

ЭКОЛОГИЯ

Ч Е Л О В Е К А

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

04.2021

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

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

Главный редактор – А. М. Гржибовский (Архангельск)

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

Научный редактор – П. И. Сидоров (Архангельск)

Международный редактор – Й. О. Одланд (Норвегия)

Ответственный секретарь – Г. Б. Чецкая (Архангельск)

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

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

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

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

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

Адрес типографии:

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

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

Подписано в печать 29.04.21. Дата выхода в свет 30.04.21. Формат 60×90/8. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 7,6. Тираж 1000 экз., зак. 2354.

Индекс 20454. Цена свободная

© Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

EKOLOGIYA

С H E L O V E K A

(HUMAN ECOLOGY)

MONTHLY PEER-REVIEWED JOURNAL

04.2021

Publisher: Northern State Medical University
In continuous publication since 1994

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

Editor-in-Chief: A. M. Grjibovski (Arkhangelsk)

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

Science Editor: P. I. Sidorov (Arkhangelsk)

International Editor: J. Ø. Odland (Norway)

Executive Secretary: G. B. Chetskaya (Arkhangelsk)

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

Editor: N. S. Durasova **Translator:** O. V. Kalashnikova **Design and layout:** G. E. Volkova

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

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

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

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

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

Registration number ПИ № ФС 77-78166.

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

© Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ

- Сивцева Т. М., Климова Т. М., Аммосова Е. П.,
Захарова Р. Н., Осаковский В. Л.**
Метаболизм липидов и метаболические нарушения
в якутской популяции: обзор литературы 4
- Budiman I., Kusumaratna R. K.**
Human-Nature Interactions Through the Lens
of Global Pandemics: a Review 15

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

- Воробьева Н. А., Кунавина К. А., Голубович А. В.,
Воробьева А. И.**
Стоматологическое здоровье коренного этноса острова Вайгач
Арктической зоны Российской Федерации..... 25
- Бичкаева Ф. А., Коваленко Т. Б., Бичкаев А. А.,
Шенгоф Б. А., Третьякова Т. В.**
Возрастные изменения уровня глюкозы, проинсулина
и инсулина в крови у жителей российской Арктики 30
- Колядо И. Б., Плагин С. В., Шойхет Я. Н.,
Бахарева И. В.**
Динамика распространенности болезней среди жителей
территорий Алтайского края, прилегающих к районам
падения отделяющихся частей ракет-носителей 40
- Рычкова Л. В., Астахова Т. А., Климкина Ю. Н.,
Долгих О. А., Погодина А. В.**
Динамика антропометрических характеристик подростков
бурятской национальности в сельской местности
Восточной Сибири в период с 2003 по 2018 год 47

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Наркевич А. Н., Виноградов К. А., Параскевопуло К. М.,
Гржибовский А. М.**
Интеллектуальные методы анализа данных
в биомедицинских исследованиях: нейронные сети 55

УДК 612.397 (571.56)

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-4-4-14

МЕТАБОЛИЗМ ЛИПИДОВ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ В ЯКУТСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

© 2021 г. Т. М. Сивцева, Т. М. Климова, Е. П. Аммосова, Р. Н. Захарова, В. Л. Осаковский

Научно-исследовательский центр Медицинского института ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова» Минобрнауки России, г. Якутск

Проживание в экстремальных климатических условиях с низкими температурами, адаптация к доступным источникам питания способствовали формированию особого типа метаболизма липидов у коренных народов Севера. Учет этих эволюционно сложившихся особенностей, закрепленных в геноме в виде полиморфных генетических маркеров, имеет важное значение для разработки эффективных мер популяционной профилактики метаболического синдрома и сердечно-сосудистых заболеваний. Целью исследования является анализ характерных особенностей метаболизма липидов и метаболических нарушений в якутской популяции. Был проведен систематический обзор результатов исследований показателей липидного профиля и ключевых генов-кандидатов, участвующих в метаболизме липидов, проведенных среди коренных жителей Якутии за последние 10 лет. Показано, что у коренных жителей Якутии средние показатели липидного обмена имеют в целом благоприятный характер в виде высокого содержания холестерина липопротеидов высокой плотности, низкого содержания триглицеридов и значений индекса атерогенности плазмы крови, что связано с физиологической адаптацией к условиям среды обитания. Однако изменения структуры питания (увеличение потребления углеводов) и образа жизни (снижение физической активности, отход от традиционных занятий) привели к распространению в последние десятилетия метаболических нарушений. Разные авторы оценивают распространенность метаболического синдрома у коренных жителей Якутии старше 20 лет с частотой от 4,9 % у мужчин до 49,4 % у женщин арктических районов. В статье также обсуждается вклад ключевых участников метаболизма липидов в других биологических процессах и селективный вклад генов *LepR*, *LPL*, *CETP*, *IL6*, *PON1* в развитие метаболических нарушений в якутской популяции.

Ключевые слова: Арктика, якуты, метаболический синдром, метаболизм липидов, липопротеиды высокой плотности, полиморфизм *LepR*, *LPL*, *CETP*, *IL6*, *PON1*

LIPID METABOLISM AND METABOLIC DISORDERS IN THE YAKUT POPULATION: A LITERATURE REVIEW

T. M. Sivtseva, T. M. Klimova, E. P. Ammosova, R. N. Zakharova, V. L. Osakovsky

Research Center of the Medical Institute of the M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Extreme climatic conditions of the North with low temperatures and the traditional diet are responsible for development of a specific mechanisms of lipid metabolism among the indigenous peoples of the Sakha (Yakutia) Republic. The evolutionary patterns of lipid metabolism fixed in the genome in the form of polymorphic genetic markers are important for the development of regional healthcare programs for prevention of metabolic syndrome and cardiovascular diseases. The aim of the study was to analyze the characteristic features of lipid metabolism and metabolic disorders in the Yakut population. A systematic review of the results of studies of lipid profile parameters and key candidate genes involved in lipid metabolism among the indigenous inhabitants of Yakutia over the past 10 years was performed. The available evidence suggests that in indigenous inhabitants of Yakutia, the indicators of lipid metabolism are not a matter for concern. Participants of the most studies have a high concentrations of high-density lipoprotein cholesterol, low concentrations of triglycerides and low plasma atherogenic index, which are associated with physiological adaptation to environmental conditions. However, changes in dietary patterns including increased consumption of carbohydrates and lifestyle changes including reduced physical activity and abandonment of traditional activities have led to the spread of metabolic disorders in recent decades. Prevalence estimates for the metabolic syndrome in the indigenous inhabitants of Yakutia aged 20 years or older vary from 4.9 % in men to 49.4 % in women in the Arctic regions. We also discuss the mechanisms of lipid metabolism and the role of *LepR*, *LPL*, *CETP*, *IL6*, *PON1* genes in the development of metabolic disorders in the Yakut population.

Key words: Arctic, Yakuts, metabolic syndrome, lipid metabolism, HDL, *LepR*, *LPL*, *CETP*, *IL6*, *PON1*

Библиографическая ссылка:

Сивцева Т. М., Климова Т. М., Аммосова Е. П., Захарова Р. Н., Осаковский В. Л. Метаболизм липидов и метаболические нарушения в якутской популяции: обзор литературы // Экология человека. 2021. № 4. С. 4–14.

For citing:

Sivtseva T. M., Klimova T. M., Ammosova E. P., Zakharova R. N., Osakovsky V. L. Lipid Metabolism and Metabolic Disorders in the Yakut Population: a Literature Review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 4, pp. 4-14.

Одной из актуальных проблем в сохранении здоровья и увеличении продолжительности жизни человека в современном мире являются метаболические изменения, ведущие к ожирению и метаболическому синдрому (МС), основным факторам риска смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ).

Республика Саха (Якутия) расположена на северо-востоке Российской Федерации и представляет собой территорию в зоне вечной мерзлоты с экстремальными климатическими условиями для проживания и трудовой деятельности человека. Основными неблагоприятными факторами среды являются низкие тем-

пературы, измененный фотопериодизм, геомагнитные возмущения и др. [27]. Существуют многочисленные исследования, подтверждающие, что в ходе адаптации к условиям среды у коренных жителей Севера произошли функциональные и структурные перестройки обмена веществ, обеспечивающие выживание в условиях холодного стресса [4, 16, 20]. При этом более высокая активность липидного обмена обеспечивает энергетические потребности адаптационных реакций, позволяя снижать расход белков на энергетические нужды на фоне увеличения способности тканей к утилизации жиров [17]. Эти адаптивные перестройки обмена веществ, возникшие под давлением факторов внешней среды и приспособления к доступным источникам питания, в ходе селективного отбора в коренных популяциях Севера закрепились генетически. Развитие современных геномных технологий по изучению полных экзоменов и геномов позволило использовать новые подходы в поиске сигналов позитивного адаптивного отбора в разных популяциях мира и выявлять гены, предположительно ассоциированные с адаптацией к холоду и диете, богатой жиром [30, 34, 35].

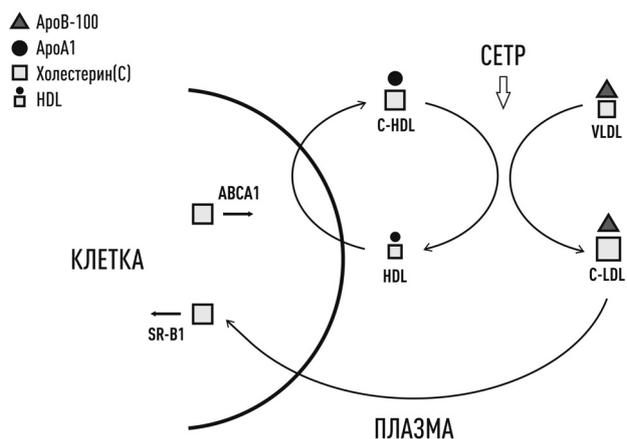
Коренное население Республики Саха (Якутия) представлено популяциями якутов (466,5 тыс. человек), эвенков (21 тыс.), эвенов (15 тыс.), юкагиров (1,2 тыс.) и других народов, которые проживают преимущественно в сельской местности. Традиционно якуты ведут оседлый образ жизни в селах, занимаясь животноводством, охотой, рыбалкой на озерах и собирательством. В отличие от них для эвенков и эвенов характерен кочевой образ жизни, связанный с занятиями оленеводством, охотой и собирательством. В последние десятилетия увеличивается доля коренного населения, проживающего в городской местности и ведущего урбанизированный образ жизни.

Статистические данные последних десятилетий свидетельствуют о тенденции ухудшения показателей здоровья коренных жителей Якутии. Наблюдается увеличение числа сопровождающих хроническое ожирение ССЗ, сахарного диабета 2 типа (СД2), а также возраст-зависимых заболеваний (онкологических и нейродегенеративных) [6, 24]. Так, заболеваемость болезнями системы кровообращения увеличилась за период с 2000 по 2019 год с 12,8 до 32,8 на 1 000 населения. Наблюдается также увеличение показателей заболеваемости СД 2 типа с 1,8 до 4,4‰ за период 2003–2013 годов с дальнейшим некоторым снижением показателя до 2,9‰, которое, возможно, обусловлено недостаточным выявлением и дефектами при его регистрации. Причем активный рост в последние десятилетия наблюдается в районах, в которых коренное население составляет абсолютное большинство. В динамике также отмечается повышение смертности от этих групп заболеваний [23].

Распространение в последние десятилетия метаболических нарушений среди коренных жителей Севера на фоне изменения образа жизни вызывает интерес с точки зрения молекулярных механизмов

развития дислипидемий как результата сбоя адаптации к традиционным условиям проживания. В многолетнем проекте университета Бостона “Framingham heart study“ (США) была выявлена сильная положительная ассоциация между уровнем холестерина липопротеидов низкой плотности (ЛПНП, LDL) и ишемической болезнью сердца, а также защитный эффект липопротеидов высокой плотности (ЛПВП, HDL) [28]. Повышенные концентрации ЛПВП в плазме крови связывают с протективным действием в отношении ССЗ, потому является перспективным более глубокое раскрытие механизма его терапевтического потенциала.

Как известно, в метаболизме холестерина и его циркуляции между клетками организма участвуют пять важных игроков: АТФ-зависимый переносчик холестерина ABCA1, переносчик эфиров холестерина CETP, липопротеиды низкой плотности (ЛПНП, LDL), липопротеиды высокой плотности (ЛПВП, HDL) и фермент липопротеинлипаза (ЛПЛ) (рисунок). Мутации в генах, связанных с этими ключевыми участниками, могут приводить к нарушениям обмена липидов.



Цикл превращений липопротеидов в плазме крови

Примечание. Основные участники обмена холестерина:

1. ABCA1 – АТФ-зависимый переносчик холестерина, переносит клеточный холестерин и фосфолипиды в аполипопротеины с низким содержанием липидов ЛПВП (C-HDL).
2. Липопротеиды высокой плотности (HDL) содержат большое количество белков (ApoA1 и ApoA2), при циркуляции в крови обогащаются холестерином сбором от возрастных клеток (C-HDL).
3. CETP – переносчик эфиров холестерина в крови обменивает холестерин ЛПВП (C-HDL) на триглицериды липопротеидов очень низкой плотности (ЛПОНП, VLDL) – частицы, которые, обогащаясь холестерином, превращаются в ЛПНП (C-LDL).
4. Липопротеиды низкой плотности (C-LDL) – основной конечный сборщик и носитель холестерина в форме эфира, доставляющий его клеткам периферических органов и печени для переработки в гормоны.

За последние десятилетия проведены эпидемиологические исследования по изучению распространенности дислипидемий и метаболических факторов риска хронических неинфекционных заболеваний среди коренного населения Якутии, а также работы по анализу некоторых полиморфных маркеров, связанных с ними. В данной работе результаты этих

исследований обобщены с точки зрения современных представлений о функциях ключевых участников обмена липидов.

Целью исследования является анализ характерных особенностей метаболизма липидов и метаболических нарушений в якутской популяции.

Нами проведен обзор публикаций, в котором поставлены следующие исследовательские вопросы: характерные черты обмена липидов, закрепленные генетически у коренных жителей Якутии; распространенность, особенности и причины метаболических нарушений в современной популяции якутов и других коренных этносов Якутии; определение направлений дальнейших исследований для разработки популяционно-ориентированных мероприятий профилактики метаболических нарушений.

Критериями включения в систематический обзор были: 1) язык: русский, английский; 2) дата публикации: 2010–2020 гг.; 3) одно или несколько из ключевых слов на русском или английском языках: Север, якуты, метаболический синдром, метаболизм липидов, липопротеиды высокой плотности, полиморфизм *LepR*, *LPL*, *CETP*, *IL6*, *PON1*; 4) тип исследования: эпидемиологическое, случай – контроль; 5) изучаемая популяция: коренные жители Якутии (якуты, эвенки, эвены, юкагиры, чукчи); 6) содержание публикации: исследования показателей липидного обмена, распространенности дислипидопроteinемий, метаболических факторов риска хронических неинфекционных заболеваний, генов, связанных функционированием ключевых участников обмена холестерина, HDL, *LepR*, *LPL*, *CETP*, *IL6*, *PON1*; 7) тип публикаций: научные статьи, монографии, отчеты.

Критерии исключения: 1) статьи, опубликованные

ранее 2010 г.; 2) исследования пришлого населения Якутии; 3) исследования, относящиеся к другим коренным национальностям Севера.

Поиск источников для систематического обзора проводили в научной электронной библиотеке (<https://www.elibrary.ru>) по запросам: «якут*, липид*» и «якут*, метаболическ* синдром*» в названиях, ключевых словах и аннотациях публикаций по тематике «Медицина и здравоохранение» за 2010–2020 годы. Для поиска англоязычной научной литературы была использована база данных Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>). В поле поиска вводили: «yakut*, metabolyc syndrome» и «yakut*, lipid*». Среди найденных публикаций проводили отбор публикаций, соответствующих теме исследования по содержанию и по всем критериям включения. Исключались повторяющиеся документы, публикации, не связанные с метаболизмом липидов у человека, посвященные перекисному окислению липидов, и т. д. Также использовались релевантные публикации, найденные в других источниках и результаты собственных исследований, проведенных ранее.

1. Особенности обмена веществ и метаболические нарушения якутского населения

По введенному запросу «якут*, липид*» на сайте научной электронной библиотеки www.elibrary.ru было найдено 88 публикаций (статьи в журналах, диссертации, книги). Критериям включения соответствовали 19 публикаций. Для дальнейшего анализа было использовано 6 наиболее релевантных публикаций.

По запросу «якут*, метаболическ* синдром*» на этом же сайте найдено 57 публикаций. После исключения публикаций, не связанных с темой иссле-

Таблица 1

Среднее содержание липидов и липопротеидов в крови коренного населения Якутии

Район Республики Саха (Якутия)	Популяция	N	Возраст, лет	Пол	ОХС, ммоль/л	Триглицериды, ммоль/л	ХС ЛПВП, ммоль/л	ХС ЛПНП, ммоль/л	Индекс атерогенности, ед.	Источник
Горный, 2011 г.	Якуты	239 373	20 и старше	Мужчины Женщины*	4,7 (4,1–5,5) 4,9 (4,3–5,4)	0,9 (0,6–1,3) 0,9 (0,7–1,3)	1,4 (1,1–1,8) 1,6 (1,3–2,0)	2,8 (2,3–3,4) 2,7 (2,2–3,3)	2,4 (1,7–3,2) 2,0 (1,5–2,7)	[11]
Нижнеколымский, Анабарский, Верхнеколымский, Томпонский, Среднеколымский, 2020 г.	Эвенки Эвены Долганы Чукчи Юкагиры Якуты	141 67 85 40 77 119	20–49	Оба пола**	5,2±0,1 4,9±0,1 4,9±0,1 4,9±0,2 4,9±0,1 5,2±0,1	1,0±0,1 1,1±0,1 0,8±0,1 1,0±0,1 1,1±0,1 1,0±0,1	1,3±0,1 1,3±0,1 1,2±0,1 1,4±0,1 1,2±0,1 1,2±0,1	3,5±0,1 3,2±0,1 3,3±0,1 3,1±0,1 3,2±0,1 3,5±0,1	3,0±0,1 2,8±0,1 3,1±0,1 2,5±0,1 3,1±0,1 3,3±0,1	[38]
Арктические районы, г. Якутск, 2016 г.	Якуты (село Арктика) Якуты (город)	55 27	20–70	Мужчины**	5,3±0,1 6,0±0,3	0,9±0,1 1,1±0,1	1,6±0,1 1,5±0,1	3,3±0,1 3,9±0,3	2,7±0,2 3,4±0,3	[27]
Арктические, центральные районы, 2015 г.	Якуты, эвенки, эвены	758	18–72	Оба пола***	5,5 (0,9)	1,1 (0,5)	1,6 (0,5)	3,5 (0,9)	2,8 (1,2)	[4]
г. Якутск, 2013 г.	Якуты, эвенки	65	60–69	Оба пола**	5,8±0,1	1,2±0,1	1,5±0,04	3,7±0,1	2,9±0,1	[15]

Примечания: ОХС – общий холестерин, ХС – холестерин; показатели липидов представлены в виде: * – медианы и интерквартильного интервала в формате Me (Q₁–Q₃); ** – среднего и ошибки среднего в формате M ± m; *** – среднего и стандартного отклонения в формате M (SD).

дования, было оставлено 20 публикаций, из которых 8 наиболее релевантных использовано в обзоре.

Поиск англоязычной научной литературы в базе данных Pubmed по ключевым словам «yakut*, metabolyc syndrome» выявил 7 публикаций, из которых теме исследования соответствовала 1, по запросу «yakut*, lipid*» – 24 публикации, из которых 2 соответствовали критериям включения. Для обзора по теме исследования были использованы 17 наиболее релевантных публикаций русско- и англоязычной

научной литературы, найденных через поисковые системы; релевантные публикации, выявленные в других источниках, и результаты собственных исследований, проведенных ранее.

Анализ отобранных публикаций показал, что исследование липидного профиля в коренных популяциях Якутии выполнялись несколькими независимыми группами исследователей в выборках от 27 до 373 человек в возрасте от 18 лет и старше в центральных, арктических районах, среди городского и сельского

Таблица 2

Распространенность метаболических нарушений среди коренной популяции Якутии

Популяция, районы Республики Саха (Якутия)	Возраст, лет	n	Пол	Критерий	Частота, %	Источник
Абдоминальное ожирение						
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Жиганский), 2011	20 и старше	241	Мужчины	IDF 2005 для европейских популяций	33,8	[8]
		378	Женщины		63,9	
		241	Мужчины	IDF 2005 для азиатских популяций	46,8	
		378	Женщины		63,9	
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Оймяконский, Таттинский), 2017	20 и старше	628	Женщины	IDF 2005	70,7	[7]
Долганы, эвены, эвенки, чукчи, юкагиры (Анабарский, Нижнеколымский, Верхнеколымский, Томпонский)	20–70	233	Мужчины	IDF 2005 для европейских популяций	41,0	[25]
		453	Женщины		76,7	
Ожирение						
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Жиганский), 2011	20 и старше	241	Мужчины		18	[8]
		378	Женщины		26	
Якуты, эвены, эвенки, юкагиры, чукчи, долганы (Таттинский, Верхневилуйский, Верхоянский, Эвено-Бытантайский), 2017	18–59	1108	Женщины	Индекс массы тела ≥ 30 кг/м ²	23,4	[18]
	60 и старше	324			28,1	
Гипертриглицеридемия						
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Жиганский), 2011	20 и старше	241	Мужчины	$\geq 1,7$ ммоль/л или прием гиполлипидемических препаратов	13,4	[8]
		378	Женщины		11,3	
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Оймяконский, Таттинский), 2017	20 и старше	628	Женщины		10,0	[7]
Гипоальфахолестеринемия						
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Жиганский), 2011	20 и старше	241	Мужчины	$< 1,0$ ммоль/л у мужчин и $< 1,3$ ммоль/л у женщин или прием гиполлипидемических препаратов	18,9	[8]
		378	Женщины		21,9	
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Оймяконский, Таттинский), 2017	20 и старше	628	Женщины		25,8	[7]
Повышенный уровень артериального давления						
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Жиганский), 2011	20 и старше	241	Мужчины	САД ≥ 130 мм рт. ст. и /ДАД ≥ 85 мм рт. ст. или прием антигипертензивных препаратов	54,6	[8]
		378	Женщины		51,4	
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Оймяконский, Таттинский), 2017	20 и старше	628	Женщины		45,1	[7]
Долганы, эвены, эвенки, чукчи, юкагиры (Анабарский, Нижнеколымский, Верхнеколымский, Томпонский)	20–70	686	Оба пола		48,9	[25]
Гипергликемия натощак						
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Жиганский), 2011	20 и старше	241	Мужчины	$\geq 5,6$ ммоль/л в плазме крови	16,7	[8]
		378	Женщины		18,2	
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Оймяконский, Таттинский), 2017	20 и старше	628	Женщины		11,5	[7]
Метаболический синдром						
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Оймяконский, Таттинский), 2017	20 и старше	628	Женщины	IDF, 2005	22,6	[7]
Якуты, эвены, эвенки (Горный, Намский, Томпонский, Оленекский, Алданский, Вилюйский, Олекминский), 2008	20–69	405	Мужчины	IDF, 2005	4,9	[15]
		650	Женщины		11,0	
Якуты (г. Якутск)	60 и старше	210	Мужчины	IDF, 2005	17	[22]
		275	Женщины		35	
Долганы, эвены, эвенки, чукчи, юкагиры (Анабарский, Нижнеколымский, Верхнеколымский, Томпонский)	20–70	233	Мужчины	ВНОК, 2009	26,9	[25]
		453	Женщины		49,4	

населения (табл. 1). Используемые аналитические и статистические методы являются стандартными и позволяют сделать схожие выводы.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что коренная популяция Якутии характеризуется типичными чертами, присущими северному адаптивному типу — небольшой длиной тела при относительно большей массе, обхватах талии и бедер, благоприятными показателями липидного спектра в виде высокого содержания холестерина ЛПВП, низкого содержания триглицеридов и значений индекса атерогенности плазмы крови [9, 11, 12, 14, 46]. В предыдущих исследованиях было также показано, что у коренного населения Якутии отмечается более высокая по сравнению с жителями других широт скорость основного обмена [24, 38]. Были выявлены сезонные изменения содержания гормонов щитовидной железы, которые проявлялись в виде снижения свободного тироксина и трийодтиронина в зимнее время, что, вероятно, отражает увеличение их поглощения тканями в холодный период года [31, 39]. Все это рассматривается как результат физиологической адаптации к холодовому стрессу.

В последние десятилетия наблюдаются процессы активной миграции коренного населения в города. Так, в столице региона, самом большом его городе, в настоящее время около половины 300-тысячного населения составляют представители коренных этносов, для которых характерен образ жизни современного городского жителя. Среди сельского населения также отмечаются изменения социально-экономического уклада, который сопровождается снижением физической активности (большая часть жителей села имеют сидячую работу), трансформацией характера питания (основной источник продуктов питания — покупки в магазине), увеличением психоэмоционального напряжения [26]. Можно констатировать, что образ жизни большей части современных представителей коренных народов Севера в Республике Саха (Якутия) в последние годы подвергся значительным изменениям в сторону урбанизации, что может оказывать влияние на распространение метаболических нарушений.

По результатам эпидемиологических исследований в 2011–2020 годах среди коренного сельского и городского населения Якутии установлена широкая распространенность метаболических факторов риска хронических неинфекционных заболеваний (табл. 2) [8, 7, 15, 18, 22, 25]. Обращает на себя внимание высокая частота абдоминального типа ожирения (34–76 % в зависимости от пола) [8, 7, 25], которая, по всей видимости, является основным патогенетическим фактором, способствующим развитию цепи нарушений обмена веществ. Несмотря на сохраняющийся в среднем благоприятный популяционный липидный профиль, отмечается увеличение (до 25,8 %) частоты гипоальфахолестеринемии [7, 8]. Повышенный уровень артериального давления наблюдается у 50 % обследованных [7, 8, 25]. Наиболее частым вариантом МС среди аборигенного населения Якутии является

сочетание абдоминального ожирения, повышенного артериального давления и нарушения липидного обмена. Причем дислипидемии являются компонентом МС в 87–100 % случаев [7, 15].

По результатам исследований разных авторов метаболический синдром, определяемый по критериям Международной диабетической федерации (IDF, 2005) и Всероссийского научного общества кардиологов (ВНОК, 2009), встречается у коренных жителей Якутии старше 20 лет с частотой от 4,9 % у мужчин ($n = 405$) [15] до 49,4 % у женщин ($n = 453$) арктических районов [25]. По результатам скринингового исследования 2017 года у лиц женского пола ($n = 628$) коренных национальностей распространенность метаболического синдрома составляла 22,6 % [7].

2. Структура питания якутского населения в современных условиях

Накопление избыточной массы тела является результатом нарушения баланса между поступлением и расходом энергии организмом, связанным с недостаточным расходом поступающей энергии. Сравнение показателей основного обмена у представителей якутского населения в исследованиях 2003 и 2009 годов показывает снижение скорости метаболизма. Это может быть отражением изменения характера питания и уровня физической активности в изучаемой популяции. Такое снижение в некоторой степени может объяснить повышение частоты встречаемости ожирения у коренного населения Якутии [24].

Изменение социально-экономического уклада образа жизни якутского населения отразилось и на рационе суточного питания. Оценка фактического питания и пищевых привычек выявила крайне недостаточное потребление полезных для жизнедеятельности организма основных продуктов питания, таких как молочные, рыбные, мясные продукты, на фоне повышенного потребления сахара и кондитерских изделий [13]. В структуре энергетической ценности рациона доля углеводов составляет 60 %, белков и жиров по 20 % соответственно. При этом соотношение белково-жирового и углеводного компонентов в рационе сельского и городского населения может быть разным. В настоящее время структура питания коренного населения в целом стала носить выраженный углеводно-липидный характер со сниженным содержанием витаминов, минералов, пищевых волокон. Сложившаяся тенденция урбанизации жизни современного населения Якутии, как видим, способствует увеличению потенциального риска развития МС и возраст-зависимых заболеваний, снижающих качество и сокращающих продолжительность жизни. В связи с этим актуализируются вопросы профилактики избыточной массы тела и культуры питания.

3. Генетические факторы развития основных компонентов метаболического синдрома в якутской популяции

Хотя основными факторами риска развития ожи-

рения являются внешние факторы: низкая физическая активность, тип питания, а также эндокринные нарушения, ожирение не является исключительно приобретенной патологией, в ее основе лежит и генетический компонент. В результате многочисленных исследований показаны различия в генетической предрасположенности отдельных этнических групп к развитию МС и СД2 [48]. Так, в исследованиях 8 SNP полиморфизмов ассоциацию с МС и ССЗ среди коренных и некоренных жителей Якутии показывают разные гены [19]. Поэтому вклад генетических факторов должен учитываться при разработке профилактических мероприятий в популяциях коренных народов Севера.

Наибольший интерес для понимания молекулярных механизмов развития МС в якутской популяции вызывают гены, кодирующие ключевых участников метаболизма липопротеинов крови и связанные с регуляцией липидного обмена: *LepR*, *LPL*, *CETP* и *IL6*.

Полиморфизм гена *LepR*. Ген кодирует рецептор лептина – гормона жировой ткани, который регулирует массу тела и запасание энергии в жировой ткани. Полиморфизм этого гена может быть одним из факторов развития лептин-резистентности, являющейся причиной ожирения. В разных этнических популяциях проводились исследования по ассоциации ожирения и других показателей МС с рядом полиморфных вариантов гена рецептора (*LepR*), различающихся мутациями в разных экзонах гена, таких как Lys109Arg (rs1137100, A/G), Gln 223Arg (rs1137101) [32, 41]. Имеются свидетельства участия некоторых этих SNPs в непатогенном ожирении и регуляции кровяного давления [45]. Носительство гомозиготного варианта rs1137100 (Lys109Lys) и гетерозиготного (Lys109Arg) ассоциируется с ожирением и повышенным артериальным давлением. Другие варианты проявляют защитный эффект от гипертонии при ожирении [45]. В якутской популяции наиболее распространены Lys109Lys и Lys109Arg (rs1137100), при этом ассоциации с проявлениями МС не выявляются [1]. Показано, что совместное носительство генотипов *LepR* A/G rs1137100 и *LPL* G/G rs320 в значительной степени связано с риском развития МС. Присутствие SNP rs1137100 (Lys109Arg) гена *LepR* A/G среди представителей якутского этноса, возможно, вносит определенный вклад в повышение артериального давления [10]. В якутской популяции также исследован SNP rs1137101 (Gln223Arg) гена *LepR*, проявляющийся связью с уровнем общего холестерина, триглицеридов и коэффициентом атерогенности [3].

Полиморфизм гена *LPL*. Фермент липопротеинлипаза (ЛПЛ) обеспечивает гидролиз триглицеридов хиломикрон и липопротеидов ЛПОНП и ЛПНП, а также участвует в поглощении лишенных триглицеридов частиц клетками. В крови здорового человека фермент ЛПЛ связан с клетками эндотелия кровеносных капилляров жировых тканей, мышц и печени, метаболизирующих триглицериды. Изучение

генотипов *LPL* подтверждает существование тесных связей между уровнем этого фермента в крови и ЛПВП и влияние этих генотипов на риск ССЗ [44]. По результатам исследования в якутской популяции выявлена сильная положительная ассоциация СД2 с полиморфным вариантом гена *LPL* (rs320, T/G), при котором отношение шансов составило 4,36 (OR > 1). Ассоциация связана с большим распространением при метаболическом синдроме аллеля Т (79 % против 46 % в контроле). В контрольной популяции аллели Т и G распределены соответственно 46 и 54 %. Аллель Т гена *LPL* (rs320, T/G) продуцирует фермент с более низкой активностью, чем аллель G. Поэтому кровь носителей аллеля Т, особенно в гомозиготном состоянии (ТТ), будет обогащена триглицеридами [15].

Распределение генотипов полиморфного варианта rs320 гена *LPL* было оценено на основе данных выборочного исследования среди неорганизованного населения (n = 189) Центральной Якутии (с. Бердигестях Горного улуса). В результате исследования взаимосвязи rs320 гена *LPL* с метаболическим синдромом и его компонентами четкой связи не обнаружено, что, возможно, связано с ограниченным количеством выборки [10]. Содержание триглицеридов в крови у лиц с генотипом ТТ было несколько выше, чем у носителей гомозиготного варианта GG. Генотип GT ассоциировался с более низкими значениями диастолического давления. Полученные данные и анализ литературных данных свидетельствуют о том, что в условиях нарушения энергетического баланса носительство аллеля Т, связанное с низкой активностью фермента, расщепляющего триглицериды в хиломикронах и ЛПНП, может способствовать повышению риска метаболических нарушений [2].

Полиморфизм гена *CETP* (rs2303790; с.1376A>G; р.D459G). Мутации в гене, связанные с этим переносчиком эфиров холестерина (см. рисунок), приводят к нарушениям обмена липидов. Например, генетические варианты с потерей функции в гене *CETP* приводят к более низкому уровню и активности *CETP* в плазме, при этом у некоторых этносов он ассоциируется с повышенными концентрациями холестерина ЛПВП и риском МС и ССЗ [37, 47].

Анализ распределения аллелей показал, что у представителей якутского этноса частота носительства аллеля G составляет около 17 % [50], что выше, чем у европейских (0 %) и азиатских (4 %) популяций. Этот вариант определяет дефицит функции *CETP* (более низкий уровень и активность в плазме), и при этом у некоторых этносов он ассоциируется с повышенными концентрациями холестерина ЛПВП и низким уровнем холестерина ЛПНП вследствие низкого количества белка ApoB в частице, а также пониженным уровнем триглицеридов. Носители этого аллеля имеют благоприятный профиль липидов в течение жизни. Исследование другого полиморфизма 20200A/G гена *CETP*, приводящего к замене валина в 421 кодоне на изолейцин, не выявило в якутской популяции ассоциации с инфарктом миокарда [5].

Полиморфизм гена *IL6* (-172; rs2234683, G/C). Продукт гена — провоспалительный цитокин. Аллель G высоко экспрессируется и ассоциируется с воспалительной реакцией и сердечно-сосудистой патологией. Аллель С с низкой экспрессией ассоциирован с онкологией и низкой продолжительностью жизни. Анализ распределения аллелей гена *IL6* в контрольной группе якутов (условно здоровые) показал следующее: носители аллеля G составили 76 %, аллеля С — 24 %. Среди пациентов с МС и СД2 носителями аллеля С являлись 95 % [15].

Полиморфизм гена *PON1*. Ген кодирует фермент, входящий в состав ЛПВП и защищающий от окисления, выполняя антиоксидантную роль в метаболизме липидов [40]. Низкий уровень этого фермента связан с риском атеросклероза. В якутской популяции изучена связь полиморфных маркеров *Gln192Arg (16341A/G)* этого гена с инфарктом миокарда, которая не выявила достоверной ассоциации. При этом у пациентов с ишемической болезнью сердца старше 70 лет увеличивается доля гетерозиготных носителей по этому полиморфному варианту [5].

Проведенный обзор публикаций по теме метаболических нарушений у коренных жителей Якутии показывает существенный интерес со стороны исследователей. Ограничения этих эпидемиологических исследований можно было преодолеть путем включения большего количества участников, использования единой методики скрининга и лабораторных методов, сопутствующего генетического исследования и предоставления доступа к данным для мета-анализа. Дополнительную информацию об эпидемиологической ситуации в отношении ССЗ и их факторов риска в популяции могли бы дать результаты панельных исследований, а динамика показателей в норме и при патологии отслежена в ходе проспективных исследований.

Представленные генетические исследования в отношении полиморфных маркеров генов, связанных регуляцией липидного обмена (*LepR*, *LPL*, *CETP* и *IL6*), были проведены в якутской популяции. В других популяциях коренного населения Якутии подобные исследования единичны. Следует отметить, что исследования в этом направлении только начинают развиваться и пока недостаточны для объективной оценки вклада генетических факторов в развитие МС и ССЗ в коренной популяции Якутии. Можно заметить, что якутская популяция может отличаться от других европейских и азиатских по частоте благоприятных аллелей, например *CETP*. Одним из выявленных полиморфизмов, ассоциированных с СД2 в якутской популяции, является rs320 гена *LPL*. Его участие в развитии метаболических нарушений требует дальнейших исследований. Более изученным в якутской популяции является ген *Lepr*. Показано, что совместное носительство генотипов *Lepr A/G rs1137100* и *LPL G/G rs320* в значительной степени связано с риском развития МС.

В последние годы научный интерес к роли ЛПВП

как биомаркера сердечно-сосудистых заболеваний смещается от определения массовых уровней холестерина ЛПВП к исследованию функции этого липопротеида. Воспалительные процессы в организме, индуцирующие окислительный процесс, являются причиной и дисфункции ЛПНП, обсуждается вопрос о прогностической значимости показателя отношения *OxLDL/LDL* [43]. Окисленные ЛПНП (*OxLDL*) усиливают активацию тромбоцита (повышается маркер *CD40L*), способствуя воспалению и повышению риска атерогенеза [29, 36]. Эти свойства липопротеидов крови могут существенно влиять на липидный обмен в северных популяциях, так как под влиянием условий среды отмечается активация воспалительных и окислительных процессов.

Показано участие липопротеидных компонентов крови не только в развитии атеросклероза, но и в формировании устойчивости вирусов против лечебных воздействий. Многие этапы внедрения и сборки вируса гепатита С в клетке хозяина связаны с вовлечением липидного метаболизма. В Якутии пациенты с хроническим гепатитом С инфицированы в основном генотипом вируса 1b, являющегося этиологической причиной хронического гепатита [21]. Хроническая инфекция вирусным гепатитом С не вызывает прямого цитопатического эффекта на клетки-хозяева, но при этом нарушается метаболизм липидов и гомеостаз холестерина, морфологически проявляемый ожирением клеток печени (стеатоз) [42]. Характерной особенностью вируса в крови является слабая реакция на нейтрализующие антитела. Вирус циркулирует в кровотоке сильно обогащенным липидами и имеющим строгое сходство с ЛПОНП и ЛПНП, что способствует защите вируса от нейтрализующих антител и, возможно, является одной из стратегий уклонения от противовирусного иммунитета [42, 49]. Не исключается возможная роль вируса гепатита С в индукции метаболического синдрома [33].

Заключение

Хотя в целом липидный профиль коренного населения характеризуется как благоприятный, изменение образа его жизни, питания влечет неизбежные метаболические нарушения. Ожирение можно рассматривать как интегральный фактор риска развития сердечно-сосудистой патологии. Популяционный анализ этого индикатора среди населения Якутии показывает, что в среднем 25 % населения имеет ожирение по индексу массы тела, а распространенность абдоминального ожирения составляет 34 % у мужчин и 64–76 % у женщин. Внешние факторы (урбанизация жизни и пищевые привычки) играют значительную роль в приобретении данной патологии. Однако фенотипические проявления патогенеза заболевания тесно связаны с генетическим компонентом, в который каждый ген вносит свой вклад. Генетические исследования позволили выявить селективный вклад некоторых ключевых генов метаболизма липидов *LepR*, *LPL*, *CETP*, *IL6*, *PON1* в

развитие метаболического синдрома в якутской популяции. Так, с геном рецептора LepR связывается проявление умеренной лептин резистентности за счет SNP rs1137100 (Lys109Arg) и SNP rs1137101 (Gln223Arg). Аллель T гена LPL (rs320, T/G) ассоциирован с повышением в крови уровня триглицеридов, являющихся фактором дислипидемии плазмы и риска развития атеросклероза и инсульта. Аллель G гена *IL6* (-172; rs2234683, G/C) способствует активации воспалительной реакции организма и развитию сердечно-сосудистой патологии. Более выраженная экспрессия аллеля A гена *CETP* (rs2303790; A/G) усиливает поток холестерина в ткани, снижая уровень эфира холестерина липопротеинов высокой плотности в плазме. Среди якутского населения носительство аллеля A составляет 83 %.

Дальнейшие усилия должны быть направлены на изучение роли генов — участников патогенного метаболизма липидов помимо сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета 2 типа ответственных за развитие онкологических заболеваний и нейродегенеративной патологии. Акцент должен быть направлен на исследование структурных и функциональных компонентов липопротеидов высокой плотности, являющихся центральным звеном метаболических процессов липидов в плазме крови.

Разработка терапевтических мероприятий, мер профилактики дизадапционного синдрома, модификация стратегии самосохранительного поведения в условиях изменения социально-экономического уклада жизни должна проводиться на основе выявленных молекулярных основ северного метаболического типа.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ 2020–2022 гг. (проект FSRG-2020-0016 «Широкогеномные исследования генофонда коренного населения арктического побережья Якутии»).

Авторство

Сивцева Т. М. подготовила первый вариант статьи и её существенно переработала на предмет важного интеллектуального содержания; Климова Т. М. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Аммосова Е. П. и Захарова Р. Н. существенно переработали первый вариант статьи на предмет важного интеллектуального содержания; Осаковский В. Л. подготовил первый вариант статьи, внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов

Сивцева Татьяна Михайловна — ORCID 0000-0002-1501-7433; SPIN 9571-3044

Климова Татьяна Михайловна — ORCID 0000-0003-2746-0608; SPIN 2635-0865

Аммосова Елена Петровна — ORCID 0000-0002-7973-6103; SPIN 2471-9442

Захарова Раиса Николаевна — ORCID 0000-0002-1395-8256; SPIN 8399-6329,

Осаковский Владимир Леонидович — ORCID 0000-0001-9529-2488; SPIN 2730-0390

Список литературы / References

1. Адаптационный потенциал и здоровье коренного населения Якутии в условиях модернизации социально-экономической системы: отчет о НИР (заключ.) / Северо-Восточный федеральный ун-т им. М. К. Аммосова; рук. Захарова Р. Н.; исполн.: Аммосова Е. П., Федоров А. И., Балтахинова М. Е. Якутск, 2016. 81 с. № ГР 01201460280.

Adaptive potential and health of the indigenous population of Yakutia in the context of modernization of the socio-economic system. Report on research work (conclusion). North-Eastern Federal University im. M. K. Ammosov; the leader: Zakharova R. N.; performed by: Ammosova E. P., Fedorov A. I., Baltakhinova M. E. Yakutsk, 2016, 81 p. No. GR 01201460280.

2. Аммосова Е. П., Климова Т. М., Сивцева Т. М., Федоров А. И., Балтахинова М. Е., Захарова Р. Н. Полиморфизм rs 320 гена LPL и метаболический синдром у коренных жителей Якутии // Якутский медицинский журнал. 2019. № 3 (67). С. 9–12.

Ammosova E. P., Klimova T. M., Sivtseva T. M., Fedorov A. I., Baltakhinova M. E., Zakharova R. N. Polymorphism of rs 320 of the LPL gene and metabolic syndrome in the indigenous inhabitants of Yakutia. *Yakutskii meditsinskii zhurnal* [Yakut medical journal]. 2019, 3 (67), pp. 9-12. [In Russian]

3. Асекритова А. С., Борисова Е. П., Кылбанова Е. С., Максимова Н. Р. Генетические аспекты метаболического синдрома в якутской этнической группе // Якутский медицинский журнал. 2014. № 2 (46). С. 32–35.

Asekritova A. S., Borisova E. P., Kylbanova E. S., Maksimova N. R. Genetic aspects of metabolic syndrome in the Yakut ethnic group. *Yakutskii meditsinskii zhurnal* [Yakut medical journal]. 2014, 2 (46), pp. 32-35. [In Russian]

4. Бойко Е. Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере / УрО РАН. Екатеринбург, 2005. 192 с.

Boiko E. R. *Physiological and biochemical foundations of human life in the North*. Ekaterinburg, 2005, 192 p. [In Russian]

5. Григорьева Л. В., Мустафина О. Е., Насибуллин Т. Р., Эрдман В. В., Архипова Н. С., Туктарова И. А. [и др.] Генетические аспекты ишемической болезни сердца в Якутии // Генетическая история народов Якутии и наследственно обусловленные болезни / под ред. С. А. Федоровой, Э. К. Хуснутдиновой. Новосибирск: Наука, 2015. 328 с.

Grigorieva L. V., Mustafina O. E., Nasibullin T. R., Erdman V. V., Arkhipova N. S., Tuktarova I. A. [et al.] Genetic aspects of coronary heart disease in Yakutia. In: *Genetic history of the peoples of Yakutia and hereditary diseases*. Eds. S. A. Fedorova, E. K. Khusnutdinova. Novosibirsk, Nauka Publ., 2015, 328 p. [In Russian]

6. Заболеваемость взрослого населения Республики Саха (Якутия): стат. материалы / ГУ ЯРМИАЦ МЗ РС (Я). Якутск, 2003–2018 гг.

Morbidity in the adult population of the Republic of Sakha (Yakutia). Statistic Materials. Yakutsk, 2003–2018. [In Russian]

7. Климова Т. М., Егорова А. Г., Захарова Р. Н., Аммосова Е. П., Балтахинова М. Е., Федоров А. И., Романова А. Н. Метаболический синдром среди корен-

ной женской популяции Якутии // Якутский медицинский журнал. 2019. № 3 (25). С. 66–70.

Klimova T. M., Egorova A. G., Zakharova R. N., Ammosova E. P., Baltakhinova M. E., Fedorov A. I., Romanova A. N. Metabolic syndrome among the indigenous female population of Yakutia. *Yakutskii meditsinskii zhurnal* [Yakut medical journal]. 2019, 3 (25), pp. 66-70. [In Russian]

8. Климова Т. М., Федорова В. И., Балтахинова М. Е. Метаболические факторы риска хронических неинфекционных заболеваний у коренного сельского населения Якутии // Экология человека. 2013. № 2. С. 3–7.

Klimova T. M., Fedorova V. I., Baltakhinova M. E. Metabolic risk factors for chronic non-infectious diseases in the indigenous rural population of Yakutia. *Ekologiya cheloveka* (Human Ecology). 2013, 2, pp. 3-7. [In Russian]

9. Климова Т. М., Федорова В. И., Балтахинова М. Е., Кривошапкин В. Г. Липидный профиль и дислиппротеинемии у коренного сельского населения Якутии // Сибирский медицинский журнал. 2012. № 3 (27). С. 142–146.

Klimova T. M., Fedorova V. I., Baltakhinova M. E., Krivoshapkin V. G. Lipid profile and dyslipoproteinemia in the indigenous rural population of Yakutia. *Sibirskii meditsinskii zhurnal* [Siberian medical journal]. 2012, 3 (27), pp. 142-146. [In Russian]

10. Клинико-генетические аспекты заболеваний, характерных для коренного населения Якутии в современных условиях: отчет о НИР (заключ.) / Северо-Восточный федеральный ун-т им. М. К. Аммосова; рук. Захарова Р. Н.; исполн.: Аммосова Е. П. [и др.]. Якутск, 2020. 117 с. № НИОКР А17117021310139-5. Рег. № ИКРБС АААА-В19-21902290018-8

Clinical and genetic aspects of diseases characteristic of the indigenous population of Yakutia in modern conditions: report on research (conclusion). North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov; the leader: Zakharova R. N.; performed by: Ammosova E. P. [et al.]. Yakutsk, 2020, 117 p. Reg. No. A17117021310139-5. No. ICRBS АААА-В19-21902290018-8.

11. Кривошапкина З. Н., Миронова Г. Е., Семёнова Е. И., Олесова Л. Д. Биохимический спектр сыворотки крови как показатель адаптированности жителей Якутии к северным условиям // Экология человека. 2015. № 11. С. 19–24.

Krivoshapkina Z. N., Mironova G. E., Semionova E. I., Olesova L. D. Biochemical spectrum of blood serum as an indicator of the adaptability of the inhabitants of Yakutia to northern conditions. *Ekologiya cheloveka* (Human Ecology). 2015, 11, pp. 19-24. [In Russian]

12. Кривошапкина З. Н., Семёнова Е. И., Олесова Л. Д., Софронова С. И. Сравнительный анализ биохимических показателей крови у мужчин, проживающих в сельской и городской местностях Якутии // Якутский медицинский журнал. 2016. № 2 (54). С. 8–11.

Krivoshapkina Z. N., Semionova E. I., Olesova L. D., Sofronova S. I. Comparative analysis of biochemical blood parameters in men living in rural and urban areas of Yakutia. *Yakutskii meditsinskii zhurnal* [Yakut medical journal]. 2016, 2 (54), pp. 8-11. [In Russian]

13. Лебедева У. М., Степанов К. М., Лебедева А. М., Платонова Р. И., Петрова М. Н., Борисова И. З. Актуальные вопросы культуры питания населения Якутии: современное состояние, проблемы и перспективы развития // Вестник Северо-Восточного федерального университета. Серия «Медицинские науки». 2017. № 4 (9). С. 55–58.

Lebedeva U. M., Stepanova K. M., Lebedeva A. M.,

Platonova R. I., Petrova M. N., Borisova I. Z. Topical issues of nutritional culture of the population of Yakutia: current state, problems and development prospects. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta. Seriya «Meditsinskie nauki»* [Bulletin of North-Eastern Federal University. Series "Medical Sciences"]. 2017, 4 (9), pp. 55-58. [In Russian]

14. Никитин Ю. П., Татарнинова О. В., Макаренкова К. В. Этнические особенности липидного профиля крови жителей Сибири в возрасте 60–69 лет // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2013. 12 (5). С. 62–67.

Nikitin Yu. P., Tatarinova O. V., Makarenkova K. V. Ethnic features of the blood lipid profile of Siberian residents aged 60–69 years. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention]. 2013, 12 (5), pp. 62-67. [In Russian]

15. Осаковский В. Л., Гольдфарб Л. Г., Климова Т. М., Самбуугин Н., Одгерел З., Яковлева М. Н., [и др.] Метаболический синдром у аборигенного населения Якутии // Якутский медицинский журнал. 2010. № 30 (2). С. 98–102.

Osakovsky V. L., Goldfarb L. G., Klimova T. M., Sambuugin N., Odgerel Z., Yakovleva M. N., [et al.] Metabolic syndrome in the aboriginal population of Yakutia. *Yakutskii meditsinskii zhurnal* [Yakut medical journal]. 2010, 30 (2), pp. 98-102. [In Russian]

16. Панин Л. Е. Гомеостаз и проблемы приполярной медицины (методологические аспекты адаптации) // Бюллетень СО РАМН. 2010. Т. 30, № 3. С. 6–11.

Panin L. E. Homeostasis and problems of circumpolar medicine (methodological aspects of adaptation). *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences]. 2010, 30 (3), pp. 6-11. [In Russian]

17. Панин Л. Е. Энергетические аспекты адаптации. Ленинград: Медицина, 1978. 192 с.

Panin L. E. *Energy aspects of adaptation*. Leningrad, Medicine Publ., 1978, 192 p. [In Russian]

18. Петрова П. Г., Гурьева А. Б., Алексеева В. А., Борисова Н. В., Климова Т. М., Бурцева Т. Е. Антропометрическая характеристика коренного и пришлого женского населения Якутии // Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова. Серия «Медицинские науки». 2018. № 1 (10). С. 34–41.

Petrova P. G., Guryeva A. B., Alekseeva V. A., Borisova N. V., Klimova T. M., Burtseva T. E. Anthropometric characteristics of the indigenous and newcomer female population of Yakutia. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta imeni M. K. Ammosova. Seriya «Meditsinskie nauki»* [Bulletin of the M. K. Ammosov North-Eastern Federal University. Series "Medical Sciences"]. 2018, 1 (10), pp. 34-41. [In Russian]

19. Романова А. Н., Воевода М. И. Метаболический синдром и коронарный атеросклероз у жителей Якутии: этнические и гендерные особенности. Новосибирск: Наука, 2016. 164 с.

Romanova A. N., Voevoda M. I. *Metabolic syndrome and coronary atherosclerosis in residents of Yakutia: ethnic and gender characteristics*. Novosibirsk, Nauka Publ., 2016, 164 p. [In Russian]

20. Севостьянова Е. В. Особенности липидного и углеводного метаболизма человека на Севере (литературный обзор) // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т. 12, № 1. С. 93–100.

Sevost'yanova E. V. Features of lipid and carbohydrate metabolism in humans in the North (literature review). *Byulleten' sibirskoi meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine]. 2013, 12 (1), pp. 93-100. [In Russian]

21. Семенов С. И. Эпидемиологические особенности

и клиническая характеристика вирусных гепатитов В, С и дельта в Республике Саха (Якутия): дисс. ... д-ра мед. наук. Москва, 2007. 268 с.

Seменов S. I. *Epidemiological features and clinical characteristics of viral hepatitis B, C and delta in the Republic of Sakha (Yakutia)*. Doct. Diss. Moscow, 2007, 268 p. [In Russian]

22. Симонова Г. И., Созонова К. К., Татарина О. В., Мустафина С. В., Шчербакова Л. В. Распространенность метаболического синдрома у жителей Якутии в возрасте 60 лет и старше // Медицина Кыргызстана. 2017. № 2. С. 18–20.

Simonova G. I., Sozonova K. K., Tatarinova O. V., Mustafina S. V., Shcherbakova L. V. The prevalence of metabolic syndrome among residents of Yakutia aged 60 years and older. *Meditsina Kyrgyzstana* [Medicine of Kyrgyzstan]. 2017, 2, pp. 18-20.

23. Смертность населения Республики Саха (Якутия) в 2018 году / Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). Якутск, 2018. 215 с.

Mortality rate of the population of the Republic of Sakha (Yakutia) in 2018. Territorial organization of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia). Yakutsk, 2018, 215 p. [In Russian]

24. Снодграсс Д. Д., Роув В. Р., Тарская Л. А., Климова Т. М., Федорова В. И., Балтахинова М. Е., Кривошапкин В. Г. Метаболическая адаптация якутов (саха) // Якутский медицинский журнал. 2011. № 2 (34). С. 11–14.

Snodgrass D. D., Rove V. R., Tarskaya L. A., Klimova T. M., Fedorova V. I., Baltakhinova M. E., Krivoshapkin V. G. Metabolic adaptation of the Yakuts (Sakha). *Yakutskii meditsinskii zhurnal* [Yakut medical journal]. 2011, 2 (34), pp. 11-14. [In Russian]

25. Софронова С. И. Артериальная гипертензия и метаболический синдром у коренных малочисленных народов Севера в Якутии // Якутский медицинский журнал. 2018. Т. 61, № 1. С. 14–17.

Sofronova S. I. Arterial hypertension and metabolic syndrome in the indigenous small-numbered peoples of the North in Yakutia. *Yakutskii meditsinskii zhurnal* [Yakut medical journal]. 2018, 61 (1), pp. 14-17. [In Russian]

26. Фёдоров А. И., Климова Т. М., Фёдорова В. И., Балтахинова М. Е. Питание и образ жизни коренного сельского населения Якутия // Якутский медицинский журнал. 2015. № 51 (3). С. 69–72.

Fedorov A. I., Klimova T. M., Fedorova V. I., Baltakhinova M. E. Food and lifestyle of the indigenous rural population of Yakutia. *Yakutskii meditsinskii zhurnal* [Yakut medical journal]. 2015, 51 (3), pp. 69-72. [In Russian]

27. Хаснулин В. И., Собакин А. К., Хаснулин П. В., Бойко Е. П. Подходы к районированию территорий России по условиям дискомфорта окружающей среды для жизнедеятельности // Бюллетень СО РАМН. 2005. Т. 3, № 117. С. 106–111.

Khasnulin V. I., Sobakin A. K., Khasnulin P. V., Boyko E. R. Approaches to the zoning of Russian territories in terms of environmental discomfort for life. *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences]. 2005, 3 (117), pp. 106-111. [In Russian]

28. Andersson C., Johnson A. D., Benjamin E. J., et al. 70-year legacy of the Framingham Heart Study. *Nat Rev Cardiol*. 2019, 16, pp. 687-698. doi: 10.1016/j.amjcard.2005.11.056

29. Badmya S., Assinger A., Volf I. Native high density lipoproteins (HDL) interfere with platelet activation induced

by oxidized low density lipoproteins (OxLDL). *Int J Mol Sci*. 2013, 14 (5), pp. 10107-10121. Published 2013 May 10. doi: 10.3390/ijms140510107

30. Cardona A, Pagani L, Antao T, et.al. Genome-Wide Analysis of Cold Adaptation in Indigenous Siberian Populations. *PLoS One*. 2014, 9 (5), e98076. doi: 10.1371/journal.pone.0098076

31. Cepon TJ, Snodgrass JJ, Leonard WR, et al. Circumpolar adaptation, social change, and the development of autoimmune thyroid disorders among the Yakut (Sakha) of Siberia. *Am. J. Hum. Biol*. 2011, 23 (5), pp. 703-709. doi: 10.1002/ajhb.21200

32. Chagnon YC, Wilmore JH, Borecki IB, et.al. Associations between the leptin receptor gene and adiposity in middle-aged Caucasian males from the HERITAGE family study. *J Clin Endocrinol Metab*. 2000, 85, pp. 29-34. doi: 10.1210/jcem.85.1.6263

33. Elgouhari HM, Zein CO, Hanouneh I, Feldstein AE, Zein NN. Diabetes mellitus is associated with impaired response to antiviral therapy in chronic hepatitis C infection. *Dig Dis Sci*. 2009, 54 (12), pp. 2699-2705. doi:10.1007/s10620-008-0683-2

34. Hancock AM, Witonsky DB, Ehler E, et.al. Colloquium paper: human adaptations to diet, subsistence, and ecoregion are due to subtle shifts in allele frequency. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A*. 2010, 107 (Suppl. P), pp. 8924-8930. doi: 10.1073/pnas.0914625107

35. Hsieh P, Hallmark B, Watkins J, Karafet TM, Osipova LP, Gutenkunst RN, Hammer MF. Exome Sequencing Provides Evidence of Polygenic Adaptation to a Fat-Rich Animal Diet in Indigenous Siberian Populations. *Mol Biol Evol*. 2017, 34 (11), pp. 2913-2926. doi: 10.1093/molbev/msx226

36. Korporaal SJ, Gorter G, van Rijn HJ, Akkerman JW. Effect of oxidation on the platelet-activating properties of low-density lipoprotein. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2005, 25 (4), pp. 867-872. doi:10.1161/01.ATV.0000158381.02640.4b

37. Lee H. S., Kim Y., Park T. New Common and Rare Variants Influencing Metabolic Syndrome and Its Individual Components in a Korean Population. *Sci Rep*. 2018, 8 (1), p. 5701. Published 2018 Apr 9. doi:10.1038/s41598-018-23074-2

38. Leonard WR, Levy SB, Tarskaia LA, et al. Seasonal variation in basal metabolic rates among the yakut (Sakha) of Northeastern Siberia. *American journal of human biology: the official journal of the Human Biology Council*. 2014, 4 (26), pp. 437-445. doi: 10.1002/ajhb.22524

39. Levy SB, Leonard WR, Tarskaia LA, et al. Seasonal and socioeconomic influences on thyroid function among the Yakut (Sakha) of Eastern Siberia. *Am. J. Hum. Biol*. 2013, 25 (6), pp. 814-820. doi: 10.1002/ajhb.22457

40. Litvinov D., Mahini H., Garelnabi M. Antioxidant and anti-inflammatory role of paraoxonase 1: implication in arteriosclerosis diseases. *N Am J Med Sci*. 2012, 4 (11), pp. 523-532. doi: 10.4103/1947-2714.103310

41. Mizuta E, Kokubo Y, Yamanaka I, et.al. Leptin gene and leptin receptor gene polymorphisms are associated with sweet preference and obesity. *Hypertens Res*. 2008, 31, pp. 1069-1077. doi: 10.1291/hypres.31.1069

42. Modaresi Esfeh J., Ansari-Gilani K. Steatosis and hepatitis C. *Gastroenterol Rep (Oxf)*. 2016, 4 (1), pp. 24-29. doi: 10.1093/gastro/gov040

43. Parthasarathy S, Raghavamenon A, Garelnabi MO, Santanam N. Oxidized Low-Density Lipoprotein. *Methods Mol Biol*. 2010, 610, pp. 403-417. doi: 10.1007/978-1-60327-029-8_24

44. Radha V, Mohan V, Vidya R, Ashok AK, Deepa R, Mathias RA. Association of lipoprotein lipase Hind III and Ser447Ter polymorphisms with dyslipidemia in Asian Indians. *Am. J. Cardiol.* 2006, 97, pp. 1337-1342. doi: 10.1016/j.amjcard.2005.11.056
45. Rosmond R, Chagnon YC, Holm G, et al. Hypertension in obesity and the leptin receptor gene locus. *J Clin Endocrinol Metab.* 2000, 85, pp. 3126-31. doi: 10.1210/jcem.85.9.6781
46. Sofronova S.I., Kirillina M.P., Nikolaev V.M., Romanova A.N., Mikhailova M.N., Kononova I.V. Ethnic-Related Characteristics of Lipid and Carbohydrate Metabolism in the Indigenous Population of Yakutia. *International Journal of Biomedicine.* 2020, 10 (1), pp. 58-60. doi: 10.21103/Article10(1)_OA9
47. Thompson A, Di Angelantonio E, Sarwar N, et al. Association of cholesteryl ester transfer protein genotypes with CETP mass and activity, lipid levels, and coronary risk. *JAMA.* 2008, 299 (23), pp. 2777-2788. doi: 10.1001/jama.299.23.2777
48. van Valkengoed IGM, Argmann C, Ghauharali-van der Vlugt K, Aerts JMFG, Brewster LM, Peters RJG, Vaz FM, Houtkooper RH. Ethnic differences in metabolite signatures and type 2 diabetes: A nested case-control analysis among people of South Asian, African and European origin. *Nutrition and Diabetes.* 2017, 7, p. 300. doi: 10.1038/s41387-017-0003-z
49. Vercauteren K, Mesalam AA, Leroux-Roels G, Meuleman P. Impact of lipids and lipoproteins on hepatitis C virus infection and virus neutralization. *World J Gastroenterol.* 2014, 20 (43), pp. 15975-15991. doi: 10.3748/wjg.v20.i43.15975
50. Zhernakova DV, Brukhin V, Malov S, et al. Genome-wide sequence analyses of population across Russia. *Genomics.* 2020, 112, pp. 442-458. doi: 10.1016/j.ygeno.2019.03.007

Контактная информация:

Сивцева Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского центра Медицинского института ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федерального университета имени М. К. Аммосова»

Адрес: 677000, г. Якутск, ул. Белинского, д. 58

E-mail: tm.sivtseva@s-vfu.ru

HUMAN-NATURE INTERACTIONS THROUGH THE LENS OF GLOBAL PANDEMICS: A REVIEW

¹I. Budiman, ²R. K. Kusumaratna

¹Wageningen University, The Netherlands; ²Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

The frequency of pandemics occurrence has increased, from every 200 years in period before the 18th century, to occurring every 10 to 50 years in the last century. The illegal and unsustainable wildlife trade, the devastation of forests and other wild places, and rapid human mobility were the driving forces behind the increasing number of diseases leaping from wildlife to humans. This article analyzes present human-nature interactions during COVID-19 and projecting future interactions after the pandemic, based on review on academic literature and reports from international development organizations. We found that global pandemic such as COVID-19 is altering human-nature interactions in three major global ecological issues: wildlife, urban emission, and land use. For wildlife, COVID-19 affects human perception towards wildlife consumption and trade, as well as animal conservation. For land use, COVID-19 makes countries reduced efforts for forest monitoring and conservation. For urban emission, lockdown/mobility limitation and physical or social distancing policies are proven to some extent resulted in better human-nature interactions that reduce environmental problems. Reduced emission occurred from decreased industrial activities and mobilities. But this positive impact on environment may end once COVID-19 ends and human activities return to previous pattern. Therefore, structural change is required to prepare a resilient sustainable development by continuing existing positive human behavior during COVID-19 as a new normal of human-nature relationships. It is proven to reduce emission and if it is continued, it can have long term impacts on climate change mitigation.

Key words: human-nature interaction, COVID-19, emission reduction, resilience, adaptation

УДК 502.5 + 616-036.21

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-4-15-24

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ГЛОБАЛЬНЫХ ПАНДЕМИЙ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

© 2021 г. ¹И. Будиман, ²Р. К. Кусумаратна

¹Вагенингенский Университет, г. Вагенинген, Нидерланды; ²Университет Трисакти, г. Джакарта, Индонезия

Частота возникновения пандемий в мире возрастает. Так, если до XVIII века пандемии возникали раз в 200 лет, то в XX веке они объявляются уже каждые 10–50 лет. Нерациональное и незаконное природопользование, уничтожение природных ландшафтов и высокая мобильность населения являются основными движущими силами увеличения у людей числа заболеваний, до того встречавшихся только у животных. В данной статье представлен анализ взаимодействий человека и окружающей среды во время пандемии COVID-19 с прогнозом на пост-пандемийный период на основании обзора научной литературы и отчетов международных организаций. Результат качественного синтеза информации позволяет предположить, что пандемии меняют взаимодействие человека и природы в трех основных доменах: дикая природа, выбросы вредных веществ и землепользование. В первом домене в пандемию меняется потребление и торговля объектами дикой природы. В период ограничения мобильности и экономической активности людей значительно снижается эмиссия вредных веществ промышленными предприятиями и транспортом в окружающую среду, что благоприятно сказывается на взаимоотношениях в системе человек – природа. Однако положительный эффект на окружающую среду завершится с завершением пандемии и возвращением человечества к прежнему уровню экономической активности. Таким образом, опыт пандемий и связанные с ним изменения экономической и социальной активности человечества демонстрируют положительный эффект на окружающую среду и должны использоваться при планировании устойчивого развития в рамках новых взаимодействий человека и природы для уменьшения воздействий изменений климата на здоровье человека.

Ключевые слова: человек, окружающая среда, COVID-19, загрязнение, устойчивость, адаптация

For citing:

Budiman I., Kusumaratna R. K. Human-Nature Interactions Through the Lens of Global Pandemics: a Review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 4, pp. 15-24.

Библиографическая ссылка:

Будиман И., Кусумаратна Р. К. Взаимодействие человека и окружающей среды через призму глобальных пандемий: обзор литературы // Экология человека. 2021. № 4. С. 15–24.

1. Introduction

There is a direct relationship between the histories of human-nature interactions and global pandemics. A pandemic is defined as “an epidemic occurring worldwide, or over a very wide area, crossing international boundaries and usually affecting a large number of people” [45]. While not a true pandemic because of its smaller scope, the first epidemic was recorded in Athens in 430 B.C.E. Until the 17th century, pandemics and

epidemics have occurred every 300 to 400 years. Some examples include malaria epidemics in ancient Rome, the first plague pandemic from 541 to 747 A.D. in the Mediterranean basin, the Japanese smallpox epidemic from 735 to 737 A.D., the second plague pandemic from 1346 to 1844 in mainland Europe, and the epidemics that spread throughout the Thirty Years' War from 1618 to 1648 in central Europe [37].

The frequency of pandemics has increased since the

18th century, occurring every 10 to 50 years. Notable examples include the first global cholera pandemic in 1817, the 1918 Spanish flu, the 1957 Asian influenza [23], and the 2009 H1N1 pandemic [22, 37, 43]. Due to the emergence of new virus subtypes as a result of virus re-assortment the increased frequency of pandemic occurrence has been attributed to the changing nature and intensification of human-nature interactions [72]. Those pandemics were triggered by negative human-nature interactions. The illegal and unsustainable wildlife trade as well as the devastation of forests and other wild places were still the driving forces behind the increasing number of diseases leaping from wildlife to humans [21]. The changing of human-nature in land use has brought wildlife, livestock and humans in closer contact with each other and facilitating the spread of diseases, including new strains of bacteria and viruses [76].

COVID-19 is part of a pattern of increasingly frequent epidemics that have coincided with globalization, urbanization, and climate change. Interconnected nature of global risk accelerates the speed of transmission of the virus [73].

This article analyzes present human-nature interactions during COVID-19 and projecting future interactions after the pandemic, based on review on academic literature and reports from international development organizations.

2. Research Methodology

This study resulted from a review of scholarly literature (Figure 1). We used academic resources, peer review journal articles, and reports from international development organizations indexed in Google Scholar to identify relevant sources.

We utilized two search strategies. First, the key concepts are defined based on the research objective. We split the subject in the research questions into main themes. We identified three key concepts from the research questions; 1. Zoonotic disease, 2. Wildlife, and 3. Emission. These key concepts become the guideline for the search terms used in systematic literature review. By finding synonym or related topics for each concept, we formulate search terms per concept, for building a systematic query. These search terms are refined by doing some preliminary or simple searches.

Table 1

Search terms from key concepts		
1 AND	2 AND	3
Zoonotic diseases OR Infectious diseases Emerging infection disease COVID-19 Pandemic Lockdown	Wildlife OR Wildlife consumption Wildlife poaching Wildlife trade Wildlife conservation Wild animals	Emission OR Urban emission Transport emission Industrial emission Air pollution Urban pollution

We used three techniques in using the search terms. First is using combination of terms, with Boolean operators such as the words «AND», «OR» and «NOT», that are typed between the search terms. Second, we used wildcard technique, by adding the * or # in places where an alternate spelling may contain an extra character. The database finds all citations of the word that appear with or without the extra character. For example, type fact* to retrieve results containing factor or factors. Third, for some terms such as technology dissemination, we used Proximity operator, to locate one word within a certain distance of another. The symbol used in this type of search are w/n(3). The w represents the word «with(in)» and the n represents the word «near.» These techniques help to make each search more precise. Below is an example of query we used in conducting search in a database. Here are some examples of search strings conducted for this study:

- pandemic OR lockdown AND wildlife trade OR wildlife consumpt*
- urban W/3 emission OR air pollution AND pandemic OR COVID19

For selecting articles to be reviewed from the search results, we used the following inclusion criteria:

- English language articles.
- Full text must be available.
- Peer-reviewed (for journal articles); included environment, public health and epidemiology papers.
- Further criterion is based on our subjective expertise on the subjects.

3. Results and Discussion

Earth is a complex matrix of living and inorganic systems, all interacting to maintain a stable balance.

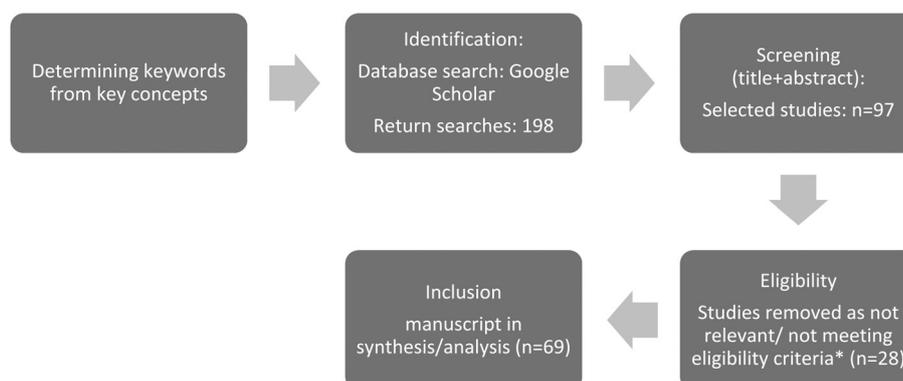


Figure 1. Selection of literature flowchart

When one component of the larger matrix is damaged or destroyed, the others respond in their unique ways in attempting to restore the natural order of things [44]. Existing situation may reflect a human-nature interaction to restore the earth. Wildlife trading occurred along with devastating pressures on forest and natural ecosystems. It has led to the destruction of biodiversity that disturbed the stable balance of the earth. Human activities have significantly altered three-quarters of the land and two-thirds of the ocean, changing the planet to such an extent as to determine the birth of a new era of the “Anthropocene” [76].

As a result, COVID-19 may be a response to warn human to restore the earth. Global pandemic such as COVID-19 is altering human-nature interactions in three major global ecological issues: wildlife, urban emission, and land use. It is considered feedback mechanisms within earth system.

3.1. Human-wild animals' interactions: poaching, trade, and conservation

Human-wild animals' interaction through the lens of pandemic can be seen from three activities with complex direct and indirect pathways linking to both positive and negative outcomes for environment. First is wildlife poaching that is driven by a diversity of motivations such as consumption/culture, conflict, and economic reason [26, 42, 48]. In China, Vietnam, and Indonesia, wildlife consumption is a cultural practice [28]. Wild meat is the common product consumed and is used as a medium to communicate prestige and obtain social leverage, as well as to provide health benefits. As the countries' economy grows and its population ages, demand for wild meat products has increased [26, 67].

South East Asia suffers the world's highest rate of wildlife declines, due mainly to poaching [64]. Encroachment into wildlife habitat has driven the emergence of infectious diseases. Before COVID-19, there were Ross River virus disease in Papua, Indonesia and Nipah virus disease in Malaysia and Singapore. The encroachment may also have been a key factor also for the emergence of Plague in India and the USA.

Wildlife poaching is driven by economic benefit from wildlife trade. The unsustainable trade in Asia has been providing an income for some of the least economically affluent people and it generates considerable revenue nationally [46, 55]. Wildlife trading is a human intervention that brings wildlife populations, domestic animals, and human living in proximity. International trade and the presence of introduced hosts had positive effects on the distribution of wildlife disease that is emerging at an unprecedented rate [25] posing major threats to human health and biodiversity.

Emerging infectious diseases (EID) events have risen significantly over time and dominated by zoonoses (60.3 % of EIDs): the majority of these (71.8 %) originate in wildlife [41]. There are two major groups of EIDs of free-living wild animals, on the basis of key epizootological criteria: (i) EIDs associated with zoo-

notic “spill-over” (excretion and slaughter) from wildlife populations to domestic animals living in proximity; (ii) EIDs related directly to human intervention, via host or parasite translocations [58]. These phenomena have two major biological implications: first, many wildlife species are reservoirs of (high reproductive) pathogens that threaten domestic animal and human health; second, wildlife EIDs pose a substantial threat to the conservation of global biodiversity [25]. Biodiversity loss is disrupting natural balance of ecosystems. This shows how natural ecosystems and human health are closely connected.

Domesticated species, primates and bats were identified as having more zoonotic viruses than other species [40]. Globally, there are probably hundreds of undiscovered mammalian coronaviruses, many with the potential to infect human beings. Only three of the seven known human-infective coronaviruses cause severe disease. One of these, the Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV), has a high fatality rate and has spread internationally, including a 2015 South Korean outbreak that killed 38 people. MERS-CoV probably originates in bats [49] and spreads to human beings through dromedary camels [6].

COVID-19 outbreak was reported as a contaminated source from infected or sick wild animals in the wet market in Wuhan, China [78]. The virus was suspected to have passed through pangolins after originating in bats. Pangolins are endangered species that are poached and smuggled into China [35, 68]. In the wet market, multiple wildlife species were butchered and sold, thus make this place had potential role as hotspots of cross-species viral transmission [28]. Some such Asian markets have already been temporarily shut, reducing the legal and illegal trade in wildlife species, but zoonotic disease emergence from wildlife trade and consumption could arise on any continent [29]. Pathogens can transform quickly, which allows them to pass from wild animals to humans. These transmissions led to emerging diseases that endanger human lives and bring major socio-economic impacts [76].

Responding to the risk, conservationists are calling to stopping the wild animal trade for preventing pandemics. During the lockdown period, wildlife trade has reduced due to a decline in industrial activities such as manufacturing and the production of food. But, this decline has exacerbated local unemployment and economic insecurity, which may increase wildlife foraging in rural areas [10].

The rising tide of emerging diseases will force societies to reconsider their relationships with the environment, including wildlife conservation. Public health scholars argue that condemning wildlife exploitation and seek to replace it with fear and policing only handicap the real work of engendering respect for nature, weakening conservation in the long-term [28].

Depicting animals to the pandemic raise the negative perception to general people and hampers conservation [53]. Temporary declines in ecotourism to national parks

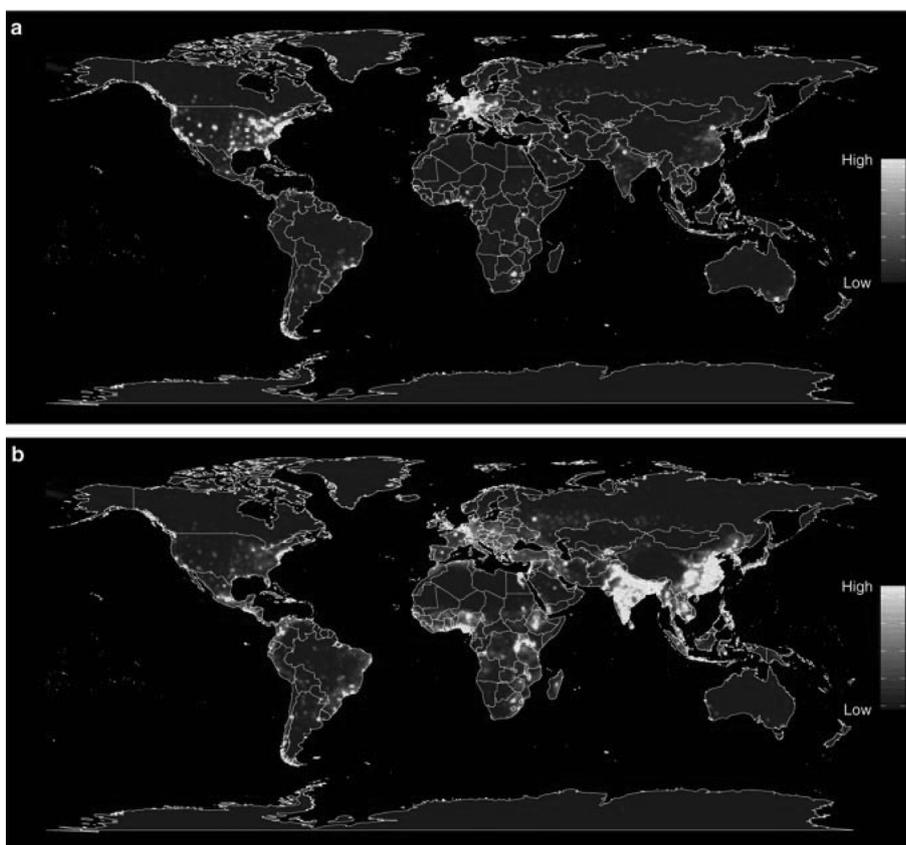


Figure 2. Zoonotic diseases risk is elevated in forested tropical regions experiencing land-use changes and where wildlife biodiversity (mammal species richness) is high (Allen et al., 2017)

and other protected areas may influence funding for anti-poaching and wildlife management programs [14, 54]. This makes natural habitat and fragile wildlife might receive less attention, resulting in potential big losses and a failure to reach conservation targets [10, 11, 53].

Human-wildlife interactions are loosely related to deforestation, fires, and the emergence of infection disease in urban areas (Figure 1). Pressures of human encroachment on shrinking wildlife habitat cause increased wildlife population densities [1, 12]. Lack of urgent policy intervention to curb deforestation and fires, and to slow the quantities of animals entering the wildlife trade, are likely to increase the number of species loss for trade and bring infectious disease [29, 66]. The value chain of wildlife trade often ended in urban areas where human population expansion and density have increased the risk of zoonotic disease outbreaks and pandemic [16, 25].

3.2. Urban emissions

In handling COVID-19, countries all over the world have been implementing different types of physical or social distancing policy, such as lockdown and social restriction. These policies are found to bring a positive impact to earth environment. Based on data released by NASA (U.S. National Aeronautics and Space Administration) and ESA (European Space Agency), human mobility is found reduced up to 90 %. This mostly came from air travel that is dropped by 96 % and this is recorded as the lowest decrease in last 75 years. Figure 2 shows that the reduction influenced the decline of environmental pollution in atmosphere up to 30 %, in form of GHGs emission reduction that affects reduction of air pollution [51]. In China, Italy, Spain, and France, CO₂ emissions is reduced up to 20-30 % from the reductions in coal, gas generation, and transportation [27, 51]. In northeastern part of USA, NO₂ emissions

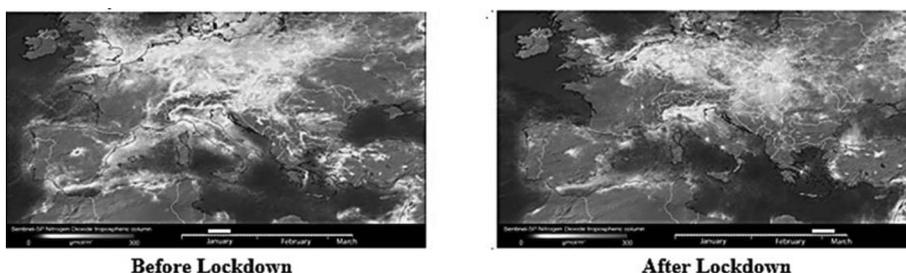


Figure 3. Global Reduction in Human Mobility decreased NO₂ emission by 30 %

is reduced up to 30 % due to lockdown. In Java island, Indonesia, slight NO₂ emissions reduction also occurred [34]. Major source of NO₂ emissions reduction is the decrease on traffic pollution. The limited mobility looks like a new version of 'silent spring' where the northern hemisphere is relatively silent from human activities.

Physical or social distancing policies do not only limit the transmission of COVID-19, but also reducing dangerous GHG emission that increases mortality rate of COVID-19. NO₂ is considered highly lethal to human health as studies shows that both short term and long term exposure to NO₂ can increase mortality rate [31]. NO₂ may cause bronchial hyper responsiveness, cellular inflammation and respiratory problems. This point relates to pneumonia as respiratory problem that often found in patients infected with COVID-19 [7]. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infects host cells through angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) receptors, leading to coronavirus disease (COVID-19)-related pneumonia, while also causing acute myocardial injury and chronic damage to the cardiovascular system [80]. NO₂ emission reduction contributes to decline risk of human exposure to pneumonia and its acute injury and chronic damage from COVID-19.

The next question is does emission reduction help to avoid severe air pollution? Study in China found that large emissions reduction in transportation and slight reduction in industrial would not help avoid severe air pollution, especially when meteorology is unfavorable. In cities like Beijing, Tianjin, and Shijiazhuang, emission reduction is lower than pollutant formation due to unfavorable meteorology. There was seldom wet deposition of PM (particulate matter) in Beijing due to the rare of rains during the lockdown period. The low PBL (planetary boundary layer) increased atmospheric stability, the low wind speed made it worse for difficult dispersion of air pollutants. High RH (relative humidity) and temperature usually accelerate secondary PM formation by speeding up chemical reactions. In Wuhan and Jinan, favorable meteorology helped emissions reduction in transportation and industries to avoid severe air pollution [69].

Slight emissions reduction would also not help to avoid severe air pollution in dense areas with lack of green spaces. Lack of green spaces means no trees to absorb emission; fewer trees and plants to clean the air and provide oxygen. It suggests that lack of green spaces reduce common health conditions of people live in dense areas [75].

In India, a study in 22 cities found that there is substantial reduction in concentrations resulted in a 4 times reduction in total emission reduction. PM 2.5 is found having maximum reduction in most of the cities. Like in China, PM2.5 could increase due to unfavorable meteorology, but the average concentration would still be under the national ambient air quality standards in India [63].

In Jakarta, Indonesia, PM 2.5 decreased from 44,55 µg/m³ to 18,46 µg/m³ in two weeks after social

restriction policy. This figure is recorded as the best air quality in the city for the last 28 years [30]. The same pattern is also found in other four cities in the country [59]. These findings from China, India, and Indonesia shows that emission reduction helped to reduce average air pollution to some extent.

Global Carbon Project from Stanford University predicted that COVID-19 could result in a 5 % fall in global carbon emissions, or around 2.5bn tones, by the end of 2020 [3]. This suggests that COVID-19 as earth's response has forced human to reduce their emission and pollution. When many environmental targets and commitments such as sustainable development goals including climate action has fallen short in the last decades, COVID-19 may be an extreme nature-based solution for tackling socio-environmental challenges.

Nevertheless, the fall in emission could be short-lived and have little impact on climate change mitigation [52]. It is because COVID-19 may not be last long as countries are currently racing to create the vaccines, to save human civilization and world economy. Once COVID-19 ends, the emissions could rise back to previous normal as business as usual. This emission recovery after COVID-19 is already seen in China. A study found that most provinces in East China gradually regained some of their NO_x emissions after lockdown ended in February 2020 [79].

3.3. Land use

In addition to emission, COVID-19 has also impacted environment through reduced industrial activities. The manufacturing sector is found is the most impacted sector. COVID-19 has impacted their operations, productivity, and supply chain [60].

Some people argue that panic buying due to COVID-19 may increase industrial production. In fact, the most popular items since the start of the outbreak have been dry goods, frozen foods, comfort snacks, power beverages and water [24]. It is dominated by fast moving consumer good industry. This industry has difficulty to currently increase their production as the factories are currently having issues with their workforce and productivity. This situation could have knock-on effects for the entire global supply chain of their products.

Those situations show that the reduction of industrial activity does not only reduce emission but also potentially reduce the use of natural resources and generate less waste [38]. As a result, it brings lower environmental impact to biosphere: the surface, atmosphere, and hydrosphere of the earth.

Meanwhile, trading behavior is currently shifting significantly to online shopping. Due to sharp increase on households' spending particularly in retail, credit card spending and food items [8], conventional supermarkets are thinking about ways to get more traffic on their websites as number of people want to stay home is growing [24]. This contributes to reduce carbon footprint for shopping activities.

Besides abovementioned positive impacts to environment, countries' responses to COVID-19 could also bring negative impact to environmental conservation. In Brazil, indigenous groups - the forest's main defenders - are infected by COVID-19 and retreating into isolation to avoid the disease and appealing for food and medical supplies. This situation reduces forest monitoring efforts by the indigenous groups. While other stakeholders' attention may also decline. Multiple stakeholders are currently focusing on handling COVID-19 as health and economic crisis [5]. Government focus on the crisis causes fewer law enforcement officials are going out into the field and some monitoring missions are being scaled back [4, 70]. This reduces attention to environmental protection and opening the door for land invasion and forest clearance triggered by economic crisis due to COVID-19 [65].

Same threat is happening to other forest and peatland countries, particularly rainforest regions in developing world such as Indonesia. These areas have indigenous groups who live in harmony with forest and supporting peatland restoration [17]. Slow handling of the COVID-19 in some developing countries brings the risk of COVID-19 infection to indigenous people. This could weaken rainforest and peatland protection.

Another negative impact to environment is the widespread practice of spraying disinfectant and alcohol in the sky, on roads, vehicles, personnel, and housings. Some speculative studies about COVID-19's spread by the airborne route made the government in some countries conducted air disinfection of cities and communities. This measure is not known to be effective for disease control. The widespread practice of spraying disinfectant and alcohol are potentially harmful to humans, biodiversity, and water bodies [77]. This negative impact is rather caused by lack of policymakers' knowledge about interaction or impact of the widespread practice of spraying disinfectant to environment.

4. Discussion and Conclusions: Preparing a resilient sustainable development

Table 1 shows several human-nature interactions that contributed to the emergence of pandemic and a number of changing in human-nature interactions resulted from pandemic related policies.

Physical or social distancing policies created by human is proven to reduce environmental problems, but this positive impact on environment may end once COVID-19 ends and human activities return to previous pattern. Therefore, structural change is required to prepare a resilient sustainable development by continuing existing human behavior during COVID-19 as a new normal of human-nature relationships. It is proven to reduce emission and if it is continued, it can have long term impacts on climate change mitigation and the stable balance of the earth.

Infectious diseases such as COVID-19 were named one of the top 10 risks in terms of impact for the next 10 years [72]. South and East Asia is predicted as

Table 2
Human-nature interactions in different sectors that are linked to pandemics and its responses

Type of interactions	Wildlife	Urban activities	Land use
Contribute to the emergence of pandemics	Poaching, Food consumption, (Illegal) trade	Intensive mobility, crowding in public transports, lack of healthy behavior	Deforestation, reduced biodiversity rate
Impact of pandemic policy measures	Animal conservation	Reduced emission from decreased industrial activities and mobilities	Reduced efforts for forest monitoring and conservation

hotspots for future zoonotic diseases because of its high human population density, high biodiversity, and rapid environmental changes [2]. Thus, mitigation and adaptation strategies are proposed to prepare a resilient sustainable development toward future risk. Further work is required to detailing these strategies and adapt it with various national/local context.

4.1. Preventing negative human-nature interactions

Mitigation is considered actions that prevent negative human-nature interactions that can lead into global risks such as pandemics. To mitigate the increase of pandemic frequency, several things need to be done. First, all stakeholders worldwide must act to strictly regulate the wildlife related activities that brought a novel virus to human life. It is time to end the exploitation of wildlife and wildlife habitats that increases human exposure to pathogens that jump from animals to humans [36]. Banning trade may lose our ability to regulate it, to protect endangered species and securing way of animal consumption. Scale of the wildlife related practices such as hunting, trade, food consumption must be strictly regulated and enforced. For example, community outreach is needed for telling risk of unhygienic poaching and high volume of wild animals consumption [64]. Decision-makers must adopt a holistic approach to inform national and local policy responses to pandemic risks posed by wildlife trade [13].

Scientists, practitioners and policymakers must also address the challenges arising from the radically altered economics, attitudes and behaviors imposed by Covid 19 to animal conservation [29]. Better risk management is required on wildlife conservation activities, such as socialization, and implementation of one health concept as a multidisciplinary and collaborative approach to prevent the emergence of new zoonosis. The one health concept acknowledges the link between human health to animal and environmental health.

Although some wildlife related activities such as wildlife consumption is a "fundamental cultural and economic practice", the global threat from coronaviruses is too great. Scholars argue that even with extensive wildlife trade bans, crippling zoonotic disease burden remains a near certainty in the absence of strengthened health systems [28].

Second, an effort for predicting pandemics is required [50]. There is a growing need for globally predictive

models of the future distribution of species that incorporate both climate and human movement patterns. By integrating factors associated with both fundamental niche predictors and propagule pressure predictors, monitoring and management of species conservation can be done for guiding the development of global models for species invasions and pathogen emergences [47].

Since 2009, more than 60 countries have been working together to build capacity and strengthen zoonotic pathogen surveillance and identified at least 931 novel virus species from 145 000 samples of wildlife, livestock, and humans. viral discovery is not enough to prevent pandemics [20].

Third, regulation and its enforcement on food safety need to be improved. Zoonotic diseases like Covid-19 thus reveal distressing dimensions of the global agriculture and food system that are not adequately understood or regulated through private commerce [35]. It brings the risk of foodborne disease. Thus, it is mandatory for producers to adopt, apply and implement Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) system, an application to ensure food safety process with general principles of food hygiene by the Codex [74]. Besides, it is essential for the food industry to strengthen personal hygiene measures to avoid or minimize the risk of viral contamination. Furthermore, high risk foods e.g. raw milk, fresh meat, fruit or vegetables handled by a person with the virus or drinking water contaminated with feces or urine might also possible to transmit the virus [32]. Fourth, we also must stop deforestation to maintain healthy ecosystems for wild animals. In addition, reforestation also contributes to increase ability of forest vegetation to absorb emission and to reduce pollution. This relates to adaptation strategy to support cleaner air for better health.

4.2. Building positive feedback mechanisms from human to natural environment

Adaptation does not only mean to adapt with future risks, but also to build more positive feedback mechanism from human to earth environment. Lessons learned for adaptation strategies can be derived from Korea's experiences from post-2008 crisis and current China recovery from COVID-19. After financial crisis of 2008, China and South Korea are two countries that put highest stimulus to green measures, compared to other countries. Green stimulus is defined here as short-run fiscal stimuli that also serve a "green" or environmental purpose in a situation of "crisis" characterized by temporary under-employment [9]. South Korea allocated 80 %, and China put almost 40 % of their 2009 stimulus to green growth in energy efficiency, renewable energy, low carbon industries, material consumption sectors (Robins et al., 2009). As a result, South Korea rebounded their GDP growth faster than the rest of OECD countries [57]. This growth is proven green as the increase rate of carbon emission in South Korea and China declined, while global carbon emission continued to rise in the same rate [33].

To recover from COVID-19, China is currently upgrading their green measures with adding resilience factor into consideration. The new investments start to focus on building resilience to future risks [75]. Attention is put to some 'light-touch' sectors such as information services (big data), medical, education (online learning), entertainment, logistics (resilient supply chain), and industrial robot. By April 2020, online working is found to increase by 537 % and online education is also increased by 169 % [71]. In addition, China also build new infrastructures such as 5G internet network, ultra-high voltage, inter-city transportation, and new energy vehicle battery as well as its charging stations. In cities, the country accelerates promotion of new schemes such as waste to energy, new safe mobility and energy storage infrastructure [75]. With this vision, China economic recovery index reached 86 % by the end of March 2020, about two months after lockdown.

Other countries can learn from China and Korea about strategy of recovery from health and economic crisis, and to adapt with future risks by starting a new normal. Other sectors that can also be upgraded are finance, trade and investment, and food-energy-water nexus. Industries must apply fair trade principles along their value chain, to support vulnerable groups. Water, food, and energy sectors must consider decentralized system to anticipate the risk of supply chain disruptions in the future. These transformations require a resilient governance model with high degree of distribution of power and cooperation [18].

Financial acts such as Bank can put sustainability and resilience into consideration in providing investment and loan for businesses [19]. This includes investment in resilient infrastructure for core services and housing for dense areas in cities as the most vulnerable areas to pandemics. Urban regeneration can be considered for housing in vulnerable districts to anticipate readiness for physical/social distancing in the future. One of important core services is public transportation. Public transit systems require new measures such as heightening routine cleaning protocols, separating drivers from passengers with temporary barricades, and using floor markings to indicate safe distances between riders. Besides, cities must create alternatives to public transit by promoting walking and cycling as healthier and environmental-friendly lifestyle [56].

For cities, post-COVID-19 period is an enormous opportunity to respond and recover more inclusively and with greater resilience. Besides green and resilient economic development, cities must also provide strong social and fiscal safety nets for informal & low-wage workers. This must be followed with targeted financial support for vulnerable communities [62, 75]. In addition, national-local coordination and arrangement for disaster response and recovery must be improved with the use of data in city and neighborhood level to monitor risks.

In community level, behavior change is a key. More collective actions are required to support sustainability and resilience in neighborhoods [15, 39]. For example,

local food security can be advanced through urban farming, to adapt with the future risk of food crisis due to pandemics. Daily activities such as working and studying must start to shift to online mode by encouraging online meetings/events. This will decline economic and environmental cost of the activities by reducing travel cost, its emissions and pollution.

Acknowledgements

Thanks to WRI Indonesia, PPI Amsterdam, and Trisakti Disaster Management Center (TDMC).

Ibnu Budiman - ORCID 0000-0002-9128-0866

Rina Kusumaratna - ORCID 0000-0002-9905-3406

References

- Alexander K. A., Kat P. W., Munson L. A., Kalake A., & Appel M. J. Canine distemper-related mortality among wild dogs (*Lycan pictus*) in Chobe National Park, Botswana. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 1996, 27 (3), pp. 426-427.
- Allen T., Murray K. A., Zambrana-Torrel C., Morse S. S., Rondinini C., Di Marco M., Breit N., Olival K. J., & Daszak P. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications*. 2017, 8 (1), pp. 1-10.
- Ambrose J. Carbon emissions from fossil fuels could fall by 2.5bn tonnes in 2020. Environment. *The Guardian*. 2020. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2020/apr/12/global-carbon-emissions-could-fall-by-record-25bn-tonnes-in-2020> (accessed: 15.09.2020)
- Aqil I. Covid-19, a new challenge in forest fire control. The Jakarta Post, 2020. Available from: <https://www.thejakartapost.com/news/2020/05/28/covid-19-a-new-challenge-forest-fire-control.html> (accessed: 15.09.2020)
- Arumingtyas L. Tantangan Pengendalian Karhutla pada Masa Pandemi. Mongabay Environmental News. 2020, June 11. Available from: <https://www.mongabay.co.id/2020/06/11/tantangan-pengendalian-karhutla-pada-masa-pandemi/> (accessed: 15.09.2020)
- Azhar E. I., El-Kafrawy S. A., Farraj S. A., Hassan A. M., Al-Saeed M. S., Hashem A. M., & Madani T. A. Evidence for camel-to-human transmission of MERS coronavirus. *New England Journal of Medicine*. 2014, 370 (26), pp. 2499-2505.
- Bai H. X., Hsieh B., Xiong Z., Halsey K., Choi J. W., Tran T. M. L., Pan I., Shi L.-B., Wang D.-C., & Mei J. Performance of radiologists in differentiating COVID-19 from viral pneumonia on chest CT. *Radiology*. 2020, p. 200823.
- Baker S. R., Farrokhnia R. A., Meyer S., Pagel M., & Yannelis C. How does household spending respond to an epidemic? Consumption during the 2020 COVID-19 pandemic. *National Bureau of Economic Research*. 2020.
- Barbier E. B. Green stimulus, green recovery and global imbalances. *World Economics*. 2010, 11 (2), pp. 149-177.
- Bates A. E., Primack R. B., Moraga P., & Duarte C. M. COVID-19 pandemic and associated lockdown as a “Global Human Confinement Experiment” to investigate biodiversity conservation. *Biological Conservation*. 2020, 248, p. 108665. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108665>
- BI B. *The conservation disruption: When Covid struck*. BirdLife, 2020. Available from: <https://www.birdlife.org/europe-and-central-asia/news/conservation-disruption-when-covid-struck> (accessed: 15.09.2020)
- Bloomfield L. S., McIntosh T. L., & Lambin E. F. Habitat fragmentation, livelihood behaviors, and contact between people and nonhuman primates in Africa. *Landscape Ecology*. 2020, 35 (4), pp. 985-1000.
- Booth H., Arias M., Brittain S., Challender D. W. S., Khanyari M., Kupier T., Li Y., Olmedo A., Oyanedel R., Pienkowski T., & Milner-Gulland E. J. *Managing wildlife trade for sustainable development outcomes after COVID-19*. SocArXiv, 2020. <https://doi.org/10.31235/osf.io/2p3xt>
- Buckley R. Conservation implications of COVID19: Effects via tourism and extractive industries. *Biological Conservation*. 2020, 247, p. 108640. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108640>
- Budiman I. Enabling Community Participation for Social Innovation in the Energy Sector. *Indonesian Journal of Energy*. 2018. Available from: <https://ije-pyc.org/index.php/IJE/article/view/23> (accessed: 15.09.2020)
- Budiman I. *The infection rate of the pandemic in dense cities*. DSA Ireland, 2020, March 31. Available from: <https://www.dsairland.org/covid-19-resources/the-infection-rate-of-the-pandemic-in-dense-cities/> (accessed: 15.09.2020)
- Budiman I., Bastoni Sari E. NN., Hadi E. E., Asmalayah, Siahaan, H., Januar R., & Hapsari R. D. Progress of paludiculture projects in supporting peatland ecosystem restoration in Indonesia. *Global Ecology and Conservation*, 2020, e01084. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01084>
- Budiman I., & Smits M. How Do Configuration Shifts in Fragmented Energy Governance Affect Policy Output? A Case Study of Changing Biogas Regimes in Indonesia. *Sustainability*. 2020, 12 (4), p. 1358. <https://doi.org/10.3390/su12041358>
- Budiman I., Takama T., Pratiwi L., & Soeprastowo E. Role of microfinance to support agricultural climate change adaptations in Indonesia. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*. 2016, 4 (3), pp. 55-68.
- Carlson C. J. From PREDICT to prevention, one pandemic later. *The Lancet Microbe*. 2020, 1 (1), pp. e6-e7. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30002-1](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30002-1)
- Carrington D. Pandemics result from destruction of nature, say UN and WHO. *The Guardian*. 2020, June 17. Available from: <https://www.theguardian.com/world/2020/jun/17/pandemics-destruction-nature-un-who-legislation-trade-green-recovery> (accessed: 15.09.2020)
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). *CDC Novel H1N1 Flu | The 2009 H1N1 Pandemic: Summary Highlights, April 2009-April 2010*. 2010. Available from: <https://www.cdc.gov/h1n1flu/cdcresponse.htm> (accessed: 15.09.2020)
- CDC, (Centers for Disease Control and Prevention). *1957-1958 Pandemic (H2N2 virus) | Pandemic Influenza (Flu) | CDC*, 2019, January 22. Available from: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/1957-1958-pandemic.html> (accessed: 15.09.2020)
- Charlebois S. Coronavirus panic-buying: Industry implications. *New Food Magazine*, 2020. Available from: <https://www.newfoodmagazine.com/article/107095/coronavirus-panic-buying-industry-implications/> (accessed: 15.09.2020)
- Daszak P., Cunningham A. A., & Hyatt A. D. Emerging Infectious Diseases of Wildlife - Threats to Biodiversity and Human Health. *Science*. 2000, 287 (5452), pp. 443-449. <https://doi.org/10.1126/science.287.5452.443>
- Drury R. Hungry for success: Urban consumer demand for wild animal products in Vietnam. *Conservation and Society*. 2011, 9 (3), pp. 247-257.
- Eco-Business. *Coronavirus has cut CO2 from Eu-*

rope's electricity system by 39 per cent. *Eco-Business*, 2020. Available from: <http://www.eco-business.com/opinion/coronavirus-has-cut-co2-from-europes-electricity-system-by-39-per-cent/> (accessed: 15.09.2020)

28. Eskew E. A., & Carlson C. J. Overselling wildlife trade bans will not bolster conservation or pandemic preparedness. *The Lancet Planetary Health*. 2020, 0 (0). [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30123-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30123-6)

29. Evans K. L., Ewen J. G., Guillera-Aroita G., Johnson J. A., Penteriani V., Ryan S. J., Sollmann R., & Gordon I. J. Conservation in the maelstrom of Covid-19 - a call to action to solve the challenges, exploit opportunities and prepare for the next pandemic. *Animal Conservation*. 2020, 23 (3), pp. 235-238. <https://doi.org/10.1111/acv.12601>

30. Fajar J. *Setelah 28 Tahun, Kualitas Udara di Jakarta Membaik: Mongabay.co.id.*, 2020. Available from: <https://www.mongabay.co.id/2020/04/06/setelah-28-tahun-kualitas-udara-di-jakarta-membaik/> (accessed: 15.09.2020)

31. Faustini A., Rapp R., & Forastiere F. Nitrogen dioxide and mortality: Review and meta-analysis of long-term studies. *European Respiratory Journal*. 2014, 44 (3), pp. 744-753.

32. Fawzi N. I., Qurani I. Z., & Rahmasary A. N. *Covid-19: A Zoonosis Related to Deforestation and Foodborne Disease*. 2020, 4.

33. GCA. *Welcome to Carbon Atlas*. Global Carbon Atlas, 2018. Available from: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/welcome-carbon-atlas> (accessed: 15.09.2020)

34. Geography UI. (2020). *PEMODELAN SPASIAL PERSEBARAN NO2*. Available from: <https://sicovid19-geography-ui.hub.arcgis.com/> (accessed: 15.09.2020)

35. Glenna L. The value of public agricultural and food knowledge during pandemics. *Agriculture and Human Values*. 2020, 1.

36. GWC. (2020). *I CHOOSE TO END EXTINCTION*. #ExtinctionEndsHere. Available from: <https://extinctionendshere.org/> (accessed: 15.09.2020)

37. Hays J. N. *Epidemics and pandemics: Their impacts on human history*. Abc-clio, 2005.

38. Henriques M. Will Covid-19 have a lasting impact on the environment. *BBC News*, 2020.

39. Ismail C. J., Takama T., Budiman I., & Knight M. Comparative Study on Agriculture and Forestry Climate Change Adaptation Projects in Mongolia, the Philippines, and Timor Leste. In P. Castro, A. M. Azul, W. Leal Filho, & U. M. Azeiteiro (Eds.). *Climate Change-Resilient Agriculture and Agroforestry: Ecosystem Services and Sustainability*. 2019, pp. 413-430. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75004-0_24

40. Johnson C. K., Hitchens P. L., Pandit P. S., Rushmore J., Evans T. S., Young C. C., & Doyle M. M. Global shifts in mammalian population trends reveal key predictors of virus spillover risk. *Proceedings of the Royal Society B*. 2020, 287 (1924), p. 20192736.

41. Jones K. E., Patel N. G., Levy M. A., Storeygard A., Balk D., Gittleman J. L., & Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 2008, 451 (7181), pp. 990-993.

42. Kahler J. S., & Gore M. L. Beyond the cooking pot and pocket book: Factors influencing noncompliance with wildlife poaching rules. *International Journal of Comparative and Applied Criminal Justice*. 2012, 36 (2), pp. 103-120.

43. Kilbourne E. D. Influenza Pandemics of the 20th Century. *Emerging Infectious Diseases*. 2006, 12 (1), pp. 9-14. <https://doi.org/10.3201/eid1201.051254>

44. Klare M. *Is the Covid-19 Pandemic Mother Nature's*

Response to Human Transgression? Common Dreams, 2020. Available from: <https://www.commondreams.org/views/2020/04/02/covid-19-pandemic-mother-natures-response-human-transgression> (accessed: 15.09.2020)

45. Last J. M., Harris S. S., Thuriaux M. C., & Spasoff R. A. *A dictionary of epidemiology*. International Epidemiological Association, Inc., 2001.

46. Latinne A., Saputro S., Kalengkongan J., Kowel C. L., Gaghiwu L., Ransaleh T. A., Nangoy M. J., Wahyuni I., Kusumaningrum T., & Safari D. Characterizing and quantifying the wildlife trade network in Sulawesi, Indonesia. *Global Ecology and Conservation*. 2020, 21, p. e00887.

47. Liu X., Rohr J. R., & Li Y. Climate, vegetation, introduced hosts and trade shape a global wildlife pandemic. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2013, 280 (1753), pp. 2012-2506. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2506>

48. Lubis M. I., Pusparini W., Prabowo S. A., Marthy W., Andayani N., & Linkie M. Unraveling the complexity of human-tiger conflicts in the Leuser Ecosystem, Sumatra. *Animal Conservation*, 2020.

49. Memish Z. A., Mishra N., Olival K. J., Fagbo S. F., Kapoor V., Epstein J. H., AlHakeem R., Durosinloun A., Al Asmari M., & Islam A. Middle East respiratory syndrome coronavirus in bats, Saudi Arabia. *Emerging Infectious Diseases*. 2013, 19 (11), p. 1819.

50. Morse S. S., Mazet J. A., Woolhouse M., Parrish C. R., Carroll D., Karesh W. B., Zambrana-Torrel C., Lipkin W. I., & Daszak P. Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *The Lancet*. 2012, 380 (9857), pp. 1956-1965. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61684-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61684-5)

51. Muhammad S., Long X., & Salman M. COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Science of the Total Environment*. 2020, p. 138820.

52. Nasralla S. *Coronavirus could trigger biggest fall in carbon emissions since World War Two-Environment-The Jakarta Post*, 2020. Available from: <https://www.thejakartapost.com/life/2020/04/03/coronavirus-could-trigger-biggest-fall-in-carbon-emissions-since-world-war-two.html> (accessed: 15.09.2020)

53. Neupane D. How conservation will be impacted in the COVID-19 pandemic. *Wildlife Biology*. 2020, 2020 (2). <https://doi.org/10.2981/wlb.00727>

54. Newsome D. The collapse of tourism and its impact on wildlife tourism destinations. *Journal of Tourism Futures*. 2020.

55. Nijman V. An overview of international wildlife trade from Southeast Asia. *Biodiversity and Conservation*. 2010, 19 (4), pp. 1101-1114.

56. Null S. *COVID-19 Could Affect Cities for Years. Here Are 4 Ways They're Coping Now*. WRI Indonesia, 2020. Available from: <https://wri-indonesia.org/en/blog/how-cities-coping-with-covid-19> (accessed: 00.00.0000)

57. OECD Statistics, 2011. Available from: <https://stats.oecd.org/> (accessed: 15.09.2020)

58. Plowright R. K., Parrish C. R., McCallum H., Hudson P. J., Ko A. I., Graham A. L., & Lloyd-Smith J. O. Pathways to zoonotic spillover. *Nature Reviews Microbiology*. 2017, 15 (8), pp. 502-510.

59. Purwanto A. *Kualitas Udara Selama Masa Pandemi Covid-19*. Kompas. Id., 2020, June 11. Available from: <https://kompas.id/baca/metro/2020/06/11/kualitas-udara-selama-masa-pandemi/> (accessed: 15.09.2020)

60. PwC. *COVID-19: What it means for industrial manufacturing*. PwC, 2020. <https://www.pwc.com/us/en/library/covid-19/coronavirus-impacts-industrial-manufacturing.html>

61. Robins N., Clover R., & Singh C. A climate for recovery. *The Colour of Stimulus Goes Green*. London: HSBC Global Research. Updated Data Due to Contact to Author On, 2009, 16.
62. Rosalina P. *Tantangan Normal Baru pada Perubahan Lingkungan*. Kompas. Id., 2020, June 21. Available from: <https://kompas.id/baca/riset/2020/06/21/tantangan-normal-baru-pada-perubahan-lingkungan/> (accessed: 15.09.2020)
63. Sharma S., Zhang M., Gao J., Zhang H., & Kota S. H. Effect of restricted emissions during COVID-19 on air quality in India. *Science of The Total Environment*. 2020, 728, p. 138878.
64. Steinmetz R., Srirattaporn S., Mor-Tip J., & Seuaturien N. Can community outreach alleviate poaching pressure and recover wildlife in South-East Asian protected areas? *Journal of Applied Ecology*. 2014, 51 (6), pp. 1469-1478.
65. Susanto I. *Tak Ada Anomali Iklim, Pandemi Covid-19 Perberat Pengendalian Kebakaran Hutan*. Kompas. Id., 2020, June 4. Available from: <https://kompas.id/baca/humaniora/ilmu-pengetahuan-teknologi/2020/06/04/tak-ada-anomali-iklim-pandemi-covid-19-perberat-pengendalian-kebakaran-hutan/> (accessed: 15.09.2020)
66. Symes W. S., Edwards D. P., Miettinen J., Rheindt F. E., & Carrasco L. R. Combined impacts of deforestation and wildlife trade on tropical biodiversity are severely underestimated. *Nature Communications*. 2018, 9 (1), pp. 1-9.
67. Verissimo D., Vieira S., Monteiro D., Hancock J., & Nuno A. Audience research as a cornerstone of demand management interventions for illegal wildlife products: De-marketing sea turtle meat and eggs. *Conservation Science and Practice*. 2020, 2 (3), p. e164. <https://doi.org/10.1111/csp2.164>
68. Volpato G., Fontefrancesco M. F., Gruppuso P., Zocchi D. M., & Pieroni A. *Baby pangolins on my plate: Possible lessons to learn from the COVID-19 pandemic*. Springer, 2020.
69. Wang P., Chen K., Zhu S., Wang P., & Zhang H. Severe air pollution events not avoided by reduced anthropogenic activities during COVID-19 outbreak. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020, 158, p. 104814.
70. Watts J. Brazil: Coronavirus fears weaken Amazon protection ahead of fire season | Environment. *The Guardian*. 2020. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2020/apr/03/brazil-amazon-protection-coronavirus-fire-season> (accessed: 15.09.2020)
71. WeBank. *WeBank 微众银行*. 2020. Available from: <https://www.webank.com/#/home> (accessed: 15.09.2020)
72. White M. C., & Lowen A. C. Implications of segment mismatch for influenza A virus evolution. *The Journal of General Virology*. 2018, 99 (1), pp. 3-16. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000989>
73. Whiting K. *Coronavirus isn't an outlier, it's part of our interconnected viral age*. World Economic Forum, 2020. Available from: <https://www.weforum.org/agenda/2020/03/coronavirus-global-epidemics-health-pandemic-covid-19/> (accessed: 15.09.2020)
74. WHO. *Hazard analysis and critical control point generic models for some traditional foods*. WHO, 2018. Available from: <https://applications.emro.who.int/dsaf/dsa1100.pdf?ua=1> (accessed: 15.09.2020)
75. WRI. *Build Back Better: Perspectives on COVID-19 Response and Recovery*. World Resources Institute, 2020, March 30. Available from: <https://www.wri.org/events/2020/04/build-back-better-perspectives-covid-19-response-recovery> (accessed: 15.09.2020)
76. WWF. *THE LOSS OF NATURE AND RISE OF PANDEMICS*. WWF, 2020. Available from: https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/the_loss_of_nature_and_rise_of_pandemics_protecting_human_and_planetary_health.pdf (accessed: 15.09.2020)
77. Xiao Y., & Torok M. E. Taking the right measures to control COVID-19. *The Lancet, Infectious Diseases*. 2020, 20, pp. 523-524. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30152-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30152-3)
78. Yi C. W., Ching S. C., & Yu J. C. *The outbreak of COVID-19: An overview*. 2020.
79. Zhang R., Zhang Y., Lin H., Feng X., Fu T.-M., & Wang Y. NOx Emission Reduction and Recovery during COVID-19 in East China. *Atmosphere*. 2020, 11 (4), p. 433.
80. Zheng, Y.-Y., Ma Y.-T., Zhang J.-Y., & Xie X. COVID-19 and the cardiovascular system. *Nature Reviews Cardiology*. 2020, 17 (5), pp. 259-260.

Contact details:

Ibnu Budiman - MSc, a PhD candidate at the Department of Sciences, University of Wageningen, Postbox 8130, 6700EW, Wageningen, The Netherlands
E-mail: ibnu.budiman@wur.nl

СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ КОРЕННОГО ЭТНОСА ОСТРОВА ВАЙГАЧ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2021 г. ^{1,2}Н. А. Воробьева, ^{1,2}К. А. Кунавина, ¹А. В. Голубович, ¹А. И. Воробьева

¹ФГБУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск; ²Северный филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр гематологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск

Введение. Совокупность климатогеографических и социокультурных факторов оказывает существенное влияние на здоровье населения, в том числе и на стоматологическое. Однако исследования стоматологического здоровья коренных этносов Арктики в литературе встречаются редко.

Цель. Оценить стоматологический статус у коренного этноса Российской Арктики в условиях постоянного островного проживания.

Методы. Проведено сплошное поперечное исследование ненцев, постоянно проживающих в п. Варнек, о. Вайгач. Обследованы 14 детей и 24 человека трудоспособного возраста. Изучалась распространенность и интенсивность кариеса с расчетом суммы кариозных, пломбированных и удаленных зубов (индекс КПУ, кп, кп + КПУ в зависимости от возраста), уровень гигиены полости рта с помощью Oral Hygiene Index Simplified (OHIS), состояние тканей пародонта, определялся уровень стоматологической помощи и стоматологического здоровья, связанного с качеством жизни пациентов с помощью Oral Health Impact Profile-14 (OHIP-14). Непрерывные переменные представлены в виде медиан и квартилей.

Результаты. Выявлена средняя распространенность (80 %) и низкая интенсивность кариеса у детей: медиана кп = 1,5 (0,0; 4,5), для сменного прикуса – кп + КПУ = 2,5 (1,0; 4,0)). У взрослых отмечена высокая распространенность (100 %) и высокая интенсивность кариеса (медиана КПУ = 15,0 (8,0; 25,5)). У 42 % был здоровый пародонт, у 33 % гингивит и у 25 % – пародонтит. Уровень гигиены был хорошим (медиана OHIS = 1,0 (0,3; 1,0)). Потеря прикрепления тканей пародонта в пределах 0–3 мм была выявлена у 75,0 % осматриваемых, 4–5 мм у 4,2 %. Уровень стоматологической помощи был недостаточным – 13,4 (0,0; 61,3) %. Средний суммарный балл OHIP-14 составил 6,5 (2,0; 12,0), что соответствует хорошему уровню качества жизни, связанного со стоматологическим здоровьем.

Выводы. Рекомендована комплексная работа по сохранению и повышению стоматологического здоровья и связанного с ним качества жизни коренного этноса, проживающего на островных территориях Арктики.

Ключевые слова: коренной этнос, Арктика, стоматологическое здоровье, кариес, пародонт, качество жизни

ORAL HEALTH OF THE INDIGENOUS PEOPLE OF VAIGACH ISLAND, ARCTIC RUSSIA

^{1,2}N. A. Vorobyeva, ^{1,2}K. A. Kunavina, ¹A. V. Golubovich, ¹A. I. Vorobyeva

¹Northern State Medical University, Arkhangelsk; ²National Research Center of Hematology Russian Federation Northern branch, Arkhangelsk, Russia

Introduction: Environmental, social and cultural factors are the main determinants of human health including oral health. However, the evidence on oral health among indigenous people of Arctic Russia is very scarce.

Aim: To assess dental health among indigenous residents of the Arctic island of Vaigach.

Methods: All 14 children and 24 adults of the Nenets ethnic group permanently living on Vaigach island (Arctic Russia) were examined. The prevalence and experience of dental caries was measured using the sum of decayed, missing and filled teeth in permanent and primary dentition (DMFT, dft, dft + DMFT). Oral hygiene was assessed by Oral Hygiene Index Simplified (OHIS). Oral health-related quality of life (OHRQoL) was studied by Oral Health Impact Profile-14 (OHIP-14). The data are presented as medians with the first- and the third quartiles (Q1; Q3).

Results: A moderate prevalence and low experience of caries was revealed among children of the indigenous ethnic group (dft = 1,5 (0,0; 4,5), dft + DMFT = 2,5 (1,0; 4,0)). All 100 % of adults had caries with DMFT of 15,0 (8,0; 25,5). As many as 42 % had a healthy periodontium, 33 % had gingivitis 25 % had periodontitis. At the same time, the level of hygiene was good and with low intensity of gingival inflammation (median OHIS = 1,0 (0,3; 1,0)). Periodontal attachment loss of 0-3 mm and 4-5 mm was observed in 75,0 % and 4.2 % of participants, respectively. The level of dental care was insufficient 13,4 (0,0; 61,3) %. The median total OHIP-14 score was 6,5 (2,0; 12,0) suggesting a good level of OHRQoL.

Conclusion: Our results warrant development of activities aimed at promotion of oral health and OHRQoL and prevention of caries and other oral diseases of the indigenous people in Arctic Russia.

Key words: Indigenous people, Arctic, dental health, caries, periodontium, quality of life

Библиографическая ссылка:

Воробьева Н. А., Кунавина К. А., Голубович А. В., Воробьева А. И. Стоматологическое здоровье коренного этноса острова Вайгач Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2021. № 4. С. 25–29.

For citing:

Vorobyeva N. A., Kunavina K. A., Golubovich A.V., Vorobyeva A. I. Oral Health of the Indigenous People of Vaigach Island, Arctic Russia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 4, pp. 25-29.

Введение

Согласно модели использования медицинских услуг Anderson-Newman существуют три группы факторов, влияющих на потребность в медицинской помощи:

предрасполагающие факторы (возраст, пол, культура, образование, социальная структура и представления человека о здоровье); благоприятствующие факторы (знание о способах получения медицинской помощи и

ее наличие, психологический статус и вспомогательные ресурсы); индивидуальная потребность в услугах здравоохранения (осознаваемая непосредственно индивидом и по оценке специалиста). По всем вышеперечисленным категориям представители коренного малочисленного населения Севера (КМНС) находятся в группе риска по развитию заболеваний внутренних органов, и в частности, стоматологической патологии [12].

Неблагоприятные условия внешней среды Арктики — высокие широты, образ жизни, специфика питания (алиментарный дефицит зеленой пищи, вынужденное использование высококалорийной пищи), дефицит витаминов Д и К в условиях полярной ночи, температурные и световые перепады оказывают негативное влияние на гомеостаз человека и его жизнестойкость во всех аспектах жизнедеятельности [1, 5]. Коренной этнос Севера испытывает дополнительные стрессогенные нагрузки и социального характера: это постепенное разрушение исторически сложившегося уклада жизни, изменения белково-липидной структуры питания, ведущие к дизадаптивным изменениям и формированию «болезней цивилизации» [6]. Стоматологическая помощь и даже доступ к информации, касающейся стоматологического здоровья, по ряду причин зачастую ограничены для данной категории лиц особенно в условиях постоянного островного проживания, что снижает вероятность своевременной профилактики, диагностики и лечения кариеса и других заболеваний полости рта [15, 20].

Исходя из экстремальности климатических условий Арктики и отдаленности проживания отдельных представителей КМНС, отсутствия исследований состояния стоматологического здоровья и его особенностей в условиях островного арктического проживания для последующей разработки системы лечебно-профилактических мероприятий была сформирована цель нашей работы.

Цель исследования — оценка стоматологического здоровья у коренного этноса Арктической зоны РФ в условиях постоянного островного проживания.

Методы

Впервые проведено поперечное сплошное исследование коренного этноса, постоянно проживающего на острове Вайгач (70°01' с. ш. 59°33' в. д.), в период комплексной научной экспедиции по изучению состояния гомеостаза лиц, этнически принадлежащих к ненцам (четвертое поколение включительно) в июле 2019 года, выполняемой в рамках финансирования РФФИ гранта № 18-00-00814-КОМФИ (18-00-00478). В исследование включено коренное население — ненцы, на момент исследования постоянно проживающие на острове Вайгач. Критериями включения в исследование явились этническая принадлежность к ненцам (четвертое поколение включительно); постоянное островное проживание в Арктике (остров Вайгач); наличие добровольного информированного

согласия на участие в исследовании. Критерии исключения из исследования — отказ от участия в исследовании; принадлежность к другим этносам и метисы.

Стоматологическое обследование осуществляли в соответствии с правилами международного стандарта GCP и по методике, рекомендованной Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), с занесением данных обследования в карту оценки стоматологического статуса взрослых и детей [21]. Проведен стоматологический осмотр 14 детей и подростков (0–14 лет) и 24 человек трудоспособного возраста (15–64 года), представляющих коренной этнос острова Вайгач Арктической зоны РФ.

Критериями оценки состояния твердых тканей зубов являлись показатели распространенности, интенсивности кариеса зубов (индекс Кариес, Пломба, Удаленный зуб для временного, сменного и постоянного прикуса (кп, кп + КПУ, КПУ)), а также компоненты индекса КПУ [21]. Определяли уровень гигиены полости рта по Oral Hygiene Index Simplified — OHIS [19], состояние тканей пародонта фиксировали по индексу Papillary, Marginal and Attached gingiva index — PMA [17] и потере прикрепления тканей пародонта [21]. Качество стоматологической помощи оценивали с помощью индекса уровня стоматологической помощи (УСП) [8].

Для анализа стоматологического здоровья, связанного с качеством жизни пациентов, использовался русскоязычный вариант Oral Health Impact Profile (OHIP-14). По итоговой сумме баллов определяли уровень качества жизни пациентов: 0–12 — хороший уровень, 13–24 — удовлетворительный, 25–56 — неудовлетворительный [10].

Для статистической обработки результатов использовали пакет программ Stata v.13.1 (Stata Corp, TX, USA). Категориальные переменные представлены в виде абсолютных чисел и долей, количественные — с помощью медиан, первого и третьего квартилей — Me (Q₁; Q₃). Для определения шансов возникновения исхода (средний и высокий КПУ) использовался нескорректированный логистический регрессионный анализ. Зависимая переменная была бинарной, где 1 — КПУ от 0 до 8,9 (очень низкая и низкая интенсивность кариеса), 2 — КПУ 9,0–32,0 (средняя и высокая интенсивность кариеса), а независимая — возраст участников в годах.

У всех участников исследования было получено информированное согласие. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом по этике ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России (протокол № 03/5 от 27.05.2015 г.).

Результаты

Средний возраст обследованных детей и подростков, принадлежащих к группе коренного этноса поселка Варнек острова Вайгач, составил 8,5 (4,0; 11,0) года. Распространенность кариеса во временном прикусе (0,5–6 лет) составила 50,0 %, а

среднее значение интенсивности (кп) – 1,5 (0,0; 4,5). Распространенность кариеса в сменном прикусе (7–12 лет) возросла до 80,0 %, а медиана интенсивности (кп + КПУ) – до 2,5 (1,0; 4,0), что соответствовало низкой интенсивности кариозного процесса. В целом интенсивность определялась наличием кариозных временных и постоянных зубов, а пломбированных и удаленных зубов у обследованных практически не было выявлено. Часть подростков (3 человека) нуждалась в консультации врача-ортодонта.

Взрослое население, включенное в исследование, составило 24 человека. Распределение участников по возрасту, полу, уровню образования представлено в табл. 1. Статистически значимой возрастной и гендерной разницы между представителями коренного этноса и группой сравнения не выявлено.

Таблица 1

Распределение обследованных лиц, принадлежащих к коренному этносу, в соответствии с демографическими характеристиками

Признак	Коренной этнос
Возраст, Md (Q ₁ ; Q ₃)	40,0 (30,0; 57,0)
Пол, n (%)	
Женщины	13 (54,2)
Мужчины	11 (45,8)
Уровень образования, n (%)	
Средняя школа	10 (66,6)
Высшая школа	1 (6,7)
Колледж/институт/университет	3 (20,0)
Последипломное образование	1 (6,7)

Анализ результатов исследования показал, что распространенность кариеса в группе коренного этноса составила 100 %, интенсивность кариозного процесса по индексу КПУ составило 15,0 (8,0; 25,5). Согласно выполненному регрессионному анализу с каждым годом шанс иметь среднее и высокое значение КПУ повышается на 11,8 (95 % ДИ: 1,03–1,21) %, $p = 0,005$.

Рассмотрение компонентов КПУ позволило выявить среднее значение кариозных – 2,0 (0,5; 3,5), пломбированных – 1,0 (0,0; 3,5) и удаленных – 6,0 (1,5; 22,5) зубов.

По данным настоящего исследования, уровень гигиены полости рта у всех обследованных был хорошим: 1,0 (0,3; 1,0). При этом пародонтологическая заболеваемость была следующей: среди КМНС 10 человек (41,7 %) имели здоровый пародонт, у 8 (33,3 %) был выявлен гингивит, у 6 (25,0 %) – пародонтит. Тогда как среднее значение РМА составило 0,0 (0,0; 15,0) % среди коренного населения, что свидетельствует об отсутствии воспаления.

Оценка потери прикрепления отражена в табл. 2. В основном выявлялись сектанты с потерей прикрепления 0–3 мм (75,0 % обследованных), у 4,2 %

участников были выявлены пародонтальные карманы 4–5 мм, 20,8 % имели удаленные сектанты.

Среднее значение показателя УСП среди представителей КМНС составило 13,4 (0,0; 61,3) %, что является недостаточным уровнем.

Таблица 2

Степень потери прикрепления тканей пародонта, n (%)

Код	Коренной этнос
Потеря прикрепления 0–3 мм (код 0)	18 (75,0)
Потеря прикрепления 4–5 мм (код 1)	1 (4,2)
Потеря прикрепления 6–8 мм (код 2)	0
Потеря прикрепления 9–11 мм (код 3)	0
Удаленные сектанты (код X)	5 (20,8)

Средний суммарный балл ответов на вопросы ОНПР-14 у участников исследования составил 6,5 (2,0; 12,0), что свидетельствовало о хорошем уровне качества жизни опрошенных, связанного со стоматологическим здоровьем.

Обсуждение результатов

Проведенное стоматологическое обследование выявило значительные проблемы со здоровьем полости рта у островных жителей Арктической зоны РФ. Удаленность островной территории Вайгача накладывает свой отпечаток на доступность и своевременность стоматологической помощи. Так, 86,0 % респондентов острова Вайгач не получали стоматологическую помощь в течении от 5 до 8 лет. В основном обращение было связано с удалением зубов, так как профилактические осмотры на острове Вайгач в настоящее время не проводятся, что связано с труднодоступностью и отдаленностью острова от центральной окружной больницы г. Нарьян-Мар. Следует отметить, что несмотря на низкий УСП и высокую нуждаемость в стоматологической помощи, респонденты демонстрируют хороший уровень качества жизни, связанного со стоматологическим здоровьем.

Согласно многочисленным исследованиям предыдущих лет, частота кариеса зубов среди детей всех возрастов колеблется от 50 до 80 % как в развивающихся, так и в развитых странах, в разных этнических группах, у жителей городов и сельской местности, что не противоречит результатам, полученным в настоящем исследовании [13, 16, 22, 23]. При этом важно отметить, что интенсивность кариеса в исследуемой группе была несколько ниже, чем в ранее выполненных работах [2, 9, 18, 22].

Что касается данных о высокой распространенности и интенсивности кариозного процесса и заболеваний пародонта среди участников трудоспособного возраста, то они сопоставимы с результатами ранее проведенных исследований стоматологического здоровья лиц, проживающих в экстремальных климатических условиях Севера России [4, 6, 9, 11].

Небольшое количество пломбированных зубов у лиц, постоянно проживающих в условиях острова Вайгач, как и тенденция к удалению зубов при получении стоматологической помощи, безусловно является следствием труднодоступности планового стоматологического лечения и невозможности осуществления зубосохраняющих манипуляций [4, 7], а тем более на островных территориях Арктики с затрудненным сообщением с материковой частью, что не противоречит результатам ранее проведенных исследований УСП в Архангельской области [11].

Достаточно высокая самооценка качества жизни жителей острова Вайгач, связанного со стоматологическим здоровьем, возможно, объясняется наличием серьезных социальных проблем, таких как безработица, злоупотребление алкоголем, отсутствие грамотных руководителей, низкая заработная плата и других [3], которые являются более приоритетными, чем вопросы, касающиеся стоматологического благополучия.

Таким образом, исходя из результатов нашего исследования, проведенного на острове Вайгач, целесообразно усилить систематические медицинские мероприятия по сохранению и повышению стоматологического здоровья и связанного с ним качества жизни КМНС в условиях постоянного островного проживания в Арктике по следующим основным, по нашему мнению, приоритетным направлениям:

1. Разработка региональной программы, направленной на создание доступной стоматологической помощи и распространение информации о способах поддержания стоматологического здоровья в условиях постоянного проживания в труднодоступных островных районах Арктического региона РФ.

2. Усиление непосредственной работы с населением, в частности с коренным этносом, по вопросам повышения мотивации к профилактике и лечению стоматологических заболеваний.

3. Междисциплинарный научный анализ возможной связи состояния органов и тканей полости рта с особенностями алиментарного статуса, жирового и липидного обмена крови, микробиоценозом полости рта в условиях постоянного проживания в Арктике.

Данные направления являются дальнейшей целью наших научных разработок.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках исследования, поддержанного грантом РФФИ — проект №18-00-00814-КОМФИ (18-00-00478).

Авторство

Воробьева Н. А. разработала концепцию и дизайн исследования, участвовала в экспедиции, проводила анкетирование, забор биологического материала, окончательно утвердила представленную в редакцию рукопись; Кунавина К. А. внесла существенный вклад в статистический анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи; Голубович А. В. участвовал в экспедиции, проводил анкетирование и стоматологический осмотр; Воробьева А. И. участвовала в экспедиции, внесла существен-

ный вклад в анализ и интерпретацию данных, подготовила литературный обзор.

Конфликт интересов отсутствует.

Воробьева Надежда Александровна — ORCID 0000-0001-6613-2485; SPIN 4545-2558

Кунавина Карина Александровна — ORCID 0000-0003-3537-5817; SPIN 7373-2150

Голубович Алексей Владимирович — ORCID 0000-0002-3137-481X

Воробьева Алена Ивановна — ORCID 0000-0003-4817-6884

Список литературы / References

1. Воробьева Н. А., Воробьева А. И., Белова Н. И., Неманова С. Б. Концентрации филлохинона (витамина K_1), полиморфизм генов биотрансформации, витамин К-оксидоредуктазы в популяции ненецкого этноса Арктического региона Российской Федерации // Тромбоз, гемостаз и реология. 2019. № 4. С. 46–54. <https://doi.org/10.25555/THR.2019.4.0899>

Vorobyeva N. A., Vorobyeva A. I., Belova N. I., Nemanova S. B. Phylloquinone (vitamin K_1) concentration, polymorphism of biotransformation genes, vitamin K-oxidoreductase in the population of Nenets ethnos in Arctic region of Russian Federation. *Tromboz, gemostaz i reologia* [Thrombosis, hemostasis and rheology]. 2019, 4, pp. 46-54. <https://doi.org/10.25555/THR.2019.4.0899> [In Russian]

2. Горбатова М. А., Матвеева И. В., Дегтева Г. Н., Горбатова Л. Н., Гржибовский А. М. Распространенность и интенсивность кариеса у детей 10–14 лет Ненецкого автономного округа (Арктическая зона России) в зависимости от минерального состава питьевой воды и социально-демографических факторов // Экология человека. 2019. № 12. С. 4–13. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-12-4-13>

Gorbatova M. A., Matveeva I. V., Degteva G. N., Gorbatova L. N., Grjibovski A. M. Dental caries prevalence and experience among 10-14 years old children in the Nenets Autonomous area (Arctic Russia) in relation to mineral composition of drinking water and socio-demographic factors. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019, 12, pp. 4-13. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-12-4-13> [In Russian]

3. Давыдов А. Н., Михайлова Г. В. Изменение климата и условия жизни в Арктике в восприятии ненцев острова Вайгач // Экология человека. 2013. № 2. С. 29–34.

Davydov A. N., Mikhailova G. V. Climate change and conditions of life in the Arctic in perception of Nenets on Island Vaigach. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2013, 2, pp. 29-34. [In Russian]

4. Драчев С. Н., Юшманова Т. Н., Ипатов О. Н. Стоматологические аспекты здоровья взрослого населения, проживающего на территориях экологического риска // Экология человека. 2008. № 2. С. 14–16.

Drachev S. N., Yushmanova T. N., Ipatov O. N. Dental aspects of adult population health on territories of ecological risk. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2008, 2, pp. 14-16. [In Russian]

5. Кубрушко Т. В., Винокур А. В., Бароян М. А., Дударь Е. В. Стоматологическое здоровье у лиц трудоспособного возраста (35–44 года) // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 5 (3). С. 385–386.

Kubrushko T. V., Vinokur A. V., Barojan M. A., Dudar' E. V.

Dental health in people of working age (35-44 years old). *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International Journal of Experimental Education]. 2016, 5 (3), pp. 385-386. [In Russian]

6. Лебедев С. Н. Влияние социально-экономического уровня жизни на состояние стоматологического здоровья коренного малочисленного народа Севера ХМАО – Югры // Проблемы стоматологии. 2012. № 3. С. 33–35.

Lebedev S. N. Influence of a social and economic standard of living on a condition of stomatologic health of the Indigenous small People of the North of Khanty-Mansi Autonomous Okrug - Ugra. *Problemy stomatologii* [Actual problems in dentistry]. 2012, 3, pp. 33-35. [In Russian]

7. Лебедев С. Н. Частота и структура заболеваний пародонта и слизистой оболочки полости рта коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (на примере Нижневартовского района) // Уральский медицинский журнал. 2011. № 5 (83). С. 72–74.

Lebedev S. N. The frequency and structure of periodontal disease and oral mucosa of the indigenous population of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Ugra (for example, the Nizhnevartovsk region). *Ural'skii meditsinskii zhurnal* [Ural Medical Journal]. 2011, 5 (83), pp. 72-74. [In Russian]

8. Леус П. А. Стоматологическое здоровье населения: учеб. пособие. Минск: БГМУ, 2009. 256 с.

Leus P. A. *Dental health of the population: textbook*. Minsk, 2009, 256 p. [In Russian]

9. Максимовская Л. Н., Михаревич Н. Б., Соколова М. А. Интенсивность кариеса зубов у населения Ямало-Ненецкого автономного округа // Dental Forum. 2011. Т. 40, № 4. С. 37–39.

Maksimovskaya L. N., Mikharevich N. B., Sokolova M. A. DMFT index in children and adults of Yamal-Nenets Autonomous Area. *Dental Forum*. 2011, 40 (4), pp. 37-39. [In Russian]

10. Студеникин Р. В., Серикова О. В. Оценка качества жизни пациентов в стоматологии с помощью компьютерной программы // Здоровье и образование в XXI веке. 2017. № 19 (12). С. 234–239. <https://doi.org/10.26787/nyd-ha-2226-7425-2017-19-12-234-239>

Studenikin R. V., Serikova O. V. Assessment of the quality of life of patients in dentistry using computer programs. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke* [Health and Education Millennium]. 2017, 19 (12), pp. 234-239. <https://doi.org/10.26787/nyd-ha-2226-7425-2017-19-12-234-239>. [In Russian]

11. Юшманова Т. Н., Давыдова Н. Г. Стоматологическое здоровье населения в возрасте 35–44 лет, проживающего на Европейском Севере // Экология человека. 2003. № 1. С. 32–35.

Yushmanova T. N., Davydova N. G. Stomatologic health of the population at age 35-44 y. o. living in the European North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2003, 1, pp. 32-35. [In Russian]

12. Ashworth A. Understanding the factors influencing the aboriginal health care experience. *Canadian Journal of Dental Hygiene*. 2018, 52, pp. 208-212.

13. Farooqi F. A., Khabeer A., Moheet I. A., Khan S. Q., Farooq I., ArRejaie A. S. Prevalence of dental caries in primary

and permanent teeth and its relation with tooth brushing habits among schoolchildren in Eastern Saudi Arabia. *Saudi Med J*. 2015, 36 (6), pp. 737-742. <https://doi.org/10.15537/smj.2015.6.10888>

14. Gaur A., Sujan S. G., Katna V. The oral health status of institutionalized children that is. Juvenile home and orphanage home run by Gujarat state Government, in Vadodara city with that of normal school children. *Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2014, 32 (3), pp. 231-237. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.135833>

15. Kyoon-Achan G., Schroth R. J., Sanguins J., Campbell R., Demaré D., Sturym M., Edwards J., Bertone M., Dufour L., Hai Santiago K., Chartrand F., Dhaliwal T., Patterson B., Levesque J., Moffatt M. Scaling Up the Healthy Smile Happy Child Team. Early childhood oral health promotion for First Nations and Métis communities and caregivers in Manitoba. *Health Promot Chronic Dis Prev Can*. 2021, 41 (1), pp. 14-24. <https://doi.org/10.24095/hpcdp.41.1.02>

16. Mathur V. P., Dhillon J. K. Dental caries: A disease which needs attention. *Indian J Pediatr*. 2018, 85 (3), pp. 202-206. <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2381-6>

17. Parma C. *Parodontopathien*. Leipzig, Barth, 1960, 203 p.

18. Smith L., Blinkhorn A., Moir R., Brown N., Blinkhorn F. An assessment of dental caries among young Aboriginal children in New South Wales, Australia: a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2015, 15 (1314), pp. 1-6. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2673-6>

19. Wei S. H., Lang K. P. Periodontal epidemiological indices for children and adolescents: II. Evaluation of oral hygiene; III. Clinical applications. *Pediatric Dentistry*. 1982, 4 (1), pp. 64-73.

20. Williams S., Jamieson L., Macrae A. P., Gray C. A. Review of Indigenous oral health. *Aust Indig Health Bull*. 2011, 11 (2), pp. 1–18.

21. World Health Organization. Oral health surveys: basic methods. 5th ed. Geneva, WHO, 2013, 128 p.

22. Wulaerhan J., Abudureyimu A., Bao X. L., Zhao J. Risk determinants associated with early childhood caries in Uyghur children: a preschool-based cross-sectional study. *BMC Oral Health*. 2014, 14, pp.136. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-136>

23. Youssefi M. A., Afroughi S. Prevalence and associated factors of dental caries in primary schoolchildren: an Iranian setting. *International Journal of Dentistry*. 2020, 2020, article ID: 8731486. <https://doi.org/10.1155/2020/8731486>

Контактная информация:

Воробьева Надежда Александровна – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой ФГБУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России; директор Северного филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр гематологии» Минздрава России

Адрес: 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51
E-mail: nadejdav0@gmail.com

УДК [612.122.1 + 612.349.8](98)

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-4-30-39

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ, ПРОИНСУЛИНА И ИНСУЛИНА В КРОВИ У ЖИТЕЛЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

© 2021 г. Ф. А. Бичкаева, Т. Б. Коваленко, А. А. Бичкаев, Б. А. Шенгоф, Т. В. Третьякова

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н. П. Лаверова УрО РАН», г. Архангельск, Россия

Введение. Проживание в экстремальных природно-климатических условиях Арктики способствует формированию особого типа метаболизма глюкозы и его регулирующих звеньев, однако научной информации о возрастных изменениях вышеупомянутых процессов недостаточно.

Цель. Изучить возрастные изменения уровня глюкозы и его регулирующих звеньев – проинсулина и инсулина у жителей Севера.

Методы. В поперечном многоцентровом исследовании приняли участие 1 058 практически здоровых лиц обоих полов 16–74 лет, 629 из которых постоянно проживают в арктическом (АР) и 429 – в приарктическом (ПР) регионах. Обследуемые были поделены на возрастные группы 16–21, 22–35, 36–45, 46–60 и 61–74 лет. В сыворотке крови иммуноферментным методом определено содержание проинсулина и инсулина, а методом спектрофотометрического анализа – уровень глюкозы. Для оценки наличия инсулинорезистентности рассчитывали величины проинсулин/инсулин и индекса HOMA. Статистический анализ данных проводили с помощью критерия Манна – Уитни с коррекцией по Бонферрони и корреляционного анализа с расчетом коэффициента корреляции Спирмена.

Результаты. С возрастом у северян содержание глюкозы в крови повышалось, но у обследованных в возрасте 16–21 года в ПР по сравнению со сверстниками в АР ее уровень был значимо выше, а у лиц с 22–35 до 61–74 лет (кроме 46–60-летних) региональные различия сглаживались. В АР статистически значимое повышение уровня глюкозы начиналось не в 36–45 лет, как в ПР, а в 22–35 лет. Доля лиц с повышенным содержанием глюкозы в 46–60 и 61–74 года была больше в АР, чем в ПР (22,5 % и 33,3 % против 14,7 % и 27,9 %), что сочеталось со смещением уровня проинсулина в сторону сверхнормативного значения (37,5% и 33,3 % против 24,7% и 28,8%), инсулина – ниже нормативного (57,5% и 53,8 % против 74,0% и 36,8%).

Выводы. Снижение утилизации глюкозы у северян с возрастом сопровождалось понижением интенсивности процессинга проинсулина в инсулин, что, по-видимому, говорит о раннем истощении функциональной и рецепторной активности β -клеток поджелудочной железы и может отражать скрытые формы нарушений гомеостаза глюкозы, причем более выраженные у жителей АР.

Ключевые слова: глюкоза, проинсулин, инсулин, возраст, Арктика

AGE-RELATED CHANGES IN BLOOD CONCENTRATIONS OF GLUCOSE, PROINSULIN AND INSULIN AMONG RESIDENTS OF THE RUSSIAN ARCTIC

F. A. Bichkaeva, T. B. Kovalenko, A. A. Bichkaev, B. A. Shengof, T. V. Tretyakova

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

Introduction: Extreme natural and climatic conditions of the Arctic have led to development of a special type of glucose metabolism and its regulating links, although the evidence on age-related changes in these mechanisms among Arctic residents is still scarce.

Aim: To study age-related changes in blood concentrations of glucose, proinsulin and insulin in residents of Russian circumpolar territories.

Methods: In total 1 058 healthy individuals of both genders aged 16-74 years took part in a multicenter cross-sectional study. Of them, 629 permanently lived in the Arctic region while 429 were residents of the Subarctic areas. By age the participants were classified as 16-21, 22-35, 36-45, 46-60 and 61-74 years old. Concentrations of proinsulin and insulin were determined by the enzyme immunoassay methods while glucose level was assessed by spectrophotometric analysis. Between group differences in numeric characteristics were analyzed using Mann-Whitney tests with Bonferroni correction. Associations between variables were studied by non-parametric correlation analysis.

Results. Blood glucose concentration increased with age. Among the 16-21-year-olds, higher concentrations of glucose was observed among Subarctic residents. Regional differences reduced in parallel with age. In the Arctic region, an increase in blood glucose in comparison with the youngest group began from 22-35 years while in the Subarctic region. The proportion of people with high glucose levels in age-groups 46-60 and 61-74 years was greater among the Arctic residents compared with their Subarctic counterparts (22.5% and 33.3 % vs. 14.7% and 27.9 %). This was combined with greater proportions of people in the AR with increased proinsulin levels (37.5% and 33.3 % vs. 24.7% and 28.8%) and decreased levels of insulin (57.5% and 53.8 % vs. 74.0 and 36.8 %).

Conclusion: A gradual decrease in glucose utilization with age seems to be associated with a decrease in the intensity of proinsulin processing into insulin suggesting early depletion of the functional and receptor activity of pancreatic β -cells. The changes were more pronounced among the residents of the Arctic areas compared to their Subarctic counterparts.

Key words: glucose, proinsulin, insulin, age, Arctic

Библиографическая ссылка:

Бичкаева Ф. А., Коваленко Т. Б., Бичкаев А. А., Шенгоф Б. А., Третьякова Т. В. Возрастные изменения уровня глюкозы, проинсулина и инсулина в крови у жителей российской Арктики // Экология человека. 2021. № 4. С. 30–39.

For citing:

Bichkaeva F. A., Kovalenko T. B., Bichkaev A. A., Shengof B. A., Tretyakova T. V. Age-Related Changes in Blood Concentrations of Glucose, Proinsulin and Insulin among Residents of the Russian Arctic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 4, pp. 30-39.

Введение

Согласно подсчетам Всемирной организации здравоохранения сегодня по всему миру насчитывается 422 млн взрослых, страдающих сахарным диабетом (СД), для сравнения в 1980 году их было 108 млн и, по прогнозам, к 2030 году будет более 300 млн человек [17, 19]. Так, высокая распространенность СД выявлена в азиатских [21, 23] и европейских [18, 19, 27] странах. Заметное увеличение числа больных диабетом отмечается в странах Австралии и Африки [18, 25]. Численность пациентов с СД в Российской Федерации (РФ) с 2000 года выросла в 2,2 раза и на 01.01.2019 года составила 4 584 575 (3,12 % населения РФ) [15]. Рост распространенности СД отмечен и на территории арктического региона, где она, по исследованиям 1960–2000 годов, была низкой, особенно среди аборигенного населения, и составляла, например, среди якутов 0,5–0,75 % [3], а среди чукчей и эскимосов Чукотки – 1,8 на 1 000 человек. По сведениям 1994 года среди населения пос. Нельмин-Нос было зарегистрировано всего три случая СД, а к 2008 году их число возросло до 12 [28]. Начиная с 2007 года СД является одним из распространенных эндокринных заболеваний у северян, в частности, распространенность его в Ямало-Ненецком автономном округе составила 2 723,9 человека на 100 тысяч населения, в Ненецком автономном округе – 3 204,7 человека и еще больше в Архангельской области – 3 884,8 человека на 100 тысяч населения [6]. Распространенность СД 2-го типа увеличивается с возрастом и достигает максимума в возрасте 60–74 лет [30].

Как известно, инсулинорезистентность (ИР) является ключевым фактором развития СД 2-го типа. Более ранними исследованиями было установлено, что при проживании в условиях Арктики и Крайнего Севера концентрация глюкозы в крови людей снижалась до величин, характерных для нижней границы физиологической нормы на фоне снижения концентрации инсулина [11]. Результаты наших более ранних исследований [2] свидетельствуют о том, что смещение уровня проинсулина, инсулина в сторону низких значений, особенно у оседлых аборигенов Севера, составило 15,0 % относительно 8,0 % у кочующих. Вместе с тем, по многочисленным данным, у северян с возрастом по уровню глюкозы и инсулина встречаются противоречивые данные [4, 16, 24, 26, 29], что требует уточнения возрастных изменений гормонов поджелудочной железы и их роли в обеспечении уровня глюкозы, особенно для лиц арктических (заполярных) территорий. Это связано с переходом их на «европейский» тип питания с уменьшением в рационе доли белков и преобладанием жиров и углеводов, что может влиять на ферментные системы, изменяя активность метаболических процессов.

Вышеперечисленные изменения вносят коррективы в выдвинутую Л. Е. Паниным концепцию о формировании «полярного метаболического типа»,

необходимого при высокой степени адаптации к экстремальным факторам Севера и обеспечивающего снижение риска развития метаболических заболеваний [11]. Следовательно, изучение содержания глюкозы и ее регулирующих звеньев (проинсулин и инсулин) на современном этапе является актуальным для понимания возрастных трансформаций в гомеостазе глюкозы при адаптации организма к условиям Севера различных климатогеографических территорий.

Цель работы – оценка изменений уровня глюкозы и его регулирующих звеньев – проинсулина и инсулина у жителей циркумполярных территорий в зависимости от возраста на современном этапе.

Методы

Проведено поперечное исследование по материалам 20 экспедиций 2009–2020 годов, маршрут которых охватывал следующие территории: арктический регион (АР) – п. Нельмин-Нос Ненецкого автономного округа (67°59' с. ш.), п. Несь (66°36' с. ш.) Заполярного района; д. Совполье (65°18' с. ш.), д. Сояна (65°46' с. ш.), с. Долгощелье (66°02' с. ш.) Мезенского района – представили 22 % обследуемых лиц; Ямало-Ненецкий автономный округ – с. Сёяха (70°10' с. ш.) Ямальского района, г. Надым (65°32' с. ш.), с. Ныда (66°37' с. ш.), с. Нори (66°09' с. ш.) Надымского района; с. Гыда (70°54' с. ш.), с. Газ-Сале (67°22' с. ш.), п. Тазовский (67°21' с. ш.), с. Антипаюта (69°06' с. ш.) Тазовского района; с. Толька (64°00' с. ш.), с. Красноселькуп (65°42' с. ш.) Красноселькупского района – представили 78 % обследуемых лиц. Из них 55 % составили аборигенное (ненцы, коми) и 45 % местное европеоидное население. Приарктический регион (ПР) был представлен местным (русским) населением, жители которого родились и выросли на территориях г. Архангельск (64°54' с. ш.), п. Пинега (64°41' с. ш.), п. Коноша (60°58' с. ш.), с. Рикасиха (64°32' с. ш.) Архангельской области; доли обследуемых лиц региона составили соответственно 30, 25, 20 и 25 %. Обследованы 1 058 человек в возрасте 16–74 лет.

В исследовании применяли критерии исключения – пришлое население, наличие СД, сердечно-сосудистых заболеваний, болезней щитовидной железы, острых патологических состояний и обострения хронических болезней. Все лица были из числа добровольцев и дали согласие на участие в исследовании, которое было одобрено комиссией по биомедицинской этике (заседание этического комитета Института физиологии природных адаптаций ФГБУН ФИЦКИА РАН от 28.12.2017) и проведено согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2000). Добровольцы были заранее проинформированы о предстоящем исследовании и пришли на фельдшерско-акушерский пункт в день обследования. Первоначально проводился физикальный

осмотр врачами (Лобанов А. А., Попов А. И., Дубинин К. Н., Андоронов С. В., Кочкин Р. А.), на основании заключения которых делался вывод о состоянии их здоровья и определялось участие в исследовании. Сбор биологического материала проводился во время медосмотра с соблюдением всех правил забора крови с 8.00 до 10.00 часов натощак в вакутайнеры Beckton Dickinson ВР. Одновременно было проведено анкетирование, касающееся возраста, антропометрических данных, наличия хронических заболеваний, стажа работы, вредных привычек, уровня физической активности, характера питания и др.

Согласно классификации, принятой на VII Всесоюзной конференции АПН СССР (Москва, 1965) по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии [1], обследованные лица были разделены на возрастные группы (табл. 1).

Таблица 1

Обследуемые возрастные группы			
Группа	Возраст, лет	Количество обследуемых лиц	
		ПР (местное русское население, %)	АР (аборигены / неаборигены, %)
1-я	16–21 (юношеский)	60	50 (55 / 45)
2-я	22–35 (1-й период зрелого)	80	155 (57 / 43)
3-я	36–45 (2-й период зрелого)	89	151 (60 / 40)
4-я	46–60 (3-й период зрелого)	120	175 (54 / 46)
5-я	61–74 (пожилой)	80	98 (52 / 48)

Иммуноферментным методом с помощью наборов DRG Instruments GmbH на планшетном анализаторе для иммуноферментного анализа (ИФА, ELISYS Uno, Human GmbH, Германия) и фотометре StatFax 303 (США) в сыворотке крови определяли содержание проинсулина (ПроИнс, норма 0,7–4,3 пмоль/л) и инсулина (Инс, норма 2,1–22 мкЕд/мл). В сыворотке крови методом спектрофотометрического анализа на биохимическом анализаторе «ФУРУНО СА-270» (Япония), анализаторах «Биолаб-100» (Россия), «Cary 50 Scan» (Австралия) определены уровни глюкозы (Глю, норма 3,9–6,1 ммоль/л) с использованием наборов Chronolab AG (Швейцария). Для оценки инсулинорезистентности (ИР) рассчитывали индекс НОМА (Глю натощак (ммоль/л) × Инс натощак (мкЕд/мл)/22,5; норма не более 2,86) и величину проинсулин/инсулин (ПроИнс/Инс).

Статистический анализ собранных данных выполнялся в программе IBM SPSS Statistics 22.0 [9]. Полученные выборки проверялись на нормальность распределения по результатам критерия Шапиро – Уилка. В связи с тем, что была выявлена асимметрия распределения, рассчитывались медианы (Me), 25-й и 75-й перцентили. Статистическая значимость региональных различий между аналогичными возрастными группами определялась с помощью

критерия Манна – Уитни. Категориальные данные сравнивали с помощью критерия хи-квадрат Пирсона. Оценку статистически значимых различий между пятью независимыми возрастными группами выполняли с использованием критерия Крускала – Уоллиса (Н-тест). При обнаружении различий между группами проводились попарные сравнения с помощью критерия Манна – Уитни. Для удержания ошибки первого типа в пределах 5 % использовали поправку Бонферрони. Корректировка значений уровня статистической значимости производилась по формуле: $pA = p \times m$, где p – уровень статической значимости; pA – скорректированное значение p ; m – число сравнений. Оценку связи возраста в виде непрерывной величины и изучаемых параметров осуществлялась с применением непараметрического корреляционного анализа с расчетом коэффициента Спирмена (r). [10].

Результаты

По результатам нашего исследования выявлен статистически значимо высокий уровень глюкозы у обследуемых 1-й группы ПР по сравнению с уровнем аналогичной возрастной группы АР с последующим сглаживанием региональных различий (табл. 2). В АР наименьшие уровни глюкозы были отмечены у лиц юношеского возраста со статистически значимо низкими значениями по сравнению с более старшими возрастными группами. Между лицами 2-й и 3-й групп как ПР, так и АР в уровнях глюкозы значимые различия не были отмечены, но в обоих регионах были зарегистрированы низкие его значения относительно лиц 4-й и 5-й групп. В ПР повышение ее уровня происходило менее интенсивно: в юношеском возрасте, где содержание глюкозы было наименьшим, отмечены значимые различия только относительно лиц 4-й и 5-й групп. Помимо всего прочего у лиц 2-й группы ее содержание было ниже, чем у лиц 4-й и 5-й групп, а у лиц 5-й группы ниже, чем у лиц 3-й и 4-й групп. При этом с возрастом наблюдалось увеличение доли лиц с содержанием глюкозы выше нормативного, а в старших возрастных группах (4-й и 5-й) она была больше в АР, чем в ПР (см. рис. 1).

Известно, что основным регулятором метаболизма глюкозы и ее содержания в периферической крови является инсулин, содержание которого зависит от интенсивности синтеза проинсулина. При анализе возрастной динамики уровня проинсулина у лиц юношеского возраста ПР отмечено, что ее значения не выходили за рамки интервала нормы, а в АР были смещены к верхней границе нормы и доля лиц с его сверхнормативным значением составила 47,1 %. У лиц зрелого возраста в ПР значимых изменений в содержании проинсулина не выявлено (максимальный его уровень был в 3-й группе). Значимое его снижение относительно лиц 1-й группы выявлено в АР. Следует отметить, что уровень проинсулина выше нормативных значений в ПР был выше, чем в АР (см. рис. 1). В ПР его уровень был выше в группах 3-й и

Таблица 2

Средние значения глюкозы, проинсулина и инсулина в сыворотке крови у клинических здоровых жителей приарктического (ПР) и арктического (АР) регионов Севера России, Me (25; 75)

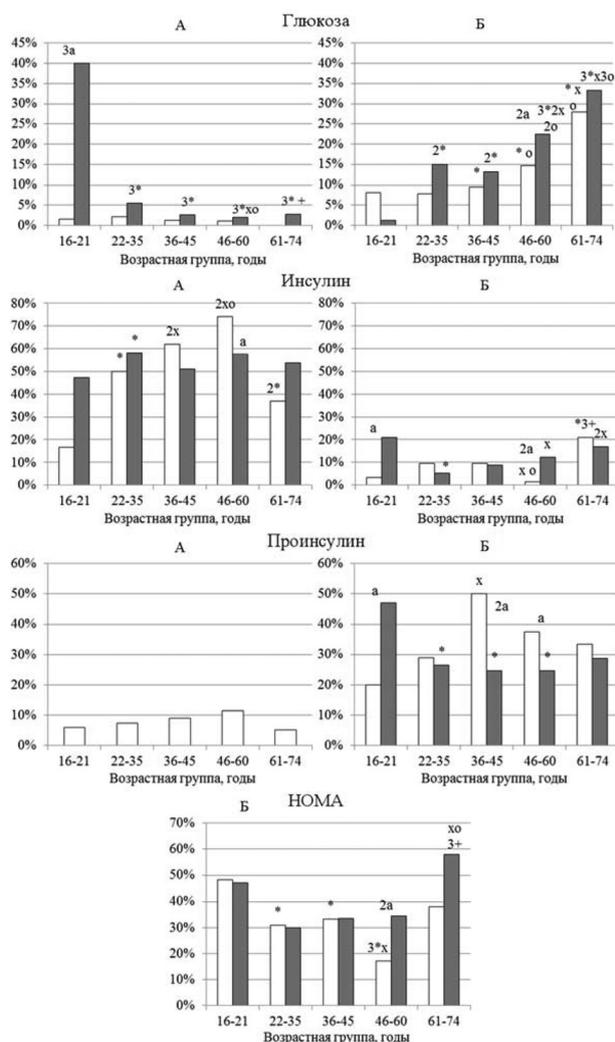
Показатель, норма	Возрастная группа, лет						Уровень значимости различий	
	Регион	18–21 (1)	22–35 (2)	36–45 (3)	46–60 (4)	61–74 (5)	Между возрастными группами	Между аналогичными возрастными группами ПР и АР
n (человек)	ПР	60	80	89	120	80		
	АР	50	155	151	175	98		
Глюкоза (Глю) 3.9–6.1 ммоль/л	ПР N=22.719 p=0.000	4,6 (4,23; 5,06)	4,67 (4,27; 5,12)	4,77 (4,41; 5,20)	4,85 (4,38; 5,30)	5,04 (4,62; 5,75)	1–3=0.047 1–4=0.050 1–5<0.000 2–4=0.050 2–5<0.000 3–5=0.032 4–5=0.048	1–1<0.001 2–2=0.070 4–4=0.025
	АР N=384.625 p=0.000	3,47 (3,05; 3,93)	4,67 (4,16; 5,29)	4,72 (4,29; 5,27)	4,95 (4,39; 5,57)	5,08 (4,56; 5,79)	1–2<0.001 1–3<0.001 1–4<0.001 1–5<0.001 2–4<0.001 2–5<0.001 3–4=0.01 3–5<0.001	
Проинсулин (ПроИнс) 0.7–4.3 пмоль/л	ПР N=2.043 p=0.728	2.80 (1.70; 3.30)	2.80 (1.81; 4.02)	3.32 (1.78; 7.93)	2.90 (2.20; 4.58)	2.75 (2.33; 3.91)	Z3	3–3=0.005 4–4<0.001
	АР N=8.527 p=0.004	3.17 (2.15; 7.83)	2.21 (1.71; 3.78)	2.29 (1.45; 3.51)	2.25 (1.50; 3.49)	2.64 (1.91; 4.10)	1–3=0.043 1–4=0.048 4–5=0.061	
Инсулин (Инс) 2.1–22.0 мкЕд/мл	ПР N=40.372 p=0.000	11.22 (8.80; 13.43)	8.03 (5.28; 13.51)	6.68 (5.09; 11.22)	5.82 (3.33; 8.10)	10.57 (4.58; 16.54)	1–2=0.038 1–3<0.001 1–4<0.001 2–4=0.043 3–4=0.049 4–5=0.043	4–4=0.002 5–5=0.081
	АР N=40.223 p=0.0377	12.16 (5.44; 19.48)	6.48 (3.57; 12.88)	7.80 (4.32; 13.19)	7.21 (4.42; 13.40)	7.00 (4.49; 16.12)	1–2=0.035 1–4=0.050	
ПроИнс/Инс усл. ед.	ПР N=2.982 p=0.561	0.62 (0.39; 0.65)	0.60 (0.46; 0.87)	0.67 (0.39; 1.85)	0.64 (0.50; 1.10)	0.61 (0.41; 0.85)	Z3	3–3=0.018 4–4<0.001
	АР N=17.892 p=0.001	0.78 (0.42; 1.29)	0.53 (0.40; 0.93)	0.56 (0.32; 0.79)	0.45 (0.32; 0.82)	0.56 (0.39; 0.80)	1–3=0.050 1–4=0.040 2–4=0.049	
НОМА <2,86 усл. ед.	ПР N=39.211 p=0.0000	2.27 (1.69; 2.68)	1.54 (1.02; 2.83)	1.44 (1.01; 2.54)	1.06 (0.63; 1.65)	2.52 (1.04; 3.79)	1–2=0.044 1–3=0.04 1–4<0.001 2–4=0.03 3–4=0.04 4–5=0.02	4–4<0.001 5–5=0.084
	АР N=7.552 p=0.0109	2.26 (1.11; 4.09)	1.35 (0.66; 2.66)	1.56 (0.87; 2.75)	1.55 (0.90; 2.87)	1.46 (0.88; 3.76)	1–2=0.046 2–4=0.050	

Примечание. n – число испытуемых в группе, p – статистическая значимость различий с использованием критерия Краскела – Уоллиса (H-тест) с поправкой Бонферрони (p < 0,05), Z3 – статистически незначимые результаты.

4-й относительно аналогичных возрастных групп АР. У лиц пожилого возраста (5-я группа), при отсутствии значимых региональных различий и с одинаковыми сверхнормативными значениями, изменения в уровне проинсулина были противоположными – в ПР незначимое снижение по сравнению с лицами 4-й группы, а в АР его повышение (см. табл. 2).

Поскольку одной из причин гиперпроинсулинемии является снижение эффективности процессинга

проинсулина в инсулин, нами был проведен анализ содержания инсулина в возрастном аспекте у жителей ПР и АР. Следует отметить, что изменение в содержании инсулина в отличие от проинсулина с возрастом носило противоположный юношескому возрасту характер, однако по средним значениям не превышало лимита нормы (см. табл. 2). Так, в отличие от проинсулина у лиц юношеского возраста обоих регионов уровень инсулина при незначимых



■ – AP; □ – PR; статистическая значимость различий ($p = 0.05$) относительно лиц: * – 16–21 года; x – 22–35 лет; ° – 36–45 лет; + – 46–60 лет; a – между регионами ($p = 0.05$); *x°+ – $p < 0,05$; 2°2x 2° 2+ – $p < 0,01$; 3*x 3° 3+ – $p < 0,001$; А – в сторону ниже нормативных значений, В – в сторону сверхнормативных значений.

Рис. 1. Распределение частоты отклонений от нормы уровня глюкозы, проинсулина, инсулина и индекса НОМА у клинически здоровых жителей приарктического (PR) и арктического (AP) регионов Севера России с учетом возраста

региональных различиях был максимальным по сравнению с остальными возрастными группами. При этом пределы колебаний уровня инсулина были расширены как в сторону выше нормативных значений, так и ниже нормативных (см. рис. 1). Во всех группах зрелого возраста отмечено снижение уровня инсулина в крови по сравнению с юношеским возрастом, и доля лиц со значениями ниже нормативных в AP незначимо снижалась, а со значениями выше нормативных повышалась. В PR, наоборот, уровень инсулина со значениями ниже нормативных повышался (с 50,0 до 74,0 %), а выше нормативных снижался (с 9,5 до 1,3 %). Однако в PR статистически значимы изменения относительно лиц 1-й группы, а в AP лишь 2-й. При этом в PR его содержание было минимальным у лиц 4-й и статистически значимо ниже у лиц 2-й и 3-й групп. У лиц пожилого возраста при отсутствии

значимых региональных различий статистически значимое повышение уровня инсулина отмечено в PR, а незначимое его снижение – в AP относительно лиц 4-й группы. С возрастом у лиц обоих регионов частота регистрации пониженных уровней инсулина уменьшилась (в PR до 36,8 % и в AP до 53,8 %), а повышенных увеличилась до 21,1 % в PR и до 16,9 % в AP (см. рис. 1).

Выявленные изменения в содержании инсулина, по нашему мнению, связаны со снижением интенсивности процессинга проинсулина в инсулин, что доказано соотношением проинсулин/инсулин (Про-Инс/Инс) в возрастном аспекте. Показано, что у лиц юношеского возраста обоих регионов ее значения были минимальными в AP по сравнению с лицами 3-й и 4-й групп и у лиц 4-й группы по сравнению с лицами 2-й, а в PR значимых изменений не отмечено, но во всех возрастных группах она была смещена в сторону высоких значений, особенно у лиц 2-й группы. Следовательно, значимое смещение с возрастом в обоих регионах величины ПроИнс/Инс происходило за счет высоких уровней проинсулина и низких инсулина (см. табл. 2).

На основании данных гликемии и инсулинемии натошак было рассчитано значение индекса НОМА, который более информативен при выявлении ИР у лиц, имеющих нарушения в углеводном обмене [22]. Показано, что у лиц юношеского возраста PR и AP его значение было наибольшим. В то же время у лиц зрелого возраста его значение снижалось, но в PR статистически значимо относительно юношеского возраста, также у лиц 4-й группы относительно лиц 2-й и 3-й, а у лиц 5-й группы значимо повышалось по сравнению с лицами 4-й. Аналогичные изменения были установлены у представителей AP, но статистически значимое снижение наблюдалось у лиц 2-й группы по сравнению с лицами 1-й, а повышение – у лиц 4-й и 5-й групп относительно лиц 2-й (см. табл. 2). Несмотря на снижение величины НОМА с возрастом, доля с превышением ее нормы среди лиц зрелого и пожилого возраста была высокой и составила в PR 31,0; 33,3; 17,1 и 38,1 % против 30,1; 33,6; 34,6 и 57,9 % в AP (см. рис. 1).

На рис. 2 демонстрируются скаттерграммы разной зависимости изменений уровней гормонов поджелудочной железы (ПЖ) и глюкозы от возраста у жителей PR и AP. Как видно из рисунка, «облако» показывает на сильную последовательную корреляционную зависимость уровня глюкозы (от более низких концентраций к высоким) от возраста, особенно в период зрелого возраста, когда происходят наиболее существенные изменения ее уровня. У жителей PR расплывчатое «облако» указывает на отсутствие четких возрастных закономерностей, хотя «уплотненность» также приходится на период зрелого возраста. При этом у северян смещение вниз и уплотнение «облака» уровней инсулина с незначительными ее «выбросами» вверх указывает на его зависимость от возраста, но при более низ-

ких концентрациях. Причем «уплотнение» значений инсулина происходит в период зрелого возраста, что согласуется с возрастными изменениями в обоих регионах, особенно в АР. Напротив, у жителей АР, в меньшей степени ПР, взаимосвязь проинсулина и величины ПроИнс/Инс с возрастом в форме «полоски» с ее «уплотнением» говорит о сильной корреляционной зависимости (по сравнению с инсулином) во все возрастные периоды, особенно в зрелом возрасте (см. рис. 2 и 3). Аналогичная с инсулином зависимость установлена и в величине индекса НОМА, однако в отличие от инсулина с возрастом снижается ее «плотность» с «выбросами» вверх, что подтверждает наличие скрытых форм нарушений в гомеостазе глюкозы в обоих регионах, особенно в АР (см. рис. 2).

Обсуждение результатов

Проведенный нами анализ уровня глюкозы и гормонов ПЖ в крови у жителей Арктики показал его соответствие значениям нормы и был сходным со среднеширотными значениями, но не вписывался

в параметры «полярного метаболического типа», установленного ранее у северян, отражающего склонность к развитию гипогликемии [5, 11]. Отмеченное повышение уровня глюкозы с возрастом у лиц обоих регионов сочеталось со смещением уровня проинсулина в сторону выше нормативных значений, а инсулина ниже нормативных, особенно у лиц 3-й и 4-й групп в ПР и 2-й и 5-й в АР, и доказано высокими значениями ПроИнс/Инс и индекса НОМА. По нашему мнению, это говорит, с одной стороны, о недостаточной конверсии проинсулина в инсулин, а с другой — о выраженной дисфункции β -клеток ПЖ, что является ранним маркером ИР на рецепторном уровне, характерным для СД 2-го типа. По всей вероятности, это связано со снижением активности специфических эндопептидаз (конвертаз РС2, РС3), экзопептидаз (карбоксипептидазы Н), интенсивности экзоцитоза (выброса Инс в кровь), что подтверждается большей встречаемостью среди них лиц с гипергликемией на фоне гиперпроинсулинемии и гипоинсулинемии [12]. При этом β -клетки ПЖ компенсируют резистентность к инсулину за

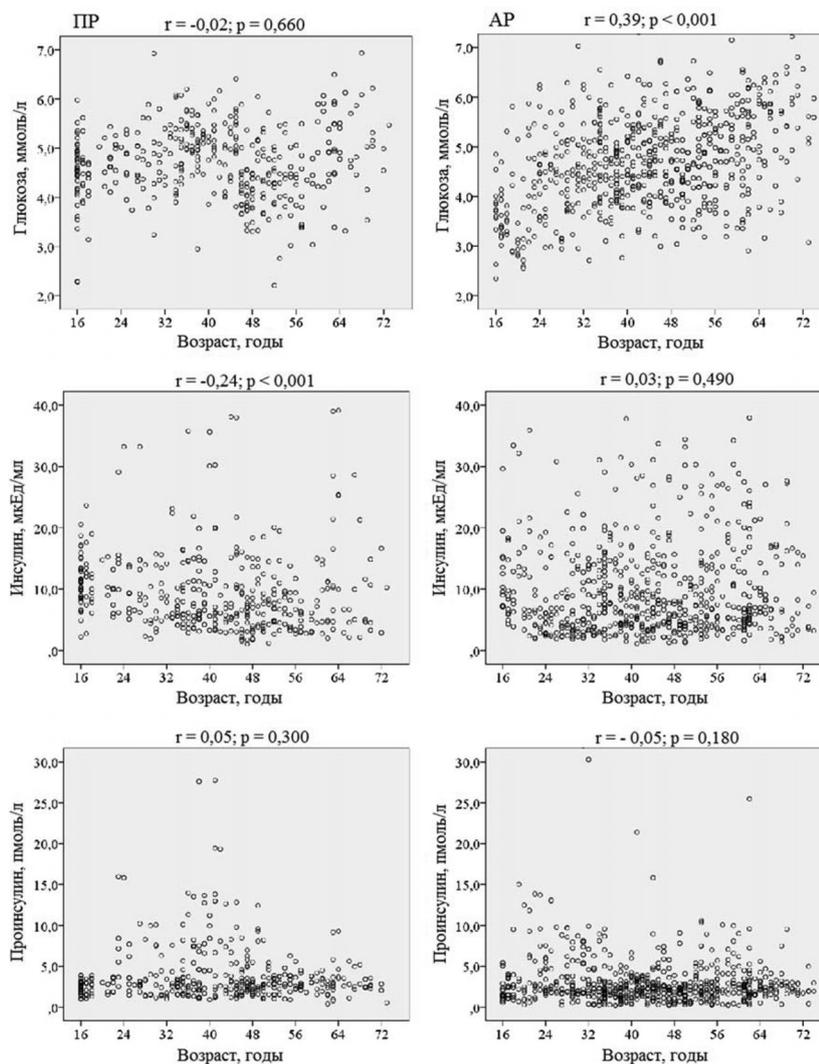


Рис. 2. Зависимость уровня глюкозы, инсулина и проинсулина в крови от возраста у клинически здоровых жителей приарктического и арктического регионов Севера России

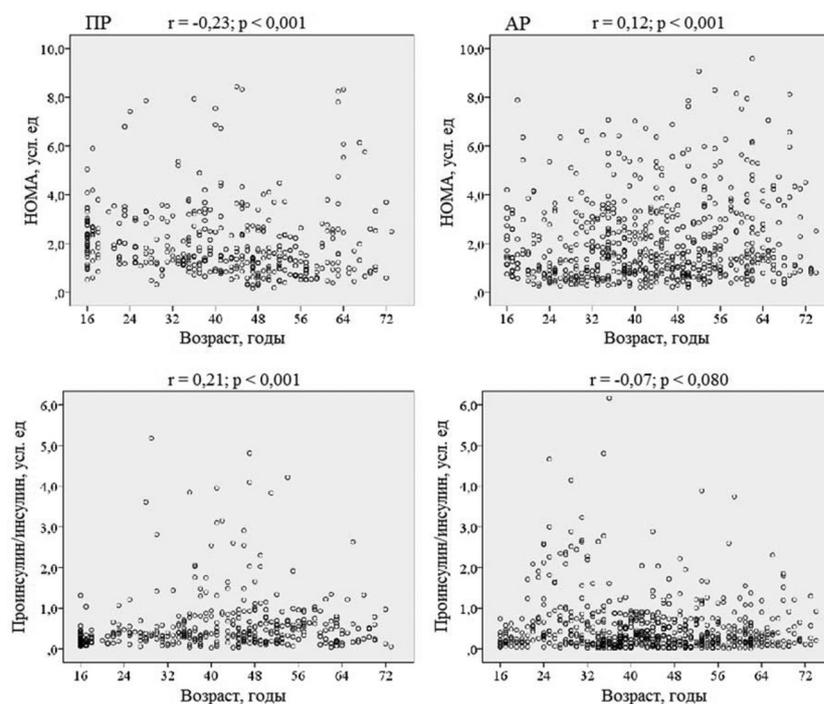


Рис. 3. Зависимость величин индекса НОМА и ПроИнс/Инс от возраста у клинически здоровых жителей приарктического и арктического регионов Севера России

счет увеличения неактивного инсулина, что может снижать секреторную активность β -клеток [20] с возрастом вследствие значительных изменений инсулоцитов. Кроме того, смещение величины индекса НОМА в сторону выше нормативных значений в обоих регионах подтверждает наличие скрытых форм нарушений в гомеостазе глюкозы, особенно у лиц AP, что было показано прямыми корреляционными связями в AP и отрицательными в ПР, за исключением проинсулина и величины ПроИнс/Инс (см. рис. 2 и 3). При нормальном гомеостазе глюкозы конверсия проинсулина в значительной степени завершается до секреции, таким образом, доля проинсулина в периферическом кровотоке составляет в норме 10–30 % от концентрации циркулирующего в крови инсулина и увеличивается с резистентностью к инсулину на начальной стадии развития СД [18, 20].

Кроме того, с возрастом активация латерального гипоталамуса приводит к более выраженной стимуляции секреции инсулина [14]. Однако результаты нашего исследования показали, что снижение активации с возрастом β -клеток ПЖ приводит к гиперпроинсулинемии, и, как следствие, истощаются физиологические возможности инсулярного аппарата, что способствует появлению в крови малоактивных форм инсулина, приводящих к снижению утилизации глюкозы. Кроме того, по-видимому, у северян с возрастом высокая активность симпатoadrenalовой системы приводит к изменению функциональной активности клеточных мембран и снижению чувствительности инсулиновых рецепторов [13].

Ранее в работе других исследователей было установлено, что потеря чувствительности к инсу-

лину начинается с мышечной ткани, затем жировой и печеночной [18]. По нашему мнению, на основе результатов проведенного исследования, с возрастом при повышении уровня глюкозы, низким уровне инсулина и высоком проинсулина у северян максимальной ИР обладает мышечная ткань, а минимальной печень и жировая ткань. Поэтому с возрастом у северян при начинающемся истощении секреторной функции β -клеток, относительном уменьшении гиперинсулинемии и увеличении гиперпроинсулинемии сначала снижается функция захвата глюкозы мышечной тканью, затем страдает гликогенсинтетическая функция печени, а в последнюю очередь снижается липолитическая функция жировой ткани.

Следовательно, развитие ИР у северян с возрастом, по нашему мнению, происходит как на дорецепторном уровне, обусловленное выбросом β -клетками ПЖ в кровь проинсулина вместо инсулина, так и на рецепторном уровне, связанное с уменьшением числа рецепторов инсулина на поверхности клетки, что может быть связано с повышением избыточной массы тела и питанием с включением быстро усваиваемых углеводов [20]. Вместе с тем ранее в северных популяциях преимущественно белковый тип питания способствовал снижению нагрузки на β -клетки ПЖ и развитию ИР в тканях для сохранения гомеостаза глюкозы при ее низком поступлении с пищей, поэтому в настоящее время при переходе на углеводный тип питания экспрессия закрепленных генов ИР может проявлять себя развитием СД, что было доказано настоящим исследованием. Таким образом, социальные и экономические преобразования и развитие урбанизации повлияли на традиционный образ жизни

и тип питания у жителей Севера [7, 8], что может привести к нарушениям адаптационной перестройки гомеостаза глюкозы и его регулирующих звеньев, особенно на территории АР.

Недостатком настоящего исследования можно считать отсутствие данных о вредных привычках, питании и т. д., так как выявленные закономерности в содержании гормонов ПЖ и уровне глюкозы зависят в первую очередь от возраста, образа жизни, климатогеографических факторов и т. д. Поэтому, вероятно, выявленный противоположный характер изменений рассматриваемых нами показателей с возрастом (особенно у лиц юношеского и пожилого) зависит от указанных выше факторов, что требует дальнейших исследований.

Заключение

В нашем исследовании показано, что с возрастом у северян снижение утилизации глюкозы сопровождалось понижением интенсивности процессинга проинсулина в инсулин, что говорит о раннем истощении функциональной и рецепторной активности β -клеток поджелудочной железы, начиная с 36–45 лет у жителей ПР и 22–35 лет – у жителей АР. Следовательно, наиболее напряженная ситуация в гормональной регуляции гомеостаза глюкозы отмечена у жителей АР, что, вероятно, связано как с изменением фактического питания, так и сменой их традиционного образа жизни [13], так как 80,0 % обследованных лиц АР были коренными жителями Заполярья, что является одним из предикторов преддиабета и диабета. Полученные результаты имеют определенную значимость, что позволяет использовать их как маркеры метаболически обусловленных заболеваний, а также диагностики возрастных нарушений обмена веществ, в частности сахарного диабета, у северян, особенно АР, ранее не встречающихся у них.

Исследование выполнено согласно плану НИР центра по теме «Изучение адаптивных возрастных эндокринно-метаболических перестроек у жителей арктических территорий» № НИОКТР АААА-А19-119121090063-7.

Авторство

Бичкаева Ф. А. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования и окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Коваленко Т. Б. переработала статью на предмет интеллектуального содержания; Бичкаев А. А., Третьякова Т. В. и Шенгоф Б. А. внесли вклад в получение, анализ и интерпретацию данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Бичкаева Фатима Артёмовна – ORCID 0000-0003-0727-3071; SPIN 3562-3921.

Коваленко Татьяна Борисовна – ORCID 0000-0002-8513-1848; SPIN 1661-3095.

Бичкаев Артём Альбертович – ORCID 0000-0002-6307-9399; SPIN 7674-2520.

Шенгоф Борис Александрович – ORCID 0000-0002-3776-1474; SPIN2259-0799.

Третьякова Татьяна Васильевна – ORCID 0000-0003-1447-690X; SPIN 2951-4140.

Список литературы / References

1. Безруких М. М., Сонькин В. Д., Фарбер Д. А. Возрастная физиология: 2-е изд. М., 2007. 416 с.

Bezrukikh M. M., Sonkin V. D., Farber D. A. *Age physiology*. Moscow, 2007, 416 p. [In Russian]

2. Бичкаева Ф. А., Туписова Е. В., Волкова Н. И. Соотношение содержания инсулина, половых гормонов, стероидсвязывающего β -глобулина, параметров липидного обмена и глюкозы у мужского населения Арктики // Проблемы репродукции. 2016. Т. 22, № 2. С. 99–110.

Bichkaeva F. A., Tapisova E. V., Volkova N. I. The ratio of the content of insulin, sex hormones, steroid-binding β -globulin, parameters of lipid metabolism and glucose in the male population of the Arctic. *Problemy reproduktivii* [Problems of reproduction]. 2016, 22 (2), pp. 99-110.

3. Бурак С. И. Распространенность сахарного диабета среди населения Камчатской области и его факторы риска // Эндокринология. 1982. № 5. С. 17-22.

Burlak S. I. Prevalence of diabetes mellitus among the population of the Kamchatka region and its risk factors. *Endocrinology*. 1982, 5, pp. 17-22. [In Russian]

4. Вакараева М. М. Возрастные изменения уровня глюкозы в крови // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2016. № 30. С. 28–32.

Vakaraeva M. M. Age-related changes in blood glucose levels. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya: problemy i rezul'taty* [Fundamental and applied research: problems and results]. 2016, 30, pp. 28-32. [In Russian]

5. Груздева О. В., Паличева Е. И., Максимов С. А. Гендерные и возрастные особенности концентрации в крови глюкозы и общего холестерина как факторы риска заболеваемости сердечно-сосудистой системы по результатам диспансеризации // Лабораторная служба. 2016. № 2. С. 15–21. DOI: 10.17116 / labs20165215-21

Gruzdeva O., Palicheva E., Maksimov S. Gender and age characteristics of glucose concentration in the blood and total cholesterol, a risk factor for cardiovascular diseases of results dispensary observation. *Laboratornaya sluzhba* [Laboratory Service]. 2016, 2, pp. 15-21. [In Russian]

6. Жарнакова И. В., Старостина А. С. Распространенность сахарного диабета в Архангельской области. Научное сообщество студентов XXI столетия // Естественные науки: сб. статей по материалам LXIV междунар. студ. науч.-практ. конф. 2018. № 5 (63). С. 53-62.

Zharnakova I. V., Starostina A. S. Prevalence of diabetes mellitus in the Arkhangelsk region. Scientific community of students of the XXI century. *Natural Sciences: collection of articles based on the materials of the LXIV International Student Scientific and Practical Conference*. 2018, 5 (63), pp. 53-62. [In Russian]

7. Лобанов А. А., Андронов С. В., Богданова Е. Н. Влияние традиционного питания на сохранение коренного населения Российской Арктики // Арктические исследования: материалы II междунар. науч.-практ. конф. Архангельск, 2020. С. 239–242.

Lobanov A. A., Andronov S. V., Bogdanova E. N. The impact of traditional nutrition on maintaining the indigenous peoples in the Russian Arctic. *Arctic Research: from extensive development to integrated development: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. Arkhangelsk, 2020, pp. 239-242. [In Russian]

8. Лобанов А. А., Андронов С. В., Богданова Е. Н., Кочкин Р. А., Попов А. И., Лобанова Л. П., Шадуйко О. М., Кобелькова И. В., Камбаров А. О., Соромотин А. В., Ло

Ин. Изменение рациона питания и традиционного образа жизни коренных народов Арктической зоны РФ: оценка влияния на здоровье, уровень и качество жизни // Продовольственная безопасность коренного населения арктического региона в условиях изменения климата: вызовы и решения: сборник трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (29–30 ноября 2019 года, Северодвинск, Архангельск). С. 74–79.

Lobanov A. A., Andronov S. V., Bogdanova E. N., Kochkin R. A., Popov A. I., Lobanova L. P., Shadujko O. M., Kobel'kova I. V., Kambarov A. O., Soromotin A. V., Lo In. Changes in the diet and traditional lifestyle of the indigenous peoples of the Arctic zone of the Russian Federation: assessment of the impact on health, level and quality of life. *Food security of the indigenous population of the Arctic region in the context of climate change: challenges and solutions*: a collection of works based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation (November 29-30, 2019, Severodvinsk, Arkhangelsk), pp. 74-79. [In Russian]

9. Наследов А. Д. SPSS 15.0 Профессиональный статистический анализ данных. М., 2011. 399 с.

Nasledov A. D. *SPSS 15.0 Professional statistical data analysis*. Moscow, 2011, 399 p. [In Russian]

10. Наркевич А. Н., Виноградов К. А., Гржибовский А. М. Множественные сравнения в биомедицинских исследованиях: проблема и способы решения // Экология человека 2020. № 10. С. 55–64.

Narkevich A. N., Vinogradov K. A., Grjibovski A. M. Multiple comparisons in biomedical research: the problem and solutions. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020, 10, pp. 55-64. [In Russian]

11. Панин Л. Е. Энергетические аспекты адаптации. СПб.: Медицина, 1978. 192 с.

Panin L. E. *Energy aspects of adaptation*. Saint Petersburg, Medicina Publ., 1978, 192 p. [In Russian]

12. Потеряева О. Н., Русских Г. С., Зубова А. В., Геворгян М. М. Проинсулин – диагностический биохимический маркер декомпенсированного сахарного диабета 2-го типа // Клиническая лабораторная диагностика. 2017. № 5. С. 278–282.

Poteryaeva O. N., Russkih G. S., Zubova A. V., Gevorgyan M. M. Proinsulin-diagnostic biochemical marker of decompensated type 2 diabetes mellitus. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika*. 2017, 5, pp. 278-282. [In Russian]

13. Севостьянова Е. В. Особенности липидного и углеводного метаболизма человека на Севере (литературный обзор) // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т. 12, № 1. С. 93–100.

Sevostyanova E. V. Some features of human lipid and carbohydrate metabolism in the North. *Byulleten' sibirskoi meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine]. 2013, 12 (1), pp. 93-100. [In Russian]

14. Старение поджелудочной железы. Структура и функциональное состояние инсулярного аппарата. URL: https://medbe.ru/health/gerontologiya-ili-starenie/starenie-podzheludochnoy-zhelezy-struktura-i-funktsionalnoe-sostoyanie-insulyarnogo-apparata/?PAGEN_2=2 (дата обращения: 23.03.2020).

Aging of the pancreas. Structure and functional state of the insular apparatus. Available from: https://medbe.ru/health/gerontologiya-ili-starenie/starenie-podzheludochnoy-zhelezy-struktura-i-funktsionalnoe-sostoyanie-insulyarnogo-apparata/?PAGEN_2=2. [In Russian] (accessed: 23.03.2020).

15. Шестакова М. В., Викулова О. К., Железнякова А. В., Исаков М. А., Дедов Н. И. Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: что изменилось за последнее десятилетие? // Терапевтический архив. 2019. № 10. С. 4-13.

Shestakova M. V., Vikulova O. K., Zheleznyakova A. V., Isakov M. A., Dedov N. I. Epidemiology of diabetes mellitus in the Russian Federation: what has changed in the last decade? *Terapevticheskii Arkhiv*. 2019, 10, pp. 4-13. [In Russian]

16. Яковлева Т. В., Казанцева А. Ю., Макарова Е. Н., Бажан Н. М. Половые различия молекулярных механизмов чувствительности к инсулину у молодых и взрослых мышей C57BL/6J // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 7. С. 833-840.

Yakovleva T. V., Kazantseva A. Yu., Makarova E. N., Bazhan N. M. Sex differences of molecular mechanisms of insulin sensitivity in young and adult C57BL/6J mice. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017, 7, pp. 833-840. [In Russian]

17. WHO (2020). Global report on diabetes. Available from: <https://www.who.int/diabetes/global-report/en/> (accessed: 23.03.2020)

18. Animaw W., Seyoum Y. Increasing prevalence of diabetes mellitus in a developing country and its related factors. *PLoS ONE*. 2017, 12 (11). DOI: 10.1371/journal.pone.0187670.

19. Ard D., Tettey N. S., Feresu S. The Influence of Family History of Type 2 Diabetes Mellitus on Positive Health Behavior Changes among African Americans. *Int J Chronic Dis*. 2020, 3, pp. 1-8. DOI: 10.1155/2020/8016542.

20. Arunagiri A., Leena H., Pottekat A., Pamenan F., Kim S., Zeltser L. M., Paton A. W., Paton J. C., Tsai B., Itkin-Ansari P., Kaufman R. J., Liu M., Arvan P. Proinsulin misfolding is an early event in the progression to type 2 diabetes. *eLife*. 2019, 8, pp. 1323-1325. DOI: 10.7554/eLife.44532.

21. Bahijri S. M., Jambi H. A., Al Raddadi R. M., Ferns G., Tuomilehto J. The Prevalence of Diabetes and Prediabetes in the Adult Population of Jeddah, Saudi Arabia - A Community-Based Survey. *PLoS ONE*. 2016, 11 (4). DOI: 10.1371/journal.pone.0152559.

22. Caro F. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 1991, 73, pp. 691-695.

23. Cunningham-Myrie C., Younger-Coleman N., Tulloch-Reid M., McFarlane S., Francis D. Diabetes mellitus in Jamaica: sex differences in burden, risk factors, awareness, treatment and control in a developing country. *Trop Med Int Health*. 2013, 18 (11), pp. 1365-1378. DOI: 10.1111/tmi.12190.

24. De Jesús Garduno-García J., Gastaldelli A., De Fronzo R. A., Lertwattanarak R., Holst J. J., Musi N. Older Subjects With β -Cell Dysfunction Have an Accentuated Incretin Release. *J Clin Endocrinol Metab*. 2018, 103 (7), pp. 2613-2619. DOI: 10.1210/je.2018-00260.

25. Keel S., Foreman J., Xie J., Van Wijngaarden P., Taylor H. R., Dirani M. The Prevalence of Self-Reported Diabetes in the Australian National Eye Health Survey. *PLoS ONE*. 2017, 12 (1), e0169211. DOI: 10.1371/journal.pone.0169211.

26. Kraemer W. J., Häkkinen K., Newton R. U., McCormick M., Nindl B. C., Volek J. S., Gotshalk L. A., Fleck S. J., Campbell W. W., Gordon S. E., Farrell P. A., Evans W. J. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men. *Arch Anim Nutr*. 2019, 73

- (6), pp. 485-504. DOI: 10.1080/1745039X.2019.1652516.
27. Malhão T. A., AdS B., Pinheiro R. S., Cabral C. S., Camargo T. C., Coeli C. M. Sex Differences in Diabetes Mellitus Mortality Trends in Brazil, 1980-2012. *PLoS ONE*. 2016, 11 (6). DOI: 10.1371/journal.pone.0155996.
28. Petrenya N., Brustad M., Dobrodeeva L., Bichkaeva F., Lutfaliev G., Cooper M. Obesity and obesity-associated cardiometabolic risk factors in indigenous Nenets women from the rural Nenets Autonomous Area and Russian women from Arkhangelsk city. *International Journal of Circumpolar Health*. 2014, 73, p. 1. DOI: 10.3402/ijch.v73.23859.
29. Ribeiro E. M., Peixoto M. C., Putarov T. C., Monti M., Pacheco P. D., Loureiro B. A. The effects of age and dietary resistant starch on digestibility, fermentation end products in faeces and postprandial glucose and insulin responses of dogs. *Arch Anim Nutr*. 2019, 73 (6), pp. 485-504. DOI: 10.1080/1745039X.2019.1652516.

30. Riedl M., BalaZ M., Oliveira C. R., Ludvik B., Pacini G., Clodi M., Kotzmann H., Wagner O. et al. The increased insulin sensitivity in growth hormone-deficient adults is reduced by growth hormone replacement therapy. *Eur J Clin Invest*. 2000, 30, pp. 771-778. DOI: 10.1046/j.1365-2362.2000.00695.x.

Контактная информация:

Бичкаева Фатима Артёмовна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории биологической и неорганической химии Института физиологии природных адаптаций ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лавёрова Российской академии наук»

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

УДК [616.01/-099:629.78] (571.15)

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-4-40-46

ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ БОЛЕЗНЕЙ СРЕДИ ЖИТЕЛЕЙ ТЕРРИТОРИЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К РАЙОНАМ ПАДЕНИЯ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

© 2021 г. ^{1,3}И. Б. Колядо, ^{1,5}С. В. Плугин, ^{1,2}Я. Н. Шойхет, ^{2,4}И. В. Бахарева¹КГБУ «Научно-исследовательский институт региональных медико-экологических проблем», г. Барнаул;²ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Барнаул;³ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул; ⁴Министерство здравоохранения Алтайского края, г. Барнаул; ⁵ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Новосибирск

Введение: известно, что состояние здоровья жителей территорий, прилегающих к космодромам, отличается от такового в генеральной совокупности в худшую сторону, однако по территориям Алтайского края эмпирических данных крайне мало.

Цель: Оценить состояние здоровья жителей территорий Алтайского края, прилегающих к районам падения отделяющихся частей ракет-носителей.

Методы. Медицинское обследование населения данных территорий проводилось сплошным методом в 1999 (n = 1 929), 2005 (n = 1 213), 2010 (n = 1 016) и 2015 (n = 843) гг. В 1999 г. осмотрено 1 929 человек, 2005 г. – 1 213, 2010 г. – 1 016 и 2015 г. – 843. Были рассчитаны интенсивные показатели распространённости болезней и проведён динамический и сравнительный анализ полученных материалов. Референтную совокупность составили участники диспансерных осмотров в Алтайском крае в 2016 г.

Результаты. Уровень общей распространённости снизился с 4 400,5–4 406,5 ‰ в 1999 г. до 3 932,7–3 941,5 ‰ в 2015-м (p < 0,001). В 1999 г. основной вклад в общую распространённость болезней вносили болезни эндокринной системы с уровнем показателя 1 072,2–1 075,0 ‰, системы кровообращения – 526,9–572,1 ‰, глаза и его придаточного аппарата – 390,8–435,6 ‰ и органов дыхания – 318,0–361,2 ‰. В 2015 г. ведущими являлись болезни системы кровообращения с показателем 743,4–801,0 ‰, органов дыхания – 668,3–731,5 ‰, эндокринной системы 636,6–701,4 ‰ и глаза и его придаточного аппарата – 452,0–520,8 ‰. Среди женщин распространённость болезней статистически значимо (p < 0,001) больше, чем среди мужчин. В исследуемой группе общая распространённость болезней была значимо (p < 0,001) больше, чем в группе сравнения, соответственно 3 932,7–3 941,5 и 2 539,3–2 539,5 ‰. Такая же ситуация отмечена по большинству классов болезней.

Выводы: Общая распространённость заболеваний и заболеваний по большинству классов на исследуемых территориях в 2015 г. была ниже, чем в 1999-м, без четкой тенденции. Показатели среди женщин были выше, чем среди мужчин. Кроме того, распространённость болезней как в целом, так и по большинству классов у жителей исследуемых территорий значимо больше, чем в референтной совокупности.

Ключевые слова: ракетно-космическая деятельность, здоровье населения, распространённость болезней, динамический анализ, сравнительный анализ

SECULAR TRENDS IN THE PREVALENCE OF DISEASES AMONG THE RESIDENTS OF THE TERRITORIES OF THE ALTAI REGION ADJACENT TO THE AREAS OF FALLING OF SEPARATING PARTS OF LAUNCH VEHICLES

^{1,3}I. B. Kolyado, ^{1,5}S. V. Plugin, ^{1,2}Ya. N. Shoikhet, ^{2,4}I. V. Bakhareva¹Institute of Regional Medico-Ecological Problems (IRMEP), Barnaul; ²Altai State Medical University, Barnaul;³Altai State University, Barnaul; ⁴Ministry of Health of the Altai Krai, Barnaul;⁵Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

Introduction: Health of the residents of the territories adjacent to the space launches have been shown to be inferior to the national average. However, the data from the Altai region are scarce.

Aim: To assess health status of the residents of the territories of the Altai region adjacent to the areas of falling of separating parts of launch vehicles

Methods: All residents of the affected territories were examined by medical teams in 1999 (n = 1 929), 2005 (n = 1 213), 2010 (n = 1 016) and 2015 (n = 843). Overall prevalence rates class-specific rates per 1000 population were calculated. Secular trends were analyzed and comparisons with the reference population were performed.

Results: The overall prevalence decreased from 4 400,5 - 4 406,5 ‰ in 1999 to 3 932,7 - 3 941,5 ‰ in 2015 (p < 0.001) with no clear trend. In 1999, the main contributors to the overall burden of diseases were diseases of the endocrine system (1 072,2 - 1 075,0 ‰), diseases of the circulatory system (526,9 - 572,1 ‰), diseases of the eye and its appendages (390,8 - 435,6 ‰), and diseases of the respiratory system - 318,0 - 361,2 ‰. In 2015, the most prevalent illnesses were diseases of the circulatory system (743,4 - 801,0 ‰), diseases of the respiratory system (668,3 - 731,5 ‰), diseases of the endocrine system (636,6 - 701,4 ‰), and diseases of the eye and its appendages (452,0 - 520,8 ‰). Residents of the study group had greater overall prevalence of diseases (3 932,7 - 3,941,5 ‰) than the reference (2 539,3 - 2,539,5 ‰), p < 0.001. The same was observed for the most classes of diseases.

Conclusions: The overall prevalence of diseases among the residents of the territories adjacent to the areas of falling of separating parts of launch vehicles significantly decreased from 2015 to 1999 with no obvious linear trend. Women had poorer health than men. The overall prevalence of diseases and the prevalence of the most classes of diseases in the study group is significantly higher than in the reference population.

Key words: rocket and space activities, public health, prevalence of diseases, dynamic analysis; comparative analysis

Библиографическая ссылка:

Колыдо И. В., Плугин С. В., Шойхет Я. Н., Бахарева И. В. Динамика распространенности болезней среди жителей территорий Алтайского края, прилегающих к районам падения отделяющихся частей ракет-носителей // Экология человека. 2021. № 4. С. 40–46.

For citing:

Kolyado I. V., Plugin S. V., Shoikhet Ya. N., Bakhareva I. V. Secular Trends in the Prevalence of Diseases among the Residents of the Territories of the Altai Region Adjacent to the Areas of Falling of Separating Parts of Launch Vehicles. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 4, pp. 40-46.

Введение

С развитием наземной космической инфраструктуры всё большая часть территории России задействуется в ракетно-космической деятельности. Районы падения (РП) отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧРН) № 306, 307, 309 и 310, образующих зону Ю-30, захватывают 1 450 км² территории Третьяковского, Змеиногорского, Краснощековского и Чарышского районов Алтайского края (рис. 1).



Рис. 1. Расчетные контуры районов падения (РП) отделяющихся частей ракет-носителей

Горные и предгорные территории этих районов многие годы испытывают загрязнение токсичными компонентами ракетного топлива (КРТ), продуктами их распада и фрагментами ОЧРН. Это создает ряд

проблем для хозяйственной деятельности населения, а также экологические проблемы для территорий. Основной проблемой является вылет части фрагментов ракет-носителей за расчетные контуры РП, что обуславливает другие проблемы:

- угрозу физического и психического травмирования населения, сельскохозяйственных и диких животных, разрушения объектов социальной и производственной инфраструктуры;
- возникновение лесных пожаров, наносящих существенный экономический и материальный ущерб природным ресурсам;
- растаскивание фрагментов ОЧРН, отчасти токсичных, из районов падения и их концентрация в местах проживания с использованием их в хозяйственно-бытовой и рекреационной деятельности населения;
- постоянный стрессовый фактор психофизического дискомфорта, испытываемый жителями ближайших к РП населенных пунктов;
- возможность возникновения чрезвычайных ситуаций с масштабными негативными медико-экологическими последствиями в случае нештатных ситуаций при пуске ракет-носителей.

Рядом научных и экологических организаций Алтайского края и Республики Алтай проведена большая работа по выявлению фрагментов ракет-носителей за пределами РП. Выяснилось, что до конца 1990-х годов площадь территории, где были обнаружены фрагменты, значительно превышает расчетные конуры РП,

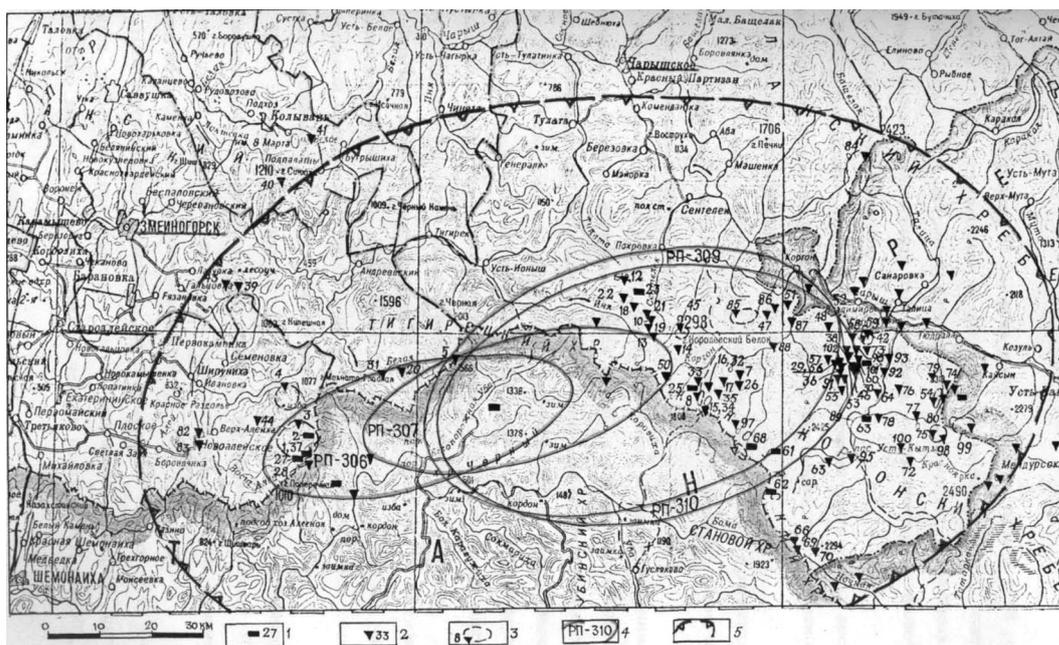


Рис. 2. Картограмма размещения фрагментов отделяющихся частей ракет-носителей в Алтайском крае и прилегающей территории

что представлено на рис. 2. После передачи этих материалов в Роскосмос была проведена коррекция траекторий полетов ракет-носителей и снижение высоты подрыва баков топлива и окислителя при запусках, что привело к значительному сокращению случаев вылета фрагментов ракет-носителей за расчетные границы РП в Алтайском крае.

Наиболее распространенными КРТ являются несимметричный диметилгидразин, азотный тетраоксид и углеводородные топлива (керосины, синтин).

Несимметричный диметилгидразин (гептил) – НДМГ – в природе не встречается. Обладает общетоксическим и кожно-раздражающим действием (I класс опасности). В организм поступает различными путями – через органы дыхания, кожный покров, желудочно-кишечный тракт. В организме распределяется равномерно, поражая печень, центральную нервную, сердечно-сосудистую, кроветворную и другие системы. Кроме общетоксического действия НДМГ дает отдаленные эффекты – канцерогенный, мутагенный, гонадо- и эмбриотоксический.

Азотный тетраоксид (N_2O_4) относится к I классу опасности. Опасен при ингаляционном воздействии – нарушаются функции дыхания и сердечно-сосудистой системы, водно-солевого обмена. Последствием острых и хронических отравлений азотным тетраоксидом может быть развитие хронического бронхита и склероза легких.

Углеводородные топлива – керосины Т-1, РГ-1 – прозрачные бесцветные жидкости с резким специфическим запахом, практически не растворимы в воде. Относятся к малоопасным веществам (IV класс). Отравления керосинами проявляются синдромом поражения нервной системы, признаками раздражения слизистых оболочек и поражения органов дыхания.

Синтин наиболее токсичен при ингаляции, обладает слабым кожно-резорбтивным действием, сильным раздражающим воздействием на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта (II класс опасности).

Подходы к организации мониторинга экологической ситуации в районах падения ОЧРН, к оценке здоровья населения прилегающих территорий достаточно хорошо описаны в отечественной литературе. Так, Адушкин В. В., Козлов С. И., Петров А. В. и Епифанов И. К., Дорошина С. В. в своих работах сформулировали основные проблемы, связанные с ракетно-космической деятельностью и осуществили их классификацию [1, 4]. Шатров Я. Т., Брусков В. И. и Завильгельский Г. Б. привели новейшие результаты исследования гептила как компонента ракетного топлива, его превращения во внешней среде и его воздействия на живые организмы. Кондратьев А. Д., Кречетов П. П. и Королева Т. В. описали вопросы экологической безопасности в районах падения при пусках ракет-носителей [9]. Бурков В. А. в своей работе описал подходы к решению экологических проблем и оценке негативного воздействия ракетно-космической деятельности в Томской области [2]. Мешков Н. А. привел результаты определения изменений в здоровье населения, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей в Республике

Алтай [12]. Колядо И. Б., Плугин С. В. Колядо В. Б. и др., а также Шойхет Я. Н., Колядо И. Б., Плугин С. В. и др. в своих работах оценили экологическую ситуацию в районах падения ОЧРН на территориях с разными видами почв по итогам экологического мониторинга пусков ракет-носителей и привели данные о распространенности болезней среди разных групп населения Алтайского края, проживающего вблизи районов падения ОЧРН [6, 14].

Следует отметить, что подобные исследования на других территориях России проводились в иных природно-климатических условиях. В иностранной литературе публикации по данной проблеме встречаются значительно реже и касаются в основном прикладных моментов. Причиной тому является то, что большинство космических держав в качестве районов падения используют воды мирового океана и для них вышеуказанные проблемы не актуальны. Так, Patera R. P. и др. в своей работе подняли глобальную проблему космической безопасности [17]. Peters A. и Verrier R. связывали загрязнение воздуха с пусками ракет [18]. Profeta B., McKee M., Goncharova N. P. и др., а также Profeta B., Rechel B., McKee M. и др. в своих работах приводят данные социологических исследований по результатам опросов населения Алтайского края по поводу опасности для них пусков ракет [19, 20]. Tracy U. U. в своей работе поднял проблему накапливающегося космического мусора [21]. Vertinskii P. A. и Wei-jia Su, Woodward R. L. и Dziewonski A. считают, что пуски ракет влияют на стационарный геомагнетизм и сдвиги в мантии Земли, о чем свидетельствуют измерения сейсмологов [22, 23].

Однако некоторые авторы касаются вопросов влияния ракетно-космической деятельности на здоровье человека. Так, Choudhary G. и Hansen H. считают, что отравление угарным газом, в том числе выделяющимся при пусках ракет, это серьезная проблема общественного здоровья [15]. James R. и Mathiem-Nocf M. оценивают перспективы здоровья человека при воздействии гидразинов, которые используются в качестве КРТ, на окружающую среду [16].

Установлено, что основная часть КРТ попадает в организм человека с вдыхаемым воздухом. Также КРТ попадают на землю при их утечке в результате падения обломков ракет-носителей. При загрязнении почвы, грунтовых и поверхностных вод, растительности, КРТ через звенья пищевой цепочки могут попадать в организм человека [13]. Таким образом, при оценке воздействия факторов ракетно-космической деятельности на территорию основное внимание следует уделять состоянию здоровья населения. Целью исследования стало получение актуальных данных о состоянии здоровья жителей территорий края, прилегающих к районам падения отделяющихся частей космических ракет-носителей, для научного обоснования их реабилитации.

Методы

В Алтайском крае КГБУ «НИИ региональных медико-экологических проблем» с 1998 г. проводит динамическое исследование состояния здоровья населения территорий, прилегающих к районам падения

ОЧРН [5, 7, 8]. Федеральная космическая программа России при финансировании Государственной корпорации «Роскосмос» предусматривала медицинские осмотры данной категории населения Алтайского края. В частности, обследования жителей Новоалейского и Плосковского сельских советов Третьяковского района проводились в 1999, 2005, 2010 и 2015 гг. в летний период. Обследованию подлежали все жители населенных пунктов этих сельсоветов всех возрастов. В 1999 г. было обследовано 1 929 человек (89,7 % от общей численности населения), в 2005 г. — 1 213 (58,3 %), 2010 г. — 1 016 (62,5 %) и 2015 г. — 843 человека (58,1 %).

Углубленный медицинский осмотр населения проводился с выездом в места его проживания специально сформированной бригадой из врачей ведущих краевых лечебно-профилактических учреждений. Состав бригады был постоянным: дерматолог, терапевт-кардиолог, невролог, отоларинголог, офтальмолог, хирург-онколог, два эндокринолога, два специалиста по ультразвуковой диагностике, гинеколог, педиатр, детский невролог. В распоряжении бригады имелся транспорт и мобильное диагностическое оборудование.

Персональные данные обследованных и результаты осмотра фиксировались в специально разработанной статистической карте и вносились в электронную базу данных [10]. В ходе настоящего исследования применялись методы динамического и сравнительного анализа данных. Контролем послужили результаты диспансеризации жителей Алтайского края за 2016 г. В обоих случаях обследовалось население всех возрастов. Возрастная структура обследованных в исследуемой группе и группе сравнения практически не различается и представлена в таблице. Таким образом, тип исследования — аналитическое, для сравнения и выявления тренда.

Возрастная структура обследуемых групп населения

Возраст	Опытная группа		Контрольная группа	
	Абс.	%	Абс.	%
Моложе трудоспособного	154	18,3	443048	18,6
Трудоспособный	486	57,7	1315440	55,3
Старше трудоспособного	203	24,1	618276	26,0
Итого	843	100,0	2376764	100,0

При статистической обработке полученных сведений о распространённости болезней были исключены данные по двум классам МКБ-10 — «Внешние причины заболеваемости и смертности. Класс 20» (V01-Y98) и «Факторы, влияющие на состояние здоровья и обращения в учреждения здравоохранения. Класс 21» (Z00-Z99). Были рассчитаны: интенсивные показатели (распространенность болезней на 1 000 обследованных в целом, по отдельным классам и нозологиям, для всех обследованных и по полу — ‰), ошибки средних ($\pm m$). Для оценки достоверности различия показателей использовался коэффициент Стьюдента (t). Различия показателей являлись статистически значимыми при значении $p < 0,05$ [3, с. 17–23, 33–47; 11].

Результаты

Анализ полученных результатов показал, что общий уровень распространенности болезней среди населения исследуемых территорий в 1999 г. составил 4 400,5–4 406,5 на 1 000 обследованного населения, в 2005 г. он статистически значимо ($p < 0,001$) уменьшился до 3 487,1–3 493,9 ‰, в 2010 г. — значимо ($p < 0,001$) возрос до 5 312,3–5 321,5 ‰, а в 2015-м опять снизился до 3 932,7–3 941,5 ‰ ($p < 0,001$). В итоге в 2015 г. показатель общей распространенности болезней стал значимо ($p < 0,001$) меньше уровня 1999 г. Показатели мужчин и женщин представлены на рис. 3.

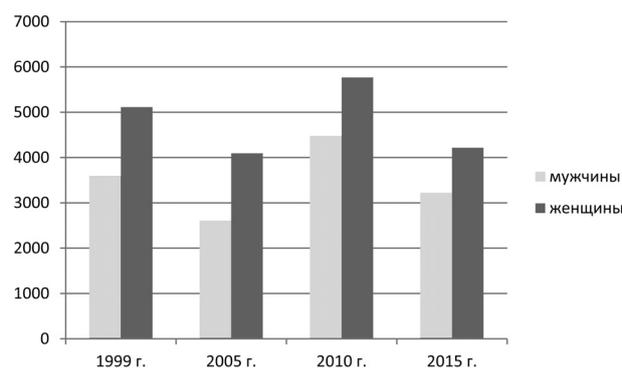


Рис. 3. Динамика общего уровня распространённости болезней среди мужчин и женщин (на 1 000 обследованных)

Колесание уровня распространенности отмечено и по большинству классов болезней. В итоге в 2015 г. большинство показателей стали статистически значимо ($p < 0,001$) меньше таковых в 1999-м. Так, показатели распространенности по классу «Некоторые инфекционные и паразитарные болезни. Класс 1» (A00-B99) составили соответственно годам исследования 60,9–98,1 и 143,9–177,5 ‰; по классу «Новообразования. Класс 2» (C00-D48) 89,9–133,1 и 217,5–256,3 ‰; по классу «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ. Класс 4» (E00-E90) 636,6–701,4 и 1 072,2–1 075,0 ‰. Из данного класса наибольшая часть болезней приходилась на «Болезни щитовидной железы» (E00-E07). В 2015 г. уровень её распространенности составил 261,6–324,4 ‰, а в 1999-м — 889,7–916,5 ‰ ($p < 0,001$). По классу «Психические расстройства и расстройства поведения. Класс 5» (F00-F99) показатели составили соответственно 45,1–78,3 и 157,8–192,6 ‰; по классу «Болезни органов пищеварения. Класс 11» (K00-K93) 18,8–42,8 и 208,1–246,1 ‰; по классу «Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани. Класс 13» (M00-M99) 222,7–282,7 и 303,6–346,4 ‰; по классу «Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения. Класс 17» (Q00-Q99) 18,1–41,3 и 52,2–74,2 ‰; по классу «Симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках. Класс 18» (R00-R99) 0,7–11,1 и 132,5–165,0 ‰; а по классу «Травмы, отравле-

ния и некоторые другие последствия воздействия внешних причин. Класс 19» (S00-T98) 0,7–11,1 и 14,7–27,9 ‰ ($p < 0,01$).

По ряду классов в 2015 г. показатель распространенности болезней оказался статистически значимо больше ($p < 0,001$) такового в 1999-м. Так, показатели распространенности по классу «Болезни глаза и его придаточного аппарата. Класс 7» (H00-H59) составили соответственно 452,0–520,8 и 390,8–435,6 ‰; по классу «Болезни системы кровообращения. Класс 9» (I00-I99) 743,4–801,0 и 526,9–572,1 ‰; по классу «Болезни органов дыхания. Класс 10» (J00-J99) соответственно 669,3–731,5 и 318,0–361,2 ‰; а по классу «Болезни мочеполовой системы. Класс 14» (N00-N99) 328,6–395,0 и 293,0–335,4 ‰ ($p < 0,01$).

По классам «Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм. Класс 3» (D50-D89), «Болезни нервной системы. Класс 6» (G00-G99), «Болезни уха и сосцевидного отростка. Класс 8» (H60-H95), «Болезни кожи и подкожной клетчатки. Класс 12» (L00-L99) и «Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде. Класс 16» (P00-P96) различия показателей 1999 и 2015 гг. статистически не значимы ($p > 0,05$).

В течение всего исследования уровень общей распространенности болезней среди женщин был статистически значимо ($p < 0,001$) больше, чем среди мужчин. Кроме того, у женщин значимо ($p < 0,001$) чаще встречались «Новообразования. Класс 2» (C00-D48), «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ. Класс 4» (E00-E90), «Болезни мочеполовой системы. Класс 14» (N00-N99), а «Болезни глаза и его придаточного аппарата. Класс 7» (H00-H59) и «Болезни системы кровообращения. Класс 9» (I00-I99), исключая 2015 г. По «Болезням нервной системы. Класс 6» (G00-G99) различие показателей было значимым ($p < 0,05$). У мужчин в 1999 и 2015 гг. статистически значимо ($p < 0,05$) чаще выявлялись «Болезни органов дыхания. Класс 10» (J00-J99).

Сравнительный анализ показателей распространенности болезней среди населения Новоалейского и Плосковского сельских советов Третьяковского района был проведен на основе итогов обследования в 2015 г. (исследуемая группа) и результатов диспансеризации населения Алтайского края за 2016 г. (группа сравнения). Результаты сравнения этих групп показали, что общий уровень распространенности болезней в исследуемой группе статистически значимо ($p < 0,001$) больше данных группы сравнения, соответственно 3 932,7–3 941,5 и 2 539,3–2 539,4 ‰. Такая же ситуация сложилась и по большинству классов болезней. В исследуемой группе выявлено значимо ($p < 0,001$) больше случаев «Болезней системы кровообращения. Класс 9» (I00-I99), соответственно 743,1–801,0 и 403,5–404,7 ‰; «Болезней органов дыхания. Класс 10» (J00-J99) 668,3–731,5 и 491,2–492,4 ‰, «Болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ. Класс 4» (E00-E90)

636,6–701,4 и 178,9–180,1 ‰; «Болезней глаза и его придаточного аппарата. Класс 7» (H00-H59) 452,0–520,8 и 171,6–172,8 ‰; «Болезней мочеполовой системы. Класс 14» (N00-N99) 328,6–395,0 и 241,5–242,7 ‰; «Болезней нервной системы. Класс 6» (G00-G99) 162,8–216,8 и 91,3–92,1 ‰; «Новообразований. Класс 2» (C00-D48) 89,9–133,1 и 69,7–70,5 ‰; «Некоторых инфекционных и паразитарных болезней. Класс 1» (A00-B99) 60,9–98,1 и 46,8–47,2 ‰; «Врожденных аномалий (пороков развития), деформаций и хромосомных нарушений. Класс 17» (Q00-Q99) 18,1–41,3 и 7,7–8,1 ‰; а по «Болезням костно-мышечной системы и соединительной ткани. Класс 13» (M00-M99) различие показателей было также значимым, соответственно 222,7–282,7 и 215,5–216,7 ‰ ($p < 0,01$); как и по «Болезням уха и сосцевидного отростка. Класс 8» (H60-H95), соответственно 54,6–90,2 и 44,9–45,3 ‰ ($p < 0,05$).

Не выявлено статистически значимых различий ($p > 0,05$) в уровнях показателей сравниваемых групп по «Болезням крови, кроветворных органов и отдельным нарушениям, вовлекающим иммунный механизм. Класс 3» (D50-D89) с показателями 18,1–41,3 ‰ в исследуемой группе и 21,0–21,8 ‰ в группе сравнения, «Болезням кожи и подкожной клетчатки. Класс 12» (L00-L99), соответственно 58,7–95,5 и 71,7–72,5 ‰; «Симптомам, признакам и отклонениям от нормы, выявленным при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированных в других рубриках. Класс 18» (R00-R99), соответственно 0,7–11,1 и 2,8–3,0 ‰.

По ряду классов болезней уровень показателей был статистически значимо больше в группе сравнения: «Психические расстройства и расстройства поведения. Класс 5» (F00-F99) соответственно 81,4–82,2 и 45,1–78,3 ‰ ($p < 0,05$); «Болезни органов пищеварения. Класс 11» (K00-K93) соответственно 244,7–245,9 и 18,8–42,8 ‰ ($p < 0,001$); «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин. Класс 19» (S00-T98) соответственно 91,4–92,2 и 0,7–11,1 ‰ ($p < 0,001$).

Обсуждение результатов

Проведённое исследование позволило впервые получить результаты динамического за 1999, 2005, 2010 и 2015 гг. и сравнительного анализа данных о распространенности болезней среди вместе взятых жителей Новоалейского и Плосковского сельсоветов Третьяковского района Алтайского края, как территорий, прилегающих к районам падения ОЧРН.

Анализ распространенности болезней на данных территориях показал существенные колебания общего уровня распространенности болезней и распространенности большинства классов болезней. В итоге в 2015 г. показатели стали статистически значимо меньше таковых в 1999 г. Однако по ряду классов болезней сложилась обратная ситуация. Это такие классы, как «Болезни глаза и его придаточного аппарата. Класс 7» (H00-H59), «Болезни системы кровообращения. Класс 9» (I00-I99), «Болезни органов дыхания. Класс 10» (J00-J99), «Болезни мочеполовой системы. Класс 14» (N00-N99). Общая распростра-

ненность болезней, а также распространённость ряда классов заболеваний в течение всего исследования была существенно больше среди женщин.

Также был проведен сравнительный анализ полученных результатов по исследуемому контингенту и данных по группе сравнения. Для сравнения использовались результаты диспансеризации населения Алтайского края за 2016 г. Мы вынужденно провели такое сравнение, так как более полные сведения о распространённости болезней среди населения края по данным официальной статистики отсутствуют. В ходе экспедиции мы проводим одномоментное исследование и получаем «фотографию» явления — данные о выявленных болезнях в ходе медицинского осмотра на определенную дату, а сведения по краю собираются в ходе диспансеризации населения в течение всего года.

Сравнительный анализ показал, что общий уровень распространённости болезней, а также распространённость болезней большинства классов значимо больше в исследуемой группе. Не выявлено статистически значимых различий показателей сравниваемых групп по «Болезням кожи и подкожной клетчатки. Класс 12» (L00-L99) и «Болезням крови, кровеносных органов и отдельным нарушениям, вовлекающим иммунный механизм. Класс 3» (D50-D89). Распространённость «Психических расстройств и расстройств поведения. Класс 5» (F00-F99), «Болезней органов пищеварения. Класс 11» (K00-K93), «Травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин. Класс 19» (S00-T98) статистически значимо больше в контрольной группе. Такую картину можно связать с тем, что пациенты с психическими расстройствами, серьезными травмами и отравлениями обычно не участвуют в скрининговых обследованиях. В ходе подобных обследований чаще регистрируются последствия травм и отравлений.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что какой-либо катастрофической ситуации со здоровьем жителей исследуемых территорий за многие годы наблюдения не выявлено. Четких тенденций поступательного ухудшения общих показателей распространённости болезней и болезней отдельных классов не установлено. Уровень распространённости болезней в исследуемой группе больше, чем в группе сравнения, что требует тщательного установления причин этого явления. На данном этапе преждевременно делать вывод о значимом негативном воздействии ракетно-космической деятельности на здоровье населения прилегающих территорий и опасности проживания на них для населения. Необходимо дальнейшее продолжение исследований на органном и клеточном уровне, о чем свидетельствуют результаты дополнительно проведенного нами пилотного исследования иммунной системы данной категории населения.

Таким образом, динамический анализ не выявил четкой негативной тенденции изменения показателей распространённости болезней среди жителей территорий Третьяковского района Алтайского края, прилегающих к районам падения ОЧРН. В результате существенные колебания показателей общей распространённости болезней и распространённости

большой части классов болезней в 2015 г. стали статистически значимо меньше таковых в 1999-м. Уровень общей распространённости болезней, а также распространённость болезни целого ряда классов больше среди женщин. Сравнение показателей исследуемой группы и группы сравнения показало, что общая распространённость болезней и распространённость болезней по большинству классов статистически значимо больше в исследуемой группе.

Полученные результаты динамического и сравнительного анализа распространённости болезней позволяют дать оценку здоровья жителей территорий Третьяковского района, прилегающих к районам падения ОЧРН, которая является исходной информацией для принятия управленческих решений по оптимизации здоровья этой категории населения. Итоги работы востребованы органами управления здравоохранением, социальной защиты населения и используются в научных целях.

Авторство

Колядо И. Б. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, интерпретацию данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Плугин С. В. внес существенный вклад в получение, анализ и интерпретацию данных, подготовил первый вариант статьи; Шойхет Я. Н. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, интерпретацию данных, подготовку первого варианта статьи; Бахарева И. В. внесла существенный вклад в получение и интерпретацию данных, подготовку первого варианта статьи.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Игорь Борисович Колядо — SPIN 2068-4904; ORCID 0000-0002-7531-4675

Сергей Викторович Плугин — SPIN 1677-2351; ORCID 0000-0002-6288-9146

Яков Нахманович Шойхет — SPIN 6379-3517; ORCID 0000-0002-5253-4325

Ирина Владимировна Бахарева — ORCID 0000-0002-4528-1198

Список литературы / References

1. Адушкин В. В., Козлов С. И., Петров А. В. Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду: справочное пособие. М.: Анкил, 2000. 232 с.

Adushkin V. V., Kozlov S. I., Petrov A. V. *Environmental problems and risks of impact of rocket and space technology on the environment: reference guide*. Moscow, Ankil Publ., 2000, 232 p. [In Russian]

2. Бурков В. А. Ракетно-космическая деятельность на территории Томской области // Безопасность жизнедеятельности. 2008. № 1. С. 55–57.

Burkov V. A. Rocket and space activities on the territory of the Tomsk region. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life safety]. 2008, 1, pp. 55-57. [In Russian]

3. Дмитриенко И. М., Колядо И. Б., Баранов О. П. Основы медицинской статистики. Барнаул: Изд. АГМУ, 1994. 120 с.

Dmitrienko I. M., Kolyado I. B., Baranov O. P. *Fundamentals of medical statistics*. Barnaul, 1994, 120 p. [In Russian]

4. Епифанов И. К., Дорошина С. В. Классификация направлений негативного воздействия ракетно-космической деятельности на окружающую среду // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. № 7 (32). С. 44–51.

Epifanov I. K., Doroshina S. V. Classification of areas of negative impact of rocket and space activities on the environment. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National interests: priorities and security]. 2011, 7 (32), pp. 44–51. [In Russian]

5. Колядо И. Б., Плугин С. В., Горбачев В. Н. Динамика состояния здоровья населения Алтайского края, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей // География и природопользование Сибири. 2016. № 21. С. 86–95.

Kolyado I. B., Plugin S. V., Gorbachev V. N. Dynamics of the health status of the population of the Altai territory living near the fall areas of separated parts of launch vehicles. *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri* [Geography and nature management of Siberia]. 2016, 21, pp. 86–95. [In Russian]

6. Колядо И. Б., Плугин С. В., Колядо В. Б., Лещенко В. А. Особенности заболеваемости детского населения, проживающего вблизи района падения ракет-носителей типа «Протон» // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 6. С. 56–59.

Kolyado I. B., Plugin S. V., Kolyado V. B., Leshchenko V. A. Features of the incidence of children living near the area of the fall of «Proton»-type launch vehicles. *Meditcina truda i promyshlennaiya ekologiya*. 2018, 6, pp. 56–59. [In Russian]

7. Колядо И. Б., Шойхет Я. Н., Плугин С. В., Бахарева И. В. Распространенность заболеваний среди населения, проживающего на территориях Алтайского края, прилегающих к районам падения отделяющихся частей ракет-носителей // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2010. № 30 (3). С. 141–145.

Kolyado I. B., Shoikhet Ya. N., Plugin S. V., Bakhareva I. V. The prevalence of diseases among the population living in the territories of the Altai territory adjacent to the areas where separated parts of launch vehicles fall. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of the Siberian branch of the Academy of medical Sciences]. 2010, 30 (3), pp. 141–145. [In Russian]

8. Колядо И. Б., Плугин С. В., Шойхет Я. Н. Сравнительное динамическое исследование показателей здоровья населения Алтайского края, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей // Бюллетень науки и практики. 2016. № 6. С. 115–125.

Kolyado I. B., Plugin S. V., Shoikhet Ya. N. Comparative dynamic study of health indicators of the population of the Altai territory living near the fall areas of separated parts of launch vehicles. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bulletin of Science and Practice]. 2016, 6, pp. 115–125. [In Russian]

9. Кондратьев А. Д., Кречетов П. П., Королева Т. В. Обеспечение экологической безопасности при эксплуатации районов падения отделяющихся частей ракет-носителей. М.: Пеликан, 2007. 186 с.

Kondrat'ev A. D., Krechetov P. P., Koroleva T. V. *Ensuring environmental safety in the operation of fall areas of separated parts of launch vehicles*. Moscow, Pelikan Publ., 2007, 186 p. [In Russian]

10. Лещенко В. А., Шойхет Я. Н., Колядо В. Б., Колядо И. Б. Организация выездной диагностической работы и оценка патологической пораженности населения в территориях, прилегающих к районам ракетно-космической деятельности // Сибирский Консилиум. 2007. № 8. С. 32–38.

Leshchenko V. A., Shoikhet Ya. N., Kolyado V. B., Kolyado I. B. Organization of field diagnostic work and assessment of pathological lesions of the population in the territories adjacent to the areas of rocket and space activities. *Sibirskii Konsilium* [Siberian Council]. 2007, 8, pp. 32–38. [In Russian]

11. Мерков А. М., Поляков Л. Е. Санитарная статистика. Л.: Медицина, 1974. 235 с.

Merkov A. M., Polyakov L. E. *Health statistics*. Leningrad, Meditsina Publ., 1974, 235 p. [In Russian]

12. Мешков Н. А. Донозологические и морбидные изменения у населения, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей // Вестник СПбГМА им. И. И. Мечникова. 2007. № 1. С. 60–66.

Meshkov N. A. Prenosological and morbid changes in the population living near the fall areas of separated parts of launch vehicles. *Vestnik SPBGMA im. I. I. Mechnikova* [Bulletin of Mechnikov North-Western State Medical University]. 2007, 1, pp. 60–66. [In Russian]

13. Шатров Я. Т., Брусков В. И., Завильгельский Г. Б. Новые аспекты исследования последствий использования гептила в ракетно-космической технике. Кн. 1. Гептил и активные формы кислорода: взаимосвязь, взаимовлияние, влияние на живые организмы и животных. М.: Пеликан, 2008. 119 с.

Shatrov Ya. T., Bruskov V. I., Zavilgelskii G. B. New aspects of investigation of the consequences of the use of heptyl in rocket and space technology. Book 1. *Heptyl and reactive oxygen species: relationship, mutual influence, influence on living organisms and animals*. Moscow, Pelikan Publ., 2008, 119 p. [In Russian]

14. Шойхет Я. Н., Колядо И. Б., Плугин С. В., Пузанов А. В. Экологическая ситуация и распространенность болезней среди населения Алтайского края, проживающего вблизи зон влияния ракетно-космической деятельности. Барнаул: Азбука, 2008. 292 с.

Shoikhet Ya. N., Kolyado I. B., Plugin S. V., Puzanov A. V. *Environmental situation and prevalence of diseases among the population of the Altai territory living near the zones of influence of rocket and space activities*. Barnaul, Azbuka Publ., 2008, 292 p. [In Russian]

15. Choudhary G., Hansen H. Human health perspective on environmental exposure to hydrazines: a review. *Chemosphere*. 1998, 37 (5), pp. 801–843.

16. James R., Mathiem-Nocf M. Carbon monoxide poisoning - a public health perspective. *Toxicology*. 2000, 1, pp. 1–14.

17. Patera R. P. et al. Controlled deorbit of the “Delta-4” upper stage for the DMSP-17 mission”. Proc. of the 2nd IAASS Conference “Space Safety in a Global World”, Chicago, USA, 14–16 May, 2007 (ESA SP-645, July 2007).

18. Peters A., Verrier R. Pollution air et inéidmédélarythmie cardiaque. *Enerjaute*. 2000, 1, pp. 83–85.

19. Profeta B., McKee M., Goncharova N. P., Kolyado I. B., Robertus Y. V. Danger from above? A quantitative study of perceptions of hazards from falling rockets in the Altai Region of Siberia. *Health, Risk and Society*. 2010, 12 (3), pp. 193–210.

20. Profeta B., Rechel B., McKee M., Moshennikova S. V., Kolyado I. B., Robertus Y. V. Perceptions of risk in the post-soviet world: a qualitative study of responses to falling rockets in the Altai region of Siberia. *Health, Risk and Society*. 2010, 12 (5), pp. 409–424.

21. Tracy U. U. S. Space junk Salls on Siberia. *Earth Island J*. 1998, 3, p. 1.

22. Vertinskii P. A. On magnetodynamics of stationary geomagnetism. In: *XII Joint International Symposium “Atmospheric and Ocean Optics. Atmospheric Physics”*. Tomsk, Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 2005, p. 190.

23. Wei-jia Su, Woodward R.L., Dziewonski A. Degree 12 model of shear velocity heterogeneity in the mantle. *J. Geophys. Res.* 1994, 99 (B4), pp. 6945–6980.

Контактная информация:

Плугин Сергей Викторович – кандидат медицинских наук, доцент, начальник научно-организационного отдела КГБУ «Научно-исследовательский институт региональных медико-экологических проблем».

Адрес: 656031, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Строителей, д. 29а

E-mail: serplugin@yandex.ru

ДИНАМИКА АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДРОСТКОВ БУРЯТСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ В ПЕРИОД С 2003 ПО 2018 ГОД

© 2021 г. Л. В. Рычкова, Т. А. Астахова, Ю. Н. Климкина, О. А. Долгих, А. В. Погодина

ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», г. Иркутск

Введение. Оценка физического развития детей и подростков – актуальная задача профилактической медицины. В последние десятилетия в мире отмечается увеличение доли детей с избытком массы тела и ожирением, однако данных из Восточной Сибири в международной литературе практически не встречается.

Цель исследования: сравнительная характеристика основных показателей физического развития подростков пос. Баяндай Усть-Ордынского Бурятского округа Иркутской области за период с 2003 по 2018 год с использованием стандартов ВОЗ.

Методы. В 2003, 2008, 2011 и 2018 годах были обследованы 344 подростка в возрасте 14–17 лет бурятской национальности, проживающие в сельской местности. Физическое развитие обследованных оценивали по стандартам ВОЗ с использованием программного продукта WHO AnthroPlus. Оценивали рост и индекс массы тела на шкале сигмальных отклонений (Z-scores) и рассчитывали распространенность низкорослости, недостаточной, избыточной массы тела и ожирения в разные годы. Категориальные переменные сравнивали по критерию хи-квадрат, непрерывные – по непарному критерию Стьюдента.

Результаты. Отмечается увеличение количества подростков с задержкой роста с 5,1 % в 2003 году до 13,5 в 2018-м, преимущественно за счет девушек. Выявлено увеличение распространенности избыточного веса для обоих полов с 7,7 % в 2003 году до 17,7 в 2018-м без гендерных различий. Распространенность ожирения среди юношей в 2018 году была 9,1 % против 2,0 % среди девушек ($p < 0,001$).

Выводы. Рост числа подростков с избыточной массой тела и ожирением среди подростков-бурят является отражением мировой статистики по данной тематике среди детей и подростков, однако значительное увеличение доли низкорослых девушек требует дальнейшего изучения проблемы. Полученные результаты говорят о необходимости разработки комплекса профилактических мероприятий по предупреждению развития задержки роста, ожирения и избыточной массы тела среди подростков.

Ключевые слова: подростки, сельская местность, физическое развитие, низкорослость, ожирение, избыточная масса тела, низкая масса тела, Z-scores

SECULAR TRENDS IN ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS IN EASTERN SIBERIAN RURAL BURYAT ADOLESCENTS FROM 2003 TO 2018

L. V. Rychkova, T. A. Astakhova, Yu. N. Klimkina, O. A. Dolgikh, A. V. Pogodina

Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia

Introduction: Monitoring of physical development in children and adolescents is an important public health routine. Recent decades have been characterized by a substantial increase in the prevalence of overweight and obesity among adolescents, although little evidence from Eastern Siberia is available in international literature.

Aim: To study anthropometric characteristics of rural Buryat adolescents in Eastern Siberia over a 15-years period using WHO-2007 reference population to ensure international comparability of the data.

Methods: Altogether, 344 Buryat adolescents aged 14-17 years took part in cross-sectional studies in 2003, 2008, 2011 and 2018 in Bayandai, Irkutsk region, Eastern Siberia. Height and weight were measured. The Anthro Plus software was used to calculate Height-for-Age and BMI-for-age Z-scores. The prevalence of stunting, underweight, overweight and obesity was calculated. Numeric data were analyzed using unpaired t-tests while categorical variables were compared using chi-squared tests.

Results: The prevalence of stunting increased from 5.1 % in 2003 to 13.5 % in 2018. The girls were the most affected. The overall prevalence of overweight increased from 7.7 % in 2003 to 17.7 % in 2018. While no associations between overweight and gender were observed, only 2.0 % of girls were overweight compared to 9.1 % of boys ($p < 0.001$).

Conclusion. An increase in the prevalence of overweight and obesity is in line with the global trend, although an increase in stunting among girls warrants further research. Urgent public health measures are warranted to reduce the prevalence of stunting and to prevent development of obesity in Buryat adolescents.

Key words: adolescents living in a rural area, physical development, Z-score

Библиографическая ссылка:

Рычкова Л. В., Астахова Т. А., Климкина Ю. Н., Долгих О. А., Погодина А. В. Динамика антропометрических характеристик подростков бурятской национальности в сельской местности Восточной Сибири в период с 2003 по 2018 год // Экология человека. 2021. № 4. С. 47–54.

For citing:

Rychkova L. V., Astakhova T. A., Klimkina Yu. N., Dolgikh O. A., Pogodina A. V. Secular Trends in Anthropometric Characteristics in Eastern Siberian Rural Buryat Adolescents from 2003 to 2018. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 4, pp. 47-54.

Приоритетным направлением профилактической медицины было и остается изучение индивидуальных особенностей развития индивида в условиях динамического роста [7]. Простота и доступность методов изучения физического развития делает показатель

важным в оценке состояния здоровья подростка, способствует более раннему выявлению патологических состояний, проведению оздоровительных профилактических мероприятий. Физическое развитие – один из важных составляющих компонентов состояния

здоровья подрастающего поколения, зависящий от многих факторов и подчиняющийся общебиологическим закономерностям [23].

Общеизвестный факт, что подростковый возраст является переломным периодом в жизни подростка, так как именно на этот возраст приходится пик физического развития, окончательно формируются длина и масса тела [6]. Согласно данным официальной статистики [21, 27, 28], в последние годы в России наблюдается неблагоприятная динамика в состоянии здоровья детского населения: увеличение роста общей заболеваемости на 4 % подростков в возрасте 15–17 лет, неуклонный рост хронической патологии во всех возрастных группах, ухудшение основных качественных показателей здоровья детского населения. По результатам проведенных на сегодняшний момент в России исследований [2, 4, 10], отмечены однонаправленные сдвиги в физическом развитии современных подростков, характеризующиеся уменьшением обхватных, широтных антропометрических размеров, снижением функциональных возможностей организма. Так, среди подростков Нижегородской области за временной промежуток 1946–1968–2012 годов выявлено увеличение длины и массы тела подростков, среди детского населения Республики Татарстан отклонения в физическом развитии выявлены у 23,7 % [19, 28]. Согласно данным Меркуловой Н. А. [19], отмечается увеличение в 2 раза числа подростков с задержкой роста и дефицитом массы тела во Владикавказе.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) считает детское и подростковое ожирение, вследствие его многообразного влияния на подрастающий организм, одной из главных проблем современного здравоохранения [31, 44]. По оценкам ВОЗ [4], в мире в 2016 году зарегистрировано 340 млн детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением. Этот показатель в США в возрастной группе 2–19 лет в период 1988–1994 годов составил 10,5 %, а уже в 2011–2014-х – 17 %, в Мексике более 24 % детей и подростков имеют избыточную массу тела и ожирение [30]. Ежегодные темпы прироста избыточной массы тела среди подростков Бразилии составляют 0,5 %, среди подростков Китая – 1,1 % [48, 51]. В Российской Федерации также наблюдается увеличение числа детей и подростков с данной патологией. Так, в период с 1992 по 2012 год регистрируется рост распространения ожирения, особенно среди подростков 15–17 лет, – с 612,2 до 2 347,3 на 100 тыс. [24]. По результатам мультицентрового исследования, проведенного НИИ питания [22, 5], распространенность избыточной массы тела в центральных районах России составляет 18,8–19,4 %, ожирения – 4,7–5,9 %, в Сибири – 20,5–22,0 % и 5,9–6,7 % соответственно. Отличительной особенностью физического развития современных подростков является повышенный уровень учебной нагрузки, низкий уровень физиче-

ской активности, что неизбежно приводит к формированию избыточной массы тела и ожирения [15].

Физическое развитие подростка отражает региональные особенности, зависящие от социально-экономического положения населения, образа жизни, национальности. Сельские подростки занимают особое место среди современной молодежи по многим критериям: особенности проживания в условиях сельской местности, недостаточное количество углубленных профилактических исследований, проводимых в последние десятилетия, произошедшие большие изменения в организации медико-профилактической помощи на селе [15].

Цель настоящего исследования – сравнительная характеристика основных показателей физического развития подростков сельской местности бурятской национальности за период с 2003 по 2018 год с использованием стандартов ВОЗ.

Методы

Исследование проведено среди подростков 14–17 лет пос. Баяндай Усть-Ордынского Бурятского округа Иркутской области в 2003, 2008, 2011 и 2018 годах. Осмотрено 395 подростков, присутствовавших в дни проведения профилактических медицинских осмотров. Основная причина неучастия в исследовании – отсутствие в день проведения медицинского осмотра в школе. Согласно критериям включения и исключения в окончательную группу исследования было включено 344 подростка – в 2003 году 78 (37 девушек, 41 юноша), в 2008 и 2011 годах обследовано по 85 подростков (42 девушки, 43 юноши) и в 2018 году 96 (52 девушки и 44 юноши).

Критерии включения: возраст 14–17 лет; подростки бурятской национальности в трех поколениях; проживание на территории данного поселка; информированное согласие подростка или его законного представителя на участие в исследовании.

Критерии невключения: возраст младше 14 и старше 17 лет; подростки европеоиды; наличие тяжелой соматической патологии; отказ от участия в исследовании.

Поселок Баяндай – административный центр Баяндаевского района, расположенный на северо-востоке Иркутской области, национальный состав преимущественно буряты [3].

Таблица 1
Численность населения пос. Баяндай Иркутской области по годам исследования, человек

Год исследования	Всего населения поселка	Подростков 14–17 лет (% от общего числа населения поселка)
2003	2 874	103 (3,6)
2008	2 832	120 (4,2)
2011	2 672	105 (3,9)
2018	2 626	125 (4,7)

Исследование проводилось двумя и более сотруд-

никами в осеннее время. Все исследования были выполнены по унифицированной антропометрической методике с использованием стандартного инструментария, в отдельной комнате при комфортной температуре [26]. Подростки находились в легкой одежде. Весоростовые параметры измерялись в утренние часы натощак. Масса тела обследуемых подростков измерялась при помощи напольных медицинских электронных весов с погрешностью ± 50 г, рост – при помощи напольного ростомера в положении стоя, четыре точки соприкосновения (затылок, межлопаточная область, ягодицы и пятки).

Оценивались весоростовые параметры по стандартам ВОЗ с помощью калькулятора WHO AnthroPlus [49] и определением величин Z-score (HAZ, BAZ): оценка показателя Z-score отношения роста к возрасту HAZ (Height-for-Age Z-score) при значениях HAZ < -2 диагностировала низкорослость; при значениях HAZ $> +2$ – высокорослость. Оценка показателя Z-score отношения массы тела к возрасту BAZ (BMI-for-Age Z-score) диагностировала недостаточность питания (BAZ < -2), избыточную массу тела $+1 < BAZ < +2$ или ожирение (BAZ $> +2$).

В работе с группами детей и подростков соблюдались этические принципы, предъявляемые Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki (1964, 2000 ред.)).

Анализ полученных нами данных проведен с использованием пакета статистических программ STATISTICA, версия 6.0 (StatSoftInc., США). Результаты представлены в виде среднего значения (M) и ошибки средней арифметической (m). Для оценки различий между двумя независимыми группами использовали двухвыборочный t-тест Стьюдента при выполнении условий – согласия эмпирического распределения выборок с нормальным распределением и равенства дисперсий в группах. Для сравнительной оценки трех и более групп использовался дисперсионный анализ. Анализ различий признаков в сравниваемых группах проведен при помощи критерия χ^2 Пирсона. При проверке статистических гипотез принимали 5 % уровень значимости.

Результаты

В исследовании, проводимом в 2003, 2008, 2011 и 2018 годах, приняли участие 344 подростка в возрасте 14–17 лет. Основные антропометрические характеристики представлены в табл. 2.

Из приведенных таблиц видно, что средний рост юношей в 2003, 2008 и 2018 годах находился в диапазоне 172,6–171,8 см, а в 2011 году наблюдения отмечается снижение длины тела юношей. Среди девушек отмечается незначительное колебание длины тела с 161,9 до 160,3 см. Подростки мужского пола имеют большую массу тела по сравнению с девушками. Отмечается значимая динамика по параметрам индекса массы тела (ИМТ) среди обследованных подростков.

Таблица 2

Динамика средних арифметических значений для роста, массы тела и индекса массы тела подростков пос. Баяндай Иркутской области с 2003 по 2018 год, M \pm m

	2003 г.	2008 г.	2011 г.	2018 г.	P*
Возраст, лет					
Юноши	15,6 \pm 0,87	15,5 \pm 1,01	15,6 \pm 0,85	15,3 \pm 1,13	0,307
Девушки	15,3 \pm 0,86	15,7 \pm 0,65	15,1 \pm 0,59	15,2 \pm 0,5	0,298
Рост, см					
Юноши	172,6 \pm 6,6	151,9 \pm 4,63	170,9 \pm 6,1	171,8 \pm 5,89	0,191
Девушки	161,2 \pm 4,84	161,9 \pm 5,49	161,34 \pm 4,53	160,3 \pm 6,15	0,636
Масса тела, кг					
Юноши	62,12 \pm 11,70	60,90 \pm 8,89	62,58 \pm 11,33	64,9 \pm 12,3	0,452
Девушки	55,5 \pm 8,33	55,0 \pm 7,79	54,26 \pm 8,05	53,9 \pm 9,35	0,96
ИМТ, кг/м ²					
Юноши	20,5 \pm 2,44	20,9 \pm 2,84	20,74 \pm 2,63	23,1 \pm 1,11	0,001
Девушки	21,6 \pm 3,07	20,86 \pm 2,50	20,75 \pm 2,63	21,2 \pm 2,12	0,646

Примечание. * – достоверность различий $p < 0,05$.

При сравнении показателей HAZ юноши имели более высокие значения длины тела относительно должностного роста по сравнению с девушками (табл. 3). У девушек отмечаются отрицательные значения Z-score роста, что говорит, о том, что часть подростков имела задержку роста.

Таблица 3

Динамика средних значений Z-score показателей HAZ, BAZ среди подростков пос. Баяндай Иркутской области с 2003 по 2018 год, M \pm m

	2003 г.	2008 г.	2011 г.	2018 г.	P*
Z-score показателя HAZ					
Юноши	0,23 \pm 0,98	0,16 \pm 1,09	0,18 \pm 0,94	0,07 \pm 0,6	0,96
Девушки	-0,19 \pm 0,7	-0,08 \pm 0,64	-0,08 \pm 0,65	-0,31 \pm 0,85	0,34
Оба пола	0,04 \pm 0,89	0,19 \pm 0,37	0,05 \pm 0,82	0,14 \pm 0,78	0,94
Z-score показателя BAZ					
Юноши	-0,06 \pm 0,88	0,02 \pm 1,06	0,05 \pm 0,94	0,25 \pm 1,13	0,215
Девушки	0,24 \pm 1,14	0,02 \pm 1,12	-0,02 \pm 1,12	0,23 \pm 1,13	0,365
Оба пола	0,07 \pm 0,18	0,02 \pm 0,89	0,01 \pm 0,9	0,24 \pm 1,06	0,805

Z-score ИМТ у юношей в 2003 году и у девушек в 2011-м имели отрицательное значение, т. е. часть юношей и девушек имела недостаток массы тела. Z-score индекса массы тела также были выше у юношей за все исследуемые года, но не достигали статистической значимости.

Задержка роста среди подростков обоих полов характеризуется увеличением этого показателя

к 2018 году до 13,5 %. Среди юношей в 2003 и 2018 годах распространенность задержки роста была одинаково низкой, в отличие от 2008 и 2011 годов, когда данный показатель увеличился до 7,0 %. Однако среди девушек отмечается значимое увеличение показателя с 2,7 до 23,1 % ($p < 0,005$) (табл. 4). Низкорослость среди подростков обоих полов имеет тенденцию к уменьшению распространенности, и в период с 2008 г. у юношей этот показатель одинаков и составляет 2,3 %.

Таблица 4

Распространенность задержки роста, низкорослости, избыточной массы тела и ожирения с 95 % доверительными интервалами (ДИ) по Уилсону у подростков пос. Баяндай Иркутской области с 2003 по 2018 год, % (95 % ДИ)

Год	Девушки	Юноши	p	Оба пола
Задержка роста				
2003	2,7 (1,5–3,9)	2,4 (1,4–5,3)	0,619	5,1 (4,1–6,9)
2008	4,8 (3,1–7,0)	7,0 (5,1–10,4)	0,999	5,8 (4,8–7,5)
2011	7,1 (1,9–10,1)	6,9 (2,0–10,2)	0,999	7,1 (5,4–10,5)
2018	23,1 (20,3–26,4)	2,3 (1,6–3,4)	0,005	13,5 (8,9–14,5)
Низкорослость				
2003	2,7 (1,5–3,9)	7,3 (5,6–10,5)	0,999	3,8 (2,5–6,1)
2008	2,3 (1,3–5,1)	2,3 (1,2–3,8)	0,474	1,2 (0,6–3,0)
2011	2,7 (1,5–3,9)	2,3 (1,2–3,8)	1,000	1,2 (0,6–3,0)
2018	1,9 (0,9–3,5)	2,3 (1,2–3,8)	1,000	1,1 (0,5–2,9)
Избыточная масса тела				
2003	8,1 (7,1–10,5)	7,3 (5,5–10,4)	0,999	7,7 (6,0–10,3)
2008	5,4 (3,6–7,9)	9,3 (6,5–11,2)	0,676	7,1 (5,3–9,9)
2011	4,8 (3,1–7,2)	11,6 (8,8–13,2)	0,433	8,2 (7,1–10,5)
2018	17,3 (15,9–21,8)	18,2 (16,8–22,4)	0,791	17,7 (16,1–22,1)
Ожирение				
2003	5,4 (3,6–7,9)	2,3 (1,2–3,8)	0,601	2,6 (1,5–3,9)
2008	2,3 (1,4–4,4)	4,8 (3,4–5,9)	1,000	2,5 (1,4–3,9)
2011	4,8 (2,9–6,1)	4,6 (3,1–5,4)	0,999	4,7 (3,4–6,1)
2018	2,0 (0,9–3,5)	9,1 (7,1–11,7)	0,176	5,2 (4,0–6,7)

Такой показатель, как избыточная масса тела, наоборот, имеет тенденцию к увеличению без гендерных отличий до 18,2 % у юношей и 17,7 % у девушек. Показатель распространенности ожирения имеет гендерные особенности, рост его наблюдается у юношей.

Обсуждение результатов

Физическое развитие один из важнейших показателей, характеризующий состояние здоровья подрастающего поколения [17]. С учетом того, что организм подростка находится в постоянном росте и развитии, любые нарушения процесса нормального развития могут рассматриваться как показатель неблагополучия в состоянии здоровья подрастающего поколения. Многочисленными исследованиями установлено, что физическое развитие современных подростков характеризуется снижением доли лиц с гармоничным

физическим развитием и увеличением доли с таким отклонением от гармоничности, как дефицит массы тела и избыточная масса тела, а также увеличением возраста полового созревания [17].

Проведенные исследования физического развития сельских подростков бурятской национальности выявили некоторые отклонения от стандартов ВОЗ. Из представленных значений средних Z-score длины тела видно, что наибольшие отличия длины тела от стандартных показателей у юношей наблюдались в 2003 году, однако в 2018 году эти отличия были минимальными и стремились к нулевым значениям. В отличие от юношей средние значения Z-score длины тела девушек характеризуются отрицательными значениями, что свидетельствует том, что рост этой категории подростков меньше, чем в стандартной популяции. По результатам исследования Есауленко И. Э. с соавт. [14], средние значения Z-score длины тела подростков г. Воронежа составляли 0,09. Согласно исследованию, проведенному НИИ питания, Z-score длины тела городских юношей составил $-0,2$, девушек $-0,15$ [18].

Средние значения Z-score ИМТ у обследуемых подростков выходили за границы области нормальных значений ($-1...+1$). Наибольшие отличия от стандартов наблюдались у юношей в 2018 году, а в 2003-м 15 % подростков имели недостаточную массу тела. У девушек минимальные отличия от стандартов наблюдались в 2008 году.

Как показывают результаты нашего исследования, регистрируемое повышение числа подростков с задержкой роста $-13,5$ % имеет гендерные особенности, значительное превышение данного показателя отмечается среди подростков-девушек. Низкорослость имеет тенденцию к уменьшению до 1,1 % в 2018 году. По результатам проведенных исследований в России, наиболее близкие значения выявлены у подростков сельской местности Томской области [12]. Среди сельских подростков Архангельской области частота низкорослости составила 3,3 %, среди подростков-эвенков, проживающих на севере Иркутской области, $-2,1$ %. [1, 40]. Среди городских подростков Республики Башкортостан данный показатель был равен 5,3 %, среди подростков г. Краснодара $-2,4$ % [5].

Согласно данным зарубежных исследований [36, 50], уровень задержки роста среди детей и подростков сельской местности Китая в 2010–2012 годах составил 4,7 % и имел гендерные отличия – преобладающее большинство мальчики. Другое крупномасштабное исследование, проведенное в Китае среди 1 489 953 городских и сельских детей и подростков в возрасте от 7 до 18 лет, установило снижение уровня данного показателя за временной промежуток 29 лет с 16,4 до 2,3 %, причем у сельских детей и подростков показатель задержки роста был выше за все годы исследования [47]. По данным исследования Caleyachetty R. et al. [32], проведенного в 57 странах с низким и средним уровнем доходов, распространенность задержки роста среди подростков 12–15 лет составила 10,2 %.

Масса тела — показатель физического развития, остро реагирующий на воздействие экзо- и эндогенных факторов [9]. По результатам нашего исследования наблюдается увеличение количества подростков с избыточной массой тела и ожирением. Распространенность ожирения имеет гендерные особенности, у юношей отмечается увеличение числа данной патологии. Можно отметить, что результаты нашего исследования сопоставимы с таковыми результатами как российских, так и зарубежных исследований. Так, наиболее схожие результаты по частоте распространенности избыточной массы тела приведены в исследовании сельских подростков Томской области — среди юношей этот показатель составил 17,4 %, среди девушек — 13,9 % [12]. Результаты исследования подростков сельской местности Архангельской области показали, что у 10,3 % лиц отмечается избыточная масса тела, у 4,7 % — ожирение, среди подростков-соиот Республики Бурятия у 12,5 % избыточная масса тела, 6,3 % — ожирение [1, 40]. Среди городских подростков Воронежской области у 12,3 % — избыточная масса тела и 4,4 % — ожирение, у подростков Санкт-Петербурга — 13,8 и 5,3 % соответственно [8, 14]. Среди подростков Хакасии ожирение имеет гендерные различия — 6,5 % девушки и 8,9 % юноши [7].

Полученные нами данные, а также данные других исследователей находятся в рамках мирового тренда роста избыточной массы тела и ожирения среди подрастающего поколения [11, 13, 15, 17, 37]. Так, в исследованиях Yunping Zhou et al., охвативших 29 418 детей и подростков Китая, распространенность ожирения среди лиц 13–17 лет составила 9,6 %; авторы другого исследования, проведенного в 16 крупных городах Китая, показали увеличение темпов роста значений ИМТ $0,8 \text{ кг/м}^2$ среди юношей и $0,6 \text{ кг/м}^2$ среди девушек за десятилетие; в исследовании Kułaga Z. et al. распространенность ожирения среди 17 427 польских детей и подростков 13–18 лет находилась в диапазоне 3,4–5,0 и 2,0–2,6 % у мальчиков и у девочек соответственно; Rakić R. et al. установили в Сербии у 17,4 % подростков избыточную массу тела и у 4,5 % — ожирение [38, 41, 45, 52, 53]. По данным Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino (Ensanut MC 2016), распространенность избыточной массы тела и ожирения среди сельских подростков Мексики составляет 39,2 % среди девушек и 33,5 % среди юношей, среди сельских подростков Индии — 11,0 % [43, 46]. Результаты крупного мета-анализа 74 168 подростков в возрасте от 2 до 19 лет показал, что у сельских детей и подростков вероятность ожирения на 26,0 % выше, чем у городских [39].

Причин, предрасполагающих к избыточной массе тела, много, но среди главных — нерациональное питание, низкая физическая активность (гиподинамия), увеличение экранного времени [16, 34]. Такая негативная тенденция роста избыточной массы тела должна нацеливать органы здравоохранения на кон-

троль за динамикой массы тела, начиная со школьного возраста. Избыточная масса тела — значимый фактор во взрослом возрасте [27, 33]. По мнению исследователей, более половины детей и подростков с дебютом избыточной массы тела и/или ожирения в детском возрасте подвержены одному фактору риска, треть подростков — двум и более дополнительным факторам риска [10, 35, 42], что необходимо учитывать при разработке методических рекомендаций по проведению профилактических мероприятий среди подростков с избыточной массой тела и ожирением.

В качестве ограничений данного исследования можно упомянуть ограниченность выборки подростками только 14–17 лет, проживание в сельской местности и этнический фактор — бурятская национальность, следовательно, экстраполировать наши результаты на другие этнические и возрастные группы следует с осторожностью. Место проживания тоже следует рассматривать как отдельный фактор, требующий более глубокого изучения.

Заключение. Анализ данных, полученных в ходе исследования физического развития с использованием программы WHO AnthroPlus среди подростков 14–17 лет бурятской национальности, проживающих в сельской местности, показал особенности физического развития за период с 2003 по 2018 год. У обследованных школьников выявлены изменения показателей физического развития, в большей степени индекса массы тела. Полученные нами результаты говорят о необходимости разработки и проведения комплекса профилактических мероприятий по предупреждению развития избыточной массы тела и ожирения, особенно среди юношей, а также уделить пристальное внимание вопросам профилактики низкорослости.

Авторство

Рычкова Л. В. внесла существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования, утвердила окончательный вариант статьи; Астахова Т. А. участвовала в получении и интерпретации данных, подготовила первоначальный вариант статьи; Климкина Ю. Н. и Долгих О. А. подготовили первый вариант статьи, участвовали в создании базы данных, их анализе; Погодина А. В. внесла существенный вклад в анализ данных, участвовала в подготовке окончательного варианта статьи.

Все авторы утвердили окончательную версию рукописи. Конфликт интересов отсутствует

Рычкова Любовь Владимировна — SPIN 1369-6575; ORCID 0000-0003-2910-0737

Астахова Татьяна Александровна — SPIN 3596-8613; ORCID 0000-0003-1427-4734

Климкина Юлиана Николаевна — SPIN 5075-8560

Долгих Ольга Александровна — SPIN 5751-9078

Погодина Анна Валерьевна — SPIN 6059-0340; ORCID 0000-0001-8533-3119

Список литературы / References

1. Астахова Т. А., Рычкова Л. В., Погодина А. В., Мандзяк Т. В., Климкина Ю. Н. Сравнительная характеристика состояния здоровья подростков разных этнических

групп республики Бурятия // Экология человека. 2017. № 6. С. 24–29.

Astakhova T. A., Rychkova L. V., Pogodina A. V., Mandzyak T. V., Klimkina Yu. N. Comparative analysis of health status of adolescents of different ethnic groups in buryat republic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2017, 6, pp. 24–29. [In Russian]

2. Балъжиева 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.

Bal'zhiyeva 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 [Voprosy detskoj dietologii]*. 2017, 15 (5), pp. 29–34. [In Russian]. doi: 10.20953/1727-5784-2017-5-29-34.

3. Баяндай (Иркутская область). URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 28.09.2019)

Bayanday_ (Irkutsk Region). [In Russian]. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (accessed 28 September's 2019)

4. Безрукова Д. А., Джумагазиев А. А., Богданьянц М. В., Акмаева Л. М., Усаева О. В., Трубина Е. В. Ожирение у детей: состояние проблемы // Астраханский медицинский журнал. 2017. Т. 3 (12). С. 13–21.

Bezrukova D. A., Dzhumagaziev A. A., Bogdan'yants M. V., Akmaeva L. M., Usaeva O. V., Trubina E. V. Obesity in children: state of the problem. *Astrakhanskii meditsinskii zhurnal [Astrakhan Medical Journal]*. 2017, 3 (12), pp. 13–21. [In Russian]

5. Бурлуцкая А. В., Шадрин С. А., Статова А. В. Эндокринная патология у подростков города Краснодара // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11 (53). С. 130–133. doi: 10.18454/IRJ.2016.53.197

Burlutskaya A. V., Shadrin S. A., Statova A. V. Endocrine pathology of teenagers of Krasnodar. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2016, 11 (53), pp. 130–133. [In Russian]. doi: 10.18454/IRJ.2016.53.197

6. Галактионова М. Ю., Рахимова А. Л. Физическое развитие современных подростков // Мать и дитя в Кузбассе. 2013. № 52 (1). С. 34–38.

Galaktionova M. Yu., Rakhimova A. L. The physical development of modern teenagers. *Mat' i ditya v Kuzbasse [Mother and baby in Kuzbass]*. 2013, 52 (1), pp. 34–38. [In Russian]

7. Гладкая В. С., Королева В. А., Грицинская В. Л. Региональные особенности соматометрических характеристик у городских школьниц в Республике Хакасия // Мать и дитя в Кузбассе. 2018. № 3 (74). С. 32–37.

Gladkaya V. S., Koroleva V. A., Gritsinskaya V. L. The regional features of the somatometric characteristics in urban schoolgirls in the republic of Khakasia. *Mat' i ditya v Kuzbasse [Mother and baby in Kuzbass]*. 2018, 3 (74), pp. 32–37. [In Russian]

8. Грицинская В. Л., Гладкая В. С. Оценка физического развития девочек-школьниц г. Санкт-Петербурга с использованием интернациональных нормативов // Мать и дитя в Кузбассе. 2018. № 1 (72). С. 85–89.

Gritsinskaya V. L., Gladkaya V. S. The evaluation of physical development of schoolgirls of St. Petersburg with the use of the international standards. *Mat' i ditya v Kuzbasse [Mother and baby in Kuzbass]*. 2018, 1 (72), pp. 85–89. [In Russian]

9. Грицинская В. Л., Никитина И. Л. Соматометрические показатели физического развития школьниц г. Санкт-Петербурга // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2018. № 63 (1). С. 66–70.

Gritsinskaya V. L., Nikitina I. L. Somatometric physical development indicators of school children in Saint-Petersburg city. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal [Russian Journal of Pediatrics]*. 2018, 63 (1), pp. 66–70. [In Russian]

10. Дедов И. И. Рекомендации по диагностике, лечению и профилактике ожирения у детей и подростков. М.: Практика, 2015. 136 с.

Dedov I. I. *Recommendations for the diagnosis, treatment and prevention of obesity in children and adolescents*. Moscow, Praktika Publ., 2015, 136 p. [In Russian]

11. Дедов И. И., Мельниченко Г. А., Бутрова С. А., и др. Ожирение у подростков в России // Ожирение и метаболизм. 2006. Т. 3, № 4. С. 30–34. doi: 10.14341/2071-8713-5141

Dedov I. I., Mel'nichenko G. A., Butrova S. A., et al. Obesity in adolescents in Russia. *Ozhirenie i metabolism [Obesity and metabolism]*. 2006, (4) 30, pp. 30–34. [In Russian]. doi: 10.14341/2071-8713-5141.

12. Деев И. А., Коломеец И. Л., Камалтынова Е. М., Куликов Е. С., Левко А. Н., Фёдорова О. С. Особенности основных показателей физического развития подростков в Томской области // Бюллетень сибирской медицины. 2015. № 14 (6). С. 40–47. doi: 10.20538/1682-0363-2015-6-40-47

Deev I. A., Kolomeets I. L., Kamaltynova E. M., Kulikov E. S., Levko A. N., Fedorova O. S. Features of the main indicators of the physical development of teenagers in the tomsk region. *Byulleten' sibirskoi meditsiny [Bulletin of Siberian Medicine]*. 2015, 4 (6), pp. 40–47. [In Russian]. doi: 10.20538/1682-0363-2015-6-40-47.

13. Дынник В. А., Начетова Т. А., Удовикова Н. А. Антропометрическая характеристика школьниц 7–18 лет городской и сельской местности // Современная педиатрия. 2016. № 6 (78). С. 51–55. doi: 10.15574/sp.2016.78.51

Dynnik V. A., Nachtetova T. A., Udovikova N. A. Anthropometric characteristic features of schoolgirls, aged 7–18 years, residing in urban and rural areas. *Sovremennaya pediatriya [Modern Pediatrics]*. 2016, 6 (78), pp. 51–55. [In Russian]

14. Есауленко И. Э., Настаушева Т. Л., Жданова О. А., Минакова О. В. Характеристика физического развития и режима питания школьниц Воронежа // Вопросы питания. 2017. № 4 (86). С. 85–92.

Esaulenko I. E., Nastausheva T. L., Zhdanova O. A., Minakova O. V. Characteristics of voronezh schoolchildren physical development and nutrition behavior. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 2017, 86 (4), pp. 85–92. [In Russian]

15. Калужный Е. А., Крылов В. Н., Кузмичев Ю. Г. Особенности физического развития сельских школьниц в современных условиях // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2014. № 2 (31). С. 54–58. doi: 10.14526/00_1111_03

Kalyuzhnyi E. A., Krylov V. N., Kuzmichev Yu. G. The peculiarities of village schoolchildren's physical development in modern conditions. *Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoi kul'tury i sporta [Teaching-psychological and life-biological problems of physical culture and sports]*. 2014, 2 (31), pp. 54–58. [In Russian]. doi: 10.14526/00_1111_03

16. Колосов Ю. А., Колесников С. И., Анищенко А. П. Избыточная масса тела и ожирение у детей, подростков и взрослых: причины развития и факторы риска // Патогенез. 2016. № 4 (14). С. 9–14.

Kolosov Yu. A., Kolesnikov S. I., Anishchenko A. P. Overweight and obesity in children, adolescents and adults: causes of development and risk factors. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2016, 4 (14), pp. 9–14. [In Russian]

17. Максимова Т. М., Лушкина Н. П. Физическое развитие детей России: определение путей оценки и выявления проблемных ситуаций в росте и развитии подрастающего поколения // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2013. № 4. С. 3–6.

Maksimova T. M., Lushkina N. P. The physical development of children in Russia: the specification of means to evaluate and identify the problematic situation in process of growing and development of oncoming generation. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavoookhraneniya i istorii meditsiny* [Problem of social hygiene, public health and history of medicine]. 2013, 4, pp. 3-6. [In Russian]

18. Мартинчик А. Н., Батурич А. К., Кешабянц Э. Э., Пескова Е. В. Ретроспективная оценка антропометрических показателей детей России в 1994–2012 гг. по новым стандартам ВОЗ // Педиатрия. 2015. № 1 (94). С. 156–160.

Martinchik A. N., Baturin A. K., Keshabyants E. E., Peskova E. V. Retrospective assessment of anthropometric measurements of children in Russia 1994-2012 according to the new WHO standards. *Pediatrics named after G. N. Speransky* (Pediatrics - Zhurnal im. Speranskogo). 2015, 1 (94), pp. 156-160. [In Russian]

19. Меркулова Н. А., Бутаев Т. М., Кусова А. Р., Гигולהва Л. В. Региональные стандарты физического развития детей в возрасте от 7 до 17 лет // Здоровье населения и среда обитания. 2010. № 4 (205). С. 36–37.

Merkulova N. A., Butaev T. M., Kusova A. R., Gigolaeva L. V. Regional standard of physical development of children aged 7-17 years old. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Public Health and Life Environment]. 2010, 4 (205), pp. 36-37. [In Russian]

20. Михайлова С. В., Калюжный Е. А., Кузмичев Ю. Г., Крылов В. Н. Особенности морфофункционального развития сельских школьников в современных условиях (на примере Нижегородской области) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 519.

Mikhailova S. V., Kalyuzhnyi E. A., Kuzmichev Yu. G., Krylov V. N. Morphofunctional features of development rural schoolchildren in modern conditions (on the example of the nizhny novgorod region). *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary problems of science and education]. 2014, 4, p. 519. [In Russian]

21. Орел В. И., Середва В. М., Ким А. В., Шарифутдинова Л. Л., Беженар С. И., Булдакова Т. И., Рослова З. А., Орел В. В., Гурьева Н. А. Здоровье детей Санкт-Петербурга // Педиатр. 2017. № 8. С. 112–118. doi: 10.17816/ped81112-119

Orel V. I., Sereda V. M., Kim A. V., Sharafutdinova L. L., Bezhenar S. I., Buldakova T. I., Roslova Z. A., Orel V. V., Gur'eva N. A. Children's health of Saint Petersburg. *Pediatr* [Pediatrician]. 2017, 8, pp. 112-118. [In Russian]. doi: 10.17816/ped81112-119

22. Павловская Е., Каганов Б., Строчкова Т. Ожирение у детей и подростков – патогенетические механизмы, клинические проявления, принципы лечения. URL: <http://ijpog.org/downloads/5/12.pdf>. (дата обращения: 01.11.2020).

Pavlovskaya E., Kaganov B., Strokovaya T. *Ozhirenie u detei i podrostkov - patogeneticheskie mekhanizmy, klinicheskie proyavleniya, printsipy lecheniya*. [In Russian]. Available at: <http://ijpog.org/downloads/5/12.pdf>. (accessed: 01.11.2020).

23. Скоблина Н. А., Кучма В. Р., Милушкина О. Ю., Бокарева Н. А. Современные тенденции физического развития детей и подростков // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 8. С. 10–12.

Skoblina N. A., Kuchma V. R., Milushkina O. Yu., Bokareva N. A. Current trends in physical development

of children and adolescents. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Public Health and Life Environment]. 2013, 8, pp. 10-12. [In Russian]

24. Стародубов А. В., Стародубов В. И. Тенденции, возрастные и региональные особенности заболеваемости ожирением населения Российской Федерации в 1992–2012 гг. // Профилактическая медицина. 2017. № 6. С. 32–40. doi.org: 10.17116/profmed201720632-40

Starodubov A. V., Starodubov V. I. Obesity trends and age-related and regional features in the Russian Federation in 1992-2012. *Profylakticheskaya meditsina* [The Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health]. 2017, 6, pp. 32-40. [In Russian]. doi.org: 10.17116/profmed201720632-40

25. Тутельян В. А., Батурич А. К., Конь И. Я., Мартинчик А. Н., Углицких А. К., Коростелева М. М. Распространенность ожирения и избыточной массы тела среди подростков детского населения РФ: мультицентровое исследование // Педиатрия. 2014. № 5 (93). С. 24–31.

Tutel'yan V. A., Baturin A. K., Kon' I. Ya., Martinchik A. N., Uglitskikh A. K., Korosteleva M. M. Prevalence of obesity and overweight among adolescents in the Russian child population: multicenter study. *Pediatrics named after G. N. Speransky* (Pediatrics - Zhurnal im. Speranskogo). 2014, 5 (93), pp. 24-31. [In Russian]

26. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: сборник материалов (выпуск VI) / под ред. Баранова А. А., Кучмы В. Р. М.: ПедиатрЪ, 2013. 192 с.

Physical development of children and adolescents of the Russian Federation. Materials collection, iss. 6. Eds. Baranov A. A., Kuchma V. R. Moscow, 2013, 192 p. [In Russian]

27. Филатова О. В., Куцева Е. В. Комплексная оценка физического развития детей периода первого детства г. Барнаул // Acta Biologica Sibirica. 2015. № 1. С. 7–21.

Filatova O. V., Kutseva E. V. Complex evaluation of children physical development (the case of barnaul residents, first childhood period. *Acta Biologica Sibirica*. 2006, 1, pp. 7-21. [In Russian]

28. Ходжиева М. В., Скворцова В. А., Боровик Т. Э., Намазова-Баранова Л. С., Маргиева Т. В., Бушueva Т. В., Мельничук О. С., Некрасова С. В. Оценка физического развития детей младшего школьного возраста (7–10 лет): результаты когортного исследования // Педиатрическая фармакология. 2016. № 13 (4). С. 362–366. doi.org/10.15690/pf.v13i4.1608

Khodzhiyeva M. V., Skvortsova V. A., Borovik T. E., Namazova-Baranova L. S., Margieva T. V., Bushueva T. V., Melnichuk O. S., Nekrasova S. V. Evaluating the Physical Development of Early Age Schoolchildren (7-10 Years). Cohort Study Results. *Pediatric pharmacology*. 2016, 13 (4), pp. 362-366. [In Russian]. doi.org/10.15690/pf.v13i4.1608

29. Шайдуллин И. М., Хамитова Н. Х., Мингазова Э. Н. Состояние физического развития сельских школьников // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1 (1). С. 1290.

Shaidullin I. M., Khamitova N. H., Mingazova E. N. The status of the physical development of rural students. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary problems of science and education]. 2015, 1 (1), p. 1290. [In Russian]

30. Aceves-Martins M., Llauroadé E., Tarro L., Solà R., Giralt M. Obesity-promoting factors in Mexican children and adolescents: challenges and opportunities. *Glob Health Action*. 2016 Jan 18, 9, p. 29625. doi: 10.3402/gha.v9.29625. PMID: 26787421; PMCID: PMC4718931

31. Branca F., Nikogosian H., Lobstein T., editors. *The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response*. Copenhagen, Denmark, WHO, 2007, 76 p.
32. Caleyachetty R., Thomas G. N., Kengne A. P., Echouffo-Tcheugui J. B., Schilsky S., Khodabocus J., Uauy R. The double burden of malnutrition among adolescents: analysis of data from the Global School-Based Student Health and Health Behavior in School-Aged Children surveys in 57 low- and middle-income countries. *Am J Clin Nutr.* 2018 Aug 1, 108 (2), pp. 414-424. doi: 10.1093/ajcn/nqy105. PMID: 29947727
33. Chung A., Backholer K., Wong E., Palermo C., Keating C., Peeters A. Trends in child and adolescent obesity prevalence according to socioeconomic position: protocol for a systematic review. *Systematic Reviews.* 2014, 3 (1), p. 52.
34. Daniels S. R. Complications of obesity in children and adolescents. *Int. J. Obes.* 2009, 33 (S1), pp. S60-S65. doi: 10.1038/ijo.2009.20
35. Dietz W. H. The obesity epidemic in young children. *Brit. Med. J.* 2001, 322, pp. 313-314.
36. Fang Y., Zhao L., Yu D., Fang H., Yu W., Guo Q., Wang X., Xu X. Prevalence of stunting and wasting among children and adolescents aged 6 to 17 years in 2010-2012 in China. *Wei Sheng Yan Jiu.* 2018 Jan, 47 (1), pp. 27-31. Chinese. PMID: 29903219.
37. Guo Y., Yin X., Wu H., Chai X., Yang X. Trends in Overweight and Obesity Among Children and Adolescents in China from 1991 to 2015: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Nov, 22, 16 (23), p. 4656. doi: 10.3390/ijerph16234656. PMID: 31766709; PMCID: PMC6926698.
38. Ji C. Y., Chen T. J. Secular changes in stature and body mass index for Chinese youth in sixteen major cities, 1950s-2005. *Am J Hum Biol.* 2008 Sep-Oct, 20 (5), pp. 530-7. doi: 10.1002/ajhb.20770. PMID: 18478539.
39. Johnson J. A. 3rd, Johnson A. M. Urban-rural differences in childhood and adolescent obesity in the United States: a systematic review and meta-analysis. *Child Obes.* 2015 Jun, 11 (3), pp. 233-41. doi: 10.1089/chi.2014.0085. Epub 2015 Apr 30. PMID: 25928227.
40. Khasnutdinova S. L., Grjibovski A. M. Prevalence of stunting, underweight, overweight and obesity in adolescents in Velsk district, north-west Russia: a cross-sectional study using both international and Russian growth references. *Public Health.* 2010 Jul, 124 (7), pp. 392-7. doi: 10.1016/j.puhe.2010.03.017. Epub 2010 Jun 11. PMID: 20541233.
41. Kułaga Z., Grajda A., Gurzkowska B., Wojtyła M. A., Góźdz M., Litwin M. S. The prevalence of overweight and obesity among Polish school-aged children and adolescents. *Przegl Epidemiol.* 2016, 70 (4), pp. 641-651. English, Polish. PMID: 28233966.
42. Malievsky O. A., Maslova N. G. The prevalence of obesity and overweight in children and adolescents. *Hormone Research in Pediatrics.* 2013, 80, p. 392.
43. Mohan B., Verma A., Singh K., Singh K., Sharma S., Bansal R., Tandon R., Goyal A., Singh B., Chhabra S. T., Aslam N., Wander G. S., Roy A., Prabhakaran D. Prevalence of sustained hypertension and obesity among urban and rural adolescents: a school-based, cross-sectional study in North India. *BMJ Open.* 2019 Sep 8, 9 (9), p. e027134. doi: 10.1136/bmjopen-2018-027134. PMID: 31501100; PMCID: PMC6738741.
44. Park M. H., Falconer C., Viner R. M., Kinra S. The impact of childhood obesity on morbidity and mortality in adulthood: a systematic review. *Obes Rev.* 2012, 13 (11), pp. 985-1000. doi: 10.1111/j.1467-789X.2012.01015.x.
45. Rakić R., Pavlica T., Jovičić D. Overweight and obesity in children and adolescents from Serbia in the period 2001-2004 and 2011-2014. *Anthropol Anz.* 2016, 73 (2). doi: 10.1127/anthranz/2016/0507. Epub 2016 Mar 15. PMID: 27000967.
46. Shamah-Levy T., Cuevas-Nasu L., Gaona-Pineda E. B., Gómez-Acosta L. M., Morales-Rúan M. D. C., Hernández-Ávila M., Rivera-Dommarco J. Á. *Sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes en México, actualización de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016* [Overweight and obesity in children and adolescents, 2016 Halfway National Health and Nutrition Survey update]. *Salud Publica Mex.* 2018 May-Jun, 60 (3), pp. 244-253. Spanish. doi: 10.21149/8815. PMID: 29746741.
47. Song Y., Agardh A., Ma J., Li L., Lei Y., Stafford R. S., Prochaska J. J. National trends in stunting, thinness and overweight among Chinese school-aged children, 1985-2014. *Int J Obes (Lond).* 2019 Feb, 43 (2), pp. 402-411. doi: 10.1038/s41366-018-0129-7. Epub 2018 Jun 18. PMID: 29915362.
48. Wang Y., Monteiro C., Popkin B. M. Trends of obesity and underweight in older children and adolescents in the United States, Brazil, China, and Russia. *Am J Clin Nutr.* 2002, 75 (6), pp. 971-977. doi: 10.1093/ajcn/75.6.971
49. who.int. WHO growth reference 5-19 years. Application tools. WHO AnthroPlus software. Available from: <http://www.who.int/growthref/tools/en/> (accessed: 2019 May 17)
50. Wu H., Li H., Zong X. The prevalence of overweight, obesity and stunting in school children aged 6-19 years in Beijing, China. *Ann Hum Biol.* 2016 Nov, 43 (6), pp. 505-509. doi: 10.3109/03014460.2015.1107129. Epub 2015 Nov 10. PMID: 26464071.
51. Yang L., Bovet P., Ma C., Zhao M., Liang Y., Xi B. Prevalence of underweight and overweight among young adolescents aged 12-15 years in 58 low-income and middle-income countries. *Pediatr Obes.* 2019 Mar, 14 (3), p. e12468. doi: 10.1111/ijpo.12468. Epub 2018 Aug 28. PMID: 30156015.
52. Yu Z., Han S., Chu J., Xu Z., Zhu C., Guo X. Trends in overweight and obesity among children and adolescents in China from 1981 to 2010: a meta-analysis. *PLoS One.* 2012, 7 (12), p. e51949. doi: 10.1371/journal.pone.0051949. Epub 2012 Dec 17. PMID: 23284829; PMCID: PMC3524084.
53. Zhou Y., Zhang Q., Wang T., Zhang Y., Xu B. Prevalence of overweight and obesity in Chinese children and adolescents from 2015. *Ann Hum Biol.* 2017 Nov, 44 (7), pp. 642-643. doi: 10.1080/03014460.2017.1371224. Epub 2017 Sep 11. PMID: 28830231.

Контактная информация:

Астахова Татьяна Александровна — канд. мед. наук, ст. научный сотрудник лаборатории педиатрии и кардиоваскулярной патологии ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека»

Адрес: 664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16

E-mail: tatjana_astahova@mail.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

© 2021 г. ¹А. Н. Наркевич, ¹К. А. Виноградов, ¹К. М. Параскевопуло, ^{2,3,4,5}А. М. Гржибовский

¹ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого»,

г. Красноярск; ²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск;

³Западно-Казахстанский медицинский университет им. Марата Оспанова, г. Актобе, Казахстан;

⁴Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан;

⁵ФГАУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова», г. Якутск

На современном этапе развития медицины накапливается значительный объем медицинских данных в специализированных репозиториях, системах электронного документооборота, медицинских информационных системах и других хранилищах различного рода. Существенный объем накапливаемых данных не поддается классическому статистическому анализу, и популярность приобретают математические средства интеллектуальной обработки. Классическим средством интеллектуальной обработки данных являются искусственные нейронные сети. Искусственная нейронная сеть – это попытка построить математический аналог головного мозга и математически имитировать передачу нервного импульса между нейронами. Целью данной статьи является рассмотрение применения искусственных нейронных сетей в медицинских исследованиях, а также представление примеров их обучения в наиболее часто применяемых статистических программах. В статье приведены описание задачи, которая может быть решена с помощью искусственных нейронных сетей, пример набора данных для их обучения, а также построение данной модели в IBM SPSS Statistics и StatSoft Statistica. Применение искусственных нейронных сетей при анализе данных медицинских экспериментов позволяет формировать интеллектуальные инструменты поддержки принятия решений, которые могут использоваться в медицинской практике.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, многослойный перцептрон, SPSS, Statistica, математическое моделирование

INTELLIGENT DATA ANALYSIS IN BIOMEDICAL RESEARCH: ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

¹A. N. Narkevich, ¹K. A. Vinogradov, ¹K. M. Paraskevopulo, ^{2,3,4,5}A. M. Grjibovski

¹Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia; ²Northern State Medical University,

Arkhangelsk, Russia; ³West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan; ⁴Al-Farabi Kazakh

National University, Almaty, Kazakhstan; ⁵M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Substantial amounts of biomedical data are being accumulated every year. Large datasets are accumulated in specialized repositories, electronic document management systems, medical information systems, and other repositories. Classical statistical analysis does not always provide opportunities for analysis of these large datasets; therefore, intelligent data analysis (IDA) is becoming more popular in biomedical research. This paper is an introduction to artificial neural networks - one of the most popular methods of IDA. An artificial neural network is an attempt to build a mathematical analog of the brain and mathematically simulate the transmission of a nerve impulse between neurons. We present an example of the application of artificial neural networks in medical research using SPSS and Statistica software packages. The article describes a medical research question, an example of a dataset and a guide on construction and training of an artificial neural network as well as interpretation of the results.

Key word: artificial neural networks, intelligent data analysis, multilayer perceptron, SPSS, Statistica, mathematical modeling

Библиографическая ссылка:

Наркевич А. Н., Виноградов К. А., Параскевопуло К. М., Гржибовский А. М. Интеллектуальные методы анализа данных в биомедицинских исследованиях: нейронные сети // Экология человека. 2021. № 4. С. 55–64.

For citing:

Narkevich A. N., Vinogradov K. A., Paraskevopulo K. M., Grjibovski A. M. Intelligent Data Analysis in Biomedical Research: Artificial Neural Networks. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 4, pp. 55-64.

На современном этапе развития медицины накапливается значительный объем медицинских данных в специализированных репозиториях, системах электронного документооборота, медицинских информационных системах и других хранилищах различного рода. Существенный объем накапливаемых данных не поддается классическому статистическому анализу, и популярность приобретают математические средства интеллектуальной обработки. Классическим средством интеллектуальной обработки данных являются искусственные нейронные сети [18, 22, 23]. На

сегодняшний день в медицинских исследованиях применяются нейронные сети разнообразной структуры. Используются нейросетевые самоорганизующиеся карты Кохонена [12, 14, 24], сверточные нейронные сети [15, 20, 25], рекуррентные нейронные сети [11, 13, 19], но классическим представителем такого рода моделей является многослойный перцептрон — полносвязная многослойная искусственная нейронная сеть прямого распространения [16, 17, 21].

В отечественной биомедицинской литературе примеры применения нейронных сетей приведены при

решении задач в офтальмологии [7], кардиологии [4, 6], пульмонологии [1], хирургии [2, 8], урологии [5] и других областях [3, 9].

Целью данной статьи является рассмотрение применения искусственных нейронных сетей в медицинских исследованиях, а также представление примеров их построения в наиболее часто применяемых статистических программах.

Наиболее частой задачей применения искусственных нейронных сетей является классификация медицинских данных. Классификация в медицинских исследованиях используется, когда выяснение реального значения какого-либо качественного признака является либо очень дорогим, опасным для здоровья человека, либо затруднительным по каким-либо причинам (длительное по времени и т. д.) [10]. Рассматриваемым качественным признаком могут быть разнообразные данные о наличии или отсутствии заболевания у пациента, злокачественности или доброкачественности образования, наличии или отсутствии осложнений после хирургического или терапевтического лечения и т. д. То есть могут использоваться любые данные, которые представляют информацию о пациенте в виде «Да»/«Нет», «Есть»/«Нет», «1»/«0» и т. д.

Методологические основы функционирования искусственных нейронных сетей

Математическая модель искусственной нейронной сети — это попытка построить математический аналог головного мозга и математически имитировать передачу нервного импульса между нейронами. В связи с этим структурной единицей искусственной нейронной сети является искусственный математический нейрон, представляющий собой набор математических операций (рис. 1). Нейроны образуют слои, а слои, в свою очередь, составляют нейронную сеть (рис. 2). Наиболее часто используемой структурой искусственной нейронной сети является многослойный перцептрон. В полносвязной многослойной нейронной сети прямого распространения каждый нейрон предыдущего слоя связан с помощью синапсов с каждым нейроном следующего слоя. Также существуют искусственные нейронные сети с частичными связями, в которых может отсутствовать часть связей между нейронами предыдущего и последующего слоев. Могут использоваться рекуррентные искусственные нейронные сети, где сигнал распространяется не только от предыдущих слоев к последующим. Возвратный сигнал от последующих слоев может передаваться к предыдущим.

В данной статье рассмотрим классический вариант искусственной нейронной сети — полносвязную многослойную искусственную нейронную сеть прямого распространения (в дальнейшем будем использовать упрощенный термин — нейронная сеть).

Рассматривая структуру нейронной сети (см. рис. 2) и искусственного нейрона (см. рис. 1), можно пошагово описать процесс функционирования данной сети.

Сначала данные о конкретном изучаемом объекте (как правило, о пациенте) подаются на нейроны входного слоя нейронной сети. Все качественные данные (пол,

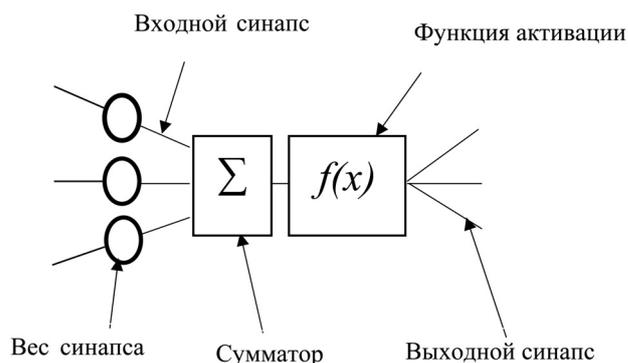


Рис. 1. Структурная единица искусственной нейронной сети — искусственный математический нейрон

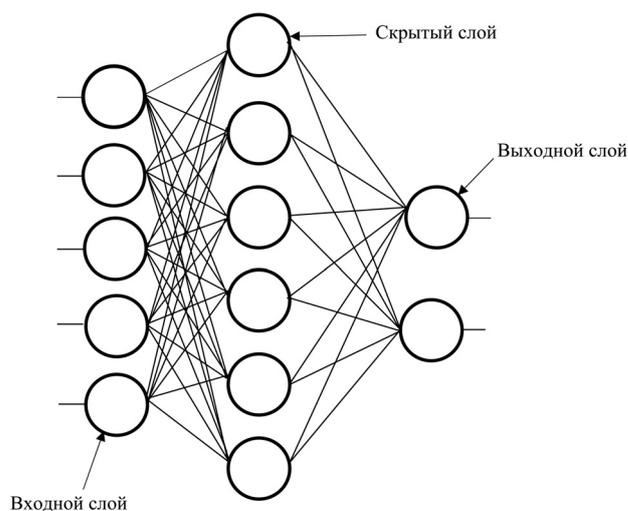


Рис. 2. Общая структура нейронной сети

наличие каких-либо факторов риска или заболеваний и т. д.) подаются в виде бинарных данных, принимающих значения «1» (в случае наличия признака) и «0» (в случае отсутствия признака) и никак не преобразуются во входном слое. Все количественные данные (возраст, рост, вес и т. д.) также подаются на нейроны входного слоя, но в данных нейронах производится нормализация или стандартизация данных признаков. Нормализация или стандартизация необходимы для того, чтобы привести все количественные признаки к единой размерности, иначе признаки, измеряемые в тысячах, будут иметь большее значение, чем признаки, измеряемые в сотнях. Нормализация — преобразование данных, при котором все значения приводятся к величинам в диапазоне от -1 до 1 . Нормализация проводится по следующей формуле:

$$y = 2 \times \left(\frac{x - \min}{\max - \min} \right) - 1,$$

где y — нормированное значение параметра; x — исходное значение параметра, \min — минимальное значение диапазона параметра; \max — максимальное значение диапазона параметра.

Таким образом, сначала необходимо определить минимальное и максимальное значения признака, а затем каждое значение нормировать с помощью указанной формулы.

Стандартизация — похожее на нормализацию преобразование данных, но при ней все значения приводятся к значениям в диапазоне от приблизительно -3 до приблизительно 3 . Стандартизация проводится по следующей формуле:

$$y = \frac{x - \text{mean}}{\text{standard deviation}},$$

где y — нормированное значение параметра; x — исходное значение параметра, mean — среднее значение параметра; $\text{standard deviation}$ — стандартное отклонение параметра.

Таким образом, чтобы стандартизовать значение признака, сначала необходимо рассчитать среднее значение и стандартное отклонение признака, а затем каждое значение данного признака стандартизовать с помощью указанной формулы.

После того как значения параметров поступили на нейроны входного слоя нейронной сети и количественные признаки были нормализованы или стандартизованы на данном слое, все полученные значения передаются на все нейроны скрытого слоя. То есть признак, поступивший на первый нейрон входного слоя (и нормализованный или стандартизованный, если этот признак количественный), далее передается на каждый нейрон скрытого слоя (на рис. 2 на 1, 2, 3, 4, 5 и 6-й нейроны скрытого слоя). Признак со второго нейрона входного слоя также передается на все нейроны скрытого слоя и так далее.

После того как все значения с входного слоя поступили на нейроны скрытого слоя, начинается работа классического математического нейрона (например, первого нейрона скрытого слоя) (см. рис. 1). Она заключается в проведении нескольких математических операций:

1. По входным синапсам первого нейрона скрытого слоя поступают значения со всех нейронов входного слоя.

2. Каждый синапс имеет свой вес, на который умножается значение, приходящее по этому синапсу. Под весом синапса понимается обычный математический коэффициент.

3. Перемноженные на соответствующие коэффициенты значения со всех синапсов нейрона передаются на сумматор, где суммируются в однозначие.

4. Значение с сумматора преобразуется с помощью одной из функций активации (сигмоидная функция, гиперболический тангенс, Softmax и т. д.). Преобразование значения осуществляется для приведения полученного после сумматора значения (которое может быть довольно большим) к определенному диапазону.

5. После преобразования значение передается на все нейроны следующего слоя нейронной сети.

Если скрытых слоев много, такая процедура повторяется на каждом скрытом слое и затем на выходном слое.

Количество нейронов на выходном слое, как правило, равно числу классов, на которые исследо-

ватель предполагает классифицировать объект. Так как классов таких два, то и, как правило, выходных нейронов также два. При этом выходное значение на первом нейроне выходного слоя характеризует степень принадлежности объекта к первому классу, а на втором нейроне — ко второму классу. На каком нейроне выходного слоя будет значение больше, к тому классу и относится объект.

Представленная структура нейронной сети и процесс ее функционирования позволяют постепенно преобразовывать поступившие на входные нейроны данные в ответ нейронной сети, выражающийся в значениях на выходных нейронах. Естественно, такая нейронная сеть сама по себе не сможет осуществлять верную классификацию. Для этого её необходимо обучить на выборке объектов с заранее известными классами. Данная выборка делится на две части — обучающую выборку (обычно она составляет 70 % от первоначальной базы данных) и тестовую (обычно она составляет 30 % от первоначальной базы данных). Обучающая выборка используется для непосредственного обучения нейронной сети, а тестовая — для оценки качества классификации.

Обучение нейронной сети осуществляется, как правило, методом обратного распространения ошибки. Первоначально нейронная сеть создается (инициализируется) со случайными весами синапсов. Затем на входные нейроны нейронной сети подаются данные первого объекта из обучающей выборки. Эти данные проходят до выходного слоя, и на нейронах выходной сети оценивается предполагаемый класс объекта. Если предполагаемый класс объекта совпадает с заранее известным классом, осуществляется переход к данным второго объекта. Если предполагаемый класс объекта не совпадает с заранее известным классом, получившаяся ошибка распространяется обратно от выходного слоя к входному, корректируя веса синапсов так, чтобы класс на выходе нейронной сети совпал с заранее известным классом. Затем осуществляется переход к данным следующего объекта.

Таким образом, осуществляется проход данных обо всех объектах обучающей выборки по нейросети с коррекцией весов синапсов так, чтобы максимальное число объектов было классифицировано правильно. Один проход данных по нейронной сети называется эпохой. В зависимости от объема данных и структуры нейронной сети для обучения может понадобиться несколько эпох.

После окончания обучения нейронной сети оценивается качество классификации с помощью данных об объектах, входящих в тестовую выборку. Для этого применяются показатели доли верно классифицированных объектов на обучающей и тестовой выборках, чувствительности, специфичности и точности.

Описание набора данных для построения искусственных нейронных сетей

Для примера построения нейронных сетей использовался следующий набор данных о пациентах: наличие заболевания (болен туберкулезом или не

болен), рост, вес, индекс массы тела (ИМТ), пол, частое переохлаждение на работе, выполнение тяжелого физического труда, постоянная нервно-психическая нагрузка на работе, образование (основное общее, среднее, среднепрофессиональное, среднеспециальное, неоконченное высшее, высшее), наличие контакта с больным туберкулезом, пребывание в течение жизни в пенитенциарных учреждениях, наличие сопутствующих заболеваний (ВИЧ, сахарный диабет (СД), язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки (ЯБЖидПК), другие заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), злоупотребление алкоголем, наркомания, психические заболевания, хронические неспецифические заболевания легких (ХНЗЛ), пылевые заболевания, вирусные заболевания печени) и табакокурение.

В табл. 1 приведены столбцы базы данных и их кодировка. База данных для иллюстрации включает в себя 28 признаков у 728 пациентов: 342 пациента, у которых достоверно установлено наличие туберкулеза, 386 пациентов, у которых достоверно установлено отсутствие туберкулеза. Задача заключается в том, чтобы построить математическую модель нейронной сети, которая позволит по наличию 27 признаков (кроме признака «наличие заболевания») классифицировать пациента в группу больных или не больных туберкулезом.

Построение модели нейронной сети в IBM SPSS Statistics

Для построения модели нейронной сети в IBM SPSS Statistics необходимо в основном меню выбрать «Анализ» – «Нейронные сети» – «Многослойный перцептрон» (рис. 3). В появившемся окне в поле «Зависимые переменные» необходимо включить признак, который планируется прогнозировать – «Наличие заболевания», в поле «Факторы» – качественные признаки, на основе которых планируется прогнозировать «Пол», «Частое переохлаждение» и т. д., в поле «Ковариаты» – количественные признаки, на основе которых планируется прогнозировать «Рост, см», «Вес, кг», «ИМТ», «Возраст, лет». То есть будет построена модель нейронной сети, позволяющая на основе независимых количественных и качественных переменных прогнозировать значение класса, к которому относится пациент – к классу 1 (болен туберкулезом) или 0 (не болен туберкулезом).

Необходимо отметить, что в поле «Изменить шкалу ковариатов» можно определить способ изменения шкалы количественных признаков. Рекомендуется установить в данном поле значение «Нормализовать». Кроме этого рекомендуется на вкладке «Вывод» установить все возможные параметры вывода для получения исчерпывающих результатов построения нейронной сети. После выбора переменных и параметров вывода необходимо нажать кнопку «ОК».

Подробнее остановимся на полученных результатах. В первой таблице результатов «Сводный отчет по

Таблица 1

Столбцы базы данных и их кодировка

№ столбца	Название столбца	Кодировка	Интерпретация кодов
1	Наличие заболевания	1/0	Болен туберкулезом/Не болен туберкулезом
2	Рост, см	Без кодировки	Абсолютные значения роста
3	Вес, кг	Без кодировки	Абсолютные значения веса
4	ИМТ	Без кодировки	Абсолютные значения ИМТ
5	Пол	1/0	Мужской/Женский
6	Возраст, лет	Без кодировки	Абсолютные значения возраста
7	Частое переохлаждение	1/0	Да/Нет
8	Тяжелый физический труд	1/0	Да/Нет
9	Нервно-психическая нагрузка	1/0	Да/Нет
10	Основное общее образование	1/0	Да/Нет
11	Среднее образование	1/0	Да/Нет
12	Среднепрофессиональное образование	1/0	Да/Нет
13	Среднеспециальное образование	1/0	Да/Нет
14	Неоконченное высшее образование	1/0	Да/Нет
15	Высшее образование	1/0	Да/Нет
16	Контакт с больным туберкулезом	1/0	Да/Нет
17	Пребывание в пенитенциарных учреждениях	1/0	Да/Нет
18	ВИЧ	1/0	Да/Нет
19	СД	1/0	Да/Нет
20	ЯБЖидПК	1/0	Да/Нет
21	Другие болезни ЖКТ	1/0	Да/Нет
22	Злоупотребление алкоголем	1/0	Да/Нет
23	Наркомания	1/0	Да/Нет
24	Психические заболевания	1/0	Да/Нет
25	ХНЗЛ	1/0	Да/Нет
26	Пылевые заболевания	1/0	Да/Нет
27	Вирусные заболевания печени	1/0	Да/Нет
28	Табакокурение	1/0	Да/Нет

наблюдениям» указана информация о числе включенных в построение нейронной сети пациентов, их разделении на обучающую и тестовую выборку и исключенных пациентах (если они есть).

Во второй таблице результатов «Информация о сети» приведена основная информация о структуре полученной нейронной сети (рис. 4). В данной таблице

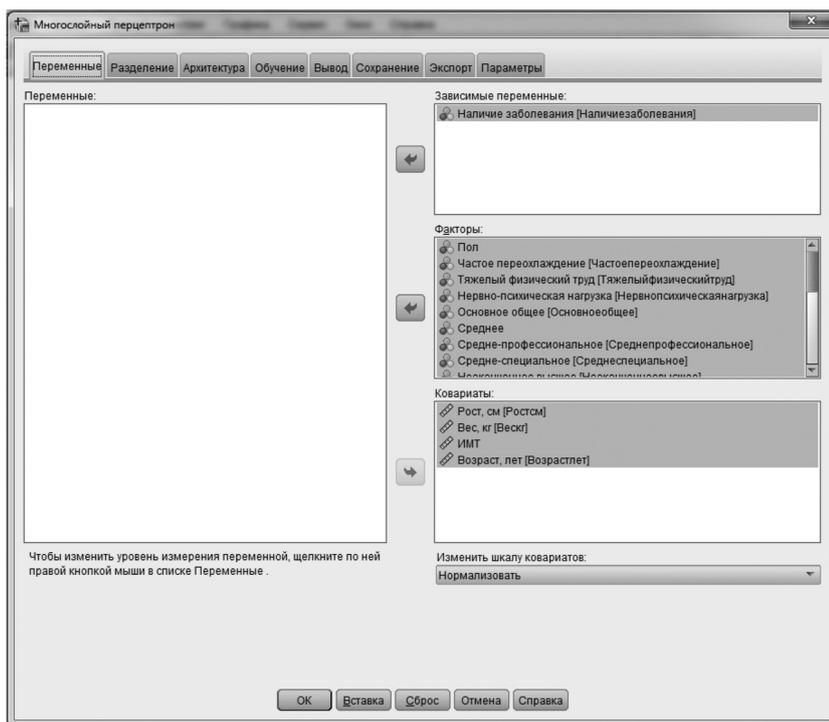


Рис. 3. Окно построения нейронных сетей

Информация о сети			
Входной слой	Факторы	1	Пол
		2	Частое переохлаждение
		3	Тяжелый физический труд
		4	Нервно-психическая нагрузка
		5	Основное общее
		6	Среднее
		7	Средне-профессиональное
		8	Средне-специальное
		9	Неоконченное высшее
		10	Высшее
		11	Контакт с большим туберкулезом
		12	Пребывание в пенитенциарных учреждениях
		13	ВИЧ
		14	СД
		15	ЯБЖДПК
		16	ЖКТ
		17	Злоупотребление алкоголем
		18	Наркомания
		19	Психзаболевания
		20	ХНЗЛ
		21	Пылевые заболевания
		22	Вирусные заболевания печени
Ковариаты		23	Табакокурение
		1	Рост, см
		2	Вес, кг
		3	ИМТ
Скрытые слои		4	Возраст, лет
		Количество нейронов ^a	51
		Метод изменения шкалы для ковариатов	Нормализуются
		Количество скрытых слоев	1
Выходной слой	Зависимые переменные	Количество единиц в скрытом слое 1 ^a	7
		Функция активации	Гиперболический тангенс
		Количество нейронов	2
		Функция активации	Softmax
		Функция ошибки	Перекрестная энтропия

Рис. 4. Таблица результатов «Информация о сети»

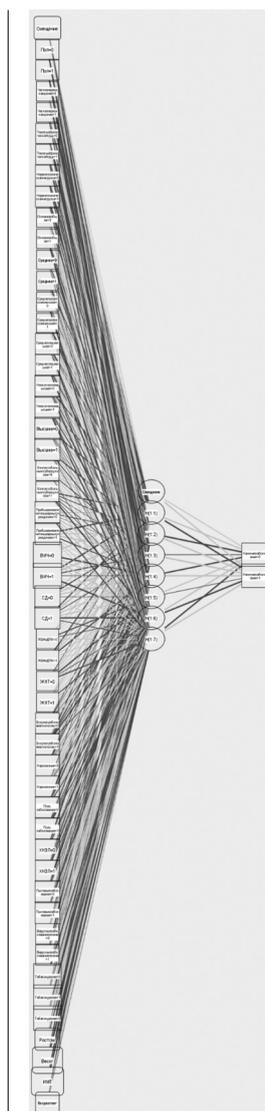


Рис. 5. Схема полученной нейронной сети

перечисляются все включенные в качестве факторов и ковариат признаки, метод изменения шкалы ковариат, количество нейронов во входном, скрытом и выходном слое, а также функции активации значений в нейронах скрытого и выходного слоя.

Следующим элементом результатов построения нейронной сети является непосредственное изображение самой нейронной сети (рис. 5). К сожалению, при включении 28 параметров пациентов в качестве входных признаков данное изображение уже является малоинформативным, но на представленной схеме можно увидеть 51 нейрон входного слоя, семь нейронов скрытого слоя, два нейрона выходного слоя, а также переплетение синапсов, которые идут от каждого нейрона предыдущего слоя к каждому нейрону последующего слоя.

Следующей таблицей результатов построения нейронной сети является таблица «Сводка для модели» (рис. 6). Важнейшим элементом в ней является процент неверных предсказаний на обучающей и тестовой выборках. В настоящем примере доля неверных предсказаний на обучающей выборке составила 10,5 %, а на тестовой – 11,5 %. Соответственно доля верных предсказаний на обучающей выборке составила 89,5%, а на тестовой – 88,5 %. Обычно на обучающей выборке процент верных предсказаний выше, чем на тестовой. Это связано с тем, что на данных пациентов, входящих в обучающую выборку, нейронная сеть обучалась, а данные пациентов, входящие в тестовую выборку, использовались только для оценки качества классификации.

Сводка для модели		
Обучающее	Ошибка: перекрестная энтропия	116,132
	Процент неверных предсказаний	10,5%
	Используемое правило остановки	1 последоват. шаг (а/ов) без уменьшения погрешности ^a
	Время обучения	0:00:00,85
Тестовое	Ошибка: перекрестная энтропия	61,403
	Процент неверных предсказаний	11,5%

Рис.6. Таблица результатов «Сводка для модели»

В таблице «Оценки параметров» приведены все полученные в нейронной сети веса синапсов, которые необходимы в том случае, когда исследователь планирует включить нейронную сеть в разрабатываемое программное обеспечение. В иных случаях данная таблица практического значения не имеет.

Важнейшим элементом результатов построения нейронной сети является таблица «Классификация» (рис. 7). В данной таблице более детально приведены показатели для оценки качества классификации с применением полученной нейронной сети. Например, рассматривая результаты классификации на тестовой

выборке, можно отметить, что 110 пациентам, не имеющим туберкулез, нейронная сеть предсказала его отсутствие, 97 пациентам, имеющим туберкулез, – его наличие. При этом для 27 пациентов получено неверное предсказание, и 12 пациентам, имеющим туберкулез, было предсказано его отсутствие. То есть если бы мы не знали о наличии у данных пациентов туберкулеза и использовали полученную нейронную сеть на практике, этим 12 пациентам диагноз туберкулеза был бы ошибочно снят (гиподиагностика). И наоборот, из 27 пациентов 15, не имеющих туберкулез, было предсказано его наличие. Таким образом, если бы мы не знали об отсутствии у них туберкулеза, этим 15 пациентам был бы ошибочно поставлен данный диагноз (гипердиагностика).

Классификация				
Пример	Наблюденные	Предсказанные		
		0	1	Процент правильных
Обучающее	0	236	25	90,4%
	1	27	206	88,4%
	Общий процент	53,2%	46,8%	89,5%
Тестовое	0	110	15	88,0%
	1	12	97	89,0%
	Общий процент	52,1%	47,9%	88,5%

Зависимая переменная: Наличие заболевания

Рис. 7. Таблица результатов «Классификация»

Заключительным необходимым элементом результатов построения нейронной сети является диаграмма важности независимых переменных (рис. 8). На данной диаграмме приведен упорядоченный по снижению важности список входных признаков. В настоящем примере можно увидеть, что наибольшую важность для классификации пациентов, страдающих туберкулезом и не имеющих данного заболевания, полученной нейронной сетью, имеет ИМТ, а наименьшую – наличие или отсутствие среднего образования.

Важным отличием инструментария для построения нейронных сетей от инструментария построения деревьев классификации в IBM SPSS Statistics

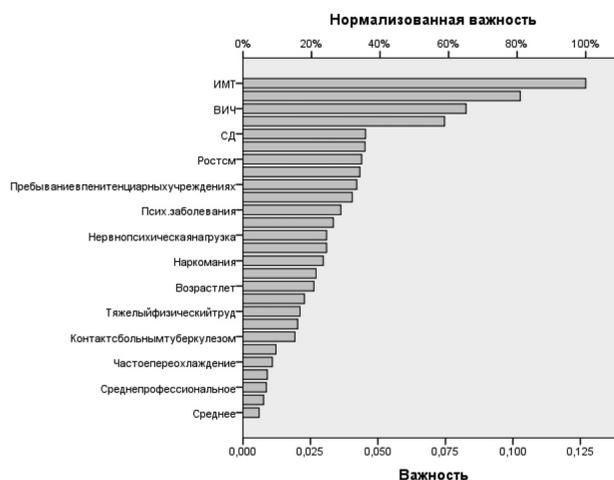


Рис. 8. Диаграмма важности независимых переменных

является то, что при построении нейронных сетей отсутствует автоматизированный отбор признаков. То есть какие пользователь признаки задал в качестве входных, такие и войдут в нейронную сеть. В связи с этим информация, представленная на диаграмме важности независимых переменных, приобретает особую важность.

Если перед исследователем помимо непосредственного получения модели нейронной сети стоит задача снизить число признаков, входящих в модель, можно воспользоваться этой информацией. Необходимо заново запустить построение нейронной сети, но уже исключить из поля «Факторы» или «Ковариаты» один или часть входных признаков, имеющих наименьшую важность.

По опыту построения различных нейронных сетей наиболее приемлемым способом выбора нейронной сети с наименьшим числом входных признаков является следующий подход. На первоначальном этапе строится нейронная сеть с включением всех имеющихся параметров. Затем на основании диаграммы важности независимых переменных производится новое построение нейронной сети с исключенным признаком, имеющим наименьшую важность. Данный шаг повторяется до тех пор, пока в модели не останется один входной признак. После того, как все нейронные сети построены, исследователю необходимо выбрать из них ту, которая имеет наименьшее число входных параметров и при этом удовлетворяет исследователя по качеству классификации (параметрам из таблицы «Классификация»).

Необходимо отметить три важных момента в построении нейронных сетей. Во-первых, их построение имеет довольно широкий спектр настроек, манипуляция которыми может позволить повысить качество классификации. Ввиду большого количества настроек в данной статье их использование не представлено, а примеры построения нейронных сетей приведены с целью показать принципиальные возможности и процесс их построения. Во-вторых, использование построенных нейронных сетей в практике весьма затруднительно, так как функционирование самой модели должно быть запрограммировано или модель должна быть включена в существующее программное обеспечение, что сделать достаточно трудно без привлечения специалистов в области программирования. И, в-третьих, практически невозможно дважды получить одну и ту же нейронную сеть. Это связано с тем, что перед обучением нейронная сеть инициализируется случайными весами синапсов. Такая случайная инициализация приводит к тому, что при запуске построения нейронной сети с одинаковыми настройками получение одинаковых нейронных сетей маловероятно.

Построение модели нейронной сети в StatSoft Statistica

Для построения модели нейронной сети в StatSoft Statistica необходимо в основном меню выбрать «Анализ» — «Автоматизированные нейронные сети».

В появившемся окне в поле «Новый анализ» необходимо выбрать «Классификация» и нажать «ОК». После нажатия «ОК» в открывшемся окне необходимо нажать кнопку «Переменные», после чего будет открыто окно выбора переменных (рис. 9).

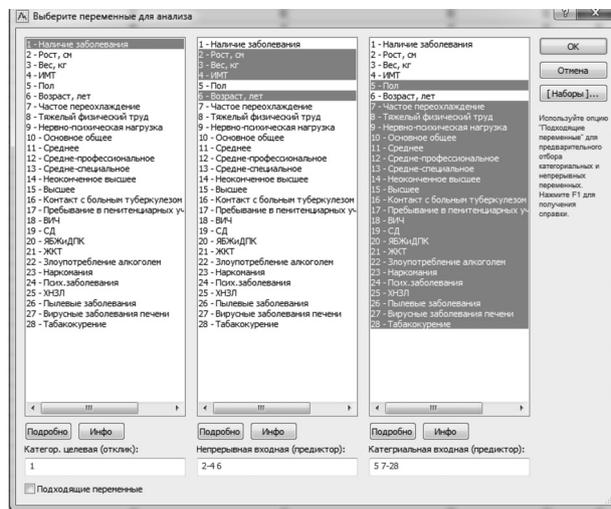


Рис. 9. Окно выбора переменных

В окне выбора переменных в поле «Категор. целевая (отклик)» необходимо выбрать параметр, который планируется прогнозировать — «Наличие заболевания», в поле «Категориальная входная (предиктор)» — выбрать качественные параметры, на основе которых будет осуществляться прогнозирование. В текущем примере такими параметрами является большинство из имеющихся в наборе данных. В поле «Непрерывная входная (предиктор)» нужно выбрать количественные и ранговые параметры, на основе которых будет осуществляться прогнозирование. В примере такими параметрами являются: «Рост, см», «Вес, кг», «ИМТ» и «Возраст, лет». То есть будет построена модель нейронной сети, позволяющая на основе этих данных прогнозировать значение класса, к которому относится пациент, — больных или не больных туберкулезом.

После выбора нужных переменных необходимо нажать кнопку «ОК». После этого откроется окно выбора начальных условий построения нейронных сетей. Рекомендуется на начальных этапах в данном окне никаких изменений не производить. Далее необходимо нажать «Обучить».

По умолчанию в процессе обучения в StatSoft Statistica производится построение 20 различных нейронных сетей, из которых автоматически выбираются 5, применение которых позволяет получить наилучшие показатели качества классификации (рис. 10). Для того чтобы все дальнейшие манипуляции производить не с пятью, а с одной нейронной сетью, необходимо нажать «Выбрать/Снять сети» и выбрать одну нейронную сеть, имеющую наибольшее значение доли верных предсказаний на тестовой выборке (Тест. производительность). Если данное значение одинаково у нескольких нейронных сетей, следует выбрать нейронную сеть, имеющую наибольшее значение доли

верных предсказаний на обучающей выборке (Производительность обуч.). В нашем примере выбрана третья нейронная сеть «MLP 51-7-2». Цифры в названии нейронной сети обозначают число нейронов в каждом слое, то есть входной слой нейронной сети содержит 51 нейрон, скрытый слой – 7 нейронов, выходной слой – 2 нейрона.

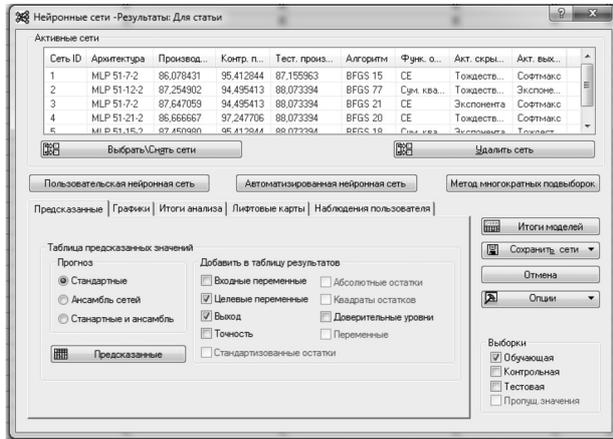


Рис. 10. Окно результатов построения нейронных сетей

Важным моментом построения нейронных сетей в StatSoft Statistica является то, что данная программная система помимо обучающей и тестовой выборки выделяет еще одну – контрольную. Данная выборка используется для контроля переобучения нейронной сети. Контрольная выборка выделяется и в IBM SPSS Statistics, но не в таком явном виде, и она является частью обучающей.

Для получения более детальных результатов построения нейронной сети необходимо перейти на вкладку «Итоги анализа». Надо отметить, что по умолчанию все результаты представляются только по обучающей выборке. Для того чтобы получить результаты по всем выборкам или по части выборок, необходимо в окне результатов установить соответствующие «Выборки». В рамках настоящей статьи приведем результаты по всем трем выборкам одновременно (рис. 11).

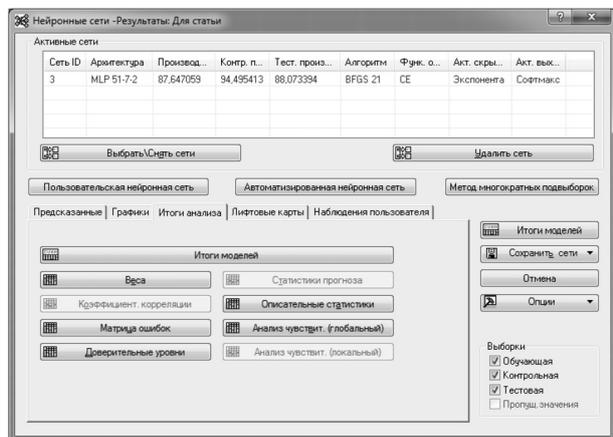


Рис. 11. Вкладка «Итоги анализа» окна результатов построения нейронных сетей

При нажатии кнопки «Итоги моделей» можно рассмотреть подробную информацию о полученной нейронной сети (рис. 12). В таблице приведены результаты классификации на обучающей, контрольной и тестовой выборках, а также функции активации скрытого и выходного слоев нейронной сети. При нажатии кнопки «Веса» могут быть получены веса синапсов нейронной сети.

Архитектура	Производительность обуч.	Контр. производительность	Тест. производительность	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив. скрытых нейр.	Ф-я актив. выходных нейр.
MLP 51-7-2	87,64706	94,49541	88,07339	BFGS 21	Энтропия	Экспонента	Софтмакс

Рис. 12. Графическое представление полученного дерева классификации

Еще одним важным результатом построения нейронной сети является матрица ошибок, которая представляется при нажатии на соответствующую кнопку (рис. 13). Матрица ошибок позволяет более детально оценить качество классификации с помощью верно и неверно классифицированных пациентов.

Наличие заболевания (Итоги классификации) (Для статьи)				
Выборки: Обучающая, Тестовая, Тестовая				
		Наличие заболевания-0	Наличие заболевания-1	Наличие заболевания-Все
3.MLP 51-7-2	Все	386,0000	342,0000	728,0000
	Правильно	357,0000	289,0000	646,0000
	Неправильно	29,0000	53,0000	82,0000
	Правильно (%)	92,4870	84,5029	88,7363
	Неправильно (%)	7,5130	15,4971	11,2637

Рис. 13. Матрица ошибок

В StatSoft Statistica, как и в IBM SPSS Statistics, нет автоматического отбора признаков для включения в нейронную сеть, но имеются результаты оценки важности каждого входного в нейронную сеть параметра. Для получения результатов оценки важности параметра необходимо нажать кнопку «Анализ чувствительности» (рис. 14). В результатах анализа чувствительности приведен упорядоченный по уменьшению важности список входных параметров. Если признак имеет коэффициент важности менее 1, он может быть исключен без ухудшения качества классификации.

Тяжелый физический труд	Рост, см	Возраст, лет	Средне-профессиональное	Псих.заболевания	Наркомания	Злоупотребление алкоголем	ЖКТ
1,048219	1,029926	1,019341	1,011023	1,010808	1,003899	0,996361	0,990128

Рис. 14. Результаты анализа чувствительности нейронной сети

Таким образом, результаты анализа чувствительности позволяют пошагово снижать число признаков, входящих в нейронную сеть, если это необходимо исследователю.

Представление результатов построения деревьев классификации

При представлении результатов построения нейронных сетей в научной статье или диссертации следует учитывать, что подготовленного читателя будут интересовать, во-первых, стартовые условия, при которых оно осуществилось: число входных призна-

ков, их наименование, на какие классы исследователь классифицировал объекты. Все это позволит читателю воспроизвести полученный исследователем результат или провести похожее исследование.

Во-вторых, важно отразить качество классификации с применением полученной модели. В качестве таких показателей, как и при построении деревьев классификации, как правило, используются чувствительность, специфичность и точность. Как дополнительные показатели могут быть использованы: прогностическая ценность положительного и отрицательного результата, отношение правдоподобия положительного и отрицательного результата. Расчет данных показателей и их интерпретация в работе не рассматриваются, но каждый характеризует качество классификации с разных позиций. Расчет может быть осуществлен с применением онлайн-калькуляторов с помощью значений, которые приводятся в таблицах результатов классификации (см. рис. 7 и 13). Помимо самих показателей желателен приводить их 95 % доверительные интервалы.

Существенным недостатком при представлении результатов построения нейронных сетей является невозможность проиллюстрировать данные модели графически. Это связано с тем, что нейронная сеть имеет большой размер и графическое изображение конкретной нейронной сети практически неинформативно. Единственное, что можно получить из графического изображения нейронной сети, — число слоев и нейронов в каждом слое.

Заключение

Рассмотрены вопросы применения искусственных нейронных сетей в медико-биологических исследованиях, а также представлены примеры их построения в статистических пакетах прикладных программ IBM SPSS Statistics и StatSoft Statistica. Применение нейронной сети при анализе данных медико-биологических экспериментов как одной из наиболее мощных с точки зрения качества классификации модели многомерного анализа данных позволяет получить инструмент для классификации объектов. Однако практическое использование данного метода без привлечения дополнительных специалистов достаточно затруднительно.

Авторство

Наркевич А. Н. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовил первый вариант статьи, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Виноградов К. А. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, существенно переработал первый вариант статьи на предмет важного интеллектуального содержания, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Параскевопуло К. М. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, существенно переработал первый вариант статьи на предмет важного интеллектуального содержания, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись;

Гржибовский А. М. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретацию данных, существенно переработал первый вариант статьи на предмет важного интеллектуального содержания, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Наркевич Артем Николаевич — ORCID 0000-0002-1489-5058; SPIN 9030-1493

Виноградов Константин Анатольевич — ORCID 0000-0001-6224-5618; SPIN 6924-0110

Параскевопуло Константин Михайлович — ORCID 0000-0002-4592-1386; SPIN 2320-3150

Гржибовский Андрей Мечиславович — ORCID 0000-0002-5464-0498; SPIN 5118-0081

Список литературы / References

1. Алексеева О. В., Россиев Д. А., Ильенкова Н. А. Применение искусственных нейронных сетей в дифференциальной диагностике рецидивирующего бронхита у детей // Сибирское медицинское обозрение. 2010. Т. 66, № 6. С. 75–79.

Alekseeva O. V., Rossiev D. A., Il'enkova N. A. Application of artificial neural networks in the differential diagnosis of recurrent bronchitis in children. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie* [Siberian medical review]. 2010, 66 (6), pp. 75-79. [In Russian]

2. Богданова Ю. А., Зарипова Г. Р., Катаев В. А., Галимов О. В. Современные модели экспертных медицинских систем в прогнозировании операционного риска при наиболее распространенных интраабдоминальных вмешательствах (обзор) // Медицинский альманах. 2017. Т. 46, № 1. С. 9–12.

Bogdanova Yu. A., Zaripova G. R., Kataev V. A., Galimov O. V. Modern models of expert medical systems in predicting operational risk in the most common intraabdominal interventions (review). *Meditsinskiy al'manakh* [Medical almanac]. 2017, 46 (1), pp. 9-12. [In Russian]

3. Вуцкейская М. В., Крайнова И. Н., Грибанов А. В. Нейросетевые технологии в диагностике заболеваний (обзор) // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6, № 3. С. 284–294.

Vyucheyskaya M. V., Kraynova I. N., Gribanov A. V. Neural network technologies in the diagnosis of diseases (review). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of medical and biological research]. 2018, 6 (3), pp. 284-294. [In Russian]

4. Горожанцев Ю. Н., Сергиенко С. Г., Воротынцева Е. А., Емельяненко Ю. В., Горожанцева А. В. Использование возможностей искусственных нейронных сетей при анализе записей холтеровского мониторирования // Инновационная медицина Кубани. 2018. Т. 9, № 1. С. 12–15.

Gorozhantsev Yu. N., Sergienko S. G., Vorotyntseva E. A., Emel'yanenko Yu. V., Gorozhantseva A. V. Using the capabilities of artificial neural networks in the analysis of Holter monitoring Records. *Innovatsionnaya meditsina Kubani* [Innovative medicine of the Kuban]. 2018, 9 (1), pp. 12-15. [In Russian]

5. Ершов А. В., Капсаргин Ф. П., Бережной А. Г., Мылтыгашев М. П. Экспертные системы в оценке данных урофлоуграмм // Вестник урологии. 2018. Т. 6, № 3. С. 12–16.

Ershov A. V., Kapsargin F. P., Berezhnoy A. G., Myltygashov M. P. Expert systems in the evaluation of uroflowgram data. *Vestnik urologii* [The journal of urology]. 2018, 6 (3), pp. 12-16. [In Russian]

6. Калиниченко А. Н., Моторина С. В., Лагирвандзе А. К. Алгоритм анализа фибрилляции предсердий по ЭКГ на основе искусственной нейронной сети // Биотехносфера. 2019. Т. 64, № 6. С. 47–51.

Kalinichenko A. N., Motorina S. V., Lagirvandze A. K. Algorithm for analysis of atrial fibrillation by ECG based on an artificial neural network. *Biotehnosfera* [Biotechnosphere]. 2019, 64 (6), pp. 47-51. [In Russian]

7. Качан Т. В., Курочкин А. В., Головатая Е. А., Марченко Л. Н., Федюлов А. С., Далидович А. А., Скрыпник О. В., Муштина Т. А. Роль искусственных нейронных сетей в выявлении ранней гибели ганглионарных клеток сетчатки у пациентов с дегенеративными оптиконейропатиями // Офтальмология. Восточная Европа. 2019. Т. 9, № 4. С. 446–456.

Kachan T. V., Kurochkin A. V., Golovataya E. A., Marchenko L. N., Fedulov A. S., Dalidovich A. A., Skrypnik O. V., Mushtina T. A. The role of artificial neural networks in the identification of early death of ganglion cells of the retina in patients with degenerative optic neuropathies // *Oftal'mologiya. Vostochnaya Evropa* [Ophthalmology. Eastern Europe]. 2019, 9 (4), pp. 446-456. [In Russian]

8. Лазаренко В. А., Зарубина Т. В., Антонов А. Е., Суд С. Опыт нейросетевого прогнозирования потребности в оперативном лечении у пациентов с заболеваниями гепатопанкреатодуоденальной зоны // Казанский медицинский журнал. 2018. Т. 99, № 4. С. 569–574.

Lazarenko V. A., Zarubina T. V., Antonov A. E., Sud S. Experience of neural network forecasting of the need for surgical treatment in patients with diseases of the hepatopancreatoduodenal zone. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal* [Kazan medical journal]. 2018, 99, (4), pp. 569-574. [In Russian]

9. Литвин А. А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений на основе искусственных нейронных сетей в неотложной панкреатологии (систематический обзор) // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. 2017. № 2. С. 28–33.

Litvin A. A. Intelligent decision support systems based on artificial neural networks in emergency pancreatology (systematic review). *Gastroenterologiya Sankt-Peterburga* [Gastroenterology of Saint Petersburg]. 2017, 2, pp. 28-33. [In Russian]

10. Наркевич А. Н., Виноградов К. А. Настольная книга автора медицинской диссертации: пособие. М., 2019. 454 с.

Narkevich A. N., Vinogradov K. A. *Nastol'naya kniga avtora meditsinskoy dissertatsii: posobie* [A reference book of the author of a medical dissertation: manual]. Moscow, 2019, 454 p. [In Russian]

11. Banerjee I., Ling Y., Chen M. C., Hasan S. A., Langlotz C. P., Moradzadeh N. et al. Comparative effectiveness of convolutional neural network (CNN) and recurrent neural network (RNN) architectures for radiology text report classification. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2019, (97), pp. 79-88. DOI: 10.1016/j.artmed.2018.11.004.

12. Cao C., Wang W., Jiang P. Clustering of self-organizing map identifies five distinct medulloblastoma subgroups. *Cancer biomarker*. 2016, 16 (3), pp. 327-332. DOI: 10.3233/CBM-160570.

13. Choi E., Schuetz A., Stewart W. F., Sun J. Using recurrent neural network models for early detection of heart failure onset. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2017, 24 (2), pp. 361-370. DOI: 10.1093/jamia/ocw112.

14. Kvist T., Voutilainen A., Eneh V., Mäntynen R.,

Vehviläinen-Julkunen K. The self-organizing map clustered registered nurses' evaluations of their nurse leaders. *Journal of Nursing Management*. 2019, 27 (5), pp. 981-991. DOI: 10.1111/jonm.12758.

15. Lee J. G., Jun S., Cho Y. W., Lee H., Kim G. B., Seo J. B., Kim N. Deep Learning in Medical Imaging: General Overview. *Korean Journal of Radiology*. 2017, 18 (4), pp. 570-584. DOI: 10.3348/kjr.2017.18.4.570.

16. Lorencin I., Anđelić N., Španjol J., Car Z. Using multi-layer perceptron with Laplacian edge detector for bladder cancer diagnosis. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2020, (2), e101746. DOI: 10.1016/j.artmed.2019.101746.

17. Makris G. M., Pouliakis A., Siristatidis C., Margari N., Terzakis E., Koureas N., Pergialiotis V., Papantoniou N., Karakitsos P. Image analysis and multi-layer perceptron artificial neural networks for the discrimination between benign and malignant endometrial lesions. *Diagnostic Cytopathology*. 2017, 45 (3), pp. 202-211. DOI: 10.1002/dc.23649.

18. Mendez K. M., Broadhurst D. I., Reinke S. N. The application of artificial neural networks in metabolomics: a historical perspective. *Metabolomics*. 2019, 15 (11), pp. 142. DOI: 10.1007/s11306-019-1608-0.

19. Rajeev R., Samath J. A., Karthikeyan N. K. An Intelligent Recurrent Neural Network with Long Short-Term Memory (LSTM) BASED Batch Normalization for Medical Image Denoising. *Journal of Medical Systems*. 2019, 43 (8), pp. 234. DOI: 10.1007/s10916-019-1371-9.

20. Sargül M., Ozyildirim B. M., Avcı M. Differential convolutional neural network. *Neural Networks*. 2019, (116), pp. 279-287. DOI: 10.1016/j.neunet.2019.04.025.

21. Savalia S., Emamian V. Cardiac Arrhythmia Classification by Multi-Layer Perceptron and Convolution Neural Networks. *Bioengineering (Basel)*. 2018, 5 (2), pp. 35. DOI: 10.3390/bioengineering5020035.

22. Shahid N., Rappon T., Berta W. Applications of artificial neural networks in health care organizational decision-making: A scoping review. *PLoS One*. 2019, 14 (2), e0212356. DOI: 10.1371/journal.pone.0212356. eCollection 2019.

23. Sherbet G. V., Woo W. L., Dlay S. Application of Artificial Intelligence-based Technology in Cancer Management: A Commentary on the Deployment of Artificial Neural Networks. *Anticancer Research*. 2018, 38 (12), pp. 6607-6613. DOI: 10.21873/anticancer.13027.

24. Van Gassen S., Callebaut B., Van Helden M. J., Lambrecht B. N., Demeester P., Dhaene T., Saeys Y. FlowSOM: Using self-organizing maps for visualization and interpretation of cytometry data. *Cytometry A*. 2015, 87 (7), pp. 636-45. DOI: 10.1002/cyto.a.22625.

25. Yasaka K., Akai H., Kunimatsu A., Kiryu S., Abe O. Deep learning with convolutional neural network in radiology. *Japanese Journal of Radiology*. 2018, 36 (4), pp. 257-272. DOI: 10.1007/s11604-018-0726-3.

Контактная информация:

Наркевич Артем Николаевич — доктор медицинских наук, зав. лабораторией медицинской кибернетики и управления в здравоохранении, зав. кафедрой медицинской кибернетики и информатики, декан медико-психолого-фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России

Адрес: 660022, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1

E-mail: narkevichart@gmail.com