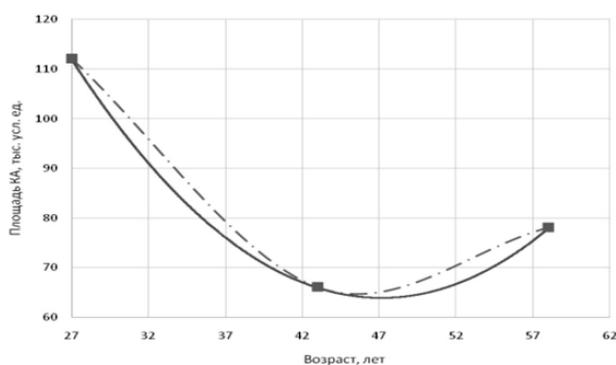


Рис. 3. Динамика реальных и модельных данных возрастных изменений площадей квазиаттракторов кардиоинтервалов приезжих женщин: сплошная линия — модельные данные, штрих-пунктирная — реальные данные

показали, что доля жителей Югры с такой динамикой невелика (около 30 %). Многие обследованные после 55 лет дают увеличение своего KA_3 , что не согласуется с динамикой на рис. 1 и не гарантирует реального долголетия.

Выводы

Дается новая трактовка гомеостаза кардиореспираторной системы человека с позиций теории хаоса — самоорганизации. В рамках статистики моделировать возрастную динамику кардиоинтервалов затруднительно из-за статистической неустойчивости их выборки. Расчёт квазиаттракторов показывает возрастную эволюцию параметров ССС как у ханты, так и у пришлого населения.

Для аборигенов получена зависимость скорости возрастной эволюции кардиоинтервалов, которую можно использовать как эталон нормального старения организма человека на Севере Российской Федерации. При этом пришлое население в большинстве не показывает нормальной динамики эволюции кардиоинтервалов и скорости эволюции кардиоинтервалов.

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

Авторство

Еськов В. В. выполнил математическое обоснование расчета матриц парных сравнений выборок, а также обосновал методы расчета квазиаттракторов для оценки гомеостаза; Филатова О. Е. подготовила первый вариант статьи, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Башкатова Ю. В. внесла существенный вклад в получение и анализ данных; Филатова Д. Ю. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования; Иляшенко Л. К. участвовала в анализе данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов

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

Филатова Ольга Евгеньевна — ORCID 0000-0002-0975-0022; SPIN 9053-6185

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

Филатова Диана Юрьевна — ORCID 0000-0002-8052-3148; SPIN 5756-3070.

Иляшенко Любовь Кирыловна — ORCID 0000-0002-7637-8590; SPIN 6071-4770

Список литературы / References

1. Гудков А. Б., Попова О. Н., Иванов В. Д., Небученных А. А. Характеристика вариабельности сердечного ритма у новобранцев учебного центра военно-морского флота в условиях Европейского Севера России // Морская медицина. 2015. Т. 1, № 1 С. 27–33.

Gudkov A. B., Popova O. N., Ivanov V. D., Nebuchenykh A. A. Characterization of the heartbeat variability in recruits of a

navy training unit under the conditions of north-european Russia. *Morskaya meditsina* [Morskâ medicina]. 2015, 1, pp. 27-33. [In Russian]

2. Дерягина Л. Е., Цыганок Т. В., Рувина Л. Г., Гудков А. Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. № 3. С. 40–44.

Deryagina L. E., Tsyganok T. V., Ruvina L. G., Gudkov A. B. Psychophysiological traits of personality and specific features of cardiac rhythm regulation during occupational activity. *Meditsinskaya tekhnika* [Biomedical engineering]. 2001, 35 (3), pp. 166-170. [In Russian]

3. Зиллов В. Г., Есков В. М., Хадартцев А. А., Есков В. В. Экспериментальное подтверждение эффекта «Повторение без повторения» Н. А. Бернштейна // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. № 1. С. 4–9.

Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of "Repetition without repetition" NA. Bernstein. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 2017, 1, pp. 4-9. [In Russian]

4. Нифонтова О. Л., Гудков А. Б., Щербак А. Э. Характеристика параметров ритма сердца у детей коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2007. № 11. С. 41–44.

Nifontova O. L., Gudkov A. B., Shherbakova A. Ye. Description of parameters of cardiac rhythm in indigenous children in Khanty-Mansiysk autonomous area. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007, 11, pp. 41-44. [In Russian]

5. Попова Н. В., Попов В. А., Гудков А. Б. Возможности тепловидения и вариабельность сердечного ритма при прогностической оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы // Экология человека. 2012. № 11. С. 33–37.

Popova N. V., Popov V. A., Gudkov A. B. Opportunities of thermography and heart rate variability in predictive valuation of cardiovascular system functional state. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 11, pp. 33-37. [In Russian]

6. Русак С. Н., Есков В. В., Молягов Д. И., Филатова О. Е. Годовая динамика погодных-климатических факторов и здоровье населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2013. № 11. С. 19–24.

Rusak S. N., Eskov V. V., Molyagov D. I., Filatova O. E. Annual dynamics of climatic factors and population health in Khanty-Mansiysk autonomous area. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 11, pp. 19-24. [In Russian]

7. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Medical and biological measurements: Measuring order parameters based on neural network technologies. *Measurement Techniques*. 2015, 58 (4), A018, pp. 65-68.

8. Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Sokolova A. A. New methods for gerontology in the longevity

projections of the indigenous population of Ugra. *Advances in Gerontology*. 2014, 27 (1), pp. 30-36.

9. Eskov V. M., Filatova O. E. A Compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory processes. *Biophysics*. 1999, 44 (3), pp. 518-525.

10. Eskov V. M., Filatova O. E. Problem of identity of functional states in neuronal networks. *Biophysics*. 2003, 48 (3), pp. 497-505.

11. Eskov V. M., Kulaev S. V., Popov Yu. M., Filatova O. E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems. *Measurement Techniques*. 2006, 49 (1), pp. 59-65.

12. Eskov V. M., Eskov V. V., Braginskii M. Ya., Pashnin A. S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort. *Measurement Techniques*. 2011, 54 (7), pp. 832-837.

13. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E. Medical and biological measurements: characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states. *Measurement Techniques*. 2011, 53 (12), pp. 1404-1410.

14. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Kozlova V. V., Filatov M. A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems. *Measurement Techniques*. 2012, 55 (9), pp. 1096-1101.

15. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Vokhmina Y. V., Zimin M. I., Filatov M. A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements. *Measurement Techniques*. 2014, 57 (6), pp. 720-724.

16. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Zimin M. I. Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems. *Moscow University Physics Bulletin*. 2014, 69 (5), pp. 406-411.

17. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vokhmina J. V. Biosystem kinematics as evolution: stationary modes and movement speed of complex systems: complexity. *Moscow University Physics Bulletin*. 2015, 70 (2), pp. 140-152.

18. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Sinenko D. V. Neurocomputing identification of the order parameter in gerontology. *Advances in Gerontology*. 2015, 28 (3), pp. 435-440.

19. Eskov V. M., Eskov V. V., Vokhmina Y. V., Gavrilenko T. V. The evolution of chaotic dynamics of collective modes as a way to describe the behavior of living systems. *Moscow University Physics Bulletin*. 2016, 2, pp. 3-15.

Контактная информация:

Башкатова Юлия Владимировна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем Института естественных и технических наук БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет»

Адрес: 628412, ХМАО, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1
E-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru

ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ПРЕВАЛЕНТНОСТИ СОМАТОТИПОВ ШКОЛЬНИКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ В БЕЛАРУСИ

© 2019 г. В. А. Мельник

УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

Цель работы – оценить изменения во времени частот встречаемости соматотипов школьников, проживающих на урбанизированной территории в Беларуси. *Методы.* На протяжении 2010–2012 гг. проведено поперечное соматометрическое обследование 287 мальчиков и 269 девочек г. Гомеля в возрасте 8, 13, 17 лет (первая группа). Определение соматотипической принадлежности осуществлялось по новой количественной схеме. Для оценки динамики во времени распределения соматотипов городских школьников использовались данные, полученные при обследовании школьников города в 1998–1999 гг. (383 мальчика и 414 девочек – вторая группа). *Результаты.* Сравнительный анализ распределения соматотипов у городских школьников показал, что среди мальчиков первой группы по сравнению со сверстниками из второй к окончанию периода полового созревания выявлено статистически значимое увеличение их доли с мезосомным типом за счет снижения числа лиц с мезолептосомным соматотипом ($p = 0,001$). За десятилетие значимые изменения частот встречаемости соматотипов среди девочек установлены только в возрастной группе 17-летних, среди которых зафиксировано статистически значимое увеличение численности школьниц первой группы с мезосомным ($p = 0,004$), а также мезогиперсомным ($p = 0,004$) типом и сокращение доли лиц с астенизированным лептосомным ($p = 0,040$) по сравнению с ровесницами, обследованными в конце XX столетия. *Вывод.* В результате проведенных исследований установлено, что в период с 1998–1999 по 2010–2012 гг. у школьников обеих половых групп происходит увеличение встречаемости представителей с мезосомным соматотипом за счет снижения числа лиц с лептосомными типами. Значимые изменения во времени частот встречаемости соматотипов чаще выявлялись среди мальчиков, что свидетельствует о более высокой степени влияния изменяющихся внешнесредовых факторов на их организм по сравнению с девочками.

Ключевые слова: динамика, школьники, соматотип

TEMPORAL TRENDS IN THE PREVALENCE OF DIFFERENT SOMATOTYPES AMONG SCHOOLCHILDREN IN AN URBAN AREA OF BELARUS

V. A. Melnik

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Objective. To assess changes in the prevalence of different somatotypes among schoolchildren in an urban Belarusian area. *Methods.* Somatometric examinations were performed among schoolchildren in a city of Gomel, Belarus, during 2010-2012 (287 boys and 269 girls) and the findings were compared to the results of a similar study performed in 1998-1999 (383 boys and 414 girls). The identification of somatotypes was performed according to a new quantitative method. Changes in the prevalence of different somatotypes were studied by comparisons of proportions calculated for the two time points. *Results.* Boys examined in 2010-2012 in comparison with the peers examined in 1998-1999 at the end of puberty have a statistically significant increase in their number with a mezosomic type due to a significant decrease in number of those who belong to mezoleptosomic somatotype ($p = 0,001$). Over a decade significant changes in the frequency rates of somatotypes among girls were found in the 17-old age group who revealed a statistically significant increase of the number of the school girls examined in 2010-2012 with mezosomic ($p = 0,004$), as well as mezhypersonic ($p = 0,004$) types and a decrease in those with leptosomic ($p = 0,040$) one in comparison with their peers examined at the end of the 20th century. *Conclusion.* We observed an increase in the occurrence of mesosomal somatotype among schoolchildren of both sexes due to a decrease in the number of those belonging to leptosomal types. Significant changes in the frequency of occurrence of different somatotypes were more often detected among boys suggesting greater degree of influence of changing external factors on their bodies compared to girls.

Key words: dynamics, schoolchildren, somatotype

Библиографическая ссылка:

Мельник В. А. Изменения во времени превалентности соматотипов школьников, проживающих на урбанизированной территории в Беларуси // Экология человека. 2019. № 2. С. 27–30.

Melnik V. A. Temporal Trends in the Prevalence of Different Somatotypes among Schoolchildren in an Urban Area of Belarus. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 2, pp. 27-30.

На современном этапе развития человечества экология разных стран мира, в том числе и Республики Беларусь, характеризуется высоким уровнем антропогенной нагрузки на живые организмы. В связи с этим особый интерес представляет изучение как популяционных, так и конституциональных (индиви-

дуальных и типологических) особенностей адаптации к различным комбинациям природных и социальных факторов [2, 3, 9].

Существует ряд внутренних и внешних факторов, определяющих модификацию типа конституции с возрастом (нейрогормональный статус индивида,

питание, климатогеографические факторы, уровень двигательной активности) [6, 8, 11]. Конституциональный подход позволяет более точно определять типологическую специфику реакций индивидуума на экологическое неблагополучие и обоснованно выделять группы риска в отношении повреждающих факторов [7, 10, 12].

Цель работы — оценить изменения во времени частот встречаемости соматотипов школьников, проживающих на урбанизированной территории.

Методы

На протяжении 2010–2012 гг. проведено поперечное соматометрическое обследование 287 мальчиков и 269 девочек (первая группа) г. Гомеля в допубертатный (8 лет), пубертатный (13 лет) и постпубертатный периоды (17 лет). Критериями включения в выборку явились: отсутствие существенных отклонений в состоянии здоровья (I и II группы здоровья), белорусская, русская или украинская национальность, а также возраст 8, 13 и 17 лет. Критериями исключения были: дети и подростки III и IV групп здоровья, национальность (кроме белорусской, русской или украинской), возраст (кроме 8, 13 и 17 лет).

Все исследования проводились с письменного согласия родителей, разрешения управления здравоохранения Гомельского областного исполнительного комитета, а также на основании заключенных договоров о сотрудничестве между УО «Гомельский государственный медицинский университет» и средними образовательными школами № 21, 56, 58 г. Гомеля.

Антропометрическое обследование школьников проводилось по методике В. В. Бунака с использованием следующего стандартного набора инструментов: вертикальный металлический антропометр с градуировкой до 1 мм, портативные напольные электронные весы, нерастяжимая сантиметровая лента с градуировкой до 1 мм, толстотный и скользящий циркули. Все исследования проводились с использованием одного и того же инструмента одним и тем же исследователем в первой половине дня.

Определение соматотипической принадлежности осуществлялось по новой количественной схеме [4]. В основу методики положено измерение 12 антропометрических показателей обследуемого, которое даёт возможность оценить продольные, широтные и обхватные размеры тела и по суммарной балловой оценке установить тип телосложения. В соответствии с классификационной схемой соматотипов выделяют:

лептосомный тип — тонкосложенный с грацильным скелетом, ослабленным подкожным жиротложением и небольшой массой скелетной мускулатуры;

мезосомный тип — среднесложенный со средней степенью развития мышечной ткани, подкожной жировой клетчатки;

гиперсомный тип — широкосложенный, с массивным скелетом, хорошо развитой мускулатурой и повышенным жиротложением.

Крайние варианты соматотипов представлены в ка-

честве самостоятельных категорий: астенизированный лептосомный и адипозный гиперсомный. Ближайшие к мезосомному смешанные варианты обозначены как мезолептосомный и мезогиперсомный в зависимости от степени выраженности лептосомии или гиперсомии.

Для оценки динамики во времени распределение соматотипов городских школьников Республики Беларусь использовались данные, полученные И. И. Саливон и Н. И. Полиной в 1998–1999 гг. при обследовании школьников г. Гомеля в возрасте 8, 13, 17 лет (383 мальчика и 414 девочек — вторая группа) [5]. Критерии включения и исключения совпадали с используемыми в нашем исследовании.

Статистическая обработка осуществлялась с использованием пакетов компьютерных программ Microsoft Excel 2007 и STATISTICA 7.0. Полученные результаты внутригруппового распределения соматотипов представлены в процентах. Гипотеза о нормальном распределении величин проверена с помощью критерия Шапиро — Уилка. В связи с непараметричностью данных для определения уровня различий в частотах встречаемости соматотипов применен непараметрический критерий χ^2 Пирсона. Значение $p < 0,05$ считалось надежной границей статистической значимости [1].

Результаты

В результате проведенных исследований установлено, что во всех возрастных группах мальчиков, обследованных в 2010–2012 гг., преобладал мезосомный тип телосложения (таблица). При этом в пубертатный период (13 лет) у мальчиков отмечалась тенденция к снижению их доли с данным соматотипом по сравнению с допубертатным периодом (8 лет) от

Изменчивость частот встречаемости (%) соматотипов среди городских школьников, обследованных в 1998–1999 и 2010–2012 гг.

Возраст, лет	Группа	Соматотип						
		АстЛ	Л	МЛ	М	МГ	Г	АдГ
Мальчики								
8	1	0,8	13,8	20,3	38,2	11,4	4,1	11,4
	2	3,3	7,4	13,2	23,1	24,0	14,9	14,0
13	1	4,7	8,2	27,1	29,4	11,7	7,1	11,7
	2	2,1	10,3	18,5	30,8	18,5	8,2	11,6
17	1	10,1	5,1	8,9	40,5	15,2	6,3	13,9
	2	6,0	11,2	32,8	20,7	16,4	7,8	5,2
Девочки								
8	1	5,7	5,7	18,1	39,1	16,2	3,8	11,4
	2	4,8	10,3	28,6	32,5	11,9	6,3	5,6
13	1	5,2	11,7	19,5	29,9	15,6	5,2	13,0
	2	8,0	9,4	26,1	30,4	13,0	5,8	7,2
17	1	4,6	9,2	14,9	32,2	23,0	4,6	11,5
	2	14,0	17,3	24,0	15,3	8,7	3,3	17,3

Примечания: группа 1 — данные обследования школьников в 2010–2012 гг., группа 2 — данные обследования школьников в 1998–1999 гг.; соматотип: АстЛ — астенизированный лептосомный; Л — лептосомный; МЛ — мезолептосомный; М — мезосомный; МГ — мезогиперсомный; Г — гиперсомный; АдГ — адипозный гиперсомный.

38,2 до 29,4 % соответственно. Уменьшение численности мальчиков в 13 лет с мезосомным типом телосложения связано с повышением их численности с мезолептосомным соматотипом. К 17 годам доля мальчиков с мезосомным типом увеличилась до 40,5 % по сравнению с 13-летними (см. таблицу).

Численность мальчиков первой группы с лептосомным соматотипом уменьшалась от 13,8 % у 8-летних до 5,1 % у 17-летних. При этом обратная зависимость установлена среди школьников с астенизированным лептосомным типом телосложения (см. таблицу).

Анализ возрастной динамики мальчиков с гиперсомными вариантами соматотипов (мезогиперсомным, гиперсомным и адипозным гиперсомным) не позволил установить изменений во внутригрупповом распределении данных соматотипов от 8 до 17 лет (см. таблицу).

При анализе возрастной динамики распределения соматотипов среди девочек, обследованных в 2010–2012 гг., выявлено, что так же, как и среди мальчиков, во всех возрастных группах преобладали школьницы с мезосомным соматотипом. Однако к 17 годам по сравнению с 8-летними девочками отмечена тенденция к снижению численности школьниц с данным соматотипом от 39,1 до 32,2 % соответственно за счет увеличения количества обследованных с мезогиперсомным типом. С возрастом не выявлено изменений количества девочек первой группы с лептосомными соматотипами (мезолептосомным, лептосомным и астенизированным лептосомным), а также с гиперсомным и адипозным гиперсомным типами (см. таблицу).

Обсуждение результатов

С учетом имеющихся методических расхождений в способах определения типа телосложения школьников, предложенного автором статьи и используемых другими исследователями, проведение сравнительного анализа результатов возможно только с материалами, полученными И. И. Саливон и Н. И. Полиной, которые применяли аналогичную схему соматотипирования при обследовании школьников г. Гомеля в 1998–1999 гг.

Сравнительный анализ распределения соматотипов у городских школьников, обследованных в конце 1990-х и в 2010–2012 гг., показывает, что среди 8-летних мальчиков за десятилетие статистически значимо увеличивается их количество с мезосомным ($p = 0,015$) и возникает тенденция к увеличению числа с мезолептосомным и лептосомным соматотипами за счет значимого сокращения их численности с мезогиперсомными ($p = 0,016$) и гиперсомными ($p = 0,008$) типами (см. таблицу). В пубертатный период развития (13 лет) между мальчиками обеих исследуемых групп не зафиксировано значимых различий во временных изменениях частот встречаемости соматотипов. Однако к окончанию периода полового созревания (см. таблицу) наблюдалось статистически значимое увеличение числа подростков первой группы

по сравнению с ровесниками из второй с мезосомным типом ($p = 0,005$) за счет значимого снижения их количества с мезолептосомным ($p = 0,001$).

Анализ временных изменений частот встречаемости соматотипов за десятилетие среди девочек свидетельствует о том, что в допубертатный период (8 лет) отмечена тенденция к увеличению доли лиц с мезосомным соматотипом от 32,5 до 39,1 % при снижении доли с мезолептосомным типом от 28,6 до 18,1 % (см. таблицу). В период полового созревания (13 лет) значимых различий временных изменений частот встречаемости соматотипов у школьниц первой и второй групп не выявлено. К окончанию периода полового созревания (17 лет) зафиксировано статистически значимое увеличение численности девочек первой группы с мезосомным ($p = 0,004$), а также мезогиперсомным ($p = 0,004$) типами и сокращение числа с астенизированным лептосомным типом конституции ($p = 0,040$) по сравнению со сверстницами из второй группы.

Увеличение за период между исследованиями доли городских школьников обеих половых групп с мезосомным соматотипом и снижения доли с лептосомными типами может происходить за счет улучшения качества жизни городского населения, его питания и возрастания числа детей и подростков, занимающихся в спортивных секциях, которые становятся все более доступными для жителей города с различным материальным положением.

Таким образом, установлено, что в исследуемый период среди школьников обеих половых групп увеличивается количество представителей с мезосомным соматотипом за счет снижения числа лиц с лептосомными. Статистически значимые изменения во времени частот встречаемости соматотипов чаще выявлялись среди мальчиков, что свидетельствует о более высокой степени влияния изменяющихся внешнесредовых факторов на их организм по сравнению с девочками.

Авторство

Мельник В. А. подтверждает отсутствие конфликта интересов.

Автор благодарит сотрудников кафедры анатомии человека УО «Гомельский государственный медицинский университет» за помощь, оказанную при проведении исследований.

Мельник Виктор Александрович – SPIN 2692-5483; ORCID 0000-0002-0789-3054

Список литературы

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. 459 с.
2. Мальцев В. П., Григорьева Е. В. Функциональное состояние системы внешнего дыхания студенток с разным типом телосложения // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 2, № 3. С. 111–113.
3. Михайлова С. В., Кузмищев Ю. Г., Красникова Л. И., Гринина Н. М. Взаимосвязь биологического возраста студентов с показателями массы тела, его компонентов и

типом телосложения // Морфология. 2016. Т. 149, № 2. С. 68–72.

4. Мельник В. А. Конституциональные особенности формирования морфофункциональных показателей физического развития и полового созревания городских школьников: монография. Гомель: ГомГМУ, 2015. 224 с.

5. Саливон И. И., Полина Н. А. Количественный подход к определению типов телосложения у школьников. Минск: УП «Технопринт», 2003. 40 с.

6. Benítez-Hernández Z. P., Hernández-Torres P., DeLaTorre-Díaz M. D. L., Cervantes-Borunda M., Cabañas M. D., López-Ejeda N., Marrodán M. D. Body composition, nutritional status and diet in rural and urban Tarahumara schoolchildren in Chihuahua, México // *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2014. Vol. 34, N 2. P. 71–79.

7. Ghosh S., Dosaev T., Prakash J., Livshits G. Quantitative genetic analysis of the body composition and blood pressure association in two ethnically diverse populations // *American Journal of Physical Anthropology*. 2017. Vol. 162, N 4. P. 701–714.

8. Kaverin A. V., Zenkin A. S., Shchankina G. I., Shchankin A. A. Impact of ecological factors on morphofunctional indicators of evolutive somatotype of girls of various nationalities // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7, N 2. P. 624–631.

9. Kutseryb T., Vovkanych L., Hrynkiv M., Majevska S., Muzyka F. Peculiarities of the somatotype of athletes with different directions of the training process // *Journal of Physical Education and Sport*. 2017. Vol. 17, N 1. P. 431–435.

10. Melnik V. A. The influence of social and biological factors on the somatotypes of urban schoolchildren from the city of Gomel in Belarus // *International Journal of Anthropology*. 2015. Vol. 30, N 4. P. 235–242.

11. Pereira S., Gomes T. N., Santos D., Maia J. A. R., Katzmarzyk P. T., Souza M., Chaves R. N., Santos F. K. D., Hedeker D. Multilevel modelling of somatotype components: the Portuguese sibling study on growth, fitness, lifestyle and health // *Annals of Human Biology*. 2017. Vol. 44, N 4. P. 316–324.

12. Shakhanova A. V., Chelyshkova T. V., Kuzmin A. A., Silantsev M. N., Grechishkina S. S. Effect of team sports on aerobic performance of human body in view of somatotype // *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9, N 42. P. 104257.

References

1. Glants S. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medical and Biological Statistics]. Moscow, Praktika Publ., 1999, 459 p.

2. Maltsev V. P., Grigoreva E. V. Functional state of the external breathing system of female students with different body types. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya* [The successes of modern science and education]. 2017, 2 (3), pp. 111–113. [In Russian]

3. Mihaylova S. V., Kuzmecheva Yu. G. Interrelation of the biological age of students with body mass index, its components

and body type. *Morphologia* [Morphology]. 2016, 149 (2), pp. 68–72. [In Russian]

4. Melnik V. A. *Konstitutsionalnye osobennosti formirovaniya morfofunktsionalnykh pokazateley fizicheskogo razvitiya i polovogo sozrevaniya gorodskikh shkolnikov: monografiya* [Constitutional features of the formation of morphofunctional indicators of physical development and puberty of urban schoolchildren: monograph]. 2015, Gomel, 224 p.

5. Salivon I. I., Polina N. A. *Kolichestvennyy podkhod k opredeleniyu tipov teloslozheniya u shkolnikov* [Quantitative approach to identification of body types of schoolchildren]. Minsk, 2003, 40 p.

6. Benítez-Hernández Z. P., Hernández-Torres P., DeLaTorre-Díaz M. D. L., Cervantes-Borunda M., Cabañas M. D., López-Ejeda N., Marrodán M. D. Body composition, nutritional status and diet in rural and urban Tarahumara schoolchildren in Chihuahua, México. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2014, 34 (2), pp. 71–79.

7. Ghosh S., Dosaev T., Prakash J., Livshits G. Quantitative genetic analysis of the body composition and blood pressure association in two ethnically diverse populations. *American Journal of Physical Anthropology*. 2017, 162 (4), pp. 701–714.

8. Kaverin A. V., Zenkin A. S., Shchankina G. I., Shchankin A. A. Impact of ecological factors on morphofunctional indicators of evolutive somatotype of girls of various nationalities. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016, 7 (2), pp. 624–631.

9. Kutseryb T., Vovkanych L., Hrynkiv M., Majevska S., Muzyka F. Peculiarities of the somatotype of athletes with different directions of the training process. *Journal of Physical Education and Sport*. 2017, 17 (1), pp. 431–435.

10. Melnik V. A. The influence of social and biological factors on the somatotypes of urban schoolchildren from the city of Gomel in Belarus. *International Journal of Anthropology*. 2015, 30 (4), pp. 235–242.

11. Pereira S., Gomes T. N., Santos D., Maia J. A. R., Katzmarzyk P. T., Souza M., Chaves R. N., Santos F. K. D., Hedeker D. Multilevel modelling of somatotype components: the Portuguese sibling study on growth, fitness, lifestyle and health. *Annals of Human Biology*. 2017, 44 (4), pp. 316–324.

12. Shakhanova A. V., Chelyshkova T. V., Kuzmin A. A., Silantsev M. N., Grechishkina S. S. Effect of team sports on aerobic performance of human body in view of somatotype. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016, 9 (42), p. 104257.

Контактная информация:

Мельник Виктор Александрович — кандидат биологических наук, доцент, декан факультета по подготовке специалистов для зарубежных стран, доцент кафедры нормальной физиологии УО «Гомельский государственный медицинский университет»

Адрес: 246000, г. Гомель, Беларусь, ул. Ланге, д. 5
E-mail: melnik76@tut.by

УДК 502.2:574.2

DOI: 10.33396/1728-0869-2019-2-31-38

КОМФОРТНОСТЬ И ЭСТЕТИЧНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ КАК ФАКТОР СТАНОВЛЕНИЯ ФЕНОТИПИЧЕСКОГО И СОЦИАЛЬНОГО СТАТУСА ЧЕЛОВЕКА

© 2019 г. ¹А. Б. Мулик, ²И. В. Улесикова, ³И. Г. Мулик, ⁴Н. О. Назаров, ⁴Ю. А. Шатыр

¹ФГБУН «Институт токсикологии» Федерального медико-биологического агентства, г. Санкт-Петербург;
²ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, г. Санкт-Петербург; ³ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, г. Волгоград; ⁴ФГАУ ВО «Волгоградский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

Цель – определить направленность и выраженность связей комфортности среды жизнедеятельности и эстетичности природной среды с популяционными характеристиками отдельных показателей соматотипа, психологического и социального статуса человека. *Методы.* Была выполнена экспертная оценка эстетичности природной среды и с использованием данных Национального атласа России охарактеризована комфортность среды обитания человека на территориях 13 модельных регионов, наделенных относительно типичным набором дискретно выраженных сочетаний факторов окружающей среды, характерных для Российской Федерации. На основании сведений Федеральной службы государственной статистики формировался перечень показателей социального статуса населения модельных регионов и определялась степень их проявления. Оценивались стандартные показатели соматотипа, психоэмоционального фона, уровня просоциальности и выраженности различных векторов поведенческой и социальной активности у 1 471 человека, мужчин и женщин 18–28 лет, постоянно проживающих на территориях выделенных модельных регионов. *Результаты.* У большинства показателей психологического и социального статуса населения существует однонаправленная зависимость их проявления от комфортности и эстетичности среды обитания. При этом наблюдается относительно выраженная обратная связь экономической активности ($p = 0,051$), а также статистически значимая отрицательная связь поведенческой активности ($p = 0,019$) и просоциальности поведения ($p = 0,025$) с эстетичностью природной среды. Статистическая значимость прямых связей с комфортностью среды обитания отмечена в отношении таких показателей социального статуса, как плотность населения ($p = 0,001$), миграционная привлекательность территории ($p = 0,002$), средний возраст ($p = 0,025$) и уровень качества жизни ($p = 0,032$). Статистически значимая выраженность обратной связи наблюдается только в отношении уровня разводимости населения ($p = 0,021$). *Выводы.* Обосновано влияние комфортности и эстетичности среды обитания на популяционное становление фенотипического и социального статуса человека.

Ключевые слова: популяционная экология человека, эстетичность природной среды, комфортность среды обитания, средовые факторы формирования фенотипа, факторы формирования социального статуса

COMFORT AND AESTHETICS OF THE LIVING ENVIRONMENT AS A DETERMINANT OF AN INDIVIDUAL'S PHENOTYPIC AND SOCIAL STATUS

¹A. B. Mulik, ²I. V. Ulesikova, ³I. G. Mulik, ⁴N. O. Nazarov, ⁴Yu. A. Shatyr

¹Institute of Toxicology of the Federal medical-biological Agency, Saint Petersburg;
²S. M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg; ³Volgograd State Agrarian University, Volgograd;
⁴Volgograd State University, Volgograd, Russia

Aim - to study direction and magnitude of associations between indices of comfort and aesthetics of living environment and selected population characteristics as well as indicators of the somatotype, psychological and social status of a person. *Methods.* An expert assessment of the aesthetic nature of the environment was carried out and the comfort of the human environment in 13 regions using data from the National Atlas of Russia. A list of indicators of the social status of the population in the same regions was selected using the data from the Federal State Statistics Service. Standard indicators of the somatotype, psychoemotional state, level of prosociality and severity of various vectors of behavioral and social activity in 1 471 people, men and women, aged 18-28, permanently living in the selected regions, were assessed. *Results.* According to the majority of indicators of the psychological and social status of the population, there is a unidirectional dependence of their manifestation on the comfort and aesthetics of the environment. At the same time, we observed inverse association between economic activity ($p = 0.051$), behavioral activity ($p = 0.019$) and prosocial behavior ($p = 0.025$) and the aesthetic characteristics of the living environment. Among the indicators of social status, significant associations were found between with the comfort of the habitat and population density ($p = 0.001$), migration attractiveness of the region ($p = 0.002$), average age ($p = 0.025$), and quality of life ($p = 0.032$). Statistically significant inverse relationship was observed between divorce rate and comfort of the environment ($p = 0.021$). *Conclusions.* We observed several significant associations between indicators of comfort and aesthetics of the environment and phenotypic and social status of individuals. Further research is needed to corroborate our findings in other regions.

Key words: population ecology of a person, aesthetics of the natural environment, comfort of habitat, environment factors of phenotype formation, factors of social status formation

Библиографическая ссылка:

Мулик А. Б., Улесикова И. В., Мулик И. Г., Назаров Н. О., Шатыр Ю. А. Комфортность и эстетичность среды обитания как фактор становления фенотипического и социального статуса человека // Экология человека. 2019. № 2. С. 31–38.

Mulik A. B., Ulesikova I. V., Mulik I. G., Nazarov N. O., Shatyr Y. A. Comfort and Aesthetics of the Living Environment As a Determinant of an Individual's Phenotypic and Social Status. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 2, pp. 31-38.

Человек как элемент эволюционного развития природы неразрывно связан с окружающей его живой и костной материей. Начало научного осмысления роли природной среды в жизни человека положено Ш. Монтескье [11], выполнившим анализ особенностей климата, рельефа местности, плодородия почвы во взаимосвязи с поведенческими, социальными и политическими характеристиками народов, населяющих те или иные территории. Ф. Ратцель [19] выявил закономерности социального становления некоторых народов и их культур в зависимости от региона проживания. Развивая концепцию географического детерминизма, Г. Т. Брокль утверждал, что, помимо влияния почвы и климата на жизнь людей, рациональное начало в человеке также способно влиять на саму природу, обеспечивая прогресс цивилизации [3]. Общебиологическим подтверждением теорий развития человеческих общностей под воздействием природной среды являются работы К. Линнея, Ж. Б. Ламарка, Ч. Дарвина, доказывающие влияние абиотических и биотических факторов среды на изменчивость организмов [18]. Теория ноосферы В. И. Вернадского дала начало системному осмыслению взаимоотношения человека и природы, нашедшему свое отражение в трудах В. Шелфорда, Н. Ф. Реймерса, С. С. Шварца и в последующем развитому в работах Ф. В. Кряжмского и В. Н. Большакова [9].

Значительный вклад в изучение механизмов формирования популяционной специфики структурных и функциональных характеристик человека в различных условиях среды обитания внесли труды Н. А. Агаджаняна, его учеников и последователей [1]. Современные разработки иностранных исследователей в большей степени отражают частные эффекты влияния окружающей среды на жизнедеятельность человека [22, 23, 25].

Следует отметить, что основной вектор современного развития популяционной экологии человека — изучение физических и химических факторов среднего воздействия на жителей отдельных территорий. При этом не уделяется должного внимания эстетичности ландшафтов и комфортности места жительства, являющихся производным элементом физико-географических и биогеохимических компонентов природной среды и оказывающих психологическое влияние на человека.

Цель исследования — выявить направленность и выраженность связей комфортности среды жизнедеятельности и эстетичности природной среды с популяционными характеристиками отдельных показателей соматотипа, психологического и социального статуса человека.

Методы

На первом теоретическом этапе работы на основе картографического материала из Национального атласа России [17] и результатов собственных исследований [2] были выделены модельные регионы, наделенные относительно типичным набором дис-

кретно выраженных сочетаний факторов окружающей среды, характерных для Российской Федерации (РФ): Архангельская, Ленинградская, Иркутская, Воронежская, Саратовская, Волгоградская, Ростовская, Астраханская области, республики Карелия, Адыгея, Крым, Приморский и Краснодарский края. При этом по каждому модельному региону формировались данные, характеризующие комфортность среды обитания человека [21].

По официальным сведениям Федеральной службы государственной статистики определялся перечень показателей социального статуса населения модельных регионов и оценивалась выраженность их проявления [20]. Второй полевой этап работы предусматривал экспертную оценку эстетичности природной среды исследуемых территорий, основанную на совокупном учете следующих показателей: контрастности ландшафтов (баллы от 1 до 3), выразительности рельефа местности (баллы от 0 до 1), цветовой гаммы пейзажа (баллы от 0 до 3), глубины видовой перспективы (баллы от 1 до 3), наличия водных объектов (баллы от 0 до 1), степени и характера лесистости (баллы от 0 до 3), степени и характера антропогенных изменений (баллы от 1 до 3) [13].

Третий этап был посвящен экспериментальному изучению фенотипических характеристик населения ранее выделенных модельных регионов. В качестве испытуемых задействовались 1 471 человек, мужчины и женщины 18–28 лет, учащиеся государственных вузов, постоянно проживающие на исследуемых территориях. Обеспечивалось соблюдение требований статей 5, 6 и 7 «Всеобщей декларации по биоэтике и правах человека» с оформлением персонального информированного согласия. Выборочная совокупность по каждому региону формировалась в рамках стандартных академических групп учащихся с учетом соблюдения четырех условий. Первое — испытуемые отбираются из числа лиц, более 10 лет постоянно проживающих на территории исследуемого региона. Второе — возраст испытуемых должен быть достаточным для устойчивой сформированности функционального и структурного статуса организма (18 лет), но не выходить за рамки восходящего периода развития человека, который ограничивается тридцатью годами. Третье — человек должен находиться в стабильном функциональном и психоэмоциональном состоянии, иметь возможность свободного выбора своего социального окружения и профессиональной деятельности, не подвергаться чрезвычайным физическим, химическим и биологическим экзогенным воздействиям, полноценно питаться, вести здоровый образ жизни, регулярно проходить медицинские осмотры, иметь постоянное место жительства, его профессиональная деятельность не должна носить сменный характер и не должна быть сопряжена с регулярными отъездами из региона постоянного проживания. Четвертое — выборочная совокупность по каждому исследуемому региону должна состоять из относительно равновесного количества мужчин и женщин, но не менее чем из 50 человек каждого пола.

Вначале оценивались показатели соматотипа (рост, см; масса тела, кг; индекс массы тела, у. е.) [10], затем определялись психоэмоциональный фон и выраженность поведенческой, социальной, профессиональной, экономической, политической активности и социальной деструктивности человека [14, 16]. Кроме этого, устанавливалась степень просоциальности поведения по показателям предрасположенности человека к коллективному или индивидуальному труду, уровню эмотивности и эмпатии, готовности оказания помощи окружающим, склонности к развитию негативных эмоций и агрессии в отношении «чужих» людей [15].

На четвертом, аналитическом этапе работы был выполнен комплексный анализ связей показателей комфортности и эстетичности среды обитания с отдельными данными фенотипического и социального статуса населения модельных регионов РФ. Для оценки выраженности и направленности связи исследуемых параметров рассчитывался коэффициент корреляции r – Спирмена. Формирование базы данных первичной информации и статистическая обработка результатов исследования производились в программах MS Excel 2007 (12.0.6611.1000) (Microsoft), Statistica 6.0 (StatSoft).

Результаты

По каждой модельной территории выделены физико-географические параметры, потенциально влияющие как на эстетичность и комфортность среды, так и на фенотип человека: градусы северной широты, градусы восточной долготы, суммарная солнечная радиация, суммарная среднегодовая температура, разница между t_{max} и t_{min} , среднегодовое количество осадков, среднегодовые суточные значения радиационного фона, максимальные суточные значения радиационного фона, годовые значения выпадения радионуклидов, характеристика рельефа местности. В качестве показателей социального статуса населе-

ния модельных регионов были определены: численность и плотность населения, его средний возраст, уровень миграции, продолжительность жизни, уровень безработицы, преступности, коэффициенты брачности и разводимости, число родов на 1 000 женщин, число абортотворений (добровольных) на 100 родов, смертность от новообразований, уровни смертности от убийств, от самоубийств, индекс качества жизни.

Обобщение результатов экспертной оценки эстетичности природной среды и данных литературного анализа показателей комфортности среды обитания модельных регионов представлено в таблице.

Сравнительный анализ суммы баллов эстетичности природной среды и баллов комфортности среды жизнедеятельности человека по модельным регионам РФ выявил наличие прямой статистически значимой ($p = 0,004$) корреляционной связи между данными показателями.

Дополнительный анализ связей физико-географических параметров регионов с показателями эстетичности и комфортности среды обитания подтвердил комплексный характер проявления анализируемых явлений (рис. 1).

Как следует из результатов представленного исследования, за исключением среднегодового количества осадков, по всем остальным физико-географическим показателям наблюдается односторонняя выраженность корреляционных связей эстетичности и комфортности среды. При этом выявлена статистически значимая отрицательная связь эстетичности природной среды с градусами северной широты ($p = 0,030$) и положительная – с выраженностью рельефа местности ($p = 0,009$), а также определена прямая связь комфортности среды жизнедеятельности с годовым уровнем выпадения радионуклидов ($p = 0,012$).

Реализация экспериментального этапа работы обеспечила оценку показателей фенотипического

Выраженность показателей эстетичности и комфортности среды обитания модельных регионов Российской Федерации, баллы

№	Регион	Эстетичность								Комфортность
		К	В	Ц	П	Вод.	Л	А	Σ баллов	
1	Республика Крым	3	1	3	3	1	2	3	16	25
2	Краснодарский край	3	1	2	3	1	3	3	16	21
3	Республика Адыгея	3	1	2	3	1	3	3	16	21
4	Ростовская область	2	0	1	2	1	2	2	10	21
5	Астраханская область	2	0	1	2	1	1	1	9	10
6	Волгоградская область	2	0	1	1	1	1	1	7	17
7	Саратовская область	2	1	1	2	1	2	2	11	21
8	Воронежская область	3	1	2	2	1	3	2	14	25
9	Республика Карелия	2	0	2	2	1	2	1	10	12
10	Архангельская область	1	0	1	1	1	2	1	7	6
11	Ленинградская область	2	1	2	2	1	2	2	12	20
12	Иркутская область	1	1	2	2	1	2	2	11	16
13	Приморский край	2	1	2	2	1	3	3	14	15

Примечание. К – контрастность; В – выразительность; Ц – цвет; П – перспектива; Вод. – вода; Л – лес; А – антропогенность.

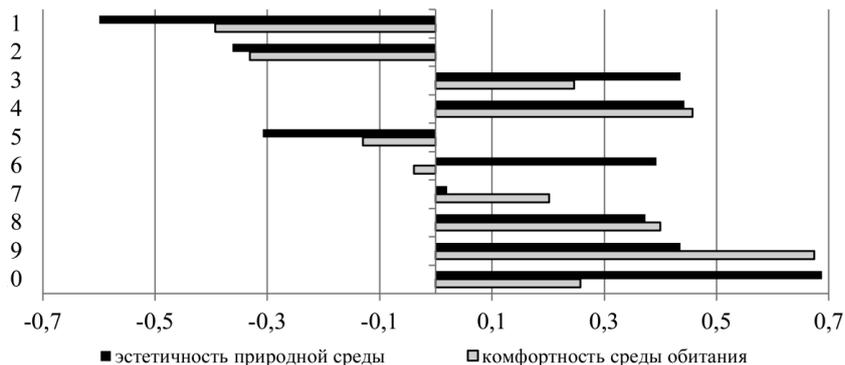


Рис. 1. Корреляционные связи комфортности среды обитания и эстетичности природной среды с некоторыми физико-географическими параметрами территории Российской Федерации

Примечание. 1 – градусы северной широты; 2 – градусы восточной долготы; 3 – суммарная солнечная радиация; 4 – суммарная среднегодовая температура; 5 – разница между t max и t min; 6 – среднегодовое количество осадков; 7 – среднегодовые суточные значения радиационного фона; 8 – максимальные суточные значения радиационного фона; 9 – годовое выпадение радионуклида ¹³⁷Cs; 10 – рельеф.

статуса, характеризующих соматотипические и психологические особенности населения выделенных модельных регионов РФ. Затем объединенные данные экспериментального исследования фенотипа и теоретического анализа социального статуса жителей модельных территорий были соотнесены с показате-

лями комфортности и эстетичности среды обитания. Результаты корреляционного анализа связи комфортности и эстетичности среды жизнедеятельности с выраженностью показателей фенотипического и социального статуса жителей модельных территорий представлены на рис. 2.

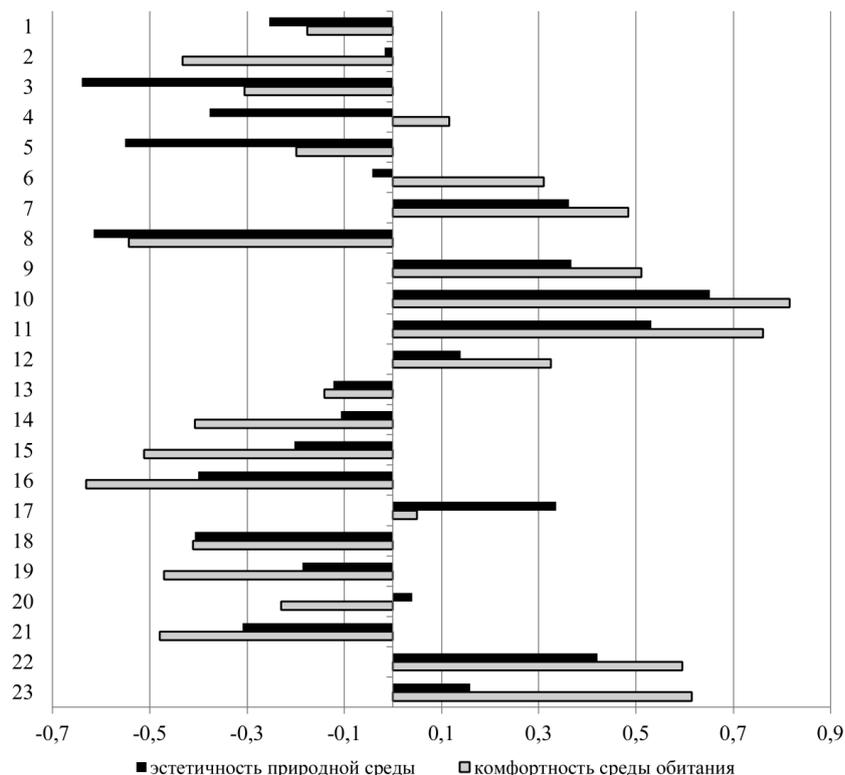


Рис. 2. Корреляционные связи комфортности среды обитания и эстетичности природной среды с некоторыми показателями фенотипа и социального статуса населения Российской Федерации

Примечание. 1 – рост; 2 – индекс массы тела; 3 – поведенческая активность; 4 – социальная активность; 5 – экономическая активность; 6 – политическая активность; 7 – социальная деструктивность; 8 – просоциальность; 9 – негативные эмоции; 10 – плотность населения; 11 – миграционная привлекательность; 12 – продолжительность жизни (ожидаемая); 13 – смертность от самоубийств; 14 – алкоголизация; 15 – брачность; 16 – разводимость; 17 – роды; 18 – аборт; 19 – смертность от новообразований; 20 – смертность от убийств; 21 – преступность; 22 – качество жизни; 23 – средний возраст.

Представленные данные свидетельствуют, что по большинству показателей фенотипа и социального статуса населения проявилась однонаправленная зависимость их выраженности от комфортности и эстетичности среды обитания. Обращает на себя внимание наличие относительно выраженной обратной связи экономической активности ($p = 0,051$), а также статистически значимой отрицательной связи поведенческой активности ($p = 0,019$) и просоциальности поведения ($p = 0,025$) с эстетичностью природной среды. Статистическая значимость прямых связей с комфортностью среды обитания наблюдается в отношении таких показателей социального статуса, как плотность населения ($p = 0,001$), миграционная привлекательность территории ($p = 0,002$), средний возраст ($p = 0,025$) и уровень качества жизни ($p = 0,032$). Значимая выраженность обратной связи по спектру анализируемых показателей социального статуса присутствует только в отношении уровня разводимости населения ($p = 0,021$) в зависимости от комфортности среды обитания. При этом несущественные отрицательные связи с эстетичностью и комфортностью среды жизнедеятельности проявляются в отношении суицида, алкоголизации, брачности, добровольных аборт, смертности от новообразований, смертности от убийств и общего уровня преступности населения.

Обсуждение результатов

В результате предпринятых исследований впервые охарактеризован комплекс фенотипических проявлений и социальных явлений, связанных с комфортностью и эстетичностью среды жизнедеятельности человека. Наличие выраженной положительной связи баллов эстетичности природной среды и комфортности среды жизнедеятельности подтверждает единство таких категорий, как красота, гармония, целесообразность, функциональность, удобство. По большинству физико-географических показателей выраженность эстетичности и комфортности среды обитания носит однонаправленный характер. При этом необходимо предположить, что некоторые взаимосвязи анализируемых позиций не обусловлены причинно-следственной зависимостью. Так, статистически значимая положительная связь годового уровня выпадения радионуклидов с комфортностью среды жизнедеятельности носит явно случайный характер. Другие физико-географические параметры полностью соответствуют общепринятым взглядам на их роль в психологическом восприятии человеком комфортности и эстетичности среды его обитания [6]. Полученные результаты подтверждают традиционное теоретическое объяснение эстетической привлекательности среды обитания сочетанием выразительности и упорядоченности объектов окружающей среды на фоне контрастных элементов природных растительных сообществ, что нашло свое отражение в положительной связи эстетичности с рельефностью местности, а также

– в отрицательной связи эстетичности с северной широтностью исследуемых территорий [8]. Ряд современных научных исследований в области эволюционной эстетики доказывают, что чувство красоты имеет биологические основы и связано с благоприятными условиями адаптации человека к природной среде, наделенной водными ресурсами и обильной, разнообразной растительной пищей [26]. Кроме этого, обосновывается положительная роль гармоничных, насыщенных природных ландшафтов в здоровьесбережении человека [24].

Целостность визуального и кинестетического начала в оптимистическом или пессимистическом восприятии окружающей среды свидетельствует о конгруэнтности психических и физических компонентов популяционного гомеостаза человека. Это обуславливает возможность трансформации влияний факторов среды в психологические и социальные эффекты. Данное обстоятельство предполагает формирование устойчивых вариантов стереотипного поведения в социуме, объединенном территорией проживания. Как следует из результатов предпринятого исследования, по большинству показателей психологического и социального статуса населения существует однонаправленная зависимость их проявления от комфортности и эстетичности среды обитания. При этом наблюдается, на первый взгляд, парадоксальное проявление некоторых социально-психологических характеристик. Так, чем менее эстетична и комфортна среда обитания, тем в большей степени у человека проявляется просоциальность, поведенческая и экономическая активность на фоне низкого проявления политической активности, социальной деструктивности и негативного эмоционального реагирования в отношении «чужих» людей. С точки зрения социальной экологии и социальной психологии следует предположить, что данный феномен обусловлен стремлением человека за счет повышенной поведенческой и экономической активности создать для себя более благоприятные условия жизни и тем самым компенсировать дефицит эстетичности и комфортности среды обитания. При этом в неблагоприятных условиях природной среды, являющихся объективным фактором дестабилизации эволюционных процессов, для повышения адаптивности социума требуется актуализация коллективизма, в данном случае проявляющаяся в просоциальности, низком уровне негативных эмоциональных реакций и пониженной политической активности индивида [7].

В отношении связей эстетичности и комфортности среды обитания и показателей социального статуса населения модельных регионов РФ необходимо констатировать их комплексный характер проявления, отвечающий современным теоретическим представлениям социальной экологии и этносоциологии [5]. При этом прямые связи с комфортностью и эстетичностью среды обитания наблюдаются в от-

ношении таких показателей социального статуса, как плотность населения, миграционная привлекательность, уровень качества жизни, средний возраст населения и ожидаемая продолжительность жизни. Все представленные взаимосвязи основаны на стремлении человека к удовлетворению своих базовых потребностей. Именно комфортность среды обитания так или иначе, прямо или опосредованно создает благоприятные условия для их удовлетворения. Отмечена обратная связь преимущественно с комфортностью среды обитания и в меньшей степени с эстетичностью природной среды у таких показателей социального статуса, как разводимость, алкоголизация, брачность, добровольные аборты, общий уровень преступности населения, смертность от новообразований, смертность от самоубийств, смертность от убийств как общих проявлений действия внешних причин [12].

Полученные результаты полностью подтверждают современные теории формирования социального поведения и менталитета в социуме. Так, в исследованиях Н. Н. Губанова обоснована концепция тройной детерминации ментализации человека, основными источниками которой являются его биологическое начало, окружающая среда, представленная естественно-географическими и социальными факторами, и креативная деятельность субъекта по самосовершенствованию, обусловленная психологическим статусом личности [4]. При этом необходимо иметь в виду: как биологическая, так и психологическая составляющие фенотипа человека в значительной степени являются продуктом адаптации организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды, что дополнительно наделяет ее системообразующим началом в формировании социального статуса населения.

Таким образом, в результате комплекса теоретических и экспериментальных исследований впервые обоснована возможная роль комфортности и эстетичности среды обитания в становлении фенотипического и социального статуса человека.

Исследование выполнено в рамках реализации научного Проекта РФФИ № 15-06-08034 «Факторы природной и биологической обусловленности поведенческой и социальной активности населения локальных территорий в регионах России»

Авторство

Мулик А. Б. разработал концепцию и дизайн исследования, внес существенный вклад в интерпретацию данных; Улесикова И. В. внесла существенный вклад в получение, анализ и интерпретацию данных; Мулик И. Г. внесла существенный вклад в получение, анализ и интерпретацию данных; Назаров Н. О. выполнил статистическую обработку и анализ данных; Шатыр Ю. А. подготовила первый вариант статьи и окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись.

Конфликт интересов отсутствует

Мулик Александр Борисович — ORCID 0000-0001-6472-839X; SPIN 8079-9698

Улесикова Ирина Владимировна — ORCID 0000-0001-9284-3280; SPIN 9859-6036

Мулик Ирина Геннадьевна — ORCID 0000-0002-8452-7306; SPIN 5052-6472

Назаров Никита Олегович — ORCID 0000-0002-0668-4664; SPIN 9126-2809

Шатыр Юлия Александровна — ORCID 0000-0001-9279-5282; SPIN 2942-6250

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Батоцыренова Т. Е., Северин А. Е., Семенов Ю. Н., Сушкова Л. Т., Гомбоева Н. Г. Сравнительные особенности варибельности сердечного ритма у студентов, проживающих в различных природно-климатических регионах // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 6. С. 66–70.

2. Бодрова В. Н., Шатыр Ю. А., Мулик А. Б. Разработка принципов геоинформационного прогнозирования рисков социальной дезадаптации населения отдельных территорий Российской Федерации // Проблемы региональной экологии. 2015. № 5. С. 81–86.

3. Брокль Г. Т. История цивилизаций. История цивилизации в Англии. Т. 1. СПб.: Мысль, 2000. 461 с.

4. Губанов Н. Н. Формирование, развитие и функционирование менталитета в обществе. М.: Этносоциус, 2014. 214 с.

5. Дугин А. Г. Этносоциология. М.: Академический проспект, 2015. 848 с.

6. Калина В. А., Шайтанюк А. В. Содержание понятия «Психологический комфорт» // Социальные и гуманитарные науки на Дальнем Востоке. 2014. № 3. С. 76–81.

7. Кожевникова Т. М. К вопросу о природе русского коллективизма // Социально-экономические явления и процессы. 2012. № 2 (036). С. 75–77.

8. Красота и мозг. Биологические аспекты эстетики / пер. с англ.; под ред. И. Ренчлера, Б. Херцбергер, Д. Эпстайна. М.: Мир, 1995. 335 с.

9. Кряжмский Ф. В., Большаков В. Н. Надорганизменные системы в экологии человека // Экология. 2005. № 3. С. 163–170.

10. Липатов П. И., Липатова Л. Н. Основы антропологии с элементами генетики человека: учебно-методический комплекс. URL: <http://bio/1september.ru/2003/47/6.htm> (дата обращения 02.10.2008).

11. Монтезье Ш. Л. О духе законов / Избранные произведения. М.: Политическая литература, 1955. С. 339–353.

12. Мордовский Э. А., Соловьев А. Г., Вязьмин А. М., Кузин С. Г., Колядко Э. А. Потребление алкоголя накануне смерти и смертность от травм, отравлений и других последствий действия внешних причин // Экология человека. 2014. № 9. С. 24–29.

13. Мотошина А. А., Вдовюк Л. Н. Оценка эстетических свойств ландшафтов Тобольского района Тюменской области в рекреационных целях // Географический вестник. 2012. № 4 (23). С. 10–20.

14. Мулик А. Б., Постнова М. В., Улесикова И. В., Шатыр Ю. А. Прогнозирование поведенческих и социальных явлений в группах населения, объединенных единой территорией проживания в границах Российской Федерации. Методические рекомендации. Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2017. 28 с.

15. Патент РФ 2623302. Способ оценки склонности к просоциальному-асоциальному поведению / Мулик А. Б., Безрукова А. Н., Тимофеева Т. С., Шатыр Ю. А., Мулик

И. Г., Антонов Г. В. Заявл. 10.12.2015. Опубл. 23.06.2017. Бюл. № 18.

16. Патент РФ 2640570. Способ оценки социальной активности человека / Мулик А. Б., Безрукова А. Н., Тимофеева Т. С., Шатыр Ю. А., Антонов Г. В., Борщ Ю. С. Заявл. 08.12.2015. Опубл. 09.01.2018. Бюл. № 1.

17. Природа. Экология // Национальный атлас России. Т. 2. М.: Роскартография, 2007. URL: <http://xn--80aaaa1bhnlcccl1c5c4ep.xn--p1ai/cd2/447/447.html> (дата обращения: 11.10.2017).

18. Прохоров Б. Б. Экология человека. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 368 с.

19. Ратцель Ф. Политическая география (в изложении Л. Синицкого) // Геополитика: хрестоматия / сост. Б. А. Исаев. СПб.: Питер, 2007. С. 15–36.

20. Российский статистический ежегодник. 2015: Стат. сборник. М.: Росстат, 2015. 728 с.

21. Характеристика санэкосистем // Национальный атлас России. Т. 2. Природа. Экология. М.: Роскартография, 2007. URL: <http://xn--80aaaa1bhnlcccl1c5c4ep.xn--p1ai/cd2/447/447.html> (дата обращения: 15.09.2017).

22. Colomina M. T., Peris-Sampedro F. Aluminum and Alzheimer's Disease // Adv. Neurobiol. 2017. Vol. 18. P. 183–197. doi: 10.1007/978-3-319-60189-2_9.

23. Gao S., Jin Y., Unverzagt F. W., Liang C., Hall K. S., Cao J., Ma F., Murrell J. R., Cheng Y., Li P., Bian J., Hendrie H. C. Selenium level and depressive symptoms in a rural elderly Chinese cohort // BMC Psychiatry. 2012. Jul 3. 12:72. doi: 10.1186/1471-244X-12-72.

24. Huang L., Xu H. Therapeutic landscapes and longevity: Wellness tourism in Bama // Social Science & Medicine. 2018. Vol. 197. P. 24–32. doi: 10.1016.

25. Jian Y., Wu C. Y. H., Gohlke J. M. Effect Modification by Environmental Quality on the Association between Heatwaves and Mortality in Alabama, United States // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2017. N 14 (10). E1143. doi: 10.3390/ijerph14101143.

26. Zhang W., Tang X., He X., Chen G. Evolutionary Effect on the Embodied Beauty of Landscape Architectures // Evolutionary Psychology. 2018. N 16 (1). doi: 0.1177/1474704917749742.

References

1. Agadzhanyan N. A., Batotsyrenova T. E., Severin A. E., Semenov Yu. N., Sushkova L. T., Gomboeva N. G. Comparative features of heart rate variability in students living in different natural climatic regions. *Fiziologiya cheloveka*. 2007, 33 (6), pp. 66-70. [In Russian]

2. Bodrova V. N., Shatyryu A., Mulik A. B. Development of the principles of geoinformation forecasting of the risks of social disadaptation of the population of certain territories of the Russian Federation. *Problemy regional'noi ekologii* [Problems of regional ecology]. 2015, 5, pp. 81-86. doi:10.18470/1992-1098-2017-2-203-212 [In Russian]

3. Brokl' G. T. *Istoriya tsivilizatsii. Istoriya tsivilizatsii v Anglii* [History of civilization. History of civilization in England]. Saint Petersburg, 2000, vol. 1, 461 p.

4. Gubanov N. N. *Formirovanie, razvitie i funkcionirovanie mentaliteta v obshchestve* [Formation, development and functioning of the mentality in society]. Moscow, 2014, 214 p.

5. Dugin A. G. *Etnosotsiologiya* [Ethnosociology]. Moscow, 2015, 848 p.

6. Kalita V. A., Shaytanyuk A. V. The content of the concept of "psychological comfort". *Social'nye i gumanitarnye nauki*

na Dal'nem Vostoke [Social and humanities in the Far East]. 2014, 3, pp. 76-81. [In Russian]

7. Kozhevnikova T. M. To the question of the nature of Russian collectivism. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy* [Socio-economic phenomena and processes]. 2012, 2 (36), pp. 75-77. [In Russian]

8. *Krasota i mozg. Biologicheskie aspekty estetiki* [Beauty and the brain. Biological aspects of aesthetics]. Trans. from the English; eds.: I. Renchler, B. Herzberger, D. Epstein. Moscow, 1995, 335 p.

9. Kryazhimsky F. V., Bolshakov V. N. Nadorganmazzmennyye systems in human ecology. *Ekologiya* [Ecology]. 2005, 3, pp. 163-170. [In Russian]

10. Lipatov P. I., Lipatova L. N. *Osnovy antropologii s elementami genetiki cheloveka: uchebno-metodicheskii kompleks* [Foundations of anthropology with elements of human genetics: Educational-methodical complex]. Available at: <http://bio/1september.ru/2003/47/6.htm> (accessed: 02.10.2008).

11. Montesk'e Sh. L. O dukhe zakonov [On the spirit of the laws]. In: *Izbrannyye proizvedeniya* [Selected works]. Moscow, 1955, pp. 339-353.

12. Mordovsky E. A., Soloviev A. G., Vyazmin A. M., Kuzin S. G., Kolyadko E. A. Alcohol consumption the day before death and mortality from traumas, intoxications and other effects of external causes. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2014, 9, pp. 24-29. [In Russian]

13. Motoshina A. A., Vdovyuk L. N. Estimation of the aesthetic properties of the landscapes of the Tobolsk district of the Tyumen region in recreational purposes. *Geograficheskii vestnik* [Geographical bulletin]. 2012, 4 (23), pp. 10-20. [In Russian]

14. Mulik A. B., Postnova M. V., Ulesikova I. V., Shatyryu A. *Prognozirovanie povedencheskikh i sotsial'nykh yavlenii v gruppakh naseleniya, ob" edinennykh edinoy territorii prozhivaniya v granitsakh Rossiiskoi Federatsii. Metodicheskie rekomendatsii* [Prediction of behavioral and social phenomena in population groups united by a single territory of residence within the borders of the Russian Federation. Methodological recommendations]. Volgograd, 2017, 28 p.

15. *Patent RF 2623302. Sposob otsenki sklonnosti k prosotsial'nomu-asotsial'nomu povedeniyu* [The patent of the Russian Federation 2623302. A way of an estimation of propensity to prosocial-asocial behavior]. Mulik A. B., Bezrukova A. N., Timofeeva T. S., Shatyryu A., Antonov G. V. Declared 10.12.2015. Publ. 06.23.2017. Bull. N 18.

16. *Patent RF 2640570. Sposob otsenki sotsial'noi aktivnosti cheloveka* [The patent of the Russian Federation 2640570. A way of an estimation of social activity of the person]. Mulik A. B., Bezrukova A. N., Timofeeva T. S., Shatyryu A., Antonov G. V., Borshch Y. S. Declared 12.08.2015. Publ. 01.09.2018. Bull. N 1.

17. Priroda. Ekologiya [Nature. Ecology] In: *Natsional'nyi atlas Rossii* [National Atlas of Russia]. Vol. 2. Moscow, 2007. Available at: <http://xn--80aaaa1bhnlcccl1c5c4ep.xn--p1ai/cd2/447/447>. (accessed: 11.10.2017)

18. Prokhorov B. B. *Ekologiya cheloveka* [Ecology of man]. Moscow, Akademiya Publ., 2011, 368 p.

19. Rattsel' F. Politicheskaya geografiya (v izlozhenii L. Sinitskogo) [Political geography (in the presentation of L. Sinitsky)]. In: *Geopolitika: khrestomatiya* [Geopolitics: Reader]. Comp. B. A. Isaev. Saint Petersburg, Piter Publ., 2007, pp. 15-36.

20. *Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik. 2015: Stat. sbornik* [Russian Statistical Yearbook. 2015. Stat. comp.]. Moscow, Rosstat Publ., 2015, 728 p.
21. Kharakteristika sanekosistem [Characteristics of sanecosystems]. In: *Natsional'nyi atlas Rossii. T. 2. Priroda. Ekologiya* [National Atlas of Russia. Vol. 2. Nature. Ecology]. Moscow, 2007. Available at: <http://xn--80aaaa1bhnlcci1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/447/447>. (accessed: 15.09.2017).
22. Colomina M. T., Peris-Sampedro F. Aluminum and Alzheimer's Disease. *Adv. Neurobiol.* 2017, 18, pp. 183-197. doi: 10.1007/978-3-319-60189-2_9.
23. Gao S., Jin Y., Unverzagt F. W., Liang C., Hall K. S., Cao J., Ma F., Murrell J. R., Cheng Y., Li P., Bian J., Hendrie H. C. Selenium level and depressive symptoms in a rural elderly Chinese cohort. *BMC Psychiatry.* 2012, Jul 3, 12:72. doi: 10.1186/1471-244X-12-72.
24. Huang L., Xu H. Therapeutic landscapes and longevity: Wellness tourism in Bama. *Social Science & Medicine.* 2018, 197, pp. 24-32. doi: 10.1016.
25. Jian Y., Wu C. Y. H., Gohlke J. M. Effect Modification by Environmental Quality on the Association between Heatwaves and Mortality in Alabama, United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2017, 14 (10), E1143. doi: 10.3390/ijerph14101143.
26. Zhang W., Tang X., He X., Chen G. Evolutionary Effect on the Embodied Beauty of Landscape Architectures. *Evolutionary Psychology.* 2018, 16 (1). doi: 0.1177/1474704917749742.

Контактная информация:

Мулик Александр Борисович – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт токсикологии» Федерального медико-биологического агентства, г. Санкт-Петербург
Адрес: 192019, г. Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 1
E-mail: mulikab@mail.ru, mulik@toxicology.ru

НАУЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МАГНИЯ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

© 2019 г. ¹Н. В. Зайцева, ¹⁻³М. А. Землянова, ^{1,2}М. С. Степанков, ^{2,3}А. М. Игнатова

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», г. Пермь; ²ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь; ³ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

Цель работы – оценить потенциальную опасность биологического действия наночастиц оксида магния для здоровья человека. *Методы.* Выполнено прогнозно-аналитическое моделирование комплекса показателей, характеризующих физико-химические, молекулярно-биологические, биохимические, цитологические и экологические свойства с расчётом коэффициента опасности (D) и коэффициента неполноты оценки данных (U) наноразмерного оксида магния. Размер и форма частиц наноматериала установлены по результатам собственных исследований методом динамического лазерного светорассеяния и методом сканирующей электронной микроскопии, удельную площадь поверхности определяли методом Брунауэра, Эммета и Тейлора. *Результаты.* Исследуемый материал оксида магния имеет размер частиц преимущественно 5–100 нм, удельную площадь поверхности 64,5 м²/г. Наночастицы нерастворимы в воде, могут обладать как гидрофобными, так и гидрофильными свойствами, имеют положительный заряд. Способны генерировать активные формы кислорода, повреждать ДНК, взаимодействовать с белковыми структурами, разрушая клеточную мембрану, вызывать митохондриальную дисфункцию, морфологические изменения и гибель клеток. Оказывают влияние на протеомный и метаболомный профили, повышая содержание пищеварительных энзимов, углеводов, аминокислот и жирных кислот. Исследуемый материал обладает отдалёнными эффектами действия: аллергенностью, мутагенностью и эмбриотоксичностью. *Выводы.* По результатам прогнозного моделирования установлено, что наночастицы оксида магния обладают высокой степенью потенциальной опасности для здоровья человека (коэффициент D = 1,872, что укладывается в диапазон 1,780–2,449, соответствующий высокой степени). Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения углублённых токсикологических исследований и составления токсиколого-гигиенической характеристики наночастиц оксида магния при различных путях поступления для разработки эффективных мер профилактики негативного воздействия для лиц, контактирующих с ним в ходе производства и потребляющих готовую продукцию.

Ключевые слова: наночастицы, оксид магния, потенциальная опасность, токсичность, здоровье человека

SCIENTIFIC PREDICTION OF MAGNESIUM OXIDE NANOPARTICLES TOXICITY AND ASSESSMENT OF ITS HAZARD FOR HUMAN HEALTH

¹N. V. Zaitseva, ¹⁻³M. A. Zemlyanova, ^{1,2}M. S. Stepankov, ^{2,3}A. M. Ignatova

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

²Perm State National Research University, Perm; ³Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Aim: To study biological effects of magnesium oxide nanoparticles on human health. *Methods:* Toxicity and potential hazards of magnesium oxide nanoparticles exposure was performed using mathematical models containing data on physical, chemical, molecular biological, biochemical, cytological and ecological properties with calculation of coefficients of hazard (D) and incompleteness of data evaluation (U) of magnesium nanoscale. Size and shape of the nanomaterial were defined using dynamic laser light scattering and scanning electron microscopy. Surface area was determined by the Brunauer, Emmet and Taylor method. *Results:* Magnesium oxide nanoparticles have a size of 5-100 nm and specific surface area of 64,5 m²/g. They are insoluble in water, can have hydrophobic or hydrophilic properties and have an effective positive charge. They can generate reactive oxygen species, damage DNA, interact with protein structures, destroying cell membrane, cause mitochondrial dysfunction, morphological changes and cell death, impact on proteomic and metabolic profiles, increasing the concentration digestive enzymes, carbohydrates, amino- acid and fatty acids. Besides, the material under investigation has such long-term effects of action: allergenicity, mutagenicity and embryotoxicity. D-coefficient was 1, 872. *Conclusions:* Magnesium oxide nanoparticles have a high degree of potential hazard for human health. The results warrant toxicological studies and assessment of toxicological-hygienic characteristics of magnesium oxide nanoparticles at various routes of intake for development of effective measures to prevent negative effect of magnesium oxide nanoparticles on human health.

Key words: nanoparticles, magnesium oxide, potential hazard, toxicity, human health

Библиографическая ссылка:

Зайцева Н. В., Землянова М. А., Степанков М. С., Игнатова А. М. Научное прогнозирование токсичности и оценка потенциальной опасности наночастиц оксида магния для здоровья человека // Экология человека. 2019. № 2. С. 39–44.

Zaitseva N. V., Zemlyanova M. A., Stepankov M. S., Ignatova A. M. Scientific Prediction of Magnesium Oxide Nanoparticles Toxicity and Assessment of Its Hazard for Human Health. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 2, pp. 39-44.

Активный рост доли продуктов наноиндустрии в различных сферах производства и потребления обуславливает актуальность выполнения токсиколого-гигиенической оценки безопасности наноматериалов для здоровья человека и объектов среды обитания [10, 24].

Наноразмерный оксид магния обладает широким спектром применения в различных сферах деятельности человека: в пищевой промышленности — в качестве компонента упаковки пищевых продуктов [3, 20] и для создания на них защитной плёнки, предотвращающей порчу от влажности и окисления [5]; в медицине — в диагностических приборах, в системе доставки лекарств; в фармакологии — в качестве антимикробного компонента в мазях; в химической промышленности — для поддержки катализаторов, как компонент красок, топливных присадок; в металлургии — в составе ингибиторов коррозии, сплавах, электроизоляционного материала для изготовления тиглей; в электронике — в сверхпроводниках, оптоэлектронике, электродных стержнях и листах, высокочастотных магнитно-стержневых антеннах [15].

Широкий спектр применения наноразмерного оксида магния обуславливает возможность экспонирования обширной категории населения и работающих с данным наноматериалом на производстве и при потреблении готовой продукции, содержащей наноразмерный оксид магния. В связи с этим приобретают актуальность исследования, направленные на изучение и систематизацию физических и токсикологических параметров наночастиц оксида магния при различных путях поступления в организм для задач разработки эффективных мер профилактики.

Цель работы — оценить потенциальную опасность биологического действия наночастиц оксида магния для здоровья человека.

Методы

Экспериментальные исследования по изучению физических свойств наночастиц оксида магния проведены в сравнении с микродисперсным аналогом с использованием коммерческих образцов, произведенных компанией Sigma-Aldrich. Оценка размера и формы частиц тестируемого материала выполнена методом динамического лазерного светорассеяния на анализаторах Horiba LB-550 (Horiba, Япония) и Microtrac S3500 (Microtrac, США), методом электронной микроскопии на сканирующем микроскопе высокого разрешения S-3400N (НИТАСНИ, Япония) с приставкой для рентгеновского энергодисперсионного микроанализа (Bruker, Германия). Стабильность нанодисперсного состояния частиц обеспечивали ультразвуковой обработкой на ультразвуковом гомогенизаторе Sonopuls Hd 3200 «Bandelin» (Германия) при комнатной температуре в течение 15 минут в режиме непрерывной пульсации на 80 % мощности.

Исследование и оценка удельной площади поверхности частиц нативных порошков нано- и микродисперсного оксида магния выполнена по методу

Брунауэра, Эммета и Тейлора [1] на приборе ASAP 2020 (Micromeritics, США) после дегазации в вакууме при температуре 350 °С в течение 3 часов.

Определение формы частиц оксида магния выполнено по расчёту и оценке коэффициента сферичности. Коэффициент сферичности определяет степень близости геометрической формы элемента к эквивалентной сфере (1 — идеальная сфера, 0,1 — наиболее деформированные элементы). Для этого проводили анализ изображений, полученных сканирующей электронной микроскопией, с помощью универсального программного обеспечения ImageJ-FiJi.

Оценка потенциальной опасности наноразмерного оксида магния выполнена в соответствии с МР 1.2.2522-09 «Методические рекомендации по выявлению наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека». Аналитическое обобщение информации по свойствам вещества выполнено по данным, представленным в аннотируемых источниках научной литературы, паспортах безопасности (Magnesium oxide nanopowder, <50 nm particle size (BET): material safety data sheet (MSDS) Sigma-Aldrich, 2012; Magnesium oxide powder, ≥99,99 % trace metals basis: material safety data sheet (MSDS) Sigma-Aldrich, 2016) и результатам собственных исследований. Выполнено классифицирование полученной информации по следующим функциональным блокам свойств: физико-химический, молекулярно-биологический, цитологический, физиологический и экологический. На основании ранжирования анализируемых признаков и прогнозно-аналитического моделирования выполнили расчёт «частной» опасности для каждого функционального блока. По результатам «частных» опасностей рассчитывали коэффициент потенциальной опасности (D) наноразмерного оксида магния с оценкой степени достоверности полученной информации по «коэффициенту неполноты» оценки (U). Определение степени потенциальной опасности анализируемого вещества выполнено на основании критериальной оценки полученной величины D.

Результаты

Методом динамического лазерного светорассеяния установлено, что средний размер частиц тестируемого образца оксида магния составляет 1 459 нм и в 5 раз меньше значения данного показателя микродисперсного аналога (7,67 мкм). При верификации полученных данных методом сканирующей электронной микроскопии установлено, что исследуемый материал содержит преимущественно наночастицы размером 5–100 нм (71,9 % от общего количества частиц), что в 50–200 раз меньше значения микродисперсного аналога (1–5 мкм) (рис. 1, 2). Анализ изображений, полученных методом сканирующей электронной микроскопии, позволил установить коэффициент сферичности наночастиц, равный 0,76, что соответствует округлой форме и достоверно не отличается от данного показателя у микрочастиц размером 1–5 мкм (0,73) (рис. 3, 4).

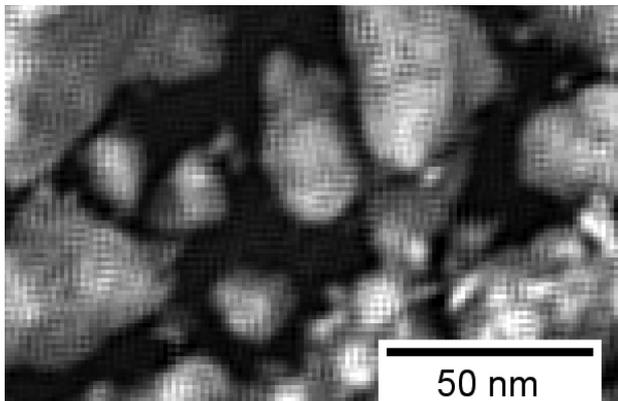


Рис. 1. Изображение наночастиц оксида магния с помощью сканирующей электронной микроскопии

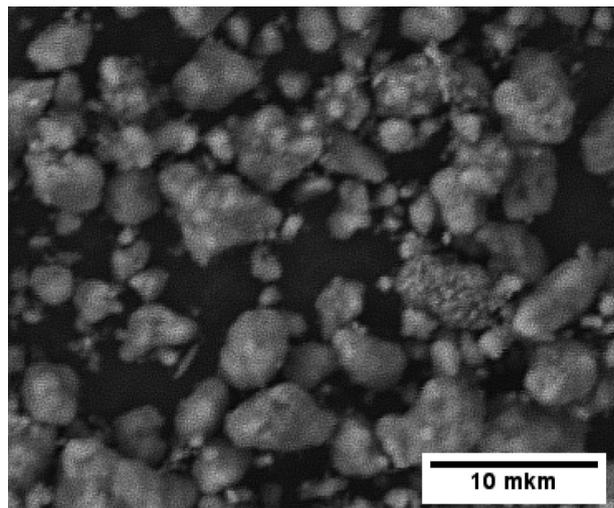


Рис. 2. Изображение микрочастиц оксида магния с помощью сканирующей электронной микроскопии

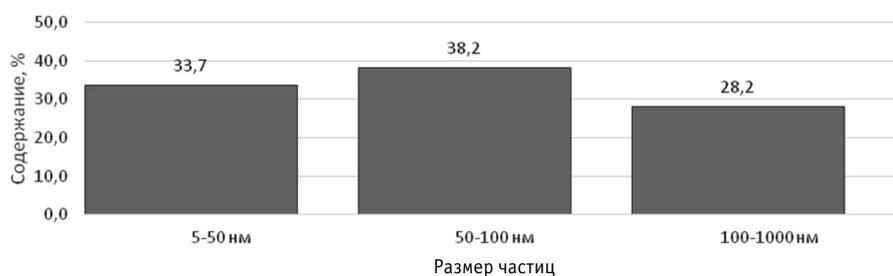


Рис. 3. Фракционный состав наночастиц порошка оксида магния по эквивалентным диаметрам

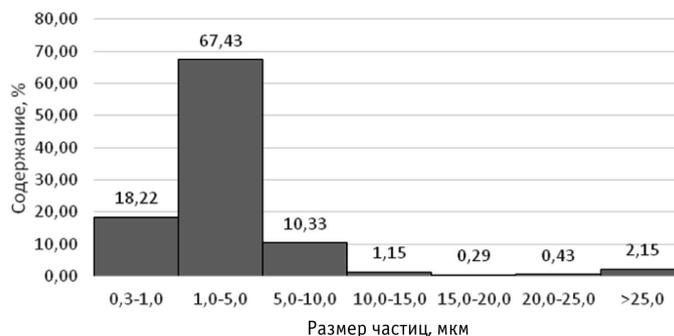


Рис. 4. Фракционный состав микрочастиц порошка оксида магния по эквивалентным диаметрам

Наноразмерный оксид магния характеризуется как нерастворимое в воде вещество с положительным зарядом частиц [8], способен проявлять как гидрофобные, так и гидрофильные свойства [4]. Дзета-потенциал наночастиц вещества в воде лежит в диапазоне от $-21,4$ мВ до $-11,4$ мВ [13], что свидетельствует об их склонности к агрегации [2]. Удельная площадь поверхности зависит от температуры и изменяется от $77,6$ м²/г при 23 °С до $106,4$ м²/г при 85 °С [25], что обуславливает высокую реакционную способность наночастиц оксида магния. По результатам собственных исследований, удельная площадь поверхности наночастиц составила $64,5$ м²/г, что в 9,8 раза больше значения у микродисперсного аналога ($6,6$ м²/г).

Биологическое действие изучаемого материала начинается с проникновения наноразмерных частиц в органы и системы. Установлено, что наночастицы оксида магния абсорбируются в желудочно-кишечном тракте [18], после чего распространяются по организму, аккумулируясь в основном в мышечной ткани. Остальные наночастицы распределяются в тканях кишечника, печени, почек, головного мозга и в крови [18, 21].

При пероральном поступлении наночастиц оксида магния отмечается повышение уровней аланинаминотрансферазы, аспаратаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, малонового диальдегида (МДА) и лактатдегидрогеназы, что способствует расширению портального тракта, искажению формы клеток и

формированию вакуолей в ткани печени, набуханию почечной капсулы и разрушению тканей желудка [18].

Известно, что наночастицы оксида магния влияют на экспрессию генов, связанных с индукцией активных форм кислорода (АФК), а именно увеличивается количество копий генов, отвечающих за продуцирование глутатион-S-трансферазы и каталазы [14]. Продукция АФК приводит к окислительному стрессу, что обуславливает митохондриальную дисфункцию и ослабление антиоксидантной защиты [7]. При окислительном повреждении клеток отмечается повышение уровня МДА и снижение уровня глутатиона [17].

Окислительный стресс, вызванный действием наночастиц оксида магния, вероятно, обуславливает молекулярно-биологические свойства данного наноматериала. Способность наночастиц оксида магния повреждать ДНК установлена исследованиями *in vitro* в клетках эпителия почек крысы (NRK-52E), колоректальной аденокарциномы (Caco-2), аденокарциномы базальных клеток альвеол человека (A549) и *in vivo* в лейкоцитах периферической крови, клетках печени и мозга крыс [17, 18].

Установлено, что наночастицы оксида магния разрушают клеточную мембрану, взаимодействуя с амидными структурами белков мембраны [11, 12].

Взаимодействие наноматериалов с клетками составляет важную группу факторов, учитываемых при оценке потенциальной опасности. В данной группе факторов оценивается способность наночастиц накапливаться в органеллах и цитоплазме клеток, вызывать морфологические изменения или гибель клеток (цитотоксичность), а также влияние на протеомный и метаболомный профиль. Исследованием *in vitro* установлена способность наночастиц оксида магния накапливаться в цитоплазме клеток [17].

Опытным путём доказано, что наночастицы оксида магния способны снизить жизнеспособность как нормальных, так и раковых клеток, вплоть до их гибели путём некроза [17]. Например, исследованиями *in vitro* установлено снижение клеточной активности микроваскулярных эндотелиальных клеток сердца человека, эндотелиальных клеток пупочной вены человека, NRK-52E, Caco-2 и A549, обусловленное окислительным стрессом [6, 17, 23].

Воздействие наночастиц оксида магния приводит к изменениям протеомного и метаболомного профилей: повышается содержание пищеварительных энзимов, общего белка, углеводов, липидов, заменимых и незаменимых аминокислот, насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот [22].

Наночастицы исследуемого материала проявляют специфические и отдалённые эффекты токсичности. По данным, представленным в паспорте безопасности, наноразмерный оксид магния может вызывать раздражение кожи, дыхательных путей и глаз [16]. Исследованием *in vivo* выявлено увеличение микродерм в клетках костного мозга и лимфоцитах периферической крови крыс, что подтверждает мутагенное действие изучаемого наноматериала. Данное свойство не от-

мечено при экспозиции экспериментальных животных микроразмерным оксидом магния [19]. В исследованиях на *Danio rerio* в эмбриональной стадии развития установлено эмбриотоксическое действие наночастиц оксида магния, проявляющееся в снижении скорости вылупления эмбрионов, разнообразных пороках развития и снижении выживаемости [8].

Экологическая характеристика учитывает вероятность экспонирования человека наноматериалом, основываясь на объёмах его производства и применении в широком спектре отраслей промышленности. Мировой спрос на наноразмерный оксид магния в 2013 г. составил 111,3 тонны и, как ожидается, увеличится к 2020 г. до 185,5 тонны [9]. Наночастицы оксида магния нашли своё применение в пищевой, химической, медицинской промышленности, аэрокосмической, металлургической и радиотехнической отраслях [15]. Учитывая объём производства и спектр применения наночастиц исследуемого вещества, можно сделать вывод о том, что наноразмерный оксид магния является массово выпускаемым продуктом (1–1 000 т), воздействию которого может подвергнуться население в масштабах страны.

Оценка комплекса физико-химических, молекулярно-биологических, цитологических, токсикологических и экологических характеристик и ранжирование критериальных признаков опасности позволили вычислить коэффициент потенциальной опасности наночастиц оксида магния для здоровья человека, который составил $D = 1,872$, что соответствует диапазону 1,780–2,449, оцениваемому как «высокая степень потенциальной опасности». Установленный показатель потенциальной опасности имеет достоверную степень оценки имеющейся информации, так как $U = 0,197$ укладывается в критериальный диапазон 0–0,250, оцениваемый как «оценка достоверна».

Обсуждение результатов

В работе представлены материалы по исследованию физико-химических, молекулярно-биологических, биохимических, цитологических и экологических свойств нанодисперсного оксида магния. Исследование размера (5–100 нм) и удельной площади поверхности частиц (64,5 м²/г) подтвердило, что изучаемый образец является наноматериалом. Результаты собственных экспериментальных исследований совпадают с данными, представленными в паспорте безопасности. Площадь поверхности наночастиц в 9,8 раза превышает показатель у микродисперсного аналога, что может обуславливать более высокую реакционную способность исследуемого наноматериала *in vitro* и *in vivo*.

Выполнение процедуры прогнозно-аналитического моделирования и критериальная оценка полученных коэффициентов показали, что наночастицы оксида магния обладают высокой степенью потенциальной опасности, что совпадает с данными, представленными в научной литературе [17–19, 21]. В ходе исследования установлено, что в источниках имеющейся

информации не представлены данные по следующим признакам: адсорбционная ёмкость, гидрофобность, адгезия к поверхности, трансформирующая активность, усиление проницаемости барьеров организма для посторонних токсикантов, накопление в организмах, накопление в объектах внешней среды. Несмотря на это, результаты исследования являются достоверными, о чём свидетельствует рассчитанный коэффициент неполноты оценки данных. Полученные результаты базируются на основании использования подходов прогнозно-аналитического моделирования, позволившим снизить субъективизм оценки имеющейся информации.

Выводы

На основании ранговой оценки и прогнозного моделирования критериальных признаков опасности наноразмерных частиц исследуемого материала (физико-химические свойства, способность генерировать АФК, вызывать летальные изменения в клетках, накапливаться в различных органах, приводя к патологическим изменениям, цитотоксичность, воздействие на протеомный и метаболомный профили, генотоксичность, канцерогенность, аллергенность, эмбриотоксичность, а также широкое распространение исследуемого вещества) установлено, что наночастицы оксида магния обладают высокой степенью потенциальной опасности для здоровья человека.

С учетом вышесказанного необходимым является проведение детальных токсикологических исследований, составление токсиколого-гигиенической характеристики наночастиц оксида магния при различных путях поступления в организм и разработка профилактических мер для производителей и потребителей продукции, содержащей наночастицы оксида магния.

Авторство

Зайцева Н. В. участвовала в постановке задачи исследования и аналитическом обобщении материала; Землянова М. А. участвовала в редактировании содержания статьи, утвердила присланную в редакцию рукопись; Степанков М. С. участвовал в поиске и анализе данных, в проведении оценки потенциальной опасности вещества, подготовил первый вариант статьи; Игнатова А. М. участвовала в поиске и анализе данных, идентификации частиц методом СЭМ, в подготовке первого варианта статьи.

Зайцева Нина Владимировна – SPIN 7036-3511; ORCID 0000-0003-2356-1145

Землянова Марина Александровна – SPIN 4308-0295; ORCID 0000-0002-8013-9613

Степанков Марк Сергеевич – SPIN 4404-5953; ORCID 0000-0002-7226-7682

Игнатова Анна Михайловна – SPIN 7690-7783; ORCID 0000-0001-9075-3257

Список литературы / References

1. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984. 306 с.
Gregg S., Sing K. *Adsorbtsiya, udel'naya, poristost'* [Adsorbition, surface area and porosity]. Moscow, Mir Publ., 1984, 306 p.
2. Дзета-потенциал. Двойной электрический слой //

Photocor [сайт]. URL: <http://www.photocor.ru/theory/zeta-potential> (дата обращения: 17.09.2018). [In Russian]

Dzeta-potentsial. Dvoinoi elektricheskii sloi [Zeta-potential. Double electric layer]. Photocor [site]. Available at: <http://www.photocor.ru/theory/zeta-potential> (accessed: 17.09.2018).

3. Batt C. A., Tortorello M. L. *Encyclopedia of Food Microbiology*. Second Edition V. 1. Academic Press Elsevier, 2014, 3248 p.

4. Bhatti A. S., Dollimore D., Dyer A. Hydration of Magnesium Oxides in the Presence of Water Vapour. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 1984, 34A, pp. 287-293

5. Cushman M., Kerry J., Morris M. et al. Nanotechnologies in the food industry - Recent developments, risks and regulation. *Trends in Food Science & Technology*. 2012, 24 (1), pp. 30-46.

6. Ge S., Wang G., Shen Y., et al. Cytotoxic effects of MgO nanoparticles on human umbilical vein endothelial cells in vitro. *IET Nanobiotechnol.* 2011, 5 (2), pp. 36-40

7. Gelli K., Mahendar P., Rama N. R. A. Assessment of pulmonary toxicity of MgO nanoparticles in rats. *Environ Toxicol.* 2015, 30 (3), pp. 308-314.

8. Ghobadian M., Nabiuni M., Parivar K. et al. Toxic effect of magnesium oxide nanoparticles on early developmental and larval stages of zebrafish. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2015, 122, pp. 260-267.

9. Global Market for Magnesium Oxide Nanoparticles to Surpass \$42 million by 2020. *Ceramic Industry* [site]. [2016]. Available at: <https://www.ceramicindustry.com/articles/95323-global-market-for-magnesium-oxide-nanoparticles-to-surpass-42-million-by-2020> (accessed: 17.09.2018)

10. Global Market for Metal Oxide Nanoparticles. 2015 *Market Reports Online* [site]. [2016]. Available at: <http://www.marketreportsonline.com/401808-toc.html> (accessed: 01.06.2015).

11. Hayat S., Muzammil S., Rasool M. H. et al. In vitro antibiofilm and antiadhesion effects of magnesium oxide nanoparticles against antibiotic resistant bacteria. *Microbiol. Immunol.* 2018, 62 (4), pp. 211-220.

12. Huang L., Li D.-Q., Evans D. G. et al. Preparation of highly dispersed MgO and its bactericidal properties. *The European Physical Journal D*. 2005, 34, pp. 321-323.

13. Jeevanandam J., Chan Y. S., Danquah M. K. Biosynthesis and characterization of MgO nanoparticles from plant extracts via induced molecular nucleation. *New Journal of Chemistry*. 2017, 41 (7), pp. 2800-2814.

14. Kumaran R. S., Choi Y.-K., Singh V. et al. In Vitro Cytotoxic Evaluation of MgO Nanoparticles and Their Effect on the Expression of ROS Genes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015, 16, pp. 7551-7564.

15. Magnesium Oxide (MgO) nanoparticles - Properties, Applications. *Azonano* [site]. [2013]. Available at: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3353> (accessed: 17.09.2018).

16. Magnesium oxide nanopowder, ≤50 nm particle size (BET) material safety data sheet (MSDS). *Sigma-Aldrich*. 2012, 6 p.

17. Mahmoud A., Ezgi Ö., Merve A. et al. In Vitro Toxicological Assessment of Magnesium Oxide Nanoparticle Exposure in Several Mammalian Cell Types. *International Journal of Toxicology*. 2016, 35 (4), pp. 429-437.

18. Mangalampalli B., Dumala N., Venkata R. P. et al. Genotoxicity, biochemical, and biodistribution studies of magnesium oxide nano and microparticles in albino wistar

rats after 28-day repeated oral exposure. *Environmental Toxicology*. 2017, 33 (7), pp. 1-15.

19. Mangalampalli B., Dumala N., Grover P. Acute oral toxicity study of magnesium oxide nanoparticles and microparticles in female albino Wistar rats. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2017, 90, pp. 170-184.

20. Pradhan N., Singh S., Ojha N. et al. Facest of Nanotechnology as Seen in Food Processing, Packaging, and Preservation Industry. *Biomed Res Int*. 2015, 17 p.

21. Shaikh S. M., Shyama S. K., Desai P. V. Absorbtion, LD50 and Effects of CoO, MgO and PbO Nanoparticles on Mice "Mus musculus". *IOSR Journal of Environmental Scince, Toxicology and Food Technology*. 2015, 9 (2), pp. 32-38.

22. Srinivasan V., Bhavan P. S., Rajkumar G. Dietary Supplementation of Magnesium Oxide (MgO) Nanoparticles for Better Survival and Growth of the Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* Post-larvae. *Biological Trace Metal Research*. 2017, 177 (1), pp. 196-208.

23. Sun J., Wang S., Zhao D., et al. Cytotoxicity, permeability, and inflammation of metal oxide nanoparticles in human cardiac microvascular endothelial cells. *Cells Biol Toxicol*. 2011, 27 (5), pp. 333-342

24. The World's Manufacturer of Engineered & Advanced Materials. *American Elements* [site]. [2016]. Available at: <https://www.americanelements.com/cobalt-ii-iii-oxide-1308-06-1> (accessed: 01.06.2016).

25. Vatsha B., Tetyana P., Shumbula P. M. et al. Effects of Precipitation Temperature on Nanoparticle Surface Area and Antibacterial Behaviour of Mg(OH)₂ and MgO Nanoparticles. *Journal of Biomaterials and Nanotechnology*. 2013, 4, pp. 365-373.

Контактная информация:

Землянова Марина Александровна – доктор медицинских наук, зав. отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; профессор кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Адрес: 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, д. 82
E-mail: zem@ferisk.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОНКОЛОГИЧЕСКИМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ

© 2019 г. Е. Д. Емцева, *П. Ф. Кикю, А. Л. Мазелис

ВГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», г. Владивосток;

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Школа биомедицины, г. Владивосток

Цель исследования – установить закономерности динамики показателей заболеваемости онкологическими новообразованиями в регионах Российской Федерации с использованием методов многомерной статистики. Исследования проведены с помощью методов кластерного анализа и построения моделей с учетом панельной структуры данных. В работе рассмотрен временной период с 2005 по 2015 год. В качестве объекта взяты 78 регионов страны. Все исследования и расчеты проведены с использованием программы RStudio – свободной среды разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для языка программирования R, предназначенного для статистической обработки данных. В качестве показателя, характеризующего эпидемиологическую ситуацию по онкологии в регионах России, выбран показатель заболеваемости онкологическими новообразованиями с впервые в жизни установленным диагнозом «злокачественное новообразование». В качестве значений предикторов использованы данные официальной государственной отчетности, отражающие величину антропогенной нагрузки регионов. Показано, что использование методов кластерного анализа и моделирования с учетом панельной структуры данных позволяет описать влияние на онкоэпидемиологический процесс некоторых экологических показателей. Предложенный способ многомерного анализа медико-статистических показателей дополняет информационно-аналитическое поле обработки данных медико-экологического мониторинга.

Ключевые слова: многомерный статистический анализ, онкологические заболевания, модель панельных данных, кластерный анализ

ASSESSMENT OF TEMPORAL TRENDS OF MALIGNANT NEOPLASMS INCIDENCE USING MULTIVARIABLE STATISTICAL ANALYSIS

E. D. Emtseva, *P. F. Kikyu, A. L. Mazelis

State University of Economics and Service, Vladivostok

*School of Biomedicine Far East Federal University, Vladivostok, Russia

The article presents the results of the assessment of the trends of malignant neoplasms incidence in Russian regions using multivariable statistics. The study was performed using cluster analysis and panel data models for the data on cancer incidence for all 78 Russian regions for the period from 2005 to 2015. RStudio package was used for all calculations. Data on all independent variables were collected from the official state statistics. Cluster analysis and modeling methods taking into account the panel structure of data makes it possible to study associations between environmental indicators and the incidence of cancers or so-called oncoepidemiological process. The proposed method of multivariable analysis of medical and statistical indicators contributes to the field of data processing for medical and environmental monitoring.

Key words: multidimensional statistical analysis, malignant neoplasms, panel data models, cluster analysis

Библиографическая ссылка:

Емцева Е. Д., Кикю П. Ф., Мазелис А. Л. Использование методов многомерного статистического анализа для оценки динамики заболеваемости онкологическими новообразованиями // Экология человека. 2019. № 2. С. 45–51.

Emtseva E. D., Kikyu P. F., Mazelis A. L. Using Methods of Multidimensional Statistical Analysis for the Evaluation of the Dynamics of Morbidity by Malignant Neoplasms. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 2, pp. 45-51.

Злокачественные новообразования являются одной из самых актуальных мировых проблем здравоохранения. В большинстве стран наблюдается тенденция к неуклонному росту заболеваемости злокачественными новообразованиями, и Россия не является исключением [3–5, 11]. Выявление территорий с наиболее неблагоприятной онкоэпидемиологической обстановкой необходимо для рационального планирования методов активного выявления онкобольных, коечного фонда онкологических учреждений и различных противораковых

программ [5, 7]. Уровень онкологических заболеваний в ряде работ рассматривается как основной биоиндикатор экологического риска и социально значимый показатель состояния здоровья популяции в целом [7, 17, 19]. Причины высокой распространенности злокачественных образований и их негативного прогноза активно изучаются учеными с использованием различных методов, в том числе и статистических.

Цель исследования – установить закономерности динамики показателей заболеваемости онкологи-

ческими новообразованиями в регионах России с использованием методов многомерной статистики.

Методы

Исследования проведены с помощью методов кластерного анализа и построения моделей с учетом панельной структуры данных. В работе рассмотрен временной период с 2005 по 2015 год. В качестве объекта исследования взяты данные по онкозаболеваемости и антропогенной нагрузке 78 регионов Российской Федерации (РФ). Выборка данных была сформирована с использованием открытых информационных источников [13, 15]. Все расчеты проведены с использованием программы RStudio – свободной среды разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для языка программирования R, который предназначен для статистической обработки данных и работы с графикой [14, 21]. Для построения моделей панельных данных применен пакет «plm», а для кластеризации – пакет «cluster» [21].

В качестве индикатора, характеризующего эпидемиологическую ситуацию по онкологии в регионах России, выбран показатель заболеваемости с впервые в жизни установленным диагнозом «злокачественное новообразование», учтенным онкологическими учреждениями на 100 000 человек населения (у).

Использованы показатели, отражающие величину антропогенной нагрузки региона: x_1 – количество выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников (тонн на 100 км²); x_2 – количество уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ (тонн на 100 км²); x_3 – использование свежей воды в 10 000 м³ на 1 000 человек; x_4 – число собственных легковых автомобилей на 1 000 человек; x_5 – доля городского населения, проживающего в регионе (%) [15].

Результаты

В ходе исследования динамики заболеваемости злокачественными новообразованиями выявлено, что в среднем по России она имеет возрастающую тенденцию. В большинстве регионов возрастающий тренд изменения показателя в рассматриваемый период соответствует общей ситуации по заболеваемости онкологическими новообразованиями в стране, но имеются региональные отличия по уровню и темпам изменения заболеваемости. Кроме того, существуют регионы с особым поведением рассматриваемого показателя, что позволяет предположить региональную дифференциацию его динамики. В связи с этим возникает идея изучения онкологической обстановки в региональном разрезе или, как минимум, по совокупностям регионов, сформированным методами кластерного анализа.

Результаты проверки показателей антропогенной нагрузки с помощью факторов роста дисперсии VIF [20] свидетельствуют об отсутствии проблемы мультиколлинеарности, действительно,

$$VIF_{x_1} \approx 2.36, VIF_{x_2} \approx 2.13, VIF_{x_3} \approx 1.01, VIF_{x_4} \approx 1.12, VIF_{x_5} \approx 1.34.$$

Построенные сквозная линейная множественная регрессия и линейная регрессия в стандартизованном масштабе не представляются вполне адекватными по причине низкого коэффициента детерминации, который составил 0.34, и вызывающих сомнения направлений связи между зависимой переменной (y) и предикторами x_1, x_2 , а также высокой – более 15 % относительной ошибки аппроксимации.

В данной работе в качестве основного фактора, характеризующего экологическую ситуацию, фактора загрязнения окружающей среды, используется совокупность показателей $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$, описанных выше. А другой фактор, косвенно отражающий естественные особенности природной среды, можно связать с регионом России и определить значением пространственной переменной, соответствующей номеру региона.

Таким образом, представляется возможным свести задачу к построению модели панельных данных зависимости заболеваемости онкологическими новообразованиями от показателей, характеризующих антропогенную нагрузку региона. Для поставленной задачи, когда в качестве пространственной переменной выступают регионы России, наиболее подходящей представляется модель панельных данных с детерминированными эффектами.

Методом Best Subsets построена модель панельных данных с детерминированными эффектами зависимости показателя заболеваемости от экологических факторов для 78 регионов, которая получилась значимой, со значимыми коэффициентами при переменных x_1, x_3, x_4, x_5 , результаты моделирования представлены на рис. 1. Показатели «Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников», «Число собственных легковых автомобилей на 1 000 человек» и «Доля городского населения» положительно влияют на рост заболеваемости, а показатель «Использование свежей воды» – отрицательно.

```
plm(formula = y ~ x1 + x3 + x4 + x5, data = pdatas, model = "within")
Balanced Panel: n=78, T=11, N=858
Residuals :
  Min.    1st Qu.    Median    3rd Qu.    Max.
-93.89428 -11.48149  -0.32584  11.16669  72.52659
Coefficients :
  Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
x1  0.0159658  0.0060788  2.6265  0.008797 **
x3 -0.2134564  0.0867697 -2.4600  0.014109 *
x4  0.5346638  0.0159592  33.5019 < 2.2e-16 ***
x5  2.4643804  0.8284988  2.9745  0.003026 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares: 858930
Residual Sum of Squares: 288890
R-Squared: 0.66366
Adj. R-Squared: 0.62855
F-statistic: 382.799 on 4 and 776 DF, p-value: < 2.22e-16
```

Рис. 1. Модель с детерминированными эффектами

Средние относительные ошибки аппроксимации данной модели для большинства регионов находятся в допустимых пределах, не превосходя 9 %, за исключением Республики Дагестан и Тюменской области, для которых ошибки составляют 14.8 и 26.3 % соответственно.

С учетом имеющейся региональной дифференциации динамики заболеваемости предприняты попытки построения более качественных моделей путем применения кластерного анализа [18]. В качестве меры сходства временных рядов региональных значений показателя заболеваемости использовано евклидово расстояние [1]. Евклидово расстояние представляет сумму расстояний между точками временных рядов и вычисляется по формуле:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2}, \quad (1)$$

С помощью дендрограммы кластеризации выбрано разбиение на четыре кластера (табл. 1), и проверена обоснованность этой кластеризации с помощью соответствующих критериев.

Рассмотрим динамику показателя заболеваемости злокачественными новообразованиями в каждом кластере в отдельности.

Динамика средних значений показателя заболеваемости онкологией по 34 регионам кластера № 1 характеризуется возрастающим трендом. Динамика средних значений рассматриваемого показателя для регионов кластера № 2, состоящего из 30 регионов, как и в кластере № 1, иллюстрирует наличие возрастающего тренда, но более высокого уровня значения показателя заболеваемости, это, пожалуй,

самый неблагополучный кластер с точки зрения уровня заболеваемости онкологическими новообразованиями. В кластер № 3 вошли двенадцать субъектов РФ, среднее значений заболеваемости в нем характеризуется также возрастающим трендом, но с меньшим уровнем и темпом роста показателя в сравнении с вышеуказанными кластерами. Кластер № 4, состоящий из двух регионов, можно назвать самым благополучным с точки зрения уровня заболеваемости онкологическими новообразованиями, который в этих регионах не превышает 210 на 100 000 населения.

Далее исследовалась зависимость показателя заболеваемости от экологических факторов по регионам каждого кластера в отдельности.

Результаты моделирования для кластера № 1 представлены в табл. 2. Построена модель панельных данных с детерминированными эффектами, которая иллюстрирует положительное влияние числа собственных автомобилей и доли городского населения на рост значения показателя заболеваемости онкологическими новообразованиями.

Средние относительные ошибки аппроксимации данной модели для всех регионов кластера находятся в допустимых пределах, не превосходя 8 %.

Так, например, модель для Приморского края, по-

Таблица 1

Состав кластеров для показателя заболеваемости

Кластер № 1		Кластер № 2		Кластер № 3	Кластер № 4
Белгородская область	Ставропольский край	Брянская область	Республика Мордовия	Республика Калмыкия	Республика Дагестан
Владимирская область	Республика Татарстан	Ивановская область	Нижегородская область	Кабардино-Балкарская Республика	Республика Тыва
Воронежская область	Удмуртская Республика	Калужская область	Оренбургская область	Карачаево-Черкесская Республика	—
Московская область	Пермский край	Костромская область	Пензенская область	Республика Башкортостан	—
Смоленская область	Кировская область	Курская область	Самарская область	Республика Марий Эл	—
г. Москва	Саратовская область	Липецкая область	Курганская область	Чувашская Республика	—
Республика Карелия	Ульяновская область	Орловская область	Челябинская область	Тюменская область	—
Республика Коми	Свердловская область	Рязанская область	Алтайский край	Республика Алтай	—
Архангельская область	Республика Хакасия	Тамбовская область	Иркутская область	Республика Бурятия	—
Вологодская область	Красноярский край	Тверская область	Новосибирская область	Забайкальский край	—
Калининградская область	Кемеровская область	Тульская область	Омская область	Республика Саха (Якутия)	—
Ленинградская область	Камчатский край	Ярославская область	Томская область	Чукотский автономный округ	—
Мурманская область	Приморский край	Новгородская область	Сахалинская область	—	—
Республика Адыгея	Хабаровский край	Псковская область	—	—	—
Астраханская область	Амурская область	г. Санкт-Петербург	—	—	—
Ростовская область	Магаданская область	Краснодарский край	—	—	—
Республика Северная Осетия — Алания	Еврейская автономная область	Волгоградская область	—	—	—

Таблица 2
Результаты построения моделей панельных данных с детерминированными эффектами

Но-мер кла-стера	Пре-дикто-ры	Коэффи-циент при предикто-рах	p-значение для t-статистик	p-значение для F-теста	Коэф-фициент детермина-ции
1	x_4	0,569489	$<2 \cdot 10^{-16}$	$<2,22 \cdot 10^{-16}$	0,68936
	x_5	2,442191	0,03721		
2	x_3	-0,305483	0,039562	$<2,22 \cdot 10^{-16}$	0,74095
	x_4	0,542952	$<2,2 \cdot 10^{-16}$		
	x_5	4,604112	0,006058		
3	x_1	0,322472	0,003007	$1,268 \cdot 10^{-14}$	0,43846
	x_3	-0,889626	0,003650		
	x_4	0,404778	$2,638 \cdot 10^{-14}$		
4	x_2	-1,25566	0,022823	$3,5916 \cdot 10^{-5}$	0,67927
	x_5	8,23826	0,002613		

строенная по общей модели панельных данных без учета кластеризации, имеет вид:

$$y = 4.453209 + 0.0159658x_1 - 0.2134564x_3 + 0.5346638x_4 + 2.4643804x_5 \quad (2)$$

А зависимость, полученная в результате моделирования по данным кластера № 1 для Приморского края, содержащая меньшее количество предикторов, имеет вид:

$$y = -8.506695 + 0.569489x_4 + 2.442191x_5 \quad (3)$$

Средняя относительная ошибка аппроксимации моделей (2) и (3) для Приморья составляет 3.8 и 4.2 % соответственно.

На рис. 2 изображены графики динамики заболеваемости в Приморском крае за период 2005–2015 гг. Как видно, графики, построенные согласно обеих моделей, визуально мало отличаются.

Построим модель для регионов кластера № 2. Результаты моделирования представлены в табл. 2.

Средние относительные ошибки аппроксимации данной модели для всех регионов кластера находятся в допустимых пределах, не превосходя 7 %. Так, например, модель для г. Санкт-Петербурга, построенная по общей модели панельных данных без учета кластеризации, имеет вид:

$$y = 53.649814 + 0.0159658x_1 - 0.2134564x_3 + 0.5346638x_4 + 2.4643804x_5.$$

Средняя относительная ошибка аппроксимации для данной модели составляет 5.3 %. По модели панельных данных с детерминированными эффектами, построенной с использованием данных регионов кластера № 2, получен следующий вид регрессии для Санкт-Петербурга:

$$y = -200.3474162 - 0.305483x_3 + 0.542952x_4 + 4.604112x_5.$$

Средняя относительная ошибка аппроксимации для данного региона, находясь в допустимых пределах, составляет 5.0 %.

Построим модели для регионов кластер № 3 (см. табл. 2). Средние относительные ошибки аппроксимации данной модели для одиннадцати регионов кластера находятся в допустимых пределах, не превосходя 9 %, за исключением Тюменской область, значение ошибки для которой (15.1 %) хотя и меньше, чем для модели без предварительной кластеризации (26.3 %), но выходит за допустимые пределы. Рассмотрим для сравнения определенный регион кластера № 3. Так, например, модель для Республики Алтай, построенная по общей модели панельных данных без учета кластеризации, имеет вид:

$$y = 66.394371 + 0.0159658x_1 - 0.2134564x_3 + 0.5346638x_4 + 2.4643804x_5.$$

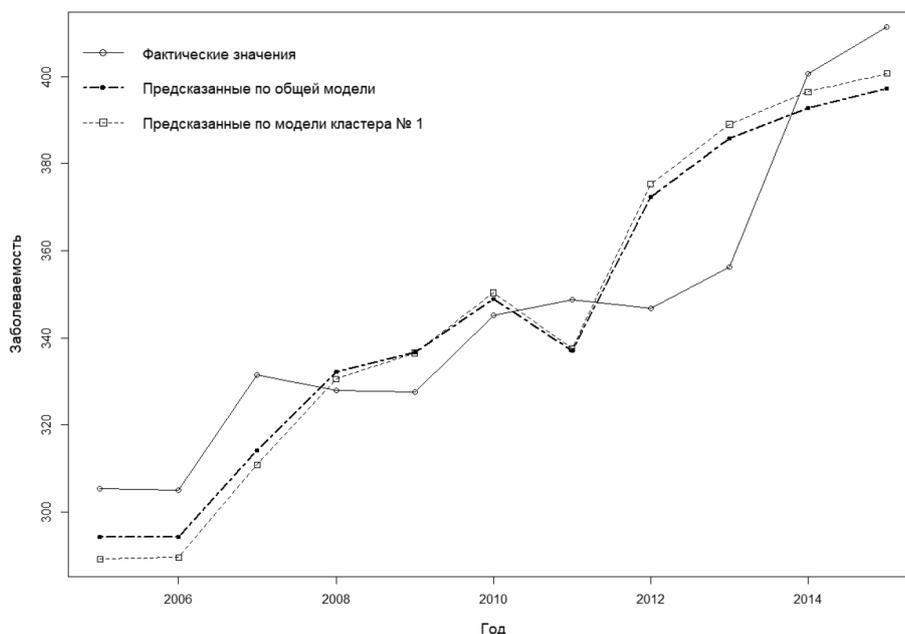


Рис. 2. Модельные и фактические значений показателей заболеваемости для Приморского края

Средняя относительная ошибка аппроксимация для данной модели составляет 6.8 %.

По модели панельных данных с детерминированными эффектами, построенной с использованием данных регионов кластера № 3, получен следующий вид регрессии для Республики Алтай:

$$y = 160.04848 + 0.322472x_1 - 0.889626x_3 + 0.4044778x_4.$$

Средняя относительная ошибка аппроксимация для данного региона, находясь в допустимых пределах, составляет 4.9 %.

Построим модель для регионов кластера № 4 (см. табл. 2).

Средняя относительная ошибка аппроксимации для Республики Дагестан составляет 2,2 %, а для Республики Тыва – 3,6 %, что меньше, чем ошибки для данных регионов в общей модели, равные 14.8 и 6.4 % соответственно.

Рассмотрим для сравнения определенный регион данного кластера, а именно Республику Дагестан, для которой в общей модели ошибка аппроксимации является недопустимой. Так, для Дагестана уравнение, составленное по общей модели панельных данных без учета кластеризации, имеет вид:

$$y = -10.635502 + 0.0159658x_1 - 0.2134564x_3 + 0.5346638x_4 + 2.4643804x_5 \quad (4)$$

По модели панельных данных с детерминированными эффектами, построенной с использованием данных регионов кластера № 4, получен следующий вид регрессии для Дагестана:

$$y = -227.1864 - 1.25566x_2 + 8.23826x_5 \quad (5)$$

Графики модельных и фактических значений для Республики Дагестан, являющейся объектом кластера № 4, представлены на рис. 3, который иллюстрирует более качественную аппроксимацию данных моделью (5).

В ходе исследований были рассмотрены модели линейной регрессии со всеми выбранными показателями в обычном и стандартизованном масштабе, построена модель панельных данных с детерминированными эффектами по 78 значениям пространственной переменной и 11 значениям временной переменной, которая согласно тесту Вальда, ошибки аппроксимации и адекватности знаков коэффициентов оказалась лучше сквозных регрессий.

В общую модель панельных данных вошли показатели «Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников», «Доля городского населения» и «Число собственных легковых автомобилей на 1 000 человек» – с положительными знаками, «Потребление свежей воды» – с отрицательным знаком. Предложенная модель значима со всеми значимыми параметрами и коэффициентом детерминации 0.66.

Кроме того, проведена кластеризация регионов по динамике временных рядов региональных значений показателя заболеваемости онкологическими новообразованиями. Для совокупности регионов каждого из полученных кластеров построены регрессионные модели с учетом панельной структуры данных. Так, для регионов кластера № 1 на рост заболеваемости оказывают положительное влияние показатели «Число собственных автомобилей» и «Доля городского населения». Для регионов кластера № 2 заболеваемость растет с увеличением показателей «Число собственных автомобилей» и «Доля городского населения» и снижается с увеличением показателя «Использование свежей воды». Для регионов кластера № 3 на динамику показателя заболеваемости положительно воздействуют показатели «Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников» и «Число собственных автомобилей» и оказывает отрицательное влияние

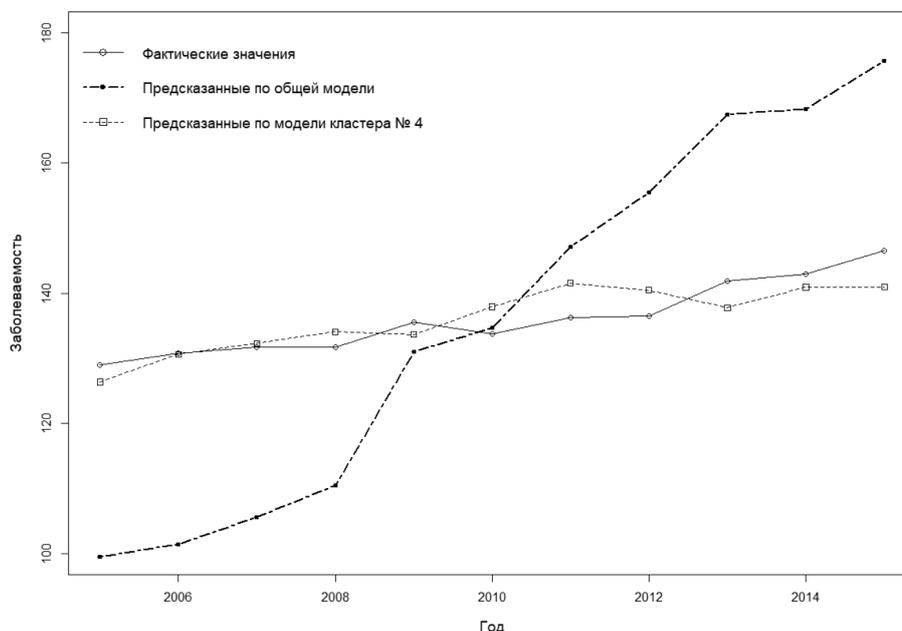


Рис. 3. Модельные и фактические значения показателя заболеваемости для Республики Дагестан

показатель «Использование свежей воды». Для кластера № 4, который состоит из двух субъектов РФ, выявлены два предиктора — это «Уловлено и обезврежено загрязняющих веществ» с отрицательным знаком коэффициента и «Доля городского населения» с положительным знаком коэффициента. Все полученные модели, построенные для кластеров, также значимы со всеми значимыми параметрами.

Обсуждение результатов

Полученные результаты моделирования показали, что предварительная кластеризация по динамике исследуемого показателя может не только расклассифицировать рассматриваемые объекты по «степени неблагополучия» по заболеваемости злокачественными новообразованиями, но и представляться способом улучшения качества моделей. Как известно, методы эконометрического моделирования позволяют изучить влияния экологических факторов на состояние здоровья человека. В этой связи необходимо отметить ряд работ [2, 6, 8–10, 12, 16, 22], авторами которых в своих исследованиях различной направленности также были применены методы математической статистики и многомерного анализа. В этих работах были показаны возможности советующих информационных систем, методы оценки эпидемиологического риска от влияния окружающей среды, многофакторное моделирование влияния окружающей среды на здоровье человека в отдельных регионах России, методологические подходы для оценки тренда в медицине, обоснованность панельных исследований в медицине и здравоохранении. Проведенные нами исследования позволили получить модели динамики показателя онкозаболеваемости в зависимости от изменения антропогенной нагрузки региона для данных по всем рассматриваемым регионам, а также по кластерам регионов, сформированным по динамике показателя заболеваемости. Это дает более полную характеристику изучаемого явления.

Таким образом, использование методов кластерного анализа и моделирования с учетом панельной структуры данных позволяет описать влияние на онкоэпидемиологический процесс социально-гигиенических, экологических и других показателей. Предложенный способ многомерного анализа медико-статистических показателей дополняет информационно-аналитическое поле обработки данных медико-экологического мониторинга.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.
Емцева Елена Дмитриевна — ORCID 0000-0002-9760-5481; SPIN 4767-7293
Кику Павел Федорович — ORCID 0000-0003-3536-8617; SPIN 1238-5081
Мазелис Андрей Львович — ORCID 0000-0002-0629-0569; SPIN 5206-2208

Список литературы

1. Алимova И. С., Соловьев В. Д., Батыршин И. З. Сравнительный анализ мер сходства, основанных на пре-

образовании скользящих аппроксимаций, в задачах классификации временных рядов // Труды ИСП РАН, 2016. Т. 28, вып. 6. С. 207–222.

2. Бузинов Р. В., Кику П. Ф., Унгурияну Т. Н., Ярыгина М. В., Гудков А. Б. От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья населения: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2016. 397 с.

3. Голивец Т. П., Коваленко Б. С. Анализ мировых и российских тенденций онкологической заболеваемости в XXI веке // Научный результат. Серия: Медицина и фармация. 2015. Т. 1, № 4 (6). С. 79–86.

4. Каприн А. Д., Старинский В. В., Петрова Г. В. Злокачественные новообразования в России в 2015 г. (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИРЦ» МЗ, 2016. 250 с.

5. Каприн А. Д., Старинский В. В., Петрова Г. В. Состояние онкологической помощи населению России в 2014 г. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИРЦ» МЗ, 2015. 236 с.

6. Карпин В. А., Кострюкова Н. К., Гудков А. Б. Радиационное воздействие на человека радона и его дочерних продуктов распада // Гигиена и санитария. 2005. № 4. С. 13–17.

7. Кику П. Ф., Веремчук Л. В., Жерновой М. В. Роль экологических и социально-гигиенических факторов в распространении онкологических заболеваний. Владивосток: Изд. дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. 192 с.

8. Кику П. Ф., Горбуркова Т. В. Возможность использования советующих информационных систем в экологических исследованиях // Экология человека. 2014. № 4. С. 11–15.

9. Кику П. Ф., Морева В. Г., Юдин С. В., Ярыгина М. В. Оценка эпидемиологического риска заболеваемости раком почки и мочевого пузыря в биоклиматических зонах Приморского края // Общественное здоровье и здравоохранение. 2015. № 3. С. 40–46.

10. Кострюкова Н. К., Карпин В. А., Гудков А. Б. Смертность населения, проживающего в местах локальных разломов земной коры // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2005. № 4. С. 17–19.

11. Мерабишвили В. М. Онкологическая статистика (традиционные методы, новые информационные технологии). Ч. 1. СПб.: ООО «ИПК «КОСТА», 2015. 223 с.

12. Мироновская А. В., Бузинов Р. В., Гудков А. Б. Прогнозная оценка неотложной сердечно-сосудистой патологии у населения северной урбанизированной территории // Здравоохранение Российской Федерации. 2011. № 5. С. 66–67.

13. Официальный сайт Министерства здравоохранения Российской Федерации. URL: <http://www.rosminzdrav.ru> (дата обращения: 03.12.2017).

14. Официальный сайт проекта R. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://cran.r-project.org/> (дата обращения: 03.12.2017)

15. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>. (дата обращения: 03.12.2017)

16. Холматова К. К., Гржибовский А. М. Панельные исследования и исследования тренда в медицине и общественном здравоохранении // Экология человека. 2016. № 10. С. 57–63.

17. Crump K. S., Guess H. A. Drinking water and cancer: Review of recent finding and assesment of risks: Report prepared by Science Research systems, Ruston, Louisiana, for the Council on Environmental Quality. Washington: D. C., 2008. 108 p.

18. Duran B. S., Odell P. L. *Cluster Analysis. A Survey*. Springer, 1974. 146 p.
19. Haggstrom Christel. *Metabolic factors and risk of prostate, kidney and bladder cancer*. University dissertation from Umea: Umea Universitet, 2013. 57 p.
20. Hanke J. E., Wichern D. W., Reitsch A. G. *Business Forecasting*. Pearson Education. 2013. 512 p.
21. Kabacoff R. I. *R in Action: Data Analysis and Graphics with R*. Manning Publications, 2011. 447 p.
22. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry // *Epidemiologia and prevenzione*. 2010. Vol. 34, iss. 5-6. P. 138.

Referenses

1. Alimova I. S., Soloviev V. D., Batyrshin I. Z. Comparative analysis of the similarity measures based on the moving approximation transformation in problems of time series classification. *Trudy Instituta sistemnogo programirovaniya RAN* [Programming and Computer Software]. 2016, 28 (6), pp. 207-222. [In Russian]
2. Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *Ot Pomor'ya do Primor'ya: sotsial'no-gigienicheskie i ekologicheskie problemy zdorov'ya naseleniya* [From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health: monograph]. Arkhangelsk, Publishing house of the Northern State Medical University, 2016. 397 p.
3. Golivets T. P., Kovalenko B. S. Analysis of world and russian trends in cancer incidence in the twenty-first century. *Nauchnyj rezul'tat. Seriya: Meditsina i farmatsiya* [Research Result. Medicine and Pharmacy Series]. 2015, 1, 4 (6), pp. 79-86. [In Russian]
4. Kaprin A. D., Starinskii V. V., Petrova G. V. *Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2015 g. (zabolevaemost' i smertnost')* [Malignant neoplasms in Russia in 2015 (morbidity and mortality)]. Moscow, MNIOI im. P. A. Gertzena - filial FGBU "NMIRTS" MZ Publ., 2016. 250 p.
5. Kaprin A. D., Starinskii V. V., Petrova G. V. *Sostoyanie onkologicheskoi pomoshchi naseleniyu Rossii v 2014 g.* [Status of oncological care for the population of Russia in 2014]. Moscow, MNIOI im. P. A. Gertsena - filial FGBU "NMIRTS" MZ Publ., 2015, 236 p.
6. Karpin V. A., Kostryukova N. K., Gudkov A. B. Human radiation action of radon and its daughter disintegration products. *Gigiena i Sanitarya*. 2005, 4, pp. 13-17. [In Russian]
7. Kiku P. F., Veremchuk L. V., Zhernovoi M. V. *Rol' ekologicheskikh i sotsial'no-gigienicheskikh faktorov v rasprostraneni onkologicheskikh zabolevanii* [The role of environmental and socio-hygienic factors in cancer prevalence]. Vladivostok, 2012, 199 p.
8. Kiku P. F., Gorborkova T. V. Use of council information systems in ecological research. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014, 4, pp. 11-15. [In Russian]

9. Kiku P. F., Moreva V. G., Yudin S. V., Yarygina M. V. Assessment of the epidemiological risk of kidney and bladder cancer in bioclimatic zones of the Primorsky territory. *Obshchestvennoe zdorov'e i zdravookhranenie* [Public Health and Health Care]. 2015, 3, pp. 40-46. [In Russian]
10. Kostryukova N. K., Karpin V. A., Gudkov A. B. Mortality of population living in areas of local Earth's crust ruptures. *Problemy Sotsialnoi Gigieny, Zdravookhraneniia i Istorii Meditsiny*. 2005, 4, pp. 17-19. [In Russian]
11. Merabishvili V. M. *Oncological statistics (traditional methods, new information technologies)*. Guidelines for physicians Pt. I. Saint Petersburg, IPK KOSTA Publ. 2015, 223 p. [In Russian]
12. Mironovskaya A. V., Buzinov R. V., Gudkov A. B. Prognostic evaluation of urgent cardiovascular disease in the population of a northern urbanized area. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii* [Public Health of the Russian Federation]. 2011, 5, pp. 66-67. [In Russian]
13. Site of Ministry of Health of the Russian Federation. Available at: <http://www.rosminzdrav.ru> (accessed: 03.12.2017). [In Russian]
14. The Comprehensive R Archive Network. Available at: <https://cran.r-project.org/>. (accessed: 03.12.2017) [In Russian]
15. Site Federal State Statistics Service. Available at: <http://www.gks.ru>. (accessed: 03.12.2017). [In Russian]
16. Kholmatova K. K., Grzhibovskii A. M. Panel-and trend studies in medicine and public health. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 10, pp. 57-63. [In Russian]
17. Crump K. S., Guess H. A. *Drinking water and cancer: Review of recent finding and assesment of risks: Report prepared by Science Research systems, Ruston, Louisiana, for the Council on Evironmental Quality*. Washington, D. C., 2008, 108 p.
18. Duran B. S., Odell P. L. *Cluster Analysis. A Survey*. Springer, 1974, 146 p.
19. Haggstrom Christel. *Metabolic factors and risk of prostate, kidney and bladder cancer*. University dissertation from Umea, Umea University, 2013, 57 p.
20. Hanke J. E., Wichern D. W., Reitsch A. G. *Business Forecasting. Pearson Education*. 2013, 512 p.
21. Kabacoff R. I. *R in Action: Data Analysis and Graphics with R*. Manning Publications, 2011, 447 p.
22. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia and prevenzione*. 2010, 34 (5-6), p. 138.

Контактная информация:

Емцева Елена Дмитриевна — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и моделирования ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса» Министерства науки и высшего образования России
 Адрес: 690014, Приморский край, г. Владивосток, ул. Гоголя, д. 41
 E-mail: emtseva@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА REDCAP ДЛЯ СБОРА И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ БИМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© 2019 г. ¹А. В. Аталян, ¹Л. И. Колесникова, ¹⁻³С. И. Колесников, ⁴⁻⁷А. М. Гржибовский, ¹Л. В. Сутурина

¹Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, г. Иркутск; ²МГУ им. Ломоносова, г. Москва;

³Московский государственный областной университет, г. Москва; ⁴Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск; ⁵Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан;

⁶Западно-казахстанский университет им. Марата Оспанова, г. Актобе, Казахстан;

⁷Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск

В статье представлен опыт использования информационной системы REDCap как основного инструмента для сбора и хранения данных междисциплинарных популяционных исследований. Рассматриваются преимущества и ограничения использования REDCap, возможность получения промежуточных отчетов, описательных статистик и управления данными с точки зрения оптимизации ведения научно-исследовательского проекта на примере популяционного исследования распространенности синдрома поликистозных яичников у женщин Восточной Сибири.

Ключевые слова: информационная система, электронный сбор медицинских данных, Research Electronic Data Capture (REDCap), синдром поликистозных яичников (СПКЯ), эпидемиологическое исследование

RESEARCH ELECTRONIC DATA CAPTURE (REDCAP) FOR BUILDING AND MANAGING DATABASES FOR POPULATION-BASED BIOMEDICAL STUDIES

¹A. V. Atalyan, ¹L. I. Kolesnikova, ¹⁻³S. I. Kolesnikov, ⁴⁻⁷A. M. Grjibovski, ¹L. V. Suturina

¹Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia; ²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; ³Moscow Region State University, Moscow, Russia; ⁴Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia; ⁵Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; ⁶West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan; ⁷North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

The paper presents the main principles of applying Research Electronic Data Capture (REDCap) system to data collection and data storage in population-based biomedical studies. Advantages and limitations of using REDCap as well as possibilities for obtaining intermediate reports, descriptive statistics and data management are presented from the point of view of research project logistics using the Eastern Siberia PCOS Epidemiology & Phenotype (ESPEP) population-based study as an example.

Key words: information system, electronic medical data capture, Research Electronic Data Capture (REDCap), PCOS epidemiology study

Библиографическая ссылка:

Аталян А. В., Колесникова Л. И., Колесников С. И., Гржибовский А. М., Сутурина Л. В. Информационная система REDCap для сбора и хранения данных популяционных биомедицинских исследований // Экология человека 2019. № 2. С. 52–59.

Atalyan A. V., Kolesnikova L. I., Kolesnikov S. I., Grjibovski A. M., Suturina L. V. Research Electronic Data Capture (REDCap) for Building and Managing Databases for Population-based Biomedical Studies. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 2, pp. 52-59.

Первоначальным этапом реализации каждого научно-исследовательского проекта является сбор данных. При проведении междисциплинарных биомедицинских исследований аккумулируются большие объемы данных [3], которые представляют ценность не только в момент проведения исследования, но и в дальнейшем, поскольку позволяют осуществлять повторную обработку материала по мере появления новых методов анализа данных. В отечественной научной литературе и отчетах о научных исследованиях медико-биологической направленности этот этап и инструментарий крайне редко описывается с достаточной степенью детализации.

Структурирование данных, их грамотное представление в виде категориальных или количественных величин является важным этапом подготовки для

их сбора, компьютеризации и дальнейшего анализа. Создание шаблона базы данных (БД) еще на этапе планирования исследования для сбора и хранения информации является оптимальным решением. При логическом проектировании баз данных осуществляется структурирование данных научного исследования, их нормализация, определяются сущности, атрибуты, связи. Для физического исполнения выбирается система управления базы данных (СУБД) по ряду характеристик и особенностям предметной области поставленной задачи [8, 10, 13]. Особое место в ряду СУБД занимают системы с открытым кодом, такие как SQLite, PostgreSQL, Firebird и MySQL, преимуществами которых являются их открытость, кроссплатформенность и универсальность программных интерфейсов.

Проектирование и создание БД — это достаточно трудоемкая задача, требующая определенных навыков и знаний в предметной области [1]. Очень редко исследователь от медицины или биологии обладает этими навыками, а привлечение специалистов по СУБД для разработки структуры и физической реализации модели БД не всегда осуществимо с финансовой точки зрения. Этим можно объяснить ограниченное количество зарегистрированных БД с 2013 по 2017 г. в области медико-биологических научных исследований, созданных для сбора и хранения данных исследования [4, 5, 7, 11, 15, 16], причем для создания БД чаще всего использовалась настольная СУБД Microsoft Access, которая обладает рядом ограничений и имеет упрощенную архитектуру.

Существующие медицинские информационно-справочные системы (ИСС) имеют ключевой недостаток — узкую специализацию, отсутствие расширения ИСС и их интеграции с другими ИСС. Такие системы, как правило, представляют собой обособленные, закрытые программные продукты, не отвечающие современным требованиям к программному обеспечению научных исследований [12]. В большинстве случаев указанная информация в ИИС остается недоступной для других исследователей, занимающихся решением близких или аналогичных научных проблем. При этом даже наличие большого количества различных электронных библиотек ненамного улучшает ситуацию, поскольку в них размещаются отчеты о законченных научных исследованиях без исходных данных, промежуточных выкладок и доказательств. Поэтому наличие инструмента, позволяющего обеспечить других исследователей указанной информацией, способствует более эффективному использованию научных данных и результатов.

В опыте зарубежных исследователей в медико-биологической области для решения задач сбора, хранения и управления данными используют открытые, гибко настраиваемые под специфику области исследования информационные системы (ИС). Большинство из них разработано для поддержки клинических испытаний и является дорогим лицензионным продуктом, что ограничивает их использование некоммерческими организациями, а также исследователями в странах с низким и средним уровнем доходов [18]. Сотрудники университета Вандербилт (Vanderbilt University, Nashville, USA) разработали открытую ИС REDCap для электронного ввода и хранения данных, специально созданную для научных исследований, проводимых в некоммерческих государственных учреждениях [19]. На момент подготовки данной статьи в мире насчитывалось 3 175 организаций из 128 стран мира, использующих REDCap для технической поддержки научных исследований. В России только 11 научно-исследовательских организаций являются членами консорциума REDCap, из которых всего 5 — активные пользователи.

Основная задача применения ИС при выполнении эпидемиологических исследований состоит во внесе-

нии медицинской информации в электронные формы, обеспечении ее хранения в структурированном виде и возможности ее использования для аналитической работы. В настоящей работе демонстрируется опыт использования открытого Web-приложения REDCap для обеспечения проведения эпидемиологического исследования синдрома поликистозных яичников (СПКЯ) и его фенотипов у женщин Восточной Сибири (ESPER). СПКЯ является полигенным эндокринным расстройством, обусловленным как наследственными факторами, так и факторами внешней среды. Распространенность его составляет от 6,0 до 19,9 % [17]. Изучение СПКЯ является одним из основных направлений научных исследований Научного центра проблем здоровья семьи и репродукции человека (НЦ ПЗСРЧ) в г. Иркутске [2, 6, 9, 14].

Архитектура информационной системы REDCap, развернутой на сервере НЦ ПЗСРЧ, и технические требования для установки

REDCap представляет собой серверное программное обеспечение, устанавливаемое на веб-сервере организации, являющейся членом консорциума REDCap (рис. 1). Доступ пользователей к REDCap обеспечивается через сеть Интернет или локальную вычислительную сеть при помощи обычного веб-браузера, в том числе и с мобильных устройств. Серверная часть REDCap поддерживается современными операционными системами Linux и MS Windows. Программное обеспечение, необходимое для развертывания REDCap на сервере организации, включает:

- 1) веб-сервер (например, Microsoft IIS или Apache) с PHP 5.1.2 или выше (поддерживает PHP 7);
- 2) сервер баз данных MySQL 5.0+ и дополнительные системы управления phpMyAdmin, MySQL Workbench;
- 3) SMTP-сервер для рассылок электронной почты (может быть сторонним).

Для обеспечения надежности хранения научных данных рекомендуется использовать внешнее дисковое хранилище с повышенным уровнем избыточности (RAID), а также систему резервного копирования и восстановления данных для сохранения текущих и ранее использовавшихся конфигураций самого сервера и данных.

Функциональность REDCap

С точки зрения пользователя-исследователя REDCap представляет собой настраиваемое Web-приложение для создания и ведения проекта практически в любой области научных исследований, где используется реляционная модель структуры данных. REDCap оснащен набором инструментов, с помощью которых осуществляется разработка форм электронного сбора данных пользовательского проекта, сбор данных, создание отчетных форм, обновляющихся в режиме реального времени, получение базовых описательных статистик и графиков. Отчетные формы, базирующиеся на SQL-запросах, используются для

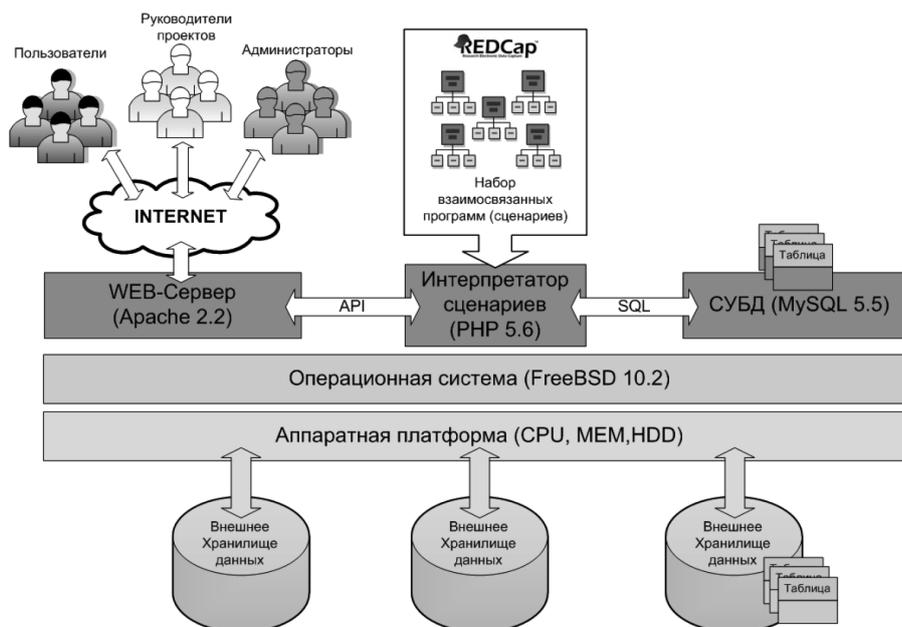


Рис. 1. Архитектура информационной системы REDCap, развернутой на сервере НЦ ПЗСРЧ

отображения списка записей БД, соответствующих пользовательскому условию. Описательная статистика данных представлена в виде стандартизированной таблицы с указанием значений мер центральной тенденции и мер разброса. Диаграммы рассеяния и гистограммы обеспечивают визуализацию данных. REDCap также гарантирует конфиденциальность, контролируя права доступа пользователей к каждой вводной форме, ограничивает доступ к информации, которая могла бы идентифицировать участников опроса.

Существует возможность использования настраиваемого календаря событий для организации, например, проведения динамических наблюдений.

В REDCap реализована функция создания интернет-опросов респондентов on-line и возможность управления списком контактов и электронной почтой респондентов и пользователей. Для осуществления взаимодействия пользователей исследовательских проектов предусмотрена безопасная отправка файлов, включая документы проектов, которые либо обладают существенным объемом, либо содержат конфиденциальные данные, что делает их уязвимыми при пересылке в качестве вложений обычной электронной почты.

В REDCap реализован алгоритм рандомизации, что актуально для медицинских научных исследований. Необходимо упомянуть о возможности подключения внешних приложений и использования мобильной версии приложения REDCap. Импорт данных осуществляется в формате CSV, экспорт данных и структуры отдельных таблиц БД, а также выборка данных, полученная при задании запросов, осуществляется в форматах основных прикладных программ для статистического анализа данных, например SAS, R, Stata и др.

Пример использования REDCap в эпидемиологическом исследовании СПКЯ и его фенотипов у женщин Восточной Сибири (ESPEP)

С 2016 года реализуется проект по изучению СПКЯ и его фенотипов у женщин Восточной Сибири (ESPEP) [21]. Протокол ESPEP включал описание многоцентрового поперечного исследования в двух регионах Восточной Сибири (Иркутская область и Республика Бурятия). Исследовалась неселективная популяция работающих женщин в возрасте от 18 до 85 лет основных этнических групп Восточной Сибири в количестве 2 773 человек. Детальное обследование прошли 2 609 участниц, подписавших информированное согласие. Исследование продолжалось в течение 12 месяцев. У каждого участника оценивались антропометрические данные, социодемографические характеристики, гинекологический и репродуктивный анамнез, состояние здоровья по результатам врачебного осмотра и лабораторно-инструментальному обследованию, образ жизни, наследственность, психоэмоциональное состояние, профессиональные вредности, вредные привычки.

Пользовательские группы, распределение прав доступа и управление данными в проекте REDCap

С учетом объема собранных данных, включая проведение большого количества интервью и опросов, была сформирована команда врачей, лаборантов-исследователей, среднего медицинского персонала для выполнения работ на основной площадке проведения исследования (ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ) и для работы в экспедиционных условиях. Было задействовано 27 человек, в табл. 1 описаны их функциональные задачи и группы пользователей, присвоенные в проекте REDCap.

Таблица 1

Функциональные задачи и численность пользовательских групп, зарегистрированных в проекте REDCap – ESPEP

Функциональная задача	Пользовательская группа	Число участников
Руководство проектом (общее руководство и контроль за проведением исследования)		1
Руководство работами в экспедиционных условиях (планирование и руководство экспедиционной деятельностью)		3
Сбор данных	Общий опрос	5
	Психологический опрос	5
	Врачебный осмотр	5
	Инструментальные исследования	3
	Лабораторные исследования	4
Администрирование проекта (создание инструментов проекта, промежуточный анализ данных, создание отчетов)		1
Итого:		27

Примечание. Проект имел специализированный набор инструментов (таблиц БД) согласно требованиям эпидемиологического исследования (табл. 2).

Права доступа к каждому инструменту проекта REDCap были предоставлены на уровне группы пользователей. На рис. 2 представлена диаграмма использования, которая графически описывает права доступа к инструментам и проекту REDCap. Набор инструментов представлен прямоугольными таблицами или их группами, символы «люди» представляют

собой группы пользователей, а линиями изображены права доступа участников (редактирование или просмотр) к инструментам.

Общий опрос проводился интервьюерами с применением 13 опросников и анкет, как показано в табл. 2. Для оценки качества жизни и эмоционального состояния применялись психологические тесты, в то время как врачебный осмотр включал четыре обследования, в том числе общий осмотр, оценку гирсутизма, состава тела, антропометрию и гинекологический осмотр. Ключевые результаты инструментальных и лабораторных исследований имели специализированные бланки, формируемые сторонним программным обеспечением.

Ввод результатов всех исследований в проект REDCap осуществлялся при заполнении вводных форм соответствующих инструментов. Программное обеспечение REDCap позволяет реализовать лонгитудинальный дизайн, при котором можно использовать созданные инструменты для повторных обследований участников исследования. Для индикации заполнения вводных форм (внесения данных) для каждого инструмента был использован подход «светофора», который указывает текущее состояние: ввод данных не осуществлялся – индикатор белый; ввод данных происходит в настоящий момент – красный; ввод данных прерван – желтый; ввод данных завершен – зеленый.

Администратор REDCap отвечал за создание инструментов, любые модификации инструментов, координировал создание отчетов и предварительный анализ собираемых данных.

Преимущество использования REDCap
REDCap автоматически регистрирует вопросы,

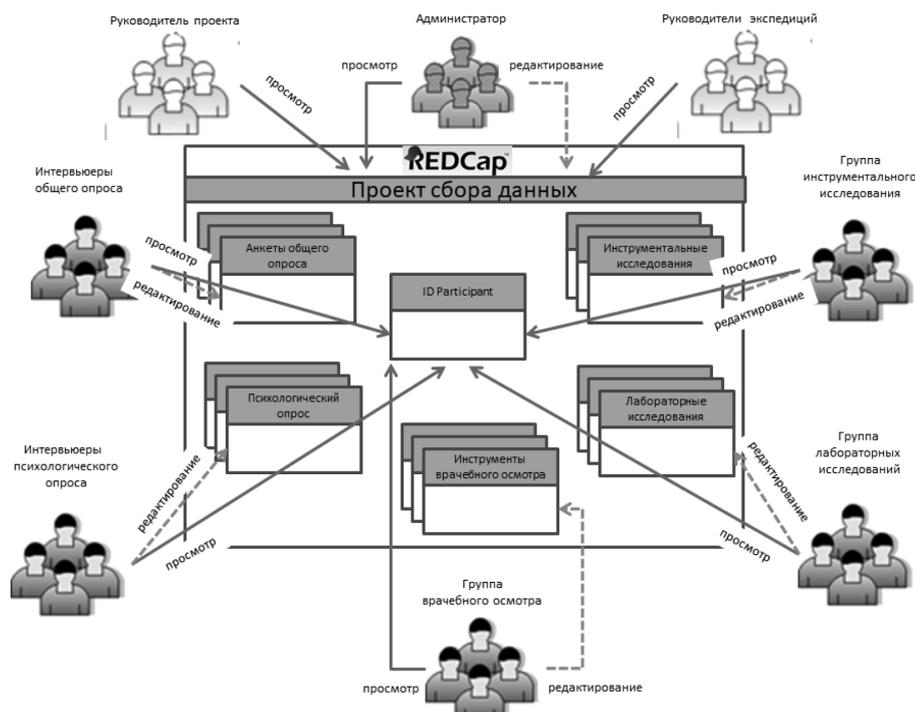


Рис. 2. Диаграмма использования прав доступа пользовательскими группами

Таблица 2

Список инструментов и их размер в проекте REDCap – ESPEP study

№	Название инструмента проекта (таблицы БД)	Функциональность	Размер (количество полей таблицы БД)
1	ID Participant	Идентификационный номер пациента в исследовании	2
2	Minimum Required Information	Минимум необходимой информации о пациенте	26
3	Inclusion/Exclusion Criteria	Критерии включения/исключения в/из исследования	8
4	Informed Consent	Информированное согласие на участие в исследовании	3
5	Socio Demographic Information	Социодемографическая информация	69
6	Mental function	Ментальная функция	1
7	Complains	Жалобы	55
8	Medical History	Медицинский анамнез	40
9	Surgical History	Хирургический анамнез	18
10	Allergies and medications	Наличие аллергических реакция и прием медикаментов	131
11	Gynecologic Review	Гинекологический осмотр	151
12	Gynecologic Review Symptoms	Симптомы гинекологических заболеваний, выявленные при осмотре	39
13	Physical Examination	Общий врачебный осмотр	42
14	Pap	Цитологическое исследование	8
15	Pelvic Ultrasound	УЗИ гинекологическое	96
16	Directed to Visit 2	Направление на визит 2	1
17	Pregnancy test	Тест на беременность	3
18	Categories Of Participants	Категория участника исследования	7
19	Hormone Laboratory	Лабораторные исследования гормонов в крови	202
20	Biochemistry Laboratory	Лабораторные биохимические исследования	93
21	Genetic Laboratory	Исследования генетической лаборатории	4
22	Other Procedures	Направление к узким специалистам	10
23	Sf12 Health Survey	Опросник качества жизни	16
24	Family History Questionnaire	Анкета «Семейный анамнез»	123
25	Becks Depression Inventory	Оценка эмоционального состояния Бекка	25
26	Comprehensive Occupational And Environmental History	Оценка факторов окружающей среды/трудоовой анамнез	150
27	The Epworth Sleepiness Scale	Шкала сонливости Эпворта	12
28	Menopaease Rating Scale	Шкала оценки симптомов дефицита эстрогенов	15
29	Eligibility For Study	Соответствие требованиям исследования	1
30	Reason For Visit 2	Причины для визита 2	4
31	Vital Signs	Показатели жизнедеятельности	3
32	Laboratory Results Visit 2	Лабораторные исследования в визит 2	22
33	Reason For Visit 3	Причины для визита 3	2
34	Laboratory Results Visit 3	Лабораторные исследования в визит 3	45
35	Endometral Biopsy Visit 3	Биопсия эндометрия	13

пропущенные логикой ветвления как отсутствующие. Они не являются ошибочными, поскольку отличаются от отсутствующих данных, генерируемых случайными пропущенными вопросами. Учитывая, что для каждого участника исследования было создано 35 таблиц БД, которые в совокупности содержат 1 476 переменных (см. табл. 2), этот тип ошибок был незначительным по сравнению с общим количеством собранных данных. Для улучшения качества данных была использована функция проверки значения поля, что позволило уменьшить ошибки ввода. Несоответствие в данных при эпидемиологических исследованиях могут возникать

в двух случаях: из-за ошибок в анкете или из-за ошибки интервьюера. Иногда единственный способ устранить несогласованность данных – связаться с собеседником, чтобы проверить предоставленную информацию, время между интервью и проверкой должно быть минимальным. Это еще одно преимущество использования REDCap, которое позволяет сократить разрыв между сбором данных и получением промежуточных результатов их анализа. Следовательно, возможно оценить характеристики наблюдаемой популяции, в частности частоту представляющих интерес пере-

менных, например набор количества участников в целевых этнических группах.

Преимуществом использования готовых электронных решений для сбора данных является сокращение затрат на техническую поддержку исследования — проектирование и создание специализированной БД. При использовании REDCap очевидна экономия временных и трудовых ресурсов для создания специализированной БД эпидемиологического исследования. Поддержка REDCap проекта нашего эпидемиологического исследования осуществлялась персоналом из двух человек: ИТ-специалиста и администратора проекта ИС REDCap.

Ограничения REDCap

Лонгитудинальный дизайн исследований подразумевает периодическое наблюдение участников. Некоторые характеристики участников исследования отслеживаются в ходе динамического наблюдения, иные же могут не изменяться. Таким образом, хорошей практикой было бы импортировать информацию, предоставленную участником исследования в ходе предыдущего наблюдения. Это позволило бы проверить согласованность между предыдущим и текущим ответами и ускорить процесс сбора данных. Программное обеспечение REDCap реализует лонгитудинальный дизайн, который позволяет повторно использовать инструменты из разных наблюдений. Эта конструкция требует, чтобы одни и те же данные собирались в разные моменты. Тем не менее многие лонгитудинальные исследования применяют различные анкеты или опросники в ходе динамического наблюдения, где только часть информации может изменяться, что требует создания либо различных инструментов, либо различных проектов для каждого наблюдения. Проекты REDCap являются независимыми, что затрудняет повторное использование данных между ними без введения избыточной информации для ключевых полей и дополнительной работы по управлению данными, импортированными из разных проектов. Таким образом, требуется разработка простого способа повторного использования данных из разных наблюдений, чтобы использовать вышеупомянутые преимущества.

Установка и настройка серверной части REDCap является специфической и зачастую непростой задачей [20]. Для установки и совместной конфигурации необходимых серверных компонент требуется профессионал с достаточным опытом. Следовательно, эпидемиологическим исследовательским группам, возможно, потребуется привлечение для этих целей системного администратора, обладающего требуемыми знаниями и навыками для выполнения этой задачи.

Выводы

Функции, реализованные в современных решениях по электронному сбору данных, позволяют использовать их не только для быстрого создания специализированной БД по требованиям исследования и для процесса сбора данных, но и для поддержки

управления всем исследованием. Гибкая настройка сбора данных, позволяющая уменьшить ошибки ввода и увеличить качество данных, контроль за процессом проведения исследования и оценка характеристик данных в режиме реального времени — это некоторые из преимуществ, получаемых с помощью таких гибко настраиваемых информационных систем, как REDCap.

Опыт применения REDCap в эпидемиологическом исследовании СПКЯ и его фенотипов у женщин Восточной Сибири демонстрирует преимущества данной ИС перед традиционными методами сбора и хранения данных, не обладающими возможностями многопользовательского управления данными с распределенными правами доступа. Таким образом, является перспективным внедрять современные информационные системы в научно-исследовательскую работу, чтобы использовать их преимущества и способствовать их усовершенствованию.

Представленный веб-сервис осуществляется с использованием ресурсов Центра коллективного пользования (ЦКП) «Интегрированная информационно-вычислительная сеть ИИЦ ФАНО».

Список литературы

1. Абдуманов А. А., Алиев Р. Э., Карабаев М. К., Хошимов В. Г. О проектировании медицинских баз данных и информационных систем для организации и управления лечебно-диагностических процессов // Т-СОММ: телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10, № 1. С. 45–53.
2. Бальжиева В. В., Баирова Т. А., Рычкова Л. В., Аюрова Ж. Г., Колесников С. И. Этногенетические аспекты ожирения у детей и подростков // Вопросы детской диетологии. 2017. Т. 15, № 5. С. 29–34.
3. Гришин И. Ю., Тимиргалеева Р. Р., Скидан Р. А., Рябов А. М. База данных для проведения научных исследований «Моделирование процессов инновационного развития бальнеологических курортных территорий» // Вестник национального технического университета Харьковский политехнический институт. Серия: информатика и моделирование. 2016. Т. 44 (1216). С. 126–134.
4. А. с. 2016621487 RU. Регистр пациенток с различными фенотипами СПКЯ (Фенотипы СПКЯ) / Данусевич И. Н., Наделяева Я. Г., Аталян А. В. // Официальный бюл. «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». 2016. № 12.
5. А. с. 2017620345 RU. Информационно-справочная система «Цитокиновый статус людей, пострадавших от присасываний клещей, инфицированных вирусом клещевого энцефалита» (ИСС «Цитокины-клещевой энцефалит») / Данчинова Г. А., Хаснатинов М. А., Ляпунов А. В., Болотова Н. А., Манзарова Э. Л., Соловаров И. С., Степанова Л. В., Петрова И. В. // Официальный бюл. «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». 2017. № 4.
6. Даренская М. А., Колесников С. И., Гребенкина Л. А., Данусевич И. Н., Лазарева Л. М., Наделяева Я. Г., Даржаев З. Ю., Никитина О. А., Базарова Т. А., Колесникова Л. И. Анализ про- и антиоксидантной активности крови у женщин с различными фенотипами синдрома поликистозных яичников и бесплодием // Акушерство и гинекология. 2017. № 8. С. 86–91.
7. А. с. 2016621094 RU. База данных проспективного исследования девочек-подростков с дисфункцией гипота-

ламуса в пубертатном возрасте (от пубертатного периода до репродуктивного возраста) / Жуковец И. В., Лещенко О. Я., Аталян А. В. // *Официальный бюл. «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем»*. 2016. № 9.

8. Земцов А. Н., Болгов Н. В., Божко С. Н. Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий // *Инженерный вестник Дона*. 2014. Т. 29, № 2. С. 47.

9. Колесникова Л. И., Колесников С. И., Даренская М. А., Гребенкина Л. А., Никитина О. А., Лазарева Л. М., Сутурина Л. В., Данусевич И. Н., Дружинина Е. Б., Семендяев А. А. Активность процессов ПОЛ у женщин с синдромом поликистозных яичников и бесплодием // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2016. Т. 162, № 9. С. 300–303.

10. Крамаренко Т. А., Деменков И. А., Михеев А. М. Выбор клиент-серверной СУБД для реализации информационной системы // *Современные информационные технологии*. 2016. Т. 24 (24). С. 11–15.

11. А. с. 2017620351 RU. Регистр женщин репродуктивного возраста с факторами риска генитального туберкулеза / Лещенко О. Я., Маланова А. Б., Аталян А. В. // *Официальный бюл. «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем»*. 2017. № 4.

12. Попечителей Е. П. База данных по методам медико-биологических исследований // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2006. Т. 12 (67). С. 15–17.

13. Савотченко С. Е., Стукалов В. А. Критерии выбора системы управления базами данных при разработке библиотечной информационной системы // *Теория и практика общественного развития*. 2012. № 10. С. 91–93.

14. Сутурина Л. В. Синдром поликистозных яичников в XXI веке // *Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучение*. 2017. Т. 3 (17). С. 86–91.

15. А. с. 2017621028 RU. Медико-социальные характеристики онкологических больных, проживающих на территории Воронежской области / Сыч Г. В., Есауленко И. Э., Косолапов В. П. // *Официальный бюл. «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем»*. 2017. № 9.

16. А. с. 2013620611 RU. Информационно-аналитическая система «Мониторинг хантавирусов в Иркутской области» (ИАС «Хантавирусы») / Туник Т. В., Данчинова Г. А., Ляпунов А. В., Хаснатинов М. А., Арбатская Е. В., Петрова И. В., Гладкова Е. П. // *Официальный бюл. «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем»*. 2013. № 2.

17. Fauser B. C. J. M., Tarlatzis B. C., Rebar R. W., Legro R. S., Balen A. H., Lobo R., Carmina E., Chang J., Yildiz B. O., Laven J. S. E., Boivin J., Petraglia F., Wijeyeratne C. N., Norman R. J., Dunaif A., Franks S., Wild R. A., Dumesic D., Barnhart K. Consensus on women's health aspects of polycystic ovary syndrome (PCOS): the Amsterdam ESHRE/ASRM-Sponsored 3rd PCOS Consensus Workshop Group // *Fertility and sterility*. 2012. Vol. 97, N 1. P. 28–38.e25.

18. Franklin J. D., Guidry A., Brinkley J. F. A partnership approach for Electronic Data Capture in small-scale clinical trials // *Journal of biomedical informatics*. 2011. Vol. 44, Suppl 1. P. 103-108.

19. Harris P. A., Taylor R., Thielke R., Payne J., Gonzalez N., Conde J. G. Research electronic data capture (REDCap)-a metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support

// *Journal of biomedical informatics*. 2009. Vol. 42, N 2. P. 377–381.

20. Klipin M., Mare I., Hazelhurst S., Kramer B. The process of installing REDCap, a web based database supporting biomedical research: The first year // *Applied clinical informatics*. 2014. Vol. 5, N 4. P. 916–929.

21. Suturina L., Lizneva D., Danusevich I., Lazareva L., Belenkaya L., Nadelyaeva I., Kovalenko I., Bazarova T., Khomyakova A., Natyaganova L., Dolgikh M., Kurashova N., Gavrilova O., Darzhaev Z., Sholohov L., Atalyan A., Rashidova M., Damdinova L., Rostovtseva L., Alekseeva L., Sharifulin E., Legro L., Stanczyk F., Yuldiz B., Chen Y. H., Kintziger K., Diamond M. P., Azziz R. The design, methodology, and recruitment rate for the Eastern Siberia PCOS epidemiology&phenotype (ES-PEP) Study // *Abstracts of the 41st Annual Meeting of the Androgen Excess & PCOS Society* (November, 10-12, 2016, Lorne, Victoria, Australia). P. 76.

References

1. Abdumanonov A. A., Aliyev R. E., Karabayev M. K., Hoshimov V. G. About design medical databases and information systems for the organization and management of clinical processes. *T-Comm*. 2016, 10 (1), pp. 45-53. [In Russian]

2. Bal'zhieva V. V., Bairova T. A., Rychkova L. V., Ayurova Zh. G., Kolesnikov S. I. Ethnogenetic aspects of obesity in children and adolescents. *Voprosy detskoj dietologii* [Pediatric Nutrition]. 2017, 15 (5), pp. 29-34. [In Russian]

3. Grishin I. Yu., Timirgaleeva R. R., Skidan R. A., Ryabov A. M. The database for research "Modelling of processes of innovation development of the balneological resort territories". *Vestnik natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta Khar'kovskii politekhnicheskii institut. Seriya: informatika i modelirovanie* [Herald of the National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute. Subject issue: Information Science and Modelling]. 2016, 44 (1216), pp. 126-134. [In Russian]

4. А. с. 2016621487 RU. Registratsionnyy spetsialnyy reestratsionnyy SPKYa (Fenotipy SPKYa) [Register of patients with various PCOS phenotypes (PCOS phenotypes)]. Danusevich I. N., Nadelyaeva Ya. G., Atalyan A. V. *Ofitsial'nyi byul. "Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem"* [Official Bulletin. "Computer programs. Databases. Topologies of integrated circuits"]. 2016, 12.

5. А. с. 2017620345 RU. Informatsionno-spravochnaya sistema "Tsitokinovyi status lyudei, postradavshikh ot prisyvaniy kleshchei, infitsirovannykh virusom kleshchevego entsefalita" (ISS "Tsitokiny-kleshchevoi entsefalit") [Information system "Cytokine status of people affected by suction of ticks infected with tick-borne encephalitis virus" (EIS "Cytokine-tick-borne encephalitis")]. Dunchinova G., Khasnatinov A., Lyapunov A., Bolotova N. A., Manzarova E. L., Solovarov I. S., Stepanova L. V., Petrova I. V. *Ofitsial'nyi byul. "Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem"* [Official Bulletin. "Computer programs. Databases. Topologies of integrated circuits"]. 2017, 4.

6. Darenskaya M. A., Kolesnikov S. I., Grebenkina L. A., Danusevich I. N., Lazareva L. M., Nadelyaeva Ya. G., Darzhaev Z. Yu., Nikitina O. A., Bazarova T. A., Kolesnikova L. I. Analysis of the pro- and antioxidant activity of the blood in women with different phenotypes of polycystic ovary syndrome and infertility. *Akusherstvo i ginekologiya* [Obstetrics and gynecology]. 2017, 8, pp. 86-91. [In Russian]

7. A. s. 2016621094 RU. Baza dannykh prospektivnogo issledovaniya devochek-podrostkov s disfunktsiei gipotalamusa v pubertatnom vozraste (ot pubertatnogo perioda do reproduktivnogo vozrasta) [Database of a prospective study of adolescent girls with hypothalamic dysfunction at puberty (from puberty to reproductive age)]. Zhukovets I. V., Leshchenko O. Ya., Atalyan A. V. *Ofitsial'nyi byul. "Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem"* [Official Bulletin. "Computer programs. Databases. Topologies of integrated circuits"]. 2016, 9.

8. Zemtsov A. N., Bolgov N. V., Bozhko S. N. Multi-criteria selection of the optimal database management system using the hierarchy analysis method. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 2014, 29 (2), p. 47. [In Russian]

9. Kolesnikova L. I., Kolesnikov S. I., Darenskaya M. A., Grebenkina L. A., Nikitina O. A., Lazareva L. M., Suturina L. V., Danusevich I. N., Druzhinina E. B., Semendyaev A. A. Activity of lipid peroxidation processes in women with polycystic ovary syndrome and infertility. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny* [Bulletin of experimental biology and medicine]. 2016, 162 (9), pp. 300-303. [In Russian]

10. Kramarenko T. A., Demenkov I. A., Mikheev A. M. Selection of a client-server DBMS for the implementation of an information system. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii* [Modern information technology]. 2016, 24 (24), pp. 11-15. [In Russian]

11. A. s. 2017620351 RU. Registr zhenshchin reproduktivnogo vozrasta s faktorami riska genital'nogo tuberkuleza [Register of women of reproductive age with risk factors for genital tuberculosis]. Leshchenko O. Ya., Malanova A. B., Atalyan A. V. *Ofitsial'nyi byul. "Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem"* [Official Bulletin. "Computer programs. Databases. Topologies of integrated circuits"]. 2017, 4.

12. Popechitelev E. P. Database on methods of biomedical research. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [News of Southern Federal University. Technical science]. 2006, 12 (67), pp. 15-17. [In Russian]

13. Savotchenko S. E., Stukalov V. A. Criteria for choosing a database management system when developing a library information system. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and practice of social development]. 2012, 10, pp. 91-93. [In Russian]

14. Suturina L. V. Polycystic Ovary Syndrome in the 21st Century. *Akusherstvo i ginekologiya: novosti, mneniya, obuchenie* [Obstetrics and gynecology: news, opinions, training]. 2017, 3 (17), pp. 86-91. [In Russian]

15. A. s. 2017621028 RU. Mediko-sotsial'nye kharakteristiki onkologicheskikh bol'nykh, prozhivayushchikh na territorii Voronezhskoi oblasti [Medical and social characteristics of cancer patients living in the Voronezh region]. Sych G. V., Esaulenko I. E., Kosolapov V. P. *Ofitsial'nyi byul. "Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem"* [Official Bulletin. "Computer programs. Databases. Topologies of integrated circuits"]. 2017, 9.

16. A. s. 2013620611 RU. Informatsionno-analiticheskaya

sistema «Monitoring khantavirusov v Irkutskoi oblasti» (IAS «Khantavirusy») [Information and analytical system "Monitoring of Hantaviruses in the Irkutsk Region" (IAS "Hantaviruses")]. Tunik T. V., Danchinova G. A., Lyapunov A. V., Khasnatinov M. A., Arbatskaya E. V., Petrova I. V., Gladkova E. P. *Ofitsial'nyi byul. "Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem"* [Official Bulletin. "Computer programs. Databases. Topologies of integrated circuits"]. 2013, 2.

17. Fauser B. C. J. M., Tarlatzis B. C., Rebar R. W., Legro R. S., Balen A. H., Lobo R., Carmina E., Chang J., Yildiz B. O., Laven J. S. E., Boivin J., Petraglia F., Wijeyeratne C. N., Norman R. J., Dunaif A., Franks S., Wild R. A., Dumesic D., Barnhart K. Consensus on women's health aspects of polycystic ovary syndrome (PCOS): the Amsterdam ESHRE/ASRM-Sponsored 3rd PCOS Consensus Workshop Group. *Fertility and sterility*. 2012, 97 (1), pp. 28-38. e25.

18. Franklin J. D., Guidry A., Brinkley J. F. A partnership approach for Electronic Data Capture in small-scale clinical trials. *Journal of biomedical informatics*. 2011, 44, suppl 1, pp. 103-108.

19. Harris P. A., Taylor R., Thielke R., Payne J., Gonzalez N., Conde J. G. Research electronic data capture (REDCap)--a metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. *Journal of biomedical informatics*. 2009, 42 (2), pp. 377-381.

20. Klipin M., Mare I., Hazelhurst S., Kramer B. The process of installing REDCap, a web based database supporting biomedical research: The first year. *Applied clinical informatics*. 2014, 5 (4), pp. 916-929.

21. Suturina L., Lizneva D., Danusevich I., Lazareva L., Belenkaya L., Nadeliaeva I., Kovalenko I., Bazarova T., Khomyakova A., Natyaganova L., Dolgikh M., Kurashova N., Gavrilo O., Darzhaev Z., Sholohov L., Atalyan A., Rashidova M., Damdinova L., Rostovtseva L., Alekseeva L., Sharifulin E., Legro L., Stanczyk F., Yuldiz B., Chen Y. H., Kintziger K., Diamond M. P., Azziz R. *The design, methodology, and recruitment rate for the Eastern Siberia PCOS epidemiology&phenotype (ES-PEP) Study*. Abstracts of the 41st Annual Meeting of the Androgen Excess & PCOS Society (November, 10-12, 2016, Lorne, Victoria, Australia), p. 76.

Контактная информация:

Гржибовский Андрей Мечиславович — доктор медицины, заведующий ЦНИЛ СГМУ, г. Архангельск; профессор Северо-Восточного федерального университета, г. Якутск; почетный профессор ГМУ г. Семей (Казахстан); почетный доктор МКТУ, г. Туркестан (Казахстан), визитинг-профессор Западно-Казахстанского медицинского университета им. Марата Оспанова и Казахского национального университета им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан.

Адрес: 163000, г. Архангельск, Троицкий проспект, д. 51, офис 1501

Тел. & WhatsApp : +79214717053

E-mail: Andrej.Grijbovski@gmail.com, Skype: Andrej.Grijbovski

РОЛЬ СОЦИАЛЬНОГО ОКРУЖЕНИЯ В СКРИНИНГЕ НАРУШЕНИЙ ПСИХИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ ПРИАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

© 2019 г. А. Г. Соловьев, *Е. Ю. Голубева, **Х. Пезешкиан

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск, Россия; *ФГАУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», г. Архангельск, Россия; **Висбаденская академия психотерапии, г. Висбаден, Германия

Доля пожилого населения в России в последние годы растет, что обуславливает необходимость поиска новых направлений повышения эффективности работы медико-психологических и социальных служб по оценке состояния психического здоровья лиц пожилого возраста и направлений его сохранения с учетом национальных, исторических особенностей и социальных условий проживания. Целью исследования явилось методологическое обоснование использования новых социально обусловленных подходов к обеспечению раннего выявления психических расстройств у лиц пожилого возраста в приарктических территориях России. Систематизированы субъективные и объективные сложности выявления психических нарушений и специфические «стрессы пожилого возраста», снижающие уровень качества жизни. Обоснованы четыре направления деятельности по укреплению психического здоровья лиц пожилого возраста с учетом социально-демографической структуры, культурно-гендерных традиций, особой ценности семьи и родственных отношений и других специфических особенностей проживания в условиях приарктической зоны: перенос акцента в первичной и вторичной профилактической и диагностической деятельности с психиатрических служб на врачей первичного звена и специалистов в сфере оказания социальных услуг; обучение специалистов правилам пользования скринирующими инструментами; психологическая подготовка родственников к владению простейшими приемами скрининга нарушений психической деятельности у лиц пожилого возраста; привлечение к уходу за пожилыми людьми с психическими расстройствами членов приемных – foster-ных – семей. Определены основные прогностические факторы сохранения и укрепления психического здоровья представителей старшей возрастной группы. Показано большое социальное значение внедрения раннего скрининга изменений психических функций у пожилых лиц для повышения интегративного показателя их качества жизни, как уровня комфортности во взаимодействии с микросоциальным окружением, в рамках реализации основных положений концепции активного и здорового долголетия.

Ключевые слова: лица пожилого возраста, психическое здоровье, роль социального окружения, приарктические территории, позитивная психотерапия

ROLE OF SOCIAL ENVIRONMENTS FOR SCREENING OF THE ELDERLY MENTAL HEALTH IN THE CONDITIONS OF THE RUSSIAN ARCTIC ZONE

A. Soloviev, *E. Golubeva, **H. Peseschkian

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia; *M. V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia; **Wiesbaden Academy of Psychotherapy, Wiesbaden, Germany

The share of the elderly population in Russia has been growing in recent years, which necessitates the search for new ways to improve the efficiency of medical, psychological and social services to assess the mental health condition of elderly people and directions of its preservation, taking into account national, historical features and social conditions. The aim of the study was the methodological substantiation of the use of new socially-conditioned approaches to ensure the early detection of mental disorders in the elderly in the Arctic territories of Russia. Subjective and objective difficulties of detection of mental disorders and specific “stresses of old age” reducing the quality of life level are systematized. Four directions of activity on strengthening of elderly persons mental health taking into account social and demographic structure, cultural and gender traditions, special value of a family and the related relations and other specific features of accommodation in the conditions of the Arctic zone are proved: shift of emphasis in primary and secondary preventive and diagnostic activity from psychiatric services to doctors of primary link and specialists in the sphere of rendering social services; training in the use of specialists in screening tools; psychological preparation of the relatives of the possession of screening simplest methods for mental activity disorders in persons of advanced age; involvement in the care of older people with mental health problems members of the foster - adoptive families. The basic prognostic factors of preservation and strengthening of senior age group representatives of the mental health are defined. The great social importance of the introduction of early screening of changes in mental functions in the elderly to improve the integrative indicator of their quality of life as a level of comfort in interaction with the micro-social environment, in the framework of the implementation of the basic provisions of the concept of active and healthy longevity.

Key words: elderly persons, mental health, the role of social environment, Arctic territories, positive psychotherapy

Библиографическая ссылка:

Соловьев А. Г., Голубева Е. Ю., Пезешкиан Х. Роль социального окружения в скрининге нарушений психического здоровья лиц пожилого возраста в условиях приарктической зоны России // Экология человека. 2019. № 2. С. 60–64.

Soloviev A., Golubeva E., Peseschkian H. Role of Social Environments for Screening of the Elderly Mental Health in the Conditions of the Russian Arctic Zone. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 2, pp. 60-64.

Согласно прогностическим данным европейских демографических исследований доля лиц пожилого возраста в Европе увеличится к 2060 г. до 29 % [7, 10]. Доля пожилого населения в России составляет в настоящее время 24,6 % и в последние годы также растет, в основном за счет роста продолжительности жизни [3]. Это рождает необходимость поиска новых направлений в повышении эффективности работы медико-психологических и социальных служб с категорией граждан старшей возрастной группы и максимальном продлении социальной активности стремительно стареющего населения [6].

Старость приносит с собой проблемы, связанные с изменением привычных жизненных стандартов, болезнями, душевными переживаниями, которые рассматриваются в качестве важных факторов риска социального неблагополучия на макро-, микросоциальном и личностном уровнях. Так, прекращение трудовой деятельности с выходом на пенсию серьезно меняет ценностные приоритеты, образ жизни, общение и нередко является причиной целого ряда проблем с психическим здоровьем. Снижение адаптационных возможностей, а также изменения в социальном положении в совокупности приводят к существенной трансформации психической деятельности: частота распространенности психических расстройств среди лиц пожилого возраста достигает 40–74 % случаев [4]. В связи со старением населения международные эксперты ожидают роста числа пожилого населения, имеющего психические нарушения, в разных странах [16], поэтому все большее значение приобретает ранняя оценка состояния психического здоровья представителей старшей возрастной группы и направлений его сохранения с учетом национальных, исторических особенностей и социальных условий проживания.

Целью исследования явилось методологическое обоснование использования новых социально обусловленных подходов к обеспечению раннего выявления психических расстройств у лиц пожилого возраста в приарктических территориях России.

В Глобальной стратегии и плане действий по старению и здоровью Всемирной организации здравоохранения [8, 15] решение проблемы видится в том, чтобы способствовать здоровому и производительному старению и приспособить социальные структуры и политику к включению лиц пожилого и старческого возраста в общество.

Тем не менее на практике встречаются многочисленные субъективные и объективные *сложности выявления психических нарушений* у лиц старшей возрастной группы, связанные:

- с малозаметной начальной симптоматикой;
- медленным, но прогрессивным развитием заболеваний;
- наличием проблем памяти с невозможностью оценить свое состояние;
- постепенным присоединением к психическим соматическим и неврологическим расстройствам, маскирующих изменения психических функций;

- различным «размахом» изменений — от легкого снижения уровня личности до глубокого распада психической деятельности.

Дополняет сложности диагностического и в дальнейшем лечебно-реабилитационного процесса социально обусловленное начало алкоголизации и наличие специфических «стрессов пожилого возраста», которые на фоне индивидуальных психологических особенностей личности значительно снижают уровень качества жизни, что не всегда адекватно осознается респондентами [1]. Среди этих «стрессов пожилого возраста»:

- нарастающая «социальная изоляция» в связи с прекращением активной трудовой деятельности (уход на пенсию, ограничение контактов);
- утрата близких людей, вдовство;
- ухудшение материального положения с потерей былых доходов;
- трудности, связанные с сохранением своей занятости или устройством на новую работу;
- неудовлетворенность прошлым и/или настоящим, особенно при появлении свободного времени;
- и как следствие, ощущение себя категорией «ненужных и неполноценных».

Нередко в силу сложившегося стереотипа имеет место и сокрытие микросоциальным окружением нарастающих у пожилого человека проблем и приписывание многих изменений — бессонницы, депрессии, беспокойства и другого — возрастным особенностям, что провоцирует пассивное отношение к процессу ухудшения психического состояния родственника. Ситуация усугубляется и отсутствием углубленных знаний у медицинских работников первичного звена о психических изменениях в генезе различных заболеваний лиц пожилого возраста и невозможности оперативной консультации с врачом-психиатром. Наибольшие сложности возникают в отдаленных регионах приарктической зоны, являющихся малозаселенными, труднодоступными в связи с большими расстояниями и отсутствием постоянно действующей транспортной инфраструктуры.

В связи с этим контакты с представителями психиатрической службы обычно начинаются лишь тогда, когда у пожилого пациента уже есть явные признаки нарушений психического здоровья и прогноз лечения является неопределенным, что соответственно приводит к ухудшению внутрисемейных отношений и ложится тяжелой нагрузкой на микросоциальное окружение.

В данной ситуации для прорыва социальной общечеловеческой ответственности наиболее перспективной является работа **по следующим четырем направлениям.**

Во-первых, перенос акцента в первичной и вторичной профилактической, а также диагностической деятельности с психиатрических служб, к которым в силу известной стигматизации не ожидается повышения обращений, *на врачей первичного звена, работающих в области семейной медицины, а также на специалистов в сфере оказания социальных услуг.*

Несомненно, это обуславливает необходимость повышения эффективности целенаправленного последипломного образования в области психогеронтологии, нацеленного на внедрение активного психосоциального консультирования. В реализации данного направления важен учет европейского опыта подготовки специалистов — с возможностью организации междисциплинарных тренингов для медиков, психологов, социальных работников с учетом региональных, культуральных и транскультуральных аспектов преподавания [14]. При обучении психотерапевтическим методикам приоритет в данном случае отдается симптомо- и проблемно ориентированным, когнитивно-поведенческим, позитивным и рационально-разъяснительным направлениям в рамках индивидуальной и семейной форм работы.

Во-вторых, актуальным является *обучение специалистов правилам пользования скринирующими инструментами*.

С учетом того, что к основным категориям жизнедеятельности человека относятся способность к самообслуживанию, самостоятельному передвижению, ориентации, общению, обучению, трудовой деятельности, а также возможности контролировать свое поведение, качественная количественная оценка степени выраженности стойких нарушений психических функций пожилого человека в первую очередь ориентирована на диагностику когнитивной, эмоциональной, ценностно-мотивационной сфер, психосоматической патологии и качества жизни с внедрением методических разработок для врачей общей практики, поддерживаемых на федеральном уровне Геронтологическим обществом Российской академии наук [5]. Например, в связи со снижением скорости восприятия и анализа информации, повышенной истошаемости внимания пожилых лиц подбор диагностических методов рекомендуется с использованием заданий с меньшим количеством вопросов, предпочтением короткого времени их проведения, использованием упрощенных для восприятия и в основном требующих выбора из предложенных вариантов.

В-третьих, принципиально необходима *психологическая подготовка родственников* с обучением их владению простейшими приемами скрининга нарушений психической деятельности у лиц пожилого возраста с разработкой «критериев старта» для контакта с медицинскими и социальными службами. Перспективным является проведение в рамках «университетов здоровья» обучающих семинаров и разработка практических рекомендаций для родственников по профилактике когнитивных и эмоциональных нарушений лиц пожилого возраста, включающих базовые сведения о депрессии, деменции и простые методические приемы по их профилактике, тренировке памяти, правильному питанию и адаптивной физической культуре, а также информация о возможности адресного обращения к специалистам с учетом специфики выявленных или нарастающих психических изменений.

В-четвертых, принципиально важным является *привлечение к уходу за лицами пожилого возраста с психическими расстройствами членов приемных — фостерных семей* — быстро развивающейся инновационной формы социального обслуживания, особенно активно действующей в сельских и отдаленных территориях Европейского Севера России [2].

Учитывая, что малозаселенные сельские районы занимают до 70 % площади страны, а с годами доля лиц старческого возраста, нуждающихся в помощи, быстро нарастает — около 86 % 80-летних и старше лиц нуждаются в персональной помощи, проблема региональных аспектов геронтологической политики в арктических и субарктических территориях стоит очень остро. В то же время сельские места компактного проживания населения на Севере характеризуются высоким уровнем интеграции пожилых людей, отличиями ключевых факторов качества жизни, которые связаны с социально-демографической структурой, культурно-гендерными традициями, особой ценностью семьи и родственных отношений, что помогает созданию сетей неформального ухода (соседи, друзья), частично компенсирующих недостаточность или отсутствие официальных услуг по уходу.

Привлечение членов приемной семьи к оказанию помощи представителям старшей возрастной группы с признаками нарушения психического здоровья должно основываться на обучении умению общения с ними и профилактике социального одиночества с использованием методик семейной и позитивной психотерапии [11].

Применение описанного алгоритма использования социально обусловленных подходов к обеспечению раннего выявления психических расстройств у лиц пожилого возраста основано на принципах междисциплинарных проектов Европейского Союза — «Социальные инновации, обеспечивающие активное и здоровое долголетие» (INNOVAGE, 2012–2015) [11], «Мобилизация потенциала активного долголетия в Европе» (MOPACT, 2013–2016) [12] и «Сокращение социальной изоляции пожилых людей: сотрудничество в области исследований и политики» (ROSEnet, 2016–2019) [9]. В качестве социальных инноваций в проектах рассматриваются идеи, продукты, услуги или модели, которые могут применяться в новых контекстах, предназначенных для улучшения качества жизни людей по мере того, как они стареют, в контексте региональных и социальных условий жизнедеятельности.

Широкое внедрение предложенного подхода позволяет выявить уровень психического здоровья у лиц пожилого возраста с уточнением региональной картины распространенности психических расстройств в старшей возрастной группе (например, с реальной оценкой их низкой выявляемости в сельских северных районах), оценивать потребность в уходе с учетом основных прогностических факторов сохранения и укрепления психического здоровья, среди которых:

- сохранение положительных социальных установок;

- отсутствие утраты стереотипа активной деятельности;
- отсутствие грубой деформации личности;
- преодоление анозогнозии заболевания;
- коррекция дисгармоничных межличностных и семейных отношений.

Осуществление раннего скрининга изменений психических функций имеет большое медико-социальное, экономическое и политическое значение, особенно в отдаленных арктических территориях, способствуя оценке как уровня психического здоровья представителей старшей возрастной группы, так и потребности их в уходе, разработке групповых и индивидуальных маршрутов первичной и вторичной профилактической работы, а также повышению эффективности проведения медико-социальной реабилитации применительно к реальным условиям проживания. Это позволяет рассматривать интегративный показатель качества жизни лиц пожилого возраста не только как степень удовлетворения своим физическим, психическим и социальным состоянием, но и как уровень комфортности во взаимодействии с микросоциальным окружением в рамках реализации основных положений концепции активного и здорового долголетия.

Авторство

Соловьев А. Г. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Голубева Е. Ю. внесла существенный вклад в подготовку первого варианта рукописи и интерпретацию результатов; Пезешкиан Х. внес существенный вклад в редактирование присланной в редакцию рукописи.

Соловьев Андрей Горгоньевич – SPIN 2952-0619; ORCID 0000-0002-0350-1359

Голубева Елена Юрьевна – ORCID 0000-0002-4791-258X

Список литературы

1. Голубева Е. Ю., Соловьев А. Г. Социально-политические и медицинские аспекты употребления алкоголя в старшем возрасте как фактор риска // Журнал исследований социальной политики. 2018. Т. 16, № 1. С. 41–54.
2. Голубева Е. Ю., Хабарова Л. Г., Соловьев А. Г. Приемная семья как новая технология ухода в политике активного старения в отдаленных северных территориях // Экология человека. 2017. № 11. С. 42–46.
3. Российский статистический ежегодник. 2017: Стат. сб. / Росстат. М., 2017.
4. Сиденкова А. П. Психосоциальная модель поздних деменций: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Томск, 2010. 52 с.
5. Соловьев А. Г., Новикова И. А., Местечко В. В. Диагностика когнитивной сферы у лиц пожилого возраста // Успехи геронтологии. 2015. № 2. С. 366–371.
6. Стратегия действий в интересах граждан пожилого возраста до 2025 г.: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 5.02.2016 г. № 164-р. URL: <http://base.garant.ru/71322816> (дата обращения: 05.10.2018)
7. Хавинсон В. Х., Бенберин В. В., Михайлова О. Н., Сидоренко А. В. Старение в странах с развивающейся экономикой: вызовы и возможности // Управленческое консультирование. 2015. № 11 (83). С. 50–58.
8. Aging population poses problems for health // Bulletin of the World Health Organization. 2012. Vol. 90 (2). P. 77–156. URL: <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/2/12-020212/ru>. (accessed: 05.10.2013)
9. Draulans V., Hlebec V., Maskeliunas R., Siren A., Lamura G. (2017). Exclusion from Services Knowledge Synthesis Paper. ROSEnet Services Working Group, Knowledge Synthesis Series: No. 3. CA 15122 Reducing Old-Age Exclusion: Collaborations in Research and Policy. URL: <http://rosenetcost.com/knowledge-synthesis-papers/> (accessed: 01.11.2018).
10. Eurostat (2014). Eurostat regional yearbook. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5786129/KS-HA-14-001-00-EN.PDF> (дата обращения: 03.10.2018)
11. Measuring social innovation and HLE. URL: <http://www.innovage.group.shef.ac.uk/events/2014/03/19/innovage-stakeholder-forum-2/> (accessed: 15.06.2014)
12. MOPACT's core theme is focused on realizing active and healthy ageing as an asset. URL: <http://mopact.group.shef.ac.uk/about/key-projects>. (accessed: 01.08.2015)
13. Peseschkian H., Remmers A. Positive Psychotherapie. In der Buchreihe «Wege der Psychotherapie». Reinhardt Verlag München, 2013.
14. Peseschkian H. Positive Psychosomatik. Die Anwendung der Positiven Psychotherapie in der Psychosomatischen Medizin. Erfahrungsheilkunde // ЕHK. 2015. Bd. 64. S. 314–322.
15. WHO Global Strategy and Action Plan on Ageing and Health, 2014. URL: <http://www.who.int/ageing/global-strategy/en/> (дата обращения: 28.09.2018)
16. Wu Li-Tzy, Blazer D. G. Substance use disorders and psychiatric comorbidity in mid and later life: a review // International Journal of Epidemiology. 2014. N 2. P. 302–317.

References

1. Golubeva E. Yu., Soloviev A. G. Socio-political and medical aspects of older alcohol use as a risk factor. *Zhurnal issledovaniy sotsialnoy politiki* [Journal of social policy research]. 2018, 16 (1), pp. 41–54. [In Russian]
2. Golubeva E. Yu., Khabarova L. G., Soloviev A. G. Foster Family as a New Nursing Technology in the Policy of Ageing in the Remote Northern Areas. *Ekologiya cheloveka* [Human ecology]. 2017, 11, pp. 42–46. [In Russian]
3. *Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik. 2017* [The Russian Statistical Yearbook References. 2017]. Stat. sb., Rosstat. Moscow, 2017.
4. Sidenkova A. P. *Psikhosotsialnaya model pozdних dementsiy (avtoref. dokt. diss.)* [Psychosocial model later dementias. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Tomsk, 2010, 52 p.
5. Soloviev A. G., Novikova I. A., Mestechko V. V. Diagnosis of the cognitive sphere in the elderly. *Uspekhi gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2015, 2, pp. 366–371. [In Russian]
6. Strategy of actions in the interests of senior citizens until 2025: Order of the Government of the Russian Federation No. 164-p of 5.02.2016. Available at: <http://base.garant.ru/71322816> (accessed: 05.10.2018)
7. Khavinson V. Kh., Benberin V. V., Mikhaylova O. N., Sidorenko A. V. Ageing in emerging economies: challenges and opportunities. *Upravlencheskoye konsultirovaniye* [Management consultation]. 2015, 11 (83), pp. 50–58. [In Russian]
8. Aging population poses problems for health. *Bulletin of the World Health Organization*. 2012, 90 (2), pp. 77–156. Available at: <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/2/12-020212/ru> (accessed: 05.10.2013)
9. Draulans V., Hlebec V., Maskeliunas R., Siren A., Lamura G. (2017). Exclusion from Services Knowledge

Synthesis Paper. ROSEnet Services Working Group, Knowledge Synthesis Series: No. 3. CA 15122 Reducing Old-Age Exclusion: Collaborations in Research and Policy. Available at: <http://rosenetcost.com/knowledge-synthesis-papers/> (accessed: 01.11.2018)

10. Eurostat (2014). Eurostat regional yearbook. Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5786129/KS-HA-14-001-00-EN.PDF> (accessed: 03.10.2018)

11. *Measuring social innovation and HLE*. Available at: <http://www.innovage.group.shef.ac.uk/events/2014/03/19/innovage-stakeholder-forum-2/> (accessed: 15.06.2014)

12. MOPACT's core theme is focused on realizing active and healthy ageing as an asset. Available at: <http://mopact.group.shef.ac.uk/about/key-projects> (accessed: 01.08.2015)

13. Peseschkian H., Remmers A. *Positive Psychotherapie*. In der Buchreihe «Wege der Psychotherapie». Reinhardt Verlag München, 2013

14. Peseschkian H. Positive Psychosomatik. Die Anwendung der Positiven Psychotherapie in der Psychosomatischen Medizin. *Erfahrungsheilkunde. EHK*. 2015, 64, pp. 314-322.

15. WHO Global Strategy and Action Plan on Ageing and Health, 2014. Available at: <http://www.who.int/ageing/global-strategy/en/> accessed: 28.09.2018)

16. Wu Li-Tzy, Blazer D. G. Substance use disorders and psychiatric comorbidity in mid and later life: a review. *International Journal of Epidemiology*. 2014, 2, pp. 302-317

Контактная информация:

Соловьев Андрей Горгоньевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой психиатрии и клинической психологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51

E-mail: ASoloviev1@yandex.ru