ISSN 1728-0869

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

03.2021

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. Ржибовский (Архангельск)
Заместители главного редактора: А. Б. Гудков (Архангельск), И. Б. Ушаков (Москва)
Научный редактор – П. И. Сидоров (Архангельск)
Международный редактор – Й. О. Одланд (Норвегия)
Ответственный секретарь – Г. Б. Чецкая (Архангельск)

Редакционный совет: И. Н. Болотов (Архангельск), Р. В. Бузинов (Архангельск), П. Вейхе (Фарерские острова), М. Гисслер (Финляндия/Швеция), Л. Н. Горбатова (Архангельск), А. В. Грибанов (Архангельск), Р. Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), П. С. Журавлев (Архангельск), Н. В. Зайцева (Пермь), А. Ингве (Швеция), Р. Каледене (Литва), В. А. Карпин (Сургут), П. Ф. Кику (Владивосток), П. Магнус (Норвегия), В. И. Макарова (Архангельск), А. Л. Максимов (Магадан), А. О. Марьяндышев (Архангельск), И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Э. Нибоер (Канада), Г. Г. Онищенко (Москва), К. Пярна (Эстония), А. Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва), Г. Роллин (ЮАР), М. Рудге (Бразилия), Й. Руис (Испания), А. Г. Соловьев (Архангельск), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург), В. И. Торшин (Москва), Т. Н. Унгуряну (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 25.03.21. Дата выхода в свет 26.03.21. Формат 60×90/8. Печать цифровая.
Уч.-изд. л. 7,5. Тираж 1000 экз., зак. 2339.
Индекс 20454. Цена свободная
© Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

ISSN 1728-0869

EKOLOGIYA CHELOVEKA (HUMAN ECOLOGY)

MONTHLY PEER-REVIEWED JOURNAL

03.2021

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. Chereshnev (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

Кузикова И. Л., Медведева Н. Г.
Оппортунистические грибы – контаминанты среды обитания человека и их потенциальная патогенность 4

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Гальченко А. В., Шерстнева А. А., Лапик И. А., Кулеш В. И., Сухно Е. О., Заров А. Ю., Ревякина В. А.
Сравнительная оценка питания женщин, соблюдающих и не соблюдающих православный Великий пост 15

Баланова Ю. А., Концевая А. В., Мырзаматова А. О., Муканеева Д. К., Худяков М. Б., Драпкина О.М.
Прогноз эффективности мер, направленных на снижение потребления соли в Российской Федерации 25

Максимов Д. М., Максимова Ж. В.
Табакокурение и рискованное употребление алкоголя среди работников промышленных предприятий Свердловской области 34

Никанов А. Н., Гудков А. Б., Попова О. Н., Смолина В. С., Чащин В. П.
Минеральный состав крови жителей арктического района с низкой минерализацией воды в системах централизованного водоснабжения 42

Alipbekova S. A., Buleshov M. A.
Self-Perceived Health and Its Associations with Social Factors and Perceived Environmental Quality in Southern Kazakhstan: a Cross-Sectional Study 48

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наркевич А. Н., Виноградов К. А., Гржибовский А. М.
Интеллектуальные методы анализа данных в биомедицинских исследованиях: деревья классификации 54

Экология человека
2021, № 3, с. 4–14

УДК 576.8 DOI: 10.33396/1728-0869-2021-3-4-14

ОППОРТУНИСТИЧЕСКИЕ ГРИБЫ – КОНТАМИНАНТЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПАТОГЕННОСТЬ

© 2021 г. **И. Л. Кузикова, Н. Г. Медведева**

ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», г. Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук, г. Санкт-Петербург

Массовое распространение оппортунистических грибов в среде обитания человека, в том числе за счет развития процессов биоповреждений различных материалов, представляет глобальную экологическую проблему. В настоящее время во всем мире активно проводятся исследования по оценке контаминации грибами среды обитания человека, формирования специфических, отличных от природных, антропогенных микоценозов, негативно влияющих на его здоровье. Значительное число видов этих грибов являются аллергенными, токсигенными, относятся к возбудителям многих опасных заболеваний (инвазивный аспергиллез, аллергический бронхолегочный аспергиллез, бронхиальная астма, мукороз и др.). Количество микозов, вызываемых оппортунистическими грибами, ежегодно увеличивается во всем мире. О потенциальной патогенности этих грибов свидетельствует и тот факт, что условно патогенные грибы имеют практически такие же факторы патогенности, как и патогенные. Обладая уникальной способностью адаптироваться к изменяющимся условиям среды, они могут противостоять как защитным механизмам человека, так и действию различных антифунгальных средств. Эти свойства грибов обуславливают трудность борьбы с ними, которая не всегда завершается успешно. В настоящем обзоре представлены данные собственных исследований авторов и результаты других отечественных и зарубежных исследователей о распространении сапробных грибов в среде обитания человека, дана краткая характеристика факторов их патогенности. Обсуждается необходимость создания эффективных и экологически безопасных средств защиты от оппортунистических грибов, включая комплексные препараты.

Ключевые слова: оппортунистические грибы, биоповреждения, факторы патогенности, вирулентность

OPPORTUNISTIC FUNGI AS CONTAMINANTS OF HUMAN ENVIRONMENT AND THEIR POTENTIAL PATHOGENICITY

I. L. Kuzikova, N. G. Medvedeva

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg; Scientific Research Centre for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Massive spread of opportunistic fungi in human environment is an emerging global environmental challenge. The amount of research on fungal contamination of the human environment and associations between anthropogenic mycocenoses and human health has been increasing in recent years. A significant number of fungal contaminants have been considered as causative agents of invasive aspergillosis, allergic bronchopulmonary aspergillosis, bronchial asthma, mucorosis, etc. Moreover, the incidence of mycoses caused by opportunistic fungi has been increasing globally. A significant number of pathogenic factors observed in opportunistic fungi are similar to those in the pathogenic ones. A unique ability to adapt to changing environment results in resistance to both human defense mechanisms and antifungal agents making control of fungal contamination a significant challenge. In this paper we review the evidence from national and international studies as well as own research on the distribution of various fungi species in human environment and their pathogenicity. We also discuss the need for development of safe, effective and ecofriendly fungicides.

Key words: opportunistic fungi, biodeterioration, pathogenicity factors, virulence

Библиографическая ссылка:

Кузикова И. Л., Медведева Н. Г. Оппортунистические грибы – контаминанты среды обитания человека и их потенциальная патогенность //Экология человека. 2021. № 3. С. 4–14.

For citing:

Kuzikova I. L., Medvedeva N. G. Opportunistic Fungi as Contaminants of Human Environment and Their Potential Pathogenicity. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 3, pp. 4-14.

Оппортунистические грибы (сапробионы-сапрофиты – потенциальные патогены, которые при определенных условиях могут вызывать заболевания) повсеместно распространены в природе – в почве, атмосфере, водоемах, среде обитания человека и др. Этому способствуют биологические особенности грибов – гифальная форма роста, обеспечивающая широкий контакт со средой, активный метаболизм, высокий уровень адаптации к условиям среды, способность к сапрофитному и паразитическому образу жизни [14]. Стремительное распространение оппортунистических грибов в среде обитания человека представляет глобальную проблему в связи с их негативным действием на человека.

Выделяют три основных типа поражения человека грибами: отравления (микотоксикоз), микогенная аллергия, инфекция (микозы) [6].

По данным некоторых авторов, количество ми-

козов, вызываемых оппортунистическими грибами, ежегодно увеличивается на 5–10 % и удваивается каждые 10 лет [3]. Потенциальная патогенность грибов обуславливается их свойствами адаптационного характера, позволяющими им противостоять защитным механизмам организма и осуществлять инвазию. К ним относятся экстрацеллюлярная секреция гидролитических ферментов (фосфолипаз, протеаз), оксидоредуктаз, капсуляция и пигментация клеток.

В помещениях различного назначения чаще других встречаются грибы родов *Aspergillus, Penicillium, Trichoderma, Mucor, Scopulariopsis, Cladosporium, Alternaria, Stachybotrys* и др. [4, 6], многие из которых обладают аллергенными и/или патогенными свойствами.

В отсыревших помещениях грибы-контаминанты могут быть обнаружены в запредельных концентрациях – нескольких десятков тысяч на 1 $см^2$, или в 1 $м^3$, в то время как по норме Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) они не должны превышать 500 колониеобразующих единиц (КОЕ/$м^3$) [97].

Процесс распространения грибов в помещениях тесно связан с процессами микоповреждений различных материалов, постоянно происходящими во всех сферах человеческой деятельности, при этом значительная часть – до 60 % видов грибов, вызывающих биоповреждения, являются возбудителями грибковых заболеваний [6].

Опасность контаминации среды обитания человека грибами усугубляется широким и длительным использованием антифунгальных веществ, под действием которых могут изменяться их физиолого-биохимические свойства и уровень образования факторов патогенности [13, 69]. В целом вопрос о влиянии синтетических и природных фунгицидов на патогенные свойства оппортунистических грибов остается малоизученным.

Распространение грибов в среде обитания человека. Оппортунистические грибы широко распространены в природе, главным образом в почве, воздухе и воде. Этому способствует их полибиотрофность и высокая степень адаптации к условиям среды, в том числе и экстремальным [14]. В последние десятилетия значительное внимание уделяется вопросу распространения потенциально патогенных грибов в среде обитания человека, так как значительное число представителей их видов являются возбудителями грибковых заболеваний [6, 80].

В исследованиях, проведенных в городах многих стран, отмечено значительное таксономическое разнообразие обитающих в них микромицетов, региональная специфика антропогенных микоценозов как на родовом, так и на видовом уровне. Показано, что количество домов, контаминированных грибами, варьирует от 20 до 50 % в зависимости от страны, где проводились наблюдения. В жилых помещениях идентифицированы до 37 и более таксонов, при этом практически во всех указанных исследованиях к наиболее распространенным отнесены грибы родов *Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Alternaria, Ulacladium, Chaetomium, Stachybotris* [4, 6, 19]. Наблюдалась лишь некоторая вариабельность в качественно-количественном соотношении этих грибов в зависимости от климатических и других условий тех городов, где проводились эти исследования. Большое разнообразие микромицетов выявлено в воздухе служебных помещений. Кроме представителей родов *Aspergillus* и *Penicillium* отмечены *Acremonium charticola, Alternaria tenuissima, Aphanocladium album, Chaetomium globosum, Trichoderma viride, Chrysosporium merdarium, Chrysonilia sitophila, Mortierella isabellina, Stachybotrys chartarum* [58, 92].

Всемирной организацией здравоохранения еще в 1982 году был принят термин «синдром больного здания» (sick building syndrome). По мнению многих исследователей, влажность вносит существенный вклад в развитие «синдрома больного здания». Влажная среда способствует увеличению контаминации помещений грибами и, как следствие, росту респираторных заболеваний у человека [15, 22, 49, 86].

Эта проблема тесно связана с процессами микоповреждений. Известно более 500 видов возбудителей деструкции, и их число будет постоянно возрастать в связи с использованием новых материалов, создаваемых человеком, возникновением агрессивных рас и видов грибов [6]. Чаще других встречаются грибы отделов *Ascomycota, Zygomycota, Basidiomycota*. Несовершенные аскомицетовые грибы (Deuteromycota) – самая многочисленная группа, включающая грибы родов *Aspergillus, Penicillium, Trichoderma, Mucor, Scopulariopsis* и др. Плесневые (мицелиальные) виды несовершенных грибов являются основными возбудителями микологических повреждений в различных сферах человеческой деятельности [4, 6].

Объектами воздействия грибов могут быть самые разнообразные по химическому составу и свойствам материалы – камень, бетон, гипс, древесина и изделия из нее, металл, стекло, бумага, пергамент, краски, кожа, шерсть, нефть и нефтепродукты, силикаты, пластмассы, резина и многое другое [29, 36]. Такие свойства грибов свидетельствуют о сложности деструктивных процессов, о мультифункциональности грибов и делают невозможным получение биостойких материалов на длительное время, равно как и унифицированных средств защиты.

Состав микромицетов на пораженных грибами материалах определяется в первую очередь их химической структурой. Так, на целлюлозосодержащих материалах в основном представлены продуценты целлюлолитических ферментов, на углеводородах, маслах и их производных – продуценты липаз и оксидоредуктаз и т. д. [58]. Реакция грибов на любой материал, вещество, созданное человеком, оказывается такой же, какой она бывает на близкий по свойствам природный объект. Из этого следует, что в основе процессов биоразрушения и биоповреждения лежат процессы, протекающие в природе, и эта проблема

Экология человека
2021, № 3, с. 4–14

как в теоретическом, так и в практическом аспекте относится к общебиологической и является одним из разделов комплексной экологической проблемы.

В жилых помещениях особенно легко подвергаются микоповреждениям штукатурки стен, обои, древесина, изоляция трубопроводов, пластики, клеи, керамические материалы и другое, при этом ряд грибов ассоциирован с типом поражаемого материала.

Контаминация грибами любого здания, особенно если учесть более раннюю контаминацию строительных материалов, начинается после его возведения. Микоповреждения начинаются сразу при достижении активности воды (aw) 0.7. Значительное количество грибов – *Penicillium chrysogenum, P. brevicompactum, P. communs, P. palitans, Aspergillus versicolor, A. fumigatus, A. niger, A. ustis, A. sydowii, Paecilomyces variotii, Wallemia sebi* интенсивно растут при aw меньше 0.8. В составе грибов, для роста которых необходима активность воды больше 0.9 в жилых помещениях, определены такие как *Chaetomium globosum, Memnoniella echinata, Stachybotrys chartarum, Trichoderma viride, T. citriniviride, T. harizianum, T. longibranchiatum* [39]. На формирование таких антропогенных микроценозов со специфической структурой организации, отличной от природной, влияют многие физико-химические факторы (влажность, температура, тип повреждаемого материала), экологические и климатические условия. Однако во всех случаях доминирующими компонентами комплекса являются грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium*. В отсыревших помещениях обнаружены грибы – контаминанты в запредельных концентрациях – нескольких десятков тысяч на 1 $см^2$, или в 1 $м^3$ воздуха, превышающих норму ВОЗ (500 КОЕ/$м^3$), что является риском для здоровья человека.

Основные факторы патогенности оппортунистических грибов. Многие грибы являются патогенами растений и практически всех живых организмов, не исключая и человека. Грибковые инфекции представляют повышенную опасность и важнейшую медицинскую проблему во всем мире. Выделяют две группы грибов, вызывающих микозы, – патогенные и оппортунистические патогены. Первые вызывают заболевания у людей с нормальной иммунной системой; оппортунистические действуют преимущественно на пациентов с ослабленным иммунитетом. В целом большинство микозов вызвано оппортунистическими грибами [6].

Оппортунистические грибы способны использовать организм как среду обитания, из чего следует, что диапазон их экологической толерантности включает в себя и условия существования в паразитической форме [9].

Деятельность человека создает рукотворные местообитания и новые экологические ниши для возбудителей, обеспечивая тем самым высокую их концентрацию в непосредственном своем окружении и риск заражения. Известно, что большинство грибов, вызывающих микоповреждения, являются возбудителями заболеваний человека. Так, около 80 % грибов, выделенных из книгохранилищ, относится к патогенным и условно-патогенным видам, до 67 % могут проявлять аллергенные свойства, 92 % синтезировать токсины [7]. О потенциальной патогенности грибов, не являющихся специализированными паразитами человека и животных, свидетельствует и тот факт, что у патогенных и условно-патогенных микроорганизмов универсальны и группы факторов патогенности – капсулы, капсульные структуры, пигменты, токсины, ферменты, факторы инвазии и др. Многие исследователи пришли к выводу о большой общности у них адаптационных биохимических механизмов, об отсутствии резкой границы между облигатными и факультативными паразитами. Переход от паразитического существования к сапрофитическому и обратно требует физиологической перестройки, которая у сапрофитов и паразитов происходит на уровне как отдельной клетки, так и популяции [1].

По мнению многих авторов, сапронозы можно рассматривать как «болезни цивилизации», эпидемиологическое проявление этих инфекций связано с урбоценозами – объектами непосредственного окружения человека [11].

В год в мире регистрируется до 500 случаев оппортунистических микозов на 1 млн жителей, и это при том, что не во всех странах они регистрируются. Это различные формы аспергиллеза, кандидоза, криптококкоз, зигомикоз и др. Конидии грибов могут попадать в органы дыхания и вызывать заболевания или сенсибилизацию с последующим развитием аллергии [60, 98].

Особую опасность представляют грибы рода *Aspergillus*: *A. niger, A. flavus, A. glaucus, A. nidulans, A. fumigatus, A. terreus* [60, 83]. У людей с иммунодефицитом и инфицированных *A. flavus* смертность достигает 50 % [89]. По мнению многих авторов, *A. fumigatus* как возбудитель грибковых заболеваний лидирует во всем мире, и прежде всего у иммунодепрессивных пациентов – пациентов с трансплантацией костного мозга, онкологических больных [40]. Даже при использовании соответствующих лекарств смертность достигает 26–65 % (в зависимости от уровня иммуносупрессии) [44].

Повышенную опасность представляют грибы-возбудители глубоких микозов, к которым относятся, прежде всего, виды рода *Aspergillus* (*A. fumigatus, A. niger, A. flavus), Fusarium (F. moniliforme, F. oxysporum), Paecilomyces variotti, Alternaria alternata,* составляющие значительную часть от общего количества грибов городских почв [10].

Положение существенно осложнилось, когда в медицинскую практику были внедрены антибактериальные антибиотики, а затем сильнодействующие гормональные, антицитокиновые препараты, противораковые средства и др. Применение данных лекарственных средств приводит к снижению иммунной реактивности организма и является признанным фактором риска развития оппортунистических инфек-

ций, в том числе грибковых. В результате снижения иммунитета на фоне применения таких препаратов смертность от инвазивного аспергиллеза легких достигает 80 % [2].

Значительный интерес представляет исследование, указывающее на то, что к разнообразным проблемам со здоровьем приводят ассоциации грибов, и особенно в сырых помещениях. При исследовании пациентов с множественными жалобами на здоровье, вызванными проживанием в сырых зданиях, контаминированных ассоциациями грибов, выявлено, что воздействие комплекса токсинопродуцирующих грибов приводит к множественным проблемам со здоровьем, затрагивающим центральную нервную систему, иммунную систему, нарушению легочных функций и аллергии. Воздействие ассоциации грибов также вызывает воспалительные процессы. Авторы предлагают термин «смешанный грибной микотоксикоз» для обозначения мультисистемного заболевания, наблюдаемого у таких пациентов [46].

Токсины (микотоксины) в низких концентрациях вызывают значительное число острых и хронических системных патологий у человека и животных. К настоящему времени известно более 400 микотоксинов, представляющих собой сложные органические вещества с молекулярной массой от 200 до 800 кДа [23]. Этим продуктам биосинтеза грибов посвящено много монографий, сотни обзоров и тысячи статей.

По химической структуре различают афлатоксины, трихотеценовые микотоксины, охратоксины, фумонизин, зеараленон и его производные, монилиформин, фузарохроманон, алкалоиды спорыньи, циклопиазоновую кислоту, патулин, цитринин и т. п. Синтезируются микотоксины главным образом несовершенными грибами родов *Aspergillus, Fusarium, Penicillium, Stachybotrys, Alternaria, Cladosporium, Helmintosporium, Paecilomyces, Trichoderma* и др. Однако не все виды указанных родов образуют токсины, некоторые из них лишены этого свойства и, напротив, другие (некоторые аспергиллы, фузарии, пенициллы) могут синтезировать несколько токсинов. Несмотря на то, что грибы способны к росту на многих природных и синтетических субстратах, токсины образуются преимущественно на определенных материалах, обеспечивающих этот процесс [16].

Многими исследователями подтверждено наличие микотоксинов в воздухе и в массе материалов помещений различного назначения – жилых, служебных, больничных и др. [27]. В организм человека они попадают, как и грибы, при вдыхании воздуха, содержащего споры грибов, гифальных фрагментов и контаминированной грибами пыли. В воздухе закрытых помещений выявлены многие токсины – канцерогенные афлатоксины и их предшественники, стеригматосцистин, имеющий иммуносуппресивное и канцерогенное свойство; фумонизины, охратоксины (нефротоксины и канцерогены), зеараленон (эстроген), глиотоксин (иммунодепрессант), патулин (канцероген, невротоксин), цитринин (невротоксин) и др. [48]. Наиболее изученным токсигенным грибом является *Stachybotrys chartarum* – продуцент многих токсинов, в том числе макроциклических трихотеценов, роридина Е, сатратоксинов F, G и H, изосатратоксинов F, G и H, веррукаринов B и J и 4 немакроциклических вещества – триховерина А и В триховерролов А и В [16].

Значительная роль загрязнения воздуха помещений отведена грибам родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Наиболее изученными токсинами, образуемыми видами *Aspergillus* и *Penicillium*, являются афлатоксины, охратоксины. Высокотоксичные охратоксины часто выявляются в продуктах питания, особенно в зерновых, кофе, сухофруктах, специях, вине и др. Данные о частом обнаружении их в моче, в крови и других тестируемых образцах свидетельствуют о регулярном поступлении их в организм человека [59].

Учитывая, что микотоксины относятся к экстремально токсичным веществам, контроль за их образованием и распространением в среде обитания человека представляется важным. Эта задача является междисциплинарной, требующей знаний в областях аналитической химии, токсикологии, физиологии и метаболизма грибов, экологии и др.

Факторы грибов, воздействующие на человека, весьма разнообразны. Это белки, вызывающие аллергию, структурные элементы, включающие β-1, 3 глюканы, которые могут вызывать воспалительные процессы, летучие органические вещества, образуемые в процессе роста грибов, токсины и другие вторичные метаболиты, содержащиеся в спорах и мицелии грибов [55, 62].

Патогенность микромицетов определяется комплексом свойств адаптивного характера, позволяющих противостоять защитным механизмам организма, осуществлять инвазию. К таким свойствам относят повышенную способность к адгезии, меланизацию клеток [8, 26, 78], капсулообразование, экстраклеточную секрецию ферментов – аспарагиновых протеаз, фосфолипаз, оксидаз, [30, 84, 96], диморфизм [95] и др. Степень патогенности грибов определяется уровнем этих признаков. В патогенезе заболеваний существенную роль играет фенотипическая перестройка, особенно характерная для дрожжеподобных грибов. Так, клетки *Candida albicans* могут существовать в одноклеточной и гифальной формах (клеточный диморфизм). В одноклеточной форме дрожжи легко распространяются в окружающей среде и достигают человека. Предполагается, что обе формы необходимы дрожжам для проявления вирулентных свойств, так как мутанты, лишенные генов, ответственных за образование одной из форм, менее вирулентны, однако молекулярная основа явления диморфизма у дрожжей не вполне ясна [100].

Меланиновые пигменты. Меланиновые пигменты обнаружены у представителей всех царств живой природы – от бактерий до млекопитающих и состоят, главным образом, из различных типов фенольных и индофенольных мономеров. Меланины – обычно чер-

Экология человека
2021, № 3, с. 4–14

ные или темно-коричневые полимеры, молекулярная структура которых чрезвычайно многообразна, столь же многообразна и их функция [42, 63].

Пигменты могут выделяться в среду культивирования грибов или/и содержаться в мицелии, конидиях, что в значительной степени зависит от вида гриба, так же как и от типа меланина. Так, у *Aspergillus niger* и *A. tubigensis* меланин определен в биомассе и фильтрате культуральной жидкости, у *A. tamari, A. flavus* только в биомассе, а у *A. terreus* только в фильтрате среды культивирования, т. е. локализация меланинов у аспергилов варьирует от вида к виду [74]. Грибные меланины играют важнейшую роль в защите грибов от многих стрессовых воздействий окружающей среды – УФ-излучения, засухи, высоких концентраций солей, тяжелых металлов, радионуклидов, фунгицидов и др. [13, 38, 42].

Возрастание обилия и встречаемости темноокрашенных и меланинсодержащих грибов регистрируется в урбанизированных условиях, в таких компонентах городской среды, как почва, снег, приземные слои воздуха, и может являться одним из индикаторов присутствия в среде загрязняющих веществ [10].

Особый интерес меланины вызывают как фактор патогенности для человека, животных, растений [37].

Связь вирулентости грибов с меланиногенезом особенно интенсивно изучалась с использованием клинических изолятов *Cryptococcus neoformans*, вызывающих опасные инфекции [72, 73]. Показано, что меланинобразующие штаммы *C. neoformans* более вирулентны, чем альбино-мутанты [72], при этом меланин синтезируется и в процессе инфекции [71].

Меланин препятствует фагоцитозу, нейтрализует активность антимикробных пептидов [34], активно связывается с антифунгальным антибиотиком амфотерицином В и каспофунгином [94]. Логично, что пигменты становятся целью терапии, изучается новый подход к борьбе с криптококковой инфекцией путем подавления продукции меланина [70].

Аналогичные исследования с мицелиальными грибами весьма ограничены, несмотря на то, что многие из них образуют пигменты, отличающиеся большим разнообразием структуры, свойств и функций.

Меланины повышают вирулентность грибов путем снижения их чувствительности к защитным функциям организма, в том числе от гипохлорита, перекиси водорода – элементов иммунного ответа [54].

По мнению некоторых авторов, меланины – антиоксидантный фактор, по важности сравнимый с супероксиддисмутазой [42]. Отмечаются и другие возможные механизмы влияния меланинов на устойчивость грибов к защитным функциям организма – удержание гидролитических ферментов грибов в тесном контакте с клеточной оболочкой организма, изменение заряда клеточной поверхности грибов и тем самым ослабление фагоцитоза [54].

Отсутствие меланинов приводит к существенному снижению степени патогенности грибов. Так, беспигментные штаммы *Aspergillus fumigatus* менее вирулентны, чем пигментированные, более легко и быстро связываются с комплементом организма, более чувствительны к антифунгальным препаратам. Последнее свойство некоторые авторы связывают со снижением прочности клеточных стенок из-за отсутствия пигментов и, как следствие, повышенной проницаемостью клеток [73]. Влияние пигментов на уровень патогенности грибов подтверждено и работами, выполненными с конидиями *A. fumigatus*, являющимися основным инфекционным агентом легочного аспергиллеза, вызываемого этими грибами. Показано, что малопигментированные конидии менее устойчивы к действию моноцитов и менее вирулентны для животных [50, 81]. Аналогичные результаты были получены при использовании другой культуры – *Aspergillus nidulans* [50].

В целом вопрос о роли меланинов как факторов патогенности оппортунистических мицелиальных грибов мало изучен, отсутствует информация по вопросу о том, являются ли факторами патогенности другие пигменты, образуемые в комплексе с меланинами или без них.

Полисахариды грибов. Другим фактором патогенности грибов являются полисахариды (ПС). Полисахариды – полимеры, образующиеся в результате конденсации моносахаридов и являющиеся обязательным компонентом клеток всех живых организмов. Полисахариды чрезвычайно различны по мономерному составу и структуре. Особым разнообразием отличаются ПС микроорганизмов, имеющие в подавляющем большинстве уникальную структуру.

В соответствии с локализацией ПС разделяют на две основные группы – внутри- и внеклеточные. К первой группе относят ПС цитоплазмы, мембран, клеточных стенок, ко второй – ПС капсул, свободной слизи, не прилегающей к клеточной стенке и выделяющейся в среду. Мономерный состав слизи и капсул в большинстве случаев одинаков.

По функциям микробные ПС объединяют по группам: резервные, опорные, участвующие в активном транспорте, защитные и др. Основная, общебиологическая функция внеклеточных ПС – защитная. Они предохраняют микробные клетки от высушивания, от губительного действия УФ-лучей, различных химических агентов, лекарственных препаратов, фунгицидов и др. Защитная функция ПС подтверждается тем, что под действием неблагоприятных факторов среды различной природы их биосинтез усиливается [13].

Интерес к ПС в значительной степени обусловлен их свойством повышать вирулентность грибов [33].

Основным объектом исследования роли ПС в вирулентности грибов, как и в случае с пигментами, являются капсулированные патогенные дрожжи *Cryptococcus neoformans*, дрожжи рода *Candida*. *Cryptococcus neoformans* вызывает тяжелые системные инфекции, главным образом у иммунодефицитных пациентов [33]. В процессе инфекции у *C. neoformans* образуется толстая полисахаридная капсула, которая может подавлять миграцию лейкоцитов из кровяного русла к воспаленному участку [76]. Важную роль

внеклеточные ПС играют и в процессе адгезии грибов к клеткам макроорганизма. Так, ПС участвуют в соединении клеток *C. albicans* с клетками эпителия или эндотелиальными [90]. Kozel T. R. с соавторами показали, что бескапсульные изоляты быстро подвергались фагоцитозу нейтрофилами и макрофагами in vitro, в то время как капсульные резистентны к фагоцитозу [52].

Установлено, что развитие легочной инфекции, вызванной *A. fumigatus*, было обусловлено наличием в биопленке гриба галактозаминогалактана (ГАГ) [45]. ГАГ представляет собой частично деацетилированный гетерополимер α-1,4-связанной галактозы и N-ацетилгалактозамина, который обеспечивает адгезию и защиту от иммунной системы хозяина. ГАГ играет решающую роль в поддержании внеклеточного матрикса биопленок *A. fumigatus*. Штаммы с дефицитом продукции ГАГ не способны продуцировать внеклеточный матрикс и не способны образовывать биопленки на пластике или клетках-хозяевах *in vitro*. В результате штаммы с дефицитом ГАГ демонстрируют ослабленную вирулентность у мышей и беспозвоночных моделей инвазивного аспергиллеза [45, 57]. Образование биопленки грибами становится важным фактором патогенеза грибковых заболеваний человека и важным фактором при выборе терапевтических стратегий для этих заболеваний [90].

Ферменты (фосфолипазы, протеазы, каталаза). К числу факторов патогенности грибов отнесены и некоторые гидролитические ферменты. Для проникновения в ткань хозяина микробные клетки образуют конститутивные и индуцибельные гидролитические ферменты, которые повреждают клеточные мембраны или нарушают их функции, деструктируют клетки и молекулы иммунной системы макроорганизма.

Так как основными компонентами цитоплазматической мембраны макроорганизма являются фосфолипиды и белки, особое внимание уделяется ферментам, гидролизующим эти соединения, – фосфолипазам и протеазам. К тому же в многочисленных исследованиях показано, что более низкая экспрессия фосфолипаз и протеаз коррелирует с более низкой вирулентностью и наоборот, что подтверждает их роль как важнейших факторов патогенности [65, 82].

Фосфолипазы. Фосфолипазы – гетерогенная группа энзимов, часть которых может гидролизовать одну или более эфирных связей в глицерофосфолипидах – основных компонентах клеточных мембран. В зависимости от связи, на которую они действуют, их обозначают как фосфолипазы A, B, C, D [20, 43].

Фосфолипазы рассматриваются как важные факторы патогенности различных микроорганизмов – бактерий [53], дрожжей [95], мицелиальных грибов [5, 25].

Фосфолипазы выявлены у *Candida albicans, C. glabrata, C. parapsilosis, C. tropicalis, C. krusei, C. lusitaniae, Cryptococcus neoformans* [43, 91]. У *C. albicans* обнаружены четыре типа фосфолипаз – A, B, C, D [93, 100], из которых для вирулентности дрожжей особенно важна фосфолипаза B, обладающая активностью гидролазы и лизофосфолипазы – трансацетилазы [43]. При сравнительном исследовании фосфолипаз B, секретируемых патогенными и непатогенными дрожжами, показано, что по некоторым свойствам они различаются. Так, специфическая активность очищенных фосфолипаз B у патогенных *Cryptococcus neoformans* и *Candida albicans* в 10–200 раз выше, чем у непатогенных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* [56, 61], фосфолипазы патогенных дрожжей более легко деструктируют мембраны организма [35].

Высокая активность фосфолипаз у штаммов *C. albicans* коррелирует с их высокой вирулентностью как *in vitro*, так и *in vivo* (на мышах) и рассматривается как важнейший, универсальный фактор патогенности грибов [35, 43].

Свойство фосфолипаз повышать вирулентность дрожжей было продемонстрировано и в исследовании Ganendren R. с соавторами [41], проведенном с использованием ингибитора фосфолипаз – алексидина дигидрохлорида, под действием ингибитора грибная инфекция развивалась слабо. Активность этих ферментов значительно снижалась в присутствии антигрибковых антибиотиков – амфотерицина B, нистатина [18].

Аналогичные исследования выполнены и с мицелиальными оппортунистическими грибами [24, 25, 88]. Свойство образовывать внеклеточные фосфолипазы выявлено у *A. fumigatus* – наиболее распространенного среди возбудителей микозов инвазивного патогена человека, при этом активность ферментов возрастает с увеличением температуры роста культуры до 37 °C [25].

Значительно выраженная активность фосфолипаз наблюдалась у видов рода *Aspergillus* (*A. niger*, *A. terreus, A. versicolor*), *Ulocladium chartarum, Trichoderma konigii, Cladosporium cladosporoides, Alternaria alternate, Penicillium spp.* (*P. funiculosum, P. chrysogenum, P. simplicissimum*), изолированных из музейных и библиотечных помещений Санкт-Петербурга [5, 7]. По мнению ряда исследователей, для снижения вирулентности грибов необходим поиск ингибиторов синтеза и секреции этих ферментов [7].

Протеазы. Важным фактором патогенности грибов рода *Candida* признаны секретируемые аспарагиновые протеиназы (Saps), способствующие инвазии в ткани хозяина путем гидролиза и разрушения поверхностных структур, в то числе клеточных мембран [79, 84].

В настоящее время известно около 10 различных Saps (Sap1 – Sap10), часть из которых представлена конститутивными ферментами, играющими роль в первоначальных этапах адгезии, другие – индуцируются при наличии внеклеточных белков, включая коллаген, ламинин, фибронектин, муцин, макроглобулин, почти все иммуноглобулины [8, 67, 68, 84].

Протеиназы Sap1, Sap2, Sap3 оказывают значительное действие на деструкцию тканей и инвазию в оральный эпителий, разрыв эпителия [67], Sap9 и Sap10 играют роль в адгезии грибов [17]. Определение точных механизмов действия каждой Sap существенно затруднено различиями в заболеваниях, в характере их взаимодействия с иммунной системой макроорганизма и многим другим [32].

Следует отметить, что наибольшая вирулентность грибов коррелирует с активностью Sap2 [32, 68]. Показано, что некоторые формы орофарингеального кандидоза, вызываемого *C. albicans* у пациентов с синдромом приобретенного иммунодефицита, излечиваются значительно быстрее при комбинированной терапии с использованием ингибиторов ВИЧ – аспарагиновых протеиназ – ритонавира, саквинавира, индинавира [64].

Вопрос о протеазах как факторе патогенности мицелиальных оппортунистических грибов изучен в меньшей степени, чем у дрожжей, однако их роль в патогенезе человека не вызывает сомнений, что показано на примере *Aspergillus fumigatus* [31, 66].

Aspergillus fumigatus – обычный экологический агент – вездесущий аскомицет, споры которого в воздухе содержатся в высоких концентрациях – 1–100 конидий/м^3, вызывает аспергиллезы у человека, в том числе и аспергиллез легких [31]. Изучение механизмов патогенности этого гриба показало, что важнейшая роль в возникновении заболеваний различных органов и тканей, содержащих эластин и коллаген, принадлежит протеолитическим ферментам – эластазам. Так как матрикс легких состоит преимущественно из эластана и коллагена, значение этих ферментов в возникновении аспергиллеза легких становится очевидным. Это положение подтверждено экспериментами, проведенными с иммунодефицитными мышами, которых подвергали воздействию спор двух видов *A. fumigatus* – образующих и не образующих эластазу. Через 48–96 ч погибли только мыши, инфицированные эластазообразующим видом, при этом в легких мышей обнаружены гифы гриба, некроз альвеол [51].

В работе [5], посвященной анализу активности протеиназ у мицелиальных грибов, изолированных из воздуха различных помещений, в том числе музейных, показано, что существенных значений она достигала у двух штаммов *Aspergillus niger* B-1 и Rm-602, *Cladosporium cladosporoides* M-1, *Ulocladium chartarum* X-1. При учете таких факторов, как наличие фосфолипазной и протеолитической активности, к числу наиболее опасных предположительно отнесены штаммы *Aspergillus niger* B-1 и Rm-602, *Ulocladium chartarum* X-1, *Trichoderma konigii* T-1, *A. versicolor* Rm-83. Средними по предполагаемой степени их потенциальной патогенности являются *Cladosporium cladosporoides* M-1 и F-13, *Alternaria alternata* Rm-8, *A. ochraceus* Bo-2, *Rhizopus stolonifer* Rs-1, *Chaetomium sp.* F-236, *Cladosporium sp.* Rm-126, *Ulocladium chartarum* B-112.

Значительная активность протеиназ выявлена у штаммов *Penicillium funiculosum* шт. 26, *P. chrysogenum* шт. 38, *P. simplicissimum* шт. 24, *Aspergillus terreus* шт. 35, выделенных из библиотечных помещений Санкт-Петербурга [7]. Кроме того, установлено, что применение таких фунгицидов, как метатин, катамин АБ и метацид, в качестве защиты от биоповреждений способствует активации протеазной и фосфолипазной активности исследуемых оппортунистических грибов.

Каталаза. К факторам патогенности медицинские микробиологи относят и ферменты из класса оксидоредуктаз – каталазу и пероксидазу [12, 28, 81]. Впервые прямая связь активности каталазы с вирулентностью была выявлена у многих патогенных бактерий [12]. Каталаза играет непосредственную роль в подавлении фагоцитоза при стафилококковой инфекции путем действия на лизосомный аппарат нейтрофилов и макрофагов, повышая тем самым резистентность патогена. Показано, что микобактерии выживают в макрофагах благодаря наличию у них каталазы, пероксидазы и супероксиддисмутазы [21]. Такая же зависимость уровня вирулентности от активности каталазы отмечена и у фитопатогенов – бактерий рода *Agrobacterium* [99] и грибов рода *Botrytis* [85].

Исследования с мицелиальными грибами единичны и выполнены главным образом с *Aspergillus fumigatus* – основным и наиболее опасным из грибных патогенов. Как и в случае с другими микроорганизмами при инфекции, *A. fumigatus* подвергается действию реактивного кислорода фагоцитарных клеток. Детоксикация H_2O_2 также осуществляется каталазами гриба [87].

У *A. fumigatus* идентифицированы три активных каталазы – одна конидиальная (CatAp) и две мицелиальные (Cat1p и Cat2p), при этом мицелиальные и конидиальные каталазы имеют разные структуры [75]. Конидиальная каталаза монофункциональная, резистентная к повышенной температуре, ионам металлов, детергентам. У бескаталазных мутантов чувствительность конидий не отличается от контрольных, однако при использовании их для заражения животных (мышей) наблюдается значительная задержка инфицирования.

Мицелиальные каталазы – бифункциональные каталазы – пероксидазы, чувствительные к повышенной температуре, ионам металлов, детергентов. В отличие от конидиальной каталазы они играют важную защитную роль у грибов и являются факторами патогенности [47, 77].

Таким образом, каталаза как фактор патогенности присутствует у аэробных микроорганизмов различных систематических групп, в том числе и мицелиальных грибов, и заслуживает внимание при оценке опасности оппортунистических грибов в среде обитания человека.

Заключение

В настоящее время не вызывает сомнений тот факт, что массовое распространение оппортунистических грибов в среде обитания человека, в том числе за счет развития процессов биоповреждений различных материалов, представляет глобальную экологическую

проблему. Значительное число видов этих грибов являются аллергенными, токсигенными, относятся к возбудителям многих опасных заболеваний, и прежде всего у людей с иммунодефицитом. Количество микозов, вызываемых оппортунистическими грибами, главным образом представителями группы дейтеромицетов, ежегодно увеличивается во всем мире.

О потенциальной патогенности этих грибов свидетельствует и тот факт, что у условно патогенных грибов факторы патогенности практически такие же, как у патогенных.

Обладая уникальной способностью адаптироваться к изменяющимся условиям среды, они могут противостоять как защитным механизмам человека, так и действию различных антифунгальных средств – фунгицидам, получаемым химическим синтезом, и фунгицидам природного происхождения (антибиотикам). Эти свойства грибов обуславливают трудность борьбы с ними, которая не всегда завершается успешно.

В соответствии с важностью проблемы в настоящее время во многих странах проводятся исследования по созданию эффективных и экологически безопасных для природы и человека средств защиты от оппортунистических грибов, включая комплексные препараты, обладающие свойством ингибировать адаптационные, в том числе патогенные, свойства грибов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А19-119020190099-1)

Авторство

Кузикова И. Л. осуществила поиск и анализ данных литературных источников, написание текста рукописи; Медведева Н. Г. структурировала обзор, редактировала текст рукописи, окончательно утвердила ее к публикации.

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кузикова Ирина Леонидовна – ORCID 0000-0001-6199-3104; SPIN 9797-3486
Медведева Надежда Григорьевна – ORCID 0000-0003-0588-8427; SPIN 7103-9322

Список литературы / References

1. *Андрюков Б. Г., Сомова Л. М., Тимченко Н. Ф.* Эволюция понятия сапронозы и трансформация экологической концепции паразитизма в инфектологии // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2017. № 5 С. 119–126.

Andryukov B. G., Somova L. M., Timchenko N. F. Evolution of the sapronosis notion and transformation of the environmental concept of parasitism in infectology. *Zurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]. 2017, 5, pp. 119-126. [In Russian]

2. *Антонов В. Б.* Влияние биоповреждений на здоровье человека // Материалы международной конференции «Проблемы долговечности зданий и сооружений». Санкт-Петербург. 2007. С. 137–142.

Antonov V. B. The effect of biodeterioration on human health. *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Problemy dolgovechnosti zdanii i sooruzhenii», Sankt-Peterburg* [Proceedings of conference «Problems of durability of buildings and structures», Saint Petersburg]. 2007, pp. 137-142.

3. *Антонов В. Б.* Антропогенно-очаговые болезни жителей большого города // Журнал инфектологии. 2009. Т. 1, № 2/3, С. 7–12.

Antonov V. B. Antropogenic-hearth illness of habitants of large city. *Zhurnal infektologii* [Jurnal Infektologii]. 2009, 1 (2/3), pp. 7-12. [In Russian]

4. *Ахапкина И. Г., Глушакова А. М., Антропова А. Б., Качалкин А. В., Биланенко Е. Н., Желтикова Т. М.* Микробиота пыли жилых помещений разного назначения: перспектива оценки аллергенной и пирогенной нагрузок помещений // Гигиена и санитария. 2019. № 4. С. 380–387.

Akhapkina I. G., Glushakova A. M., Antropova A. B., Kachalkin A. V., Bilanenko E. N., Zheltikova T. M. House dust microbiota: prospect of the assessment of allergenic and pyrogenic loads. *Gigiena i Sanitariya*. 2019, (4), pp. 380-387. [In Russian]

5. *Богомолова Е. В., Миненко Е. А., Кирцидели И. Ю.* Потенциальная вирулентность микромицетов, изолированных из музейных помещений // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41, №.2. С. 113–118.

Bogomolova E. V., Minenko E. A., Kirtsideli I. Yu. Potential virulence of opportunistic fungi isolated from museum environment. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and phytopathology]. 2007, 41 (2), pp. 113-118. [In Russian]

6. *Васильева Н. В., Елинов Н. П.* Микроорганизмы – контаминанты и патогены – индукторы процессов старения больничных зданий и помещений медицинского назначения, а также возбудители некоторых заболеваний людей. Санкт-Петербург: КОСТА, 2009. 224 с.

Vasil'eva N. V., Elinov N. P. *Mikroorganizmy - kontaminanty i patogeny - induktory protsessov stareniya bol'nichnykh zdanii i pomeshchenii meditsinskogo naznacheniya, a takzhe vozbuditeli nekotorykh zabolevanii lyudei* [Microorganisms - contaminants and pathogens - inducers of the aging processes of hospital buildings and medical facilities, as well as pathogens of certain human diseases]. Saint Petersburg, KOSTA Publ., 2009, 224 p.

7. *Кузикова И. Л., Тилева Е. А., Трошева Т. Д., Медведева Н. Г.* Потенциальная патогенность микромицетов-контаминантов библиотечных фондов // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46, № 5. С. 329–333.

Kuzikova I. L., Tileva E. A., Trosheva T. D., Medvedeva N. G. Potential pathogenicity of microfungi contaminating library funds. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and phytopathology]. 2012, 46 (5), pp. 329-333. [In Russian]

8. *Лисовская С. А., Глушко Н. И., Халдеева Е. В., Фассахов Р. С., Файзуллина Е. В., Зинатуллина Г. М.* Влияние экстрактов мицелиальных грибов на адгезивные свойства Candida albicans // Проблемы медицинской микологии. 2010. Т. 12, № 1. С. 34–37.

Lisovskaya S. A., Glushko N. I., Khaldeeva E. V., Fassakhov R. S., Faizullina E. V., Zinatullina G. M. The effect of mycelial fungi in the adhesion of Candida albicans. *Problemy meditsinskoi mikologii* [Problems in medical mycology]. 2010, 12 (1), pp. 34-37. [In Russian]

9. *Литвин В. Ю., Сомов Г. П., Пушкарева В. И.* Сапронозы как природно-очаговые болезни // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2010. Т. 50, № 1. С. 10–16.

Litvin V. Yu., Somov G. P., Pushkareva V. I. Sapronoses as the natural focal diseases // *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika* [Epidemiology and Vaccine Prevention]. 2010, 50 (1), pp. 10-16. [In Russian]

10. *Марфенина О. Е., Кулько А. Б., Иванова А. Е.* Микроскопические грибы во внешней среде города // Микология и фитопатология. 2002. Т. 36, №. 4. С. 22–31.

Marfenina O. E., Kul'ko A. B., Ivanova A. E. The microfungal communities in the urban outdoor environment. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and phytopathology]. 2002, 36 (4), pp. 22-31. [In Russian]

11. *Панин А. Л., Сбойчаков В. Б., Белов А. Б., Краева Л. А., Власов Д. Ю., Гончаров А. Е.* Природно-техногенная очаговость инфекционных болезней на территории антарктических поселений // Успехи современной биологии. 2016. Т. 136, № 1. С. 53–67.

Panin A. L., Sboichakov V. B., Belov A. B., Kraeva L. A., Vlasov D. Yu., Goncharov A. E. Natural and technogenic focality of infectious diseases in the territory of antarctic settlements. *Uspekhi sovremennoi biologii* [Advances in Modern Biology]. 2016, 136 (1), pp. 53-67. [In Russian]

12. *Сомов Г. П., Литвин В. Ю.* Сапрофитизм и паразитизм патогенных бактерий. Экологические аспекты. Новосибирск: Наука, 1988. 205 с.

Somov G. P., Litvin V. Yu. *Saprofitizm i parazitizm patogennykh bakterii. Ekologicheskie aspekty* [Saprophytism and parasitism of pathogenic bacteria. Ecological aspects]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988, 205 p.

13. *Сухаревич В. И., Кузикова И. Л., Медведева Н. Г.* Защита от биоповреждений, вызываемых грибами. СПб.: Элби, 2009, 206 с.

Sukharevich V. I., Kuzikova I. L., Medvedeva N. G. *Zashchita ot biopovrezhdenii, vyzyvaemykh gribami* [Protection against biodeterioration caused by fungi]. Saint Petersburg, Elbi Publ., 2009, 206 p.

14. *Феофилова Е. П., Алехин А. И., Гончаров Н. Г., Мысякина И. С., Сергеева Я.* Фундаментальные основы микологии и создание лекарственных препаратов из мицелиальных грибов. М.: Национальная академия микологии, 2013. 152 с.

Feofilova E. P., Alekhin A. I., Goncharov N. G., Mysyakina I. S., Sergeeva Ya. *Fundamental'nye osnovy mikologii i sozdanie lekarstvennykh preparatov iz mitselial'nykh gribov* [The fundamentals of mycology and the creation of drugs from mycelial fungi]. Moscow, Natsional'naya akademiya mikologii, 2013, 152 p.

15. Adams R. I., Mendell M. J. Measuring building moisture to thwart mold growth. *ASHRAE Journal*. 2019, 61 (2), pp. 58-60.

16. Aleksic B., Bailly S., Draghi M., Pestka J. J., Oswald I. P., Robine E., Bailly J. D., Lacroix M. Z. Production of four macrocyclic trichothecenes by Stachybotrys chartarum during its development on different building materials as measured by UPLC-MS/MS. *Building and Environment*. 2016, 106, pp. 265-273.

17. Albrecht A., Felk A., Pichova I., Naglik J. R., Schaller M., de Groot P., Maccallum D., Odds F. C., Schafer W., Klis F., et al. Glycosylphosphatidylinositol-anchored proteases of Candida albicans target proteins necessary for both cellular processes and host-pathogen interactions. *J. Biol. Chem*. 2006, 281 (2), pp. 688-694.

18. Aril S., Samaranayake L. P. Brief exposure to antimycotics reduces the extracellular phospholipase activity of Candida albicans and Candida tropicalis. *Chemotherapy*. 2003, 49, pp. 243-247.

19. Aringoli E. E., Basilico M. L., Altahus R. L., Basilico J. C. Multivariate analysis of fungal association in the indoor air of Argentinean houses. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2008, 62, pp. 281-286.

20. Barman A., Gohain D., Bora U., Tamuli R. Phospholipases play multiple cellular roles including growth, stress tolerance, sexual development, and virulence in fungi. *Microbiological Research*. 2018, 209, pp. 55-69.

21. Bartos M., Falkinham J. O., Pavlik J. Mycobacterial catalases, peroxidases and superoxide dismutases and their effects on virulence and isoniazid- susceptibility in mycobacteria. *A review. Veterinari Medicina*. 2004, 49 (5), pp. 161-170.

22. Belachew H., Assefa Y., Guyasa G. et al. Sick building syndrome and associated risk factors among the population of Gondar town, northwest Ethiopia. *Environ Health Prev Med*. 2018, 23 (54), pp. 1-9.

23. Bennett J. W., Inamdar A. A. Are some fungal volatile organic compounds (VOCs) mycotoxins. *Toxins*. 2015, 7, pp. 3785-3804.

24. Birch M., Robson G., Law D., Denning D. Evidence of myltiple extracellular phospholipase activities of Aspergillus fumigates. *Infection and Immunity*. 1996, 64 (3), pp. 751-755.

25. Birinci A., Bilgin K., Tanriverdi C. Y. Investigation of acid proteinase and phospholipase activity as virulence factors in clinical Aspergillus spp. isolates. *Mikrobiyoloji Bulteni*. 2014, 48 (3), pp. 491-494.

26. Butler M. I., Day A. W., Henson J. M. Pathogenic properties of fungal melanins. *Mycologia*. 2001, 93 (1), pp. 1-8.

27. Castillo N. I., Ibanez M., Beltran E., Rivera-Monroy J., Ochoa J. C., Paez-Castillo M., Posada-Buitrago M. L., Sulyok M., Hernandez F. Identification of mycotoxins by UHPLC-QTOF MS in airborne fungi and fungi isolated from industrial paper and antique documents from the Archive of Bogota. *Environmental Research*. 2016, 144 (A), pp. 130-138.

28. Chromy B. A., Choi M. W., Murphy G. A., Gonzales A. D. et al. Proteomic characterization of Yersinia pestis virulence. *J. of Bacteriology*. 2005, 187 (23), pp. 8172-8180.

29. Correa Pinto A. M., Palomar T., Alves L. C., da Silva S. H. M., Monteiro R. C., Macedo M. F., Vilarigues M. G. Fungal biodeterioration of stained-glass windows in monuments from Belem do Para (Brazil). I*nternational Biodeterioration and Biodegradation*. 2019, 138, pp. 106-113.

30. Cox G. M., McDade H. C., Chen S. C. A., Tucker S. C. et al. Extracellular phospholipases activity is a virulence factor for Cryptococcus neoformans. *Molecular Microbiology*. 2001, 39 (1), pp. 166-175.

31. Dagenais T. R., Keller N. P. Pathogenesis of Aspergillus fumigatus in invasive aspergillosis. *Clinical microbiology reviews*. 2009, 22 (3), pp. 447-465.

32. De Bernardis F., Sullivan P. A., Cassone A. Aspartyl proteinases of Candida albicans and their role in pathogenicity. *Medical Mycology*. 2001, 39 (4), pp. 303-313.

33. De Oliveira H. C., Trevijano-Contador N., Garcia-Rodas R. Cryptococcal pathogenicity and morphogenesis. *Current Fungal Infection Reports*. 2019, 13, pp. 67-76.

34. Doering T. L., Nosanchuk J. D., Roberts W. K., and Casadevall A. Melanin as a potential cryptococcal defence against microbicidal proteins. *Med. Mycol*. 1999, 37, pp. 175-181.

35. Djordjevic J. T. Role of phospholipases in fungal fitness, pathogenicity and drug development - lessons from Cryptococcus neoformans. *Microbiology*. 2010, 1(125), pp. 1-13.

36. Dyda M., Decewicz P., Romaniuk K.,Wojcieszak M., Sklodowska A., Dziewit L., Drewniak L., Laudy A. Application of metagenomic methods for selection of an optimal growth medium for bacterial diversity analysis of microbiocenoses on historical stone surfaces. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2018, 131, pp. 2-10.

37. Eisenman H. C., Casadevall A. Synthesis and assembly of fungal melanin (Review). *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2012, 93 (3), pp. 931-940.

38. Esbelin J., Mallea S., Ram A. F. J., Carlin F. Role of pigmentation in protecting Aspergillus niger conidiospores against pulsed light radiation. *Photochemistry and Photobiology*. 2013, 89 (3), pp. 758-761.

39. Flannigan B., Miller J. D. *Microbial growth in indoor environments (Book Chapter). Microorganisms in home and indoor work environments: Diversity, health impacts, investigation and control:* Second edition. CRC Press. Edited by B. Flannigan, R. A. Samson, J. D. Miller. 2017, pp. 57-144.

40. Furukawa T., van Rhijn N., Fraczek M. et al. The negative cofactor 2 complex is a key regulator of drug resistance in Aspergillus fumigates. *Nat Commun*. 2020, 11 (1), p. 427.

41. Ganendren R., Widmer F., Singhal V., Wilson C., Sorrell T., Wright L. In Vitro antifungal activities of inhibitors of phospholipases from the fungal pathogen Cryptococcus neoformans. *Antimicrob. Agents. Chemother*. 2004, 48, pp. 1561-1569.

42. Gessler N. N., Egorova A. S., Belozerskaya T. A. Melanin pigments of fungi under extreme environmental conditions (Review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2014, 50, pp. 105-113.

43. Ghannoum M. A. Potential role of phospholipases in virulence and fungal pathogenesis. *Clin. Microbiol. Rev*. 2000, 13, pp. 122-143.

44. Gifford A. H., Klippenstein J. R., Moore M. M. Serum stimulates growth of and proteinase secretion by Aspergillus fumigatus. *Infect. Immun*. 2002, pp. 19-26.

45. Gravelat F. N., Beauvais A., Liu H., Lee M. J., Snarr B. D., Chen D., Xu W., Kravtsov I., Hoareau C. M., Vanier G., Urb M., Campoli P., Al Abdallah Q., Lehoux M., Chabot J. C., et al. Aspergillus galactosaminogalactan mediates adherence to host constituents and conceals hyphal β-glucan from the immune system. *PLoS Pathog*. 2013, 9 (8), p. e1003575.

46. Gray M. R., Thrasher G. D., Crago R., Madison R. A., Arnold L et al. Mixed mold mycotoxicosis: immunological changes in humans following exposure in water-damaged building. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. 2003, 58 (7), pp. 410-420.

47. Hamilton A. J., Holdom M. D. Antioxidant systems in the pathogenic fungi of man and their role in virulence. *Med. Mycol*. 1999, 37, pp. 375-389.

48. Hendry K. M., Cole E. C. A review of mycotoxins in indoor air. *J. Toxicology and Environmental Health*. 1993, 38 (2), pp. 183-198.

49. Hope. J. A review of the mechanism of injury and treatment approaches for illness resulting from exposure to water-damaged buildings, mold, and mycotoxins. *Sci. World J*. 2013, 2013, p. 20.

50. Jahn B., Boukhallouk F., Lotz J., Langfelder K. et al. Interaction of human phagocytes with pigmentless Aspergillus conidia. *Infection and Immunity*. 2000, 68 (6), pp. 3736-3739.

51. Kothary M. H., Chase J., Macmillan J. D. Correlation of elastase production by some strains of Aspergillus fumigatus with ability to cause pulmonary invasive aspergillosis in mice. *Infect. Immun*. 1984, 43, pp. 320-325.

52. Kozel T. R., Cuerlain A. S., Highison B. A., Highison G. J. Role of the capsule in phagocytosis of Cryptococcus neoformans. *Rev. Infect. Dis*. 1988, 10, pp. 8436-8439.

53. Kumari B., Kaur Jas., Kaur Jag. Phospholipases in bacterial virulence and pathogenesis. *Adv Biotech and Micro*. 2018, 10 (5), pp. 106-113.

54. Langfelder K., Streibel M., Jahn B. et al. Biosynthesis of fungal melanins and their importance for human pathogenic fungi. *Fungal genetics and Biology*. 2003, 38, pp. 143-158.

55. Latge J. P., Beauvais A., Chamilos G. The cell wall of the human fungal pathogen Aspergillus fumigatus: biosynthesis, organization, immune response, and virulence. *Annu Rev Microbiol*. 2017, 71, pp. 99-116.

56. Lee K. S., Patton J. L., Fido M., Hines L. K., Kohlwein S. D., Paltauf F., Henry S. A., Levin D. E. The Saccharomyces cerevisiae PLB1 gene encodes a protein required for lysophospholipase and phospholipase B activity. *J. Biol. Chem*. 1994, 269, pp. 19725-19730.

57. Lee M. J., Liu H., Barker B. M., Snarr B. D., Gravelat F. N., Al Abdallah Q., Gavino C., Baistrocchi S. R., Ostapska H., Xiao T., Ralph B., Solis N. V., Lehoux M., Baptista S. D., Thammahong A., et al. The fungal exopolysaccharide galactosaminogalactan mediates virulence by enhancing resistance to neutrophil extracellular traps. *PLoS Pathog*. 2015, 11, pp. 1-22.

58. Ljaljevic-Grbic M., Stupar M., Vukojevic J., Maricic I., Bungur N. Molds in museum environments: Biodeterioration of art photographs and wooden sculptures. *Archives of Biological Sciences*. 2013, 65 (3), pp. 955-962.

59. Medina A., Akbar A., Baazeem A., Rodriguez A., Magan N. Review. Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough. *Fungal Biology Reviews*. 2017, 31 (3), pp. 143-154.

60. Menzies D., Holmes L., McCumesky G., Prys-Picard C., Niven R. Aspergillus sensitization is associated with airflow limitation and bronchiectasis in severe asthma: aspergillus, bronchiectasis and severe asthma. *Allergy*. 2011, 66 (5), pp. 679-685.

61. Merkel O., Fido M., Mayr J. A., Pruger H., Raab F., Zandonella G., Kohlwein S. D., Paltauf F. Characterization and function in vivo of two novel phospholipases B/ lysophospholipases from Saccharomyces cerevisiae. *J. Biol. Chem*. 1999, 274, pp. 28121-28127.

62. Miller J. D., McMullin D. R. Fungal secondary metabolites as harmful indoor air contaminants: 10 years on. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2014, 98, pp. 9953-9966.

63. Ming Ye., Geng-Yi G., Ying L., Sheng S. et al. Purification, structure and antiradiation activity melanin from Lachnum YM 404. *International journal of biological macromoleculs*. 2014, 63, pp. 170-176.

64. Monod M., Borg-von Zepelin M., Telenti A., Sanglard D. The inhibition of Candida albicans - secreted aspartic proteases by three different HIV protease inhibitors. *Dermatology*. 1999, 198, pp. 412-414.

65. Monod M., Capoccia S., Lechenne B., Zaugg C., Holdom M., Jousson O. Secreted proteases from pathogenic fungi. *Int J Med Microbiol*. 2002, 292 (5-6), pp. 405-419.

66. Monod M., Fatih A., Jaton-Ogay K. Paris S., Latge J. P. The secreted proteases of pathogenic species of Aspergillus and their possible role in virulence. *Can. J. Bot*. 1995, 73, pp. 1081-1086.

67. Naglik G. R., Albrecht A., Bader O., Hube B. Candida albicans proteinases and host / pathogen interactions. *Cell Microbiol*. 2004, 6, pp. 915-926.

68. Naglik G. R., Hube B. Secreted Candida proteins: Pathogenicity and host immunity. R. Ashbee and E. M. Bignell (eds.), Pathogenic yeasts, the yeast handbook, Springer-Verlag *Berlin Heidelberg*. 2009, pp. 97-120.

69. Nguyen H. N., Chaves-Lopez C., Oliveira R. C., Paparella A., Rodrigues D. F. Cellular and metabolic approaches to investigate the effects of graphene and graphene

oxide in the fungi Aspergillus flavus and Aspergillus niger. *Carbon*. 2019, 143, pp. 419-429.

70. Nosanchuk J. D., Ovalle R., Casadevall A. Glyphosate inhibits melanization of Cryptococcus neoformans and prolongs survival of mice after systemic infection. *J. Infect. Dis.* 2001, 18, pp. 1093-1099.

71. Nosanchuk J. D., Valadon P., Feldmesser M., Casadevall A. Melanization of Cryptococcus neoformans in murine infection. *Mol. Cell. Biol.* 1999, 19, pp. 745-750.

72. Nosanchuk J. D., Casadevall A. Budding of melanized Cryptococcus neoformans in the presence or absence of L-dopa. *Microbiology*. 2003, 149, pp. 1945-1951.

73. Nosanchuk J. D., Stark R. E., Casadevall A. Fungal melanin: what do we know about structure. *Front. Microbiol.* 2015, 6, p. 1463.

74. Pal A. K., Gajjar D. U., Vasavada A. R. DOPA and DHN pathway orchestrate melanin synthesis in Aspergillus species. *Medical mycology: official publication of the international society for human and animal mycology*. 2013, 52 (1), pp. 1-9.

75. Paris S., Wysong D., Debeaupuis J-P., Shibuya K. et al. Catalases of Aspergillus fumigatus. *Infection and Immunity*. 2003, 71 (6), pp. 3551-3562.

76. Perfect G. R. Cryptococcus neoformans: the yeast that likes it hot. *FEMS Yeast Research*. 2006, 6 (4), pp. 463-468.

77. Philippe B., Ibrahim-Granet O., Provost M.C. et al. Killing of Aspergillus fumigatus by the alveolar macrophages is mediated by reactive oxidant intermediates. *Infect Immun*. 2003, 71, pp. 3034–3042.

78. Polak A. Melanin as a virulence factor in pathogenic fungi. *Mycoses*. 1990, 33 (5), pp. 215-224.

79. Rapala-Kozik M., Bochenska O., Zajac D., Karkowska-Kuleta J., Gogol M., Zawrotniak M., Kozik A. Extracellular proteinases of Candida species pathogenic yeasts. *Mol Oral Microbiol*. 2018, 33 (2), pp. 113-124.

80. Reboux G., Bellanger A. P., Roussel S., Grenouillet F., Millon L. Moulds in dwellings: health risks and involved species. *Rev Fr D Allergol*. 2010, 50, pp. 611-620.

81. Rementeria A., Lopez-Molina N., Ludwig A., Vivanco A. B., et al. Genes and molecules involved in Aspergillus fumigatus virulence. *Revista Iberoamericana de Micologia*. 2005, 22 (1), pp. 1-23.

82. Rossoni R. D., Barbosa J. O., Vilela S. F. G., dos Santos J. D., Jorge A. O. C., Junqueira J. C. Correlation of phospholipase and proteinase production of Candida with in vivo pathogenicity in Galleria mellonella. *Braz J Oral Sci*. 2013, 12 (3), pp. 199-204.

83. Sabino R., Burco J., Valente J., Verissimo C., Clemons K. V., Stevens D. A., Tell L. A. Molecular identification of clinical and environmental avian Aspergillus isolates. *Arch Microbiol*. 2019, 201 (2), pp. 253-257.

84. Schaller M., Borelli C., Korting H. C., Hube B. Hydrolytic enzymes as virulence factors of Candida albicans. *Mycoses*. 2005, 48 (6), pp. 365-377.

85. Schouten A., Tenberge K. B., Vermeer J., Stewart J. et al. Functional analysis of an extracellular catalase of Botrytis cinerea. *Molecular plant pathology*. 2002, 3 (4), pp. 227-238.

86. Segers F. J. J., Meijer M., Houbraken J., Samson R. A., Wosten H. A. B., Dijksterhuis J. Xerotolerant Cladosporium sphaerospermum are predominant on indoor surfaces compared to other Cladosporium species. *PLoS ONE*. 2015, 10 (12), pp. 1-15.

87. Shibuya K., Paris S., Ando T., Nakayama H., Hatori T., Latge J. P. Catalases of Aspergillus fumigatus and inflammation in aspergillosis. *Nihon Ishinkin Gakkai Zasshi*. 2006, 47, pp. 249-255.

88. Shen D. K., Noodeh A. D., Kazemi A., Grillot R., Robson G., Brugere J. F. Characterisation and expression of phospholipases B from the opportunistic fungus Aspergillus fumigates. *FEMS microbiology letters*. 2004, 239 (1), pp. 87-93.

89. Sheppard D. C., Rieg G., Chiang L. Y., Filler S. G., Edwards J. E., Ibrahim A. S. Novel inhalational murine model of invasive pulmonary aspergillosis. *Antimicrob. Agents Chemother*. 2004, 48, pp. 1908-1911.

90. Sheppard D. C., Howell P. L. Biofilm exopolysaccharides of pathogenic fungi: lessons from bacteria. *J. Biol. Chem*. 2016, 291 (24), pp. 12529-12537.

91. Siafakas A. R., Sorrell T. C., Wright L. C., Wilson C., Larsen M., Boadle R., Williamson P. R., and Djordjevic J. T. Cell wall-linked cryptococcal phospholipase B1 is a source of secreted enzyme and a determinant of cell wall integrity. *J. Biol. Chem*. 2007, 282, pp. 37508-37514.

92. Svajlenka J., Kozlovska M., Posivakova T. Assessment and biomonitoring indoor environment of buildings. *International Journal of Environmental Health Research*. 2017, 27 (5), pp. 427-439.

93. Theiss S., Ishdorj G., Brenot A., Kretschmar M., Lan C. Y. et al. Inactivation of the phospholipase B gene PLB5 in wild-type Candida albicans reduces cell-associated phospholipase A2 activity and attenuates virulence. *Int. J. Med. Microbiol*. 2006, 296, pp. 405-420.

94. Van Duin D., Casadevall A., Nosanchuk J. D. Melanization of Cryptococcus neoformans and Histoplasma capsulatum reduces their susceptibility to amphotericin B and caspofungin. *Antimicrob. Agents Chemother*. 2002, 46, pp. 3394-3400.

95. Vieira de Melo A. P., Zuza-Alves D. L., da Silva-Rocha W. P., Ferreira Canario de Souza L. B., Francisco E. C., Salles de Azevedo Melo A., Maranhao Chaves G. Virulence factors of Candida spp. obtained from blood cultures of patients with candidemia attended at tertiary hospitals in Northeast Brazil. *Journal de Mycologie Medicale*. 2019, 29, pp. 32-139.

96. Viswanathan K., Kumaresan V., Sannasimuthu A., Paray B. A., Al-Sadoon M. K., Arockiaraj J. Resolving the pathogenicity factors of a novel opportunistic fungus Schizophyllum commune at molecular level. *Molecular Biology Reports*. 2019, 46, pp. 3877-3886.

97. WHO. Indoor air quality: biological contaminants. Report on a WHO meeting. Copenhagen: WHO Regional publications. 1990, 31, pp. 1-67.

98. Woolnough K., Fairs A., Pashley C. H., Wardlaw A. J. Allergic fungal airway disease: Pathophysiologic and diagnostic considerations (Review). *Current Opinion in Pulmonary Medicine*. 2015, 21 (1), pp. 39-47.

99. Xu X. Q., Pan S. O. An Agrobacterium catalase is a virulence factor involved in tumorigenesis. *Molecular Microbiology*. 2000, 35 (2), pp. 407-414.

100. Yang Y. L. Virulence factors of Candida species. *Microbiol. Immunol. Infect*. 2003, 36, pp. 223-228.

Контактная информация:

Кузикова Ирина Леонидовна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических методов экологической безопасности ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук

Адрес: 197110, г. Санкт-Петербург, Корпусная ул., д. 18

E-mail: ilkuzikova@ya. ru

УДК 613.24-055.2

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-3-15-24

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПИТАНИЯ ЖЕНЩИН, СОБЛЮДАЮЩИХ И НЕ СОБЛЮДАЮЩИХ ПРАВОСЛАВНЫЙ ВЕЛИКИЙ ПОСТ

©2021 г. **[1,2]А. В. Гальченко, [3]А. А. Шерстнева, [1]И. А. Лапик, [2]В. И. Кулеш, [4]Е. О. Сухно, [4]А. Ю. Заров, [1]В. А. Ревякина**

[1]ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва; [2]ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), г. Москва; [3]ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)», г. Москва; [4]Автономная некоммерческая организация Центральная клиническая больница Святителя Алексия Митрополита Московского Московской Патриархии Русской Православной Церкви (АНО ЦКБ Святителя Алексия), г. Москва

Введение. Соблюдение православного Великого поста подразумевает полный отказ от потребления мяса, яиц и молочных продуктов на семь недель. Рыба и растительное масло допускаются лишь в некоторые дни. Это приводит к существенному изменению рациона питания.

Цель. Сравнить фактическое питание у постящихся и не постящихся женщин в г. Москве.

Методы. Оценено поступление белков, жиров, углеводов и их фракций, водо- и жирорастворимых витаминов, макро-, микро- и ультра-микроэлементов с питанием, а также общая калорийность рациона у 33 женщин, соблюдавших Великий пост, и 32 женщин, его не соблюдавших. Оценка питания проводилась методом частотного анализа с использованием программного обеспечения Nutrilogic.

Результаты. У постившихся женщин потребление углеводов (412 г vs. 174 г) и пищевых волокон (42 г vs. 17 г) было выше, а холестерина (74 мг vs. 401 мг) и насыщенных жиров (18 г vs. 30 г) ниже, чем у не постившихся. Постившиеся женщины реже имели дефицит потребления витаминов B1 (12 % vs. 91 %), B3 (52 % vs. 91 %), B5 (52 % vs. 91 %), B6 (48 % vs. 88 %), B9 (42 % vs. 94 %) и E (24 % vs. 72 %), а также калия (6 % vs. 41 %), магния (21 % vs. 91 %), железа (18 % vs. 81 %) и меди (3 % vs. 41 %). $P < 0{,}001$ для всех сравнений. Потребление кальция (629 мг vs. 736 мг, $p = 0{,}618$) и йода (91 мкг vs. 72 мкг, $p = 0{,}479$) было низким в обеих группах. Дефицит витамина Д отмечался в рационе у всех.

Заключение. Постный рацион имеет более благоприятный макронутриентный состав, меньший уровень холестерина, большее количество пищевых волокон, насыщен калием, магнием, тиамином и фолатом, что может иметь положительный эффект на здоровье постящихся.

Ключевые слова: православный пост, микронутриенты, макро- и микроэлементы, витамины, холестерин, пищевые волокна

NUTRITION IN FASTING AND NON-FASTING WOMEN DURING THE GREAT ORTHODOX LENT

[1,2]A. V. Galchenko, [3]A. A. Sherstneva, [1]I. A. Lapik, [2]V. I. Kulesh, [4]E. O. Sukhno, [4]A. Yu. Zarov, [1]V. A. Revyakina

[1]The Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow; [2]Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow; [3]I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow; [4]Central Clinical Hospital of St. Alexis Moscow Patriarchate of the Russian Orthodox Church, Moscow, Russia

Introduction: During the Great Lent orthodox Christians abstain from meat, eggs and dairy for seven weeks. Fish and oils are allowed on certain days only. This leads to substantial changes in diet composition during this period.

Aim: To compare nutrition of fasting and non-fasting women in Moscow.

Methods: Daily intake of proteins, fats, carbohydrates and their fractions, water- and fat-soluble vitamins, macro-, micro- and ultra trace elements as well as the total caloric content of diet was estimated in 33 fasting and 32 non-fasting women during the Lent. Nutrition was assessed by frequency analysis using Nutrilogic software.

Results: Fasting women had significantly higher intake of carbohydrates (412 g vs. 174 g) and fiber (42 g vs. 17 g), but lower intake of cholesterol (74 mg vs. 401 mg) and saturated fats (18 g vs. 30 g). Fasting women were less likely to consume insufficient amounts of vitamins B1 (12 % vs. 91 %), B3 (52 % vs. 91 %), B5 (52 % vs. 91 %), B6 (48 % vs. 88 %), B9 (42 % vs. 94 %) and E (24 % vs. 72 %), potassium (6 % vs. 41 %), magnesium (21 % vs. 91 %), iron (18 % vs. 81 %) and copper (3 % vs. 41 %). $P < 0.001$ for all comparisons. All women consumed insufficient amount of vitamin D with food.

Conclusion: Diet of fasting women had more favourable macro- and micronutrient composition and was richer in vitamins except vitamin D. This dietary pattern may be associated with health benefits in fasting women.

Key words: Orthodox Lent, micronutrients, macro and trace elements, vitamins, cholesterol, dietary fiber

Библиографическая ссылка:

Гальченко А. В., Шерстнева А. А., Лапик И. А., Кулеш В. И., Сухно Е. О., Заров А. Ю., Ревякина В. А. Сравнительная оценка питания женщин, соблюдающих и не соблюдающих православный Великий пост // Экология человека. 2021. № 3. С. 15–24.

For citing:

Galchenko A. V., Sherstneva A. A., Lapik I. A., Kulesh V. I., Sukhno E. O., Zarov A. Yu., Revyakina V. A. Nutrition in Fasting and Non-Fasting Women during the Great Orthodox Lent. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 3, pp. 15-24.

Экология человека
2021, № 3, с. 15–24

Введение

Религиозный пост представляет собой полный или частичный отказ от определенных продуктов в некоторые дни или периоды в течение года [35]. При этом основной его идеей является не только ограничение перечня потребляемых продуктов, но и духовное воспитание через воздержание от различных вещей, злоупотребление которыми может препятствовать внутреннему росту.

В Православии принято соблюдать Великий, Успенский, Апостольский и Рождественский посты. Также многие христиане придерживаются постного питания по средам и пятницам [1]. По данным Всероссийского центра изучения общественного мнения, с конца 1990-х годов число постящихся в нашей стране изменилось незначительно: по-прежнему около трех четвертей россиян во время Великого поста сохраняют обычный режим питания (79 % в 1998 г., 77 % в 2015 г.). Полностью придерживаются поста только 3 % наших сограждан [3].

Продолжительность Великого поста составляет 40 дней, плюс неполная страстная седмица, завершающаяся Пасхой. Соответственно начало поста определяют исходя из даты Пасхи. Дату же самой Пасхи определяют математически с использованием лунного и солнечного календарей. В этот период необходимо отказаться от употребления убойной пищи (мясо, птица, субпродукты), иных продуктов животного происхождения (молочные продукты, яйца) и алкоголя. Определенные ограничения накладываются на растительное масло и вино: потребление этих продуктов допускается только по субботам и воскресеньям за исключением субботы перед Пасхой. В то же время сегодня большинству граждан разрешается включение в рацион растительного масла на ежедневной основе. Употребление рыбы в период поста допускается в праздник Благовещения, Лазареву субботу и Вербное воскресенье. Вопрос наличия в рационе морепродуктов не так однозначен: существуют мнения, что их можно употреблять по субботам и воскресеньям, как растительное масло, в те же дни, что и рыбу, или вообще не ограничивать

Сегодня строгость соблюдения поста зависит от наличия духовного сана, хронических заболеваний у постящегося, его личных целей и представлений. Постный рацион состоит преимущественно из растительной пищи [1]. С одной стороны, пост имеет много общего с пескетарианской, или Средиземноморской, диетой [26], а с другой – напоминает веганство с рядом допущений.

В ряде работ отмечено, что соблюдение Поста оказывает благотворное влияние на организм, когда поступление микронутриентов страдает не так значительно и ограничение поступления животной пищи приводит к нормализации углеводного и жирового обмена [26, 35]. Chliaoutakis с соавт. отмечают, что люди, соблюдающие пост, в целом ведут более здоровый образ жизни. Кроме того, авторы отмечают, что у верующих людей более благоприятное психоэмоциональное состояние [18].

Цель исследования: сравнительная оценка фактического питания женщин, соблюдавших и не соблюдавших Великий пост.

Методы

Было обследовано 65 пациентов женского пола, придерживавшихся разных типов питания. Соблюдавшие Великий пост с 19 февраля по 7 апреля 2018 года 33 женщины были обследованы в АНО ЦКБ Святителя Алексия на последней неделе поста в апреле 2018 года. Для участия в исследовании приглашались все добровольцы, без каких-либо ограничений. В контрольную группу были приглашены 32 женщины, не соблюдавшие пост, исходя из возрастного состава и антропометрических показателей основной группы. Они были обследованы в Клинике ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» в апреле – мае 2019 года. Все обследованные женщины не имели серьезных заболеваний органов пищеварительной системы, тяжелых обменных нарушений, не имели операций на органы желудочно-кишечного тракта в анамнезе (за исключением холецистэктомии) или иных обстоятельств, определяющих характер питания.

Предварительно от всех участников исследования было получено добровольное письменное информированное согласие. Исследование было одобрено комитетом по этике ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» (Протокол этического комитета № 6 от 22.12.2017), выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (1964) и ее последующими поправками.

Оценка питания испытуемых производилась с использованием программы Nutrilogic («Нутриложик» ООО, Россия). Эффективность сервиса Nutrilogic для анализа питания человека и химического состава рационов и его валидность были подтверждены в 2018 году в Московском государственном университете пищевых производств [9]. Питание оценивалось частотным методом за период поста (40 дней) – у постившихся, или за 30–40 дней с конца февраля до начала апреля 2019 – среди не постившихся.

С каждым испытуемым было проведено одно интервью. За несколько дней до него каждому испытуемому было предложено вспомнить особенности своего рациона и частоту потребления основных блюд и продуктов. Во время самого исследования интервьюер предлагал оценить потребление каждой группы продуктов по отдельности: потреблял ли испытуемый данный продукт в течение условленного периода, как часто и в каком количестве. В качестве интервалов частоты потребления продуктов были использованы следующие промежутки: «раз в день», «2–4 раза в неделю», «раз в неделю», «2 раза в месяц», «раз в месяц».

Количество потребляемой пищи оценивалось в граммах. Для этого были использованы цветные изображения порций известного веса различных

продуктов и блюд, входящих в состав пакета программы Nutrilogic. Базой данных о составе пищи, использованной в исследовании, был справочник В. А. Тутельяна «Химический состав и калорийность российских продуктов питания» [14].

Расчеты и статистическая обработка результатов были произведены при помощи программы SPSS v. 23.0.0.0 (IBM, USA). Оценка параметров на нормальность распределения была выполнена с использованием критерия Колмогорова – Смирнова. Абсолютные значения потребления нутриентов были определены для каждой группы. Параметр «отношение ω-6 ЖК/ω-3 ЖК» был рассчитан дополнительно как отношение потребления ω-6 ЖК к ω-3 ЖК. Вклад белков, жиров и углеводов в общую калорийность рационов рассчитывался по формуле: m × X × 100 % / E, где m – количество белков, жиров или углеводов в рационе в г/сут, X – калорийность 1 грамма белков, жиров или углеводов в ккал/г, E – калорийность суточного рациона испытуемого в ккал/сут. Калорийность 1 грамма белков и углеводов была принята за 4 ккал/г, а жиров – 9 ккал/г [12]. Полученные результаты сравнивались с нормами потребления нутриентов, установленными в Российской Федерации [12, 13]. Была рассчитана доля людей в каждой группе, потреблявших неадекватное количество макро- и микронутриентов.

Была произведена оценка поступления нутриентов относительно калорийности рациона испытуемых. Распределение показателя энергетической ценности рациона в общей выборке не было гауссовым. Соответственно было определено медианное значение этого показателя (1 931 ккал/сут). Затем был произведен перерасчет всех рационов на медиану калорийности.

Описательные данные для количественных признаков представлены в виде медианы и межквартильного интервала (25-й; 75-й перцентили). В случае нормального распределения признака (по результатам применения критерия Колмогорова – Смирнова) указывалось среднее ± среднеквадратическое отклонение, а сравнения производились с использованием t-критерия Стьюдента для непарных выборок. В случае негауссового распределения использовался U-критерий Манна – Уитни. Сравнение категориальных признаков производилось с использованием точного критерия Фишера.

Результаты

В табл. 1 представлена характеристика обследованных женщин в зависимости от их рациона питания. Статистически значимые различия в возрасте и индексе массы тела (ИМТ) между группами отсутствовали. Для постившихся в меньшей степени был характерен прием БАДов, в особенности фитокомплексов и белковых смесей.

В табл. 2–4 представлены данные о потреблении макронутриентов в группах. Калорийность рациона постившихся была значительно выше. Испытуемые из

Таблица 1

Характеристика испытуемых по группам

Показатель	Постившиеся	Не постившиеся	p
Количество людей, N	33	32	
Возраст, годы; Me (25%; 75%)	41 (35; 50)	35 (30; 44)	0,064[1]
Индекс массы тела, кг/м²; M ± SD	23,0 ± 3,3	23,9 ± 3,3	0,113[2]
Доля курящих людей, N (%)	0 (0)	6 (18,7)	0,011[3]
Доля людей, тщательно пережевывавших пищу, N (%)	15 (45,4)	16 (50,0)	0,806[3]
Количество приемов пищи в день, N (%):			
≤2	6 (18,1)	1 (3,1)	0,105[3]
3	18 (54,5)	17 (53,1)	1,000[3]
≥4	7 (21,2)	10 (31,2)	0,408[3]
Потребление БАД, N (%):			
Макро- и микроэлементы, витамины	8 (24,2)	11 (34,3)	0,422[3]
ω-3 ЖК	1 (3,0)	2 (6,2)	0,613[3]
Травы, фитокомплексы	0	3 (9,3)	0,114[3]
Белковые смеси, коллаген	0	3 (9,3)	0,114[3]

Примечание. Рассчитано с помощью: [1] – U-критерия Манна – Уитни; [2] – T-критерия Стьюдента; [3] – точного критерия Фишера.

Таблица 2

Абсолютное потребление макронутриентов в группах

Нутриент	Постившиеся	Не постившиеся	p	Норма
Энергетическая ценность, ккал/сут Me (25%; 75%)	2 535 (1 992; 3 394)	1 742 (1 371; 1 888)	<0,001[1]	–
Белки, г Me (25%; 75%)	75 (53; 101)	69 (54; 74)	0,332[1]	–
Белки вклад, %; Me (25%; 75%)	11 (10; 13)	16 (15; 18)	<0,001[1]	12 % [12]
Жиры, г Me (25%; 75%)	70 (58; 93)	81 (62; 92)	0,394[1]	–
Жиры вклад, %; Me (25%; 75%)	26 (22; 30)	42 (38; 44)	<0,001[1]	30 % [12]
Насыщенные жиры, г Me (25% 75%)	18 (10; 25)	30 (22; 33)	<0,001[1]	–
Мононенасыщенные жиры, г Me (25%; 75%)	13 (7; 23)	12 (11; 13)	0,704[1]	–
Полиненасыщенные жиры, г Me (25%; 75%)	22 (12; 29)	16 (11; 24)	0,049[1]	–
ω3-ПНЖК, г Me (25%; 75%)	1,2 (0,9; 2,1)	1,1 (0,8; 1,3)	0,276[1]	1–3 [13]
ω6-ПНЖК, г Me (25%; 75%)	9,1 (4,9; 16,4)	6,4 (5,5; 7,1)	0,007[1]	10 [13]
ω6/ω3, Me (25%; 75%)	6,9 (4,2; 11,7)	6,0 (4,9; 7,3)	0,372[1]	5–10 [12]
Холестерин, мг Me (25%; 75%)	74 (20; 131)	401 (363; 495)	<0,001[1]	<300 [12]
Углеводы, г Me(25%; 75%)	412 (318; 531)	174 (107; 205)	<0,001[1]	–
Углеводы вклад, %; M ± SD	65 ± 10	40 ± 9	<0,001[2]	50–0 % [12]
МДС, г Me (25%; 75%)	162 (113; 211)	63 (42; 96)	<0,001[1]	<75 г [13]
Пищевые волокна, г Me (25%; 75%)	42 (34; 57)	17 (13; 20)	<0,001[1]	20 г [12]

Примечание. Рассчитано с помощью: [1] – U-критерия Манна – Уитни; [2] – T-критерия Стьюдента.

обеих групп потребляли приблизительно одинаковое количество белков и жиров, однако при пересчете на общую калорийность лидерами были женщины, не соблюдавшие пост. Белки и жиры вносили существенно больший вклад в общую калорийность рационов не постившихся женщин. Углеводы же, наоборот, представляли собой основу рационов постившихся. Для 94 % женщин, соблюдавших пост, было характерно избыточное употребление моно- и дисахаридов (МДС). Практически все женщины, соблюдавшие пост, потребляли достаточное количество пищевых волокон, тогда как ¾ не постившихся женщин имели их дефицит в рационе. Постный рацион содержал меньше насыщенных жиров, а при пересчете на медиану общей калорийности – и мононенасыщенных. Холестерина в постном рационе также было значительно меньше. При этом 81 % не постившихся потребляли избыточное его количество. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), и в частности ω-6 ЖК, преобладали в рационе постившихся, однако выравнивание калорийности нивелировало разницу в их потреблении. Дефицит ω-6 ЖК в рационе был довольно высоким у всех обследованных. Количество ω-3 ЖК было примерно одинаковым в обеих группах, как и частота их недостаточного потребления.

Табл. 5–7 отражают потребление макро- и микроэлементов в группах. Калий и магний преобладали в постном рационе. Кальций и фосфор в большем количестве потребляли не постившиеся, однако различия были значимыми только при стандартизации по калорийности. Недостаток калия и магния в рационе был значительным среди не постившихся, тогда как распространенность дефицита поступления кальция была высока в обеих группах. Недостаток фосфора в рационе встречался редко. Женщины, соблюдавшие пост, потребляли большее количество железа, кобальта, марганца и меди. Однако при стандартизации по калорийности количество железа и кобальта выровнялось между группами, а по потреблению марганца не постившиеся женщины даже вырвались вперед. Дефицит потребления кобальта и марганца

Таблица 3

Потребление макронутриентов в группах при стандартизации рационов по медиане общей калорийности (1 931 ккал/сут)

Нутриент	Постившиеся	Не постившиеся	p	Норма
Белки, г Me (25%; 75%)	52 (47; 62)	76 (70; 85)	<0,001[1]	–
Жиры, г Me (25%; 75%)	55 (47; 64)	89 (82; 95)	<0,001[1]	–
Насыщенные жиры, г Me (25%; 75%)	12 (10; 18)	31 (29; 36)	<0,001[1]	–
Мононенасыщенные жиры, г Me (25%; 75%)	10 (7; 16)	14 (12; 17)	0,003[1]	–
Полиненасыщенные жиры, г Me (25%; 75%)	15 (11; 20)	18 (13; 23)	0,172[1]	–
ω3-ПНЖК, г Me (25%; 75%)	1,0 (0,6; 1,8)	1,2 (1,1; 1,3)	0,059[1]	1–3 [13]
ω6-ПНЖК, г Me (25%; 75%)	7,5 (4,9; 12,3)	7,0 (6,6; 7,9)	0,618[1]	10 [13]
Холестерин, мг Me (25%; 75%)	42 (22; 97)	448 (410; 573)	<0,001[1]	<300 [12]
Углеводы, г M ± SD	314 ± 47	191 ± 42	<0,001[2]	–
МДС, г; Me (25%; 75%)	123 (89; 147)	72 (64; 85)	<0,001[1]	<75 [13]
Пищевые волокна, г Me (25%; 75%)	32 (27; 38)	18 (17; 22)	<0,001[1]	20 [12]

Примечание. Рассчитано с помощью: [1] – U-критерия Манна – Уитни; [2] – T-критерия Стьюдента.

Таблица 4

Частота недостаточного потребления некоторых фракций макронутриентов в группах, %

Нутриент	Постившиеся N (%)	Не постившиеся N (%)	p
ω3-ПНЖК	11 (33,3)	11 (34,3)	1,000
ω6-ПНЖК	19 (57,5)	28 (87,5)	0,012
ω6/ω3 < 5	11 (33,3)	8 (25,0)	1,000
ω6/ω3 > 10	9 (27,2)	2 (6,2)	<0,001
Холестерин [A,B,C] >300 мг	4 (12,1)	26 (81,2)	<0,001
МДС [A,B,C] >75 г	31 (93,9)	9 (28,1)	<0,001
Пищевые волокна [A,B,C]	1 (3,0)	24 (75,0)	<0,001

Примечание. Рассчитано с помощью точного критерия Фишера.

Таблица 5

Абсолютное потребление макро- и микроэлементов в группах, Me (25 %, 75 %)

Элемент	Постившиеся	Не постившиеся	p	Норма [12]
Калий (K), г	4,4 (3,3; 5,3)	2,6 (2,3; 3,2)	<0,001	2,5
Кальций (Ca), мг	629 (524; 873)	736 (559; 816)	0,618	1 000 (12 000)– 2 500 (старше 60 лет)
Магний (Mg), мг	502 (405; 604)	287 (230; 305)	<0,001	400
Фосфор (P), мг	1243 (999; 1596)	1035 (935; 1227)	0,015	800
Железо (Fe), мг	24 (19; 31)	14 (13; 15)	<0,001	м – 10 ж – 18
Йод (I), мкг	91 (35; 173)	72 (63; 87)	0,479	150–600
Кобальт (Co), мкг	22 (13; 31)	12 (10; 17)	0,005	10
Марганец (Mn), мг	5,4 (4,1; 7,2)	4,1 (3,3; 5,1)	0,011	2–5
Медь (Cu), мг	2 (1,6; 2,9)	1 (0,9; 1,3)	<0,001	1–5
Молибден (Mo), мкг	16 (7; 27)	19 (12; 22)	0,319	70–600
Селен (Se), мкг	60 (52; 102)	77 (61; 88)	0,365	55 (ж) / 70 (м) – 300
Хром (Cr), мкг	11 (6; 20)	14 (10; 15)	0,564	50
Цинк (Zn), мг	8,8 (6; 11,2)	7,6 (6,4; 8,4)	0,198	12–25

Примечание. Рассчитано с помощью U-критерия Манна – Уитни; м – мужчины, ж – женщины.

Таблица 6

Потребление макро- и микроэлементов в группах при стандартизации рационов по медиане общей калорийности (1 931 ккал/сут)

Элемент	Постившиеся	Не постившиеся	p	Норма [12]
Калий (K), г; Me (25%; 75%)	3,3 (2,5; 4,6)	2,9 (2,5; 3,9)	0,352[1]	2,5
Кальций (Ca), мг; Me (25%; 75%)	541 (428; 603)	782 (674; 911)	<0,001[1]	1 000 (12 000)–2 500 (старше 60 лет)
Магний (Mg), мг; Me (25%; 75%)	380 (329; 466)	309 (289; 365)	0,002[1]	400
Фосфор (P), мг; M ± SD	998 ± 197	1264 ± 246	<0,001[2]	800
Железо (Fe), мг; Me (25%; 75%)	18 (15; 23)	16 (14; 19)	0,107[1]	м – 10 ж – 18
Йод (I), мкг; Me (25%; 75%)	62 (30; 110)	91 (76; 115)	0,009[1]	150–600
Кобальт (Co), мкг; Me (25%; 75%)	13 (9; 22)	13 (11; 18)	0,854[1]	10
Марганец (Mn), мг; Me (25%; 75%)	4,1 (3,3; 5,4)	4,9 (4,4; 5,7)	0,015[1]	2–5
Медь (Cu), мг; Me (25%; 75%)	1,5 (1,1; 2,1)	1,2 (1,1; 1,4)	0,035[1]	1–5
Молибден (Mo), мкг; Me (25%; 75%)	9 (5; 26)	19 (14; 24)	0,006[1]	70–600
Селен (Se), мкг; M ± SD	57 ± 23	88 ± 26	<0,001[2]	55 (ж) / 70 (м)–300
Хром (Cr), мкг; Me (25%; 75%)	9 (4; 16)	14 (10; 17)	0,006[1]	50
Цинк (Zn), мг; Me (25%; 75%)	6,4 (4,7; 8,2)	8,7 (7,6; 10,1)	0,001[1]	12–25

Примечание. Рассчитано с помощью: [1] – U-критерия Манна – Уитни; [2] – T-критерия Стьюдента; м – мужчины, ж – женщины.

Таблица 7

Частота недостаточного потребления макро- и микроэлементов в группах, %

Элемент	Постившиеся N (%)	Не постившиеся N (%)	p
Калий (K)	2 (6,0)	13 (40,6)	0,001
Кальций (Ca)	26 (78,7)	28 (87,5)	0,511
Магний (Mg)	7 (21,2)	29 (90,6)	<0,001
Фосфор (P)	3 (9,0)	4 (12,5)	0,708
Железо Fe	6 (18,1)	26 (81,2)	<0,001
Йод (I)	24 (72,7)	29 (90,6)	0,108
Кобальт (Co)	6 (18,1)	11 (34,3)	0,166
Марганец (Mn)	0 (0)	2 (6,2)	0,238
Медь (Cu)	1 (3,0)	13 (40,6)	<0,001
Молибден (Mo)	32 (96,9)	32 (100)	1,000
Селен (Se)	10 (30,3)	5 (15,6)	0,239
Хром (Cr)	32 (96,9)	32 (100)	1,000
Цинк (Zn)	26 (78,7)	28 (87,5)	0,511

Примечание. Рассчитано с помощью точного критерия Фишера.

Таблица 8

Абсолютное потребление витаминов в группах, Me (25%; 75%)

Витамин	Постившиеся	Не постившиеся	p	Норма [12]
A (РЭ), мкг РЭ	491 (313; 852)	722 (582; 872)	0,036	900–3 000
B1, мг	2,2 (1,8; 3,0)	1,0 (0,9; 1,2)	<0,001	1,5
B2, мг	1,6 (1,3; 2,1)	1,4 (1,2; 1,6)	0,042	1,8
B5, мг	4,9 (3,8; 7,6)	3,7 (3; 4,2)	<0,001	5
B6, мг	2,0 (1,4; 2,4)	1,4 (1,1; 1,6)	0,001	2–25
B9, мкг	418 (336; 545)	242 (170; 267)	<0,001	400–1 000
B12, мкг	0,3 (0; 1,3)	2,5 (1,8; 3,5)	<0,001	3
C, мг	168 (111; 256)	128 (78; 161)	0,015	90–2 000
D, мкг	0 (0; 0,2)	1 (0,6; 1,1)	<0,001	РФ – 10 (15)–50 (старше 60 лет)
E, мг ТЭ	22 (15; 29)	12 (9; 17)	<0,001	15–300
H (B7), мкг	10 (6; 20)	4 (3; 4)	<0,001	50
PP (B3), мг	20 (17; 25)	14 (11; 15)	<0,001	20–60

Примечание. Рассчитано с помощью U-критерия Манна – Уитни.

Таблица 9

Потребление витаминов в группах при стандартизации рационов по медиане общей калорийности (1 931 ккал/сут)

Витамин	Постившиеся	Не постившиеся	p	Норма [12]
A, мкг РЭ; Me (25%; 75%)	377 (231; 759)	815 (670; 1095)	<0,001[1]	900–3 000
B1, мг; Me (25%; 75%)	1,8 (1,4; 2)	1,1 (1; 1,3)	<0,001[1]	1,5
B2, мг; Me (25%; 75%)	1,3 (1,1; 1,4)	1,6 (1,4; 1,7)	<0,001[1]	1,8
B5, мг; Me (25%; 75%)	4,3 (3; 5,4)	4,1 (3,5; 5,2)	0,733[1]	5
B6, мг; Me (25%; 75%)	1,5 (1,1; 2,1)	1,5 (1,3; 2)	0,431[1]	2–25
B9, мкг; Me (25%; 75%)	349 (255; 411)	268 (234; 299)	0,002[1]	400–1 000
B12, мкг; M ± SD	0,8 ± 1,2	3,4 ± 2,0	<0,001[2]	3
C, мг; Me (25%; 75%)	119 (85; 195)	134 (98; 203)	0,733[1]	90–2 000
D, мкг; Me (25%; 75%)	0 (0; 0,2)	1 (0,8; 1,4)	<0,001[1]	РФ – 10 (15)–50 (старше 60 лет)
E, мг ТЭ; Me (25%; 75%)	16 (13; 22)	14 (11; 18)	0,070[1]	15–300
H (B7), мкг; Me (25%; 75%)	8 (5; 16)	4 (3; 6)	0,001[1]	50
PP (B3), мг; M ± SD	16 ± 3	16 ± 3	0,709[2]	20–60

Примечание. Рассчитано с помощью: [1] – U-критерия Манна – Уитни; [2] – T-критерия Стьюдента.

Таблица 10

Частота недостаточного потребления витаминов в группах, %

Витамин	Постившиеся N (%)	Не постившиеся N (%)	p
A (РЭ)	26 (78,7)	25 (78,1)	1,000
B1	4 (12,1)	29 (90,6)	<0,001
B2	19 (57,5)	27 (84,3)	0,028
B5	17 (51,5)	29 (90,6)	0,001
B6	16 (48,4)	28 (87,5)	0,001
B9	14 (42,4)	30 (93,7)	<0,001
B12	29 (87,8)	22 (68,7)	0,076
C	4 (12,1)	10 (31,2)	0,076
D	33 (100)	32 (100)	1,000
E	8 (24,2)	23 (71,8)	<0,001
H (B7)	32 (96,9)	32 (100)	1,000
PP (B3)	17 (51,5)	29 (90,6)	0,001

Примечание. Рассчитано с помощью точного критерия Фишера.

в рационе был мало распространен в обеих группах. Только одна соблюдавшая пост женщина и почти половина не соблюдавших потребляли недостаточное количество меди. Содержание селена было ниже в постном рационе, однако большая его калорийность это компенсировала. Недостаток йода и хрома был значительным для обеих групп.

Особенности потребления витаминов отражены в табл. 8–10. Постившиеся женщины были лидерами по потреблению тиамина, биотина и фолата. Распространенность недостаточного потребления этих витаминов среди не постившихся была весьма значительной. Витамина B2 также больше потребляли женщины, соблюдавшие пост, однако при стандартизации по калорийности картина была противоположна. Витамины PP, B5, B6 и C преобладали в постном рационе, однако при выравнивании калорийностей различия пропадали. При этом частота недостаточного потребления этих витаминов среди постившихся составляла около 50 %, а среди не постившихся – около 90 %. Витамин C в основном присутствовал в адекватных количествах в обеих группах. Постный рацион был гораздо менее богат витамином B12. Однако даже не постившиеся женщины в $^{2}/_{3}$ случаев потребляли его недостаточное количество. Не постившиеся потребляли больше витамина A (в форме ретинолового эквивалента), однако распространенность его недостатка в рационе была сравнимой в обеих группах. Витамин E преобладал в питании постившихся. Хотя при выравнивании калорийности значимых различий между группами выявлено не было. Витамин D в постном рационе практически полностью отсутствовал, однако и не постившиеся женщины потребляли незначительные его количества. Все обследованные женщины имели глубокий дефицит витамина D в рационе.

Обсуждение результатов

В целом, учитывая приближенность постного рациона к веганскому или пескетарианскому, постящиеся имеют некоторые схожие особенности питания [26]. В противоположность нашим результатам во многих исследованиях энергетическая ценность рациона в период соблюдения поста значительно снижалась [15–17, 22, 28, 33]. Количество белков в рационе постящегося общего населения в исследовании Karras et al. было сопоставимо с нашими результатами [22]. Basilakis et al. показали, что при соблюдении поста количество белка в рационе снижалось на 17 %, что не было клинически значимым [15]. Снижение уровня белка в крови наблюдалось у Bloomer et al. [17]. В других исследованиях переход на постное питание также сопровождался снижением потребления белка, однако при этом его доля в суточной калорийности для обеих групп была близка к нашим данным [17, 28, 33]. Elshorbagy et al. сообщают о снижении сывороточных концентраций аминокислот с разветвленной цепью после нескольких недель соблюдения поста [19]. Таким образом, в период поста потребление белка может как повышаться, так и снижаться [24]. Также необходимо отметить, что белок из растительных источников может быть дефицитным по метионину [4].

Потребление жиров постившимися, по результатам Karras et al., подтверждало наши данные, однако в рационе монахов их было практически в 2 раза меньше [22, 23]. Результаты Bloomer et al. были аналогичны нашим данным, однако доля жиров в рационе не различалась между группами [17]. По данным Basilakis et al. и Papadaki et al., не постившиеся потребляли больше жиров, чем наши испытуемые, при этом с переходом на постное питание доля жиров в рационе также снижалась [15, 28]. Sarri et al. описали снижение доли жиров в суточной калорийности на 7 % при переходе на постный рацион [33]. Согласно результатам обзоров литературы, постный рацион обычно содержит меньшее количество жиров по сравнению с обычным рационом питания [24, 26]. В рационе постящихся присутствует небольшое количество насыщенных жиров [17, 22, 23]. При этом наши данные для обеих групп были аналогичны результатам Basilakis et al. и Papadaki et al. [15, 28]. В обзорах 2010 и 2017 годов также было показано, что потребление насыщенных жиров при соблюдении поста снижается по сравнению с остальными периодами [24, 26], а количество мононенасыщенных жирных кислот остается неизменным [15, 17, 24, 28]. При проведении систематического анализа Koufakis et al. было выявлено, что постный рацион характеризуется большим количеством ПНЖК [24]. В то же время, Basilakis et al. описали снижение потребления ПНЖК при соблюдении поста на 36 % [15], а Papadaki et al. не обнаружили различий в их потреблении [28]. На сегодняшний день недостаточно сведений об обеспеченности людей в пост ПНЖК, тем более отдельными их видами, такими как длинноцепочечные ω-3-ПНЖК. Данные Basilakis et al. по потреблению холестерина в разных группах были аналогичны нашим [15], а результаты Sarri et al. подтверждали наши показатели для постившихся [32]. Не соблюдавшие пост женщины потребляли больше

холестерина, что подтверждается результатами других исследований [17, 32]. Количество холестерина в крови у постящихся, по многочисленным данным, как правило, ниже [16, 17, 19, 24, 25, 33].

Люди, соблюдавшие пост, в ряде исследований потребляли меньше углеводов, чем по нашим данным [15, 22, 23, 28]. Есть работы, показавшие, что в пост люди потребляют больше углеводов [24, 33], однако в исследовании Basilakis et al. отмечено снижение потребления углеводов при переходе на постное питание на 17 % [15], а Papadaki et al. и Bloomer et al. не обнаружили различий между группами [17, 28]. Papadaki et al. и Bloomer et al. не выявили различий между обследованными в потреблении сахаров при соблюдении поста, при этом постившиеся потребляли сахаров значительно меньше, чем наши испытуемые [17, 28]. Что касается пищевых волокон, то постившиеся потребляли в целом достаточное количество пищевых волокон, что отражено и в других исследованиях [19, 24, 26, 28, 33].

Только две тенденции четко отслеживаются в подавляющем большинстве исследований в отношении потребления макронутриентов – это тотальное снижение поступления холестерина и существенное увеличение доли пищевых волокон в рационе. Оба этих фактора являются важными звеньями профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Что касается микронутриентов, то постившиеся в исследовании Karras et al. потребляли калий в количестве, более близком нашим результатам для не постившихся, чем для постившихся [22, 23]. Однако в других работах было показано, что соблюдение поста не влияет на уровень калия в крови [17, 24]. Количество кальция в рационе постившихся было сопоставимо с данными других исследований [22, 23, 28]. Несмотря на то, что не соблюдавшие пост потребляли значительно больше кальция, чем соблюдавшие, в исследовании Rodopaios et al., авторы не обнаружили различий в уровне кальция в крови среди обследованных, при этом в обоих случаях значения были в рамках нормы [30]. Аналогичные данные по уровню кальция в крови были описаны Bloomer et al. [17]. Количество магния в рационе постившихся монахов, по данным Karras et al., было недостаточным [22, 23]. Соблюдение поста, по различным данным, не влияет на потребление фосфора [24, 28].

Необходимо отметить, что сывороточные концентрации макроэлементов находятся под жестким гомеостатическим контролем, что существенно снижает информативность анализа крови на калий, кальций или магний для выявления возможного дефицита. В этих целях значительно более подходящим методом будет исследование твердых тканей, в частности придатков кожи – волос и ногтей, или же их экскреции с мочой. Однако к настоящему моменту подобные исследования среди людей, соблюдающих пост, нами не обнаружены. Тем не менее мы можем отметить ещё один важный фактор снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний в постном рационе – это существенно меньший риск дефицита потребления калия и магния.

Потребление железа было сопоставимо с результатами других исследований [22, 23, 28, 32]. В обзоре 2010 года не было отмечено недостаточного потребления железа соблюдающими пост людьми [26]. По данным систематического обзора 2017 года, потребление железа в период поста увеличивается, что также сопровождается более высокими значениями ферритина в крови [24]. Makedou et al. отметили значимое снижение гемоглобина в крови после соблюдения поста, однако значения остались в пределах нормы [27]. Basilakis et al. не выявили изменений в уровне железа и ферритина в крови при переходе на постное питание [15], а Sarri et al. отметили повышение ферритина в крови в среднем на 20–30 % [31]. Более богатая железом растительная пища поставляет в период поста большие количества этого микроэлемента [21, 28]. Меньшая биодоступность железа из растительных продуктов, по всей видимости, не приводит к значимому снижению его запасов в организме во время поста. По потреблению цинка наши результаты в обеих группах подтверждались данными исследования Papadaki et al. [28]. По данным Koufakis et al., потребление цинка не изменяется при переходе на постный рацион [24].

Несмотря на значительный дефицит йода в постном рационе в нашем исследовании, вопрос его поступления по-прежнему открыт по причине неоднозначного отношения к потреблению морских беспозвоночных во время поста. Непонятен и статус селена у людей, соблюдающих пост. Средняя полоса России является дефицитной по этому элементу [2]. При том, что ткани животных лучше аккумулируют селен, отказ от потребления мяса в случае постившихся серьезно понизил общее поступление селена. Однако в биогеохимических провинциях, более богатых селеном, возможна совсем другая картина. В отношении статуса других микро- и ультра-микроэлементов во время поста данных совсем недостаточно. Анализ потребления меди, марганца [5], кобальта, молибдена и хрома [6] вегетарианцами и веганами показал, что растительные рационы в основном богаче этими элементами. В случае потребления морских беспозвоночных – хороших источников меди и молибдена [14] риск их дефицита снижается ещё значительнее.

Sarri et al. и Papadaki et al. не обнаружили различий между группами в потреблении витамина B1, при этом не соблюдавшие пост, по их данным, потребляли его приблизительно в 2 раза больше, чем в нашем исследовании [28, 32]. По данным Koufakis et al. потребление тиамина во время поста не снижается [24]. Потребление B2 постившимися было сопоставимо с данными других исследований [22, 23, 28, 32]. Наши данные по потреблению витамина B3 подтверждались результатами других исследований [24, 28, 32]. В исследовании Papadaki et al. не постившиеся потребляли больше витамина B5, чем постившиеся [28]. Потребление витамина B6 обеими

группами было сопоставимо с данными Sarri et al. и Papadaki et al. при сравнении с выровненными по калорийности данными [28; 32]. Наши закономерности и результаты постившихся по количеству B9 в рационе подтверждались Papadaki et al. и Sarri et al. [28, 32]. Согласно обзорам Lazarou et Matalas и Koufakis et al., пост характеризуется более высоким уровнем фолатов в рационе за счет преобладания растительных продуктов [24, 26]. Количество витамина B12 в рационе соблюдавших пост в исследованиях Papadaki et al. и Karras et al. было значительно больше по сравнению с нашими результатами [22, 23, 32]. В обзорах 2010 и 2017 годов указано, что потребление витамина B12 в пост не является неадекватным и в целом не отличается от непостного [24, 26]. Объясняется это существенно большим потреблением морских беспозвоночных греческими постящимися по сравнению с российскими. По всей видимости, постный рацион более богат тиамином и биотином, однако несколько уступает непостному в содержании рибофлавина. Потребление витаминов PP, B5 и B6 различается между группами незначительно. Большинство исследований подтверждают, что в пост значительно повышается потребление фолиевой кислоты. Поступление кобаламина же, напротив, снижается, хотя не так значительно, как у веганов [29, 34], несмотря на кажущуюся схожесть этих рационов.

Наши данные по количеству витамина C в рационе постившихся были сравнимы с другими исследованиями [17, 22, 23, 32]. В обзоре Lazarou et Matalas также было отмечено, что в период поста повышается потребление витамина C [26], тогда как Sarri et al. и Papadaki et al. не обнаружили различий между группами [28, 32]. В исследовании Bloomer et al. люди до поста потребляли почти вдвое меньше витамина C, чем наши не соблюдавшие пост женщины. С переходом на постное питание количество витамина C в их рационе возросло [17]. В нашем исследовании более высокое потребление витамина C постившимися было в основном за счет большей калорийности рациона. В более южных регионах соблюдение поста сопровождается увеличением доли свежих фруктов в рационе, не так доступных в средней полосе России в начале весны. Благодаря этому в исследованиях греческих авторов наблюдается и абсолютное, и относительное повышение потребления аскорбата в пост.

Потребление витамина A постящимися в других исследованиях было больше, чем в нашем исследовании [22, 23, 28, 32]. Большое поступление каротиноидов из фруктов и овощей обеспечивает достаточное поступление ретинолового эквивалента у приверженцев растительных рационов [34], однако соблюдающие пост в северных регионах часто не имеют доступа к такому разнообразию плодов и свежей зелени. При этом в ряде исследований не было обнаружено различий между группами [17, 28, 32]. Количество витамина D в постном рационе недостаточно [22, 23]. Karras et al. обнаружили, что 100 % испытуемых имели уровень витамина D в сыворотке ниже оптимального [23]. Rodopaios et al. не обнаружили различий между людьми, соблюдавшими и не соблюдавшими пост, в количестве витамина D в рационе и в крови, при этом оба показателя были ниже рекомендуемых значений [30]. Дефицит витамина D во время поста снижает абсорбцию кальция, который и так поступает в меньших количествах, в основном из-за отказа от молочных продуктов, и имеет невысокую биодоступность из многих растительных продуктов благодаря воздействию фитатов и оксалатов [20].

Наиболее существенными нутриентными отличиями постного рациона можно назвать радикальное сокращение поступления холестерина, повышение потребления пищевых волокон, калия, магния, витаминов B1, H и фолата. В то же время снижается поступление кальция и селена. В северных регионах соблюдение Великого поста требует также особого внимания к поступлению витаминов B12, A, D и йода. Дефицит последних двух микронутриентов в центральных регионах европейской части территории России имеет тотальную распространенность и среди людей, не соблюдающих пост [10, 11]. Вопрос обеспеченности людей, соблюдающих пост, ω3-ПНЖК, медью, марганцем, молибденом, хромом, кремнием и биотином требует дальнейшего изучения, особенно в России.

Невысокая возрастная гомогенность в группах несколько снизила статистическую и аналитическую мощность исследования. Кроме того, существует определенная погрешность при сборе пищевого анамнеза частотным методом в связи с небезупречностью мнестического аппарата человеческого организма. Однако отсутствие единообразия в питании испытуемых на протяжении месяца делало невозможным оценку питания недельным дневниковым методом.

Небольшое число обследованных в обеих группах также значительно снизило статистическую мощность исследования, однако для выявления существенных различий между группами такие объемы выборок приемлемы [7, 8].

Ещё одним ограничением исследования явилось то, что оно проводилось в два этапа: в 2018 году были исследованы рационы женщин, соблюдавших Великий пост, а через год, в 2019, – женщин, его не соблюдавших.

Преимуществом данного исследования явился тот факт, что все испытуемые были одного пола, а обе группы, несмотря на большой разброс значений, были сопоставимы по возрасту и ИМТ. Питание же было проанализировано, хотя и в разные годы, но за один и тот же сезон – апрель – март, что снизило влияние фактора доступности сезонных продуктов на формирование пищевой корзины испытуемых.

Благодарности

Авторы выражают крайнюю признательность медицинской сестре отделения аллергологии ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» Шатовой Виктории Николаевне за помощь в организации исследования. Авторы также благодарят внештатного исследователя кафедры медицинской элементологии РУДН Сидорову

Елизавету Ильиничну за критическую оценку методологии анализа полученных данных. Кроме того, авторы признательны уважаемым рецензентам за их ценные рекомендации по доработке статьи.

Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы Фундаментальных научных исследований Президиума Российской академии наук.

Авторство

Концепция и дизайн исследования – В. А. Ревякина, А. В. Гальченко и А. Ю. Заров; организация исследования – Е. О. Сухно и А. В. Гальченко; сбор данных – А. В. Гальченко; статистическая обработка полученных результатов – А. А. Шерстнева и А. В. Гальченко; критическое осмысление и переработка полученных результатов – все авторы; сопоставление полученных данных с результатами других исследований – А. А. Шерстнева, А. В. Гальченко, В. И. Кулеш и И. А. Лапик; подготовка первоначального варианта рукописи – А. А. Шерстнева, А. В. Гальченко и И. А. Лапик; критический анализ рукописи, её последующее редактирование и утверждение окончательного варианта – все авторы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Гальченко Алексей Владимирович – ORCID 0000-0001-7286-5044; SPIN 3833-9938
Шерстнева Анастасия Алексеевна – ORCID 0000-0001-6332-027X
Лапик Ирина Александровна – ORCID 0000-0002-0963-0792; SPIN 2927-2441
Кулеш Вероника Ивановна – ORCID 0000-0001-9009-743X
Ревякина Вера Афанасьевна – ORCID 0000-0002-1149-7927; SPIN 4607-0540

Список литературы / References

1. *Аверинцев С. С.* Пост // Христианство. Энциклопедический словарь. М.: Большая российская энциклопедия, 1995. 2317 с.

Averintsev S. S. Fast. *Christianity. Encyclopedic Dictionary*. Moscow, Great Russian Encyclopedia, 1995, p. 2317. [In Russian]

2. *Бурцева Т. И.* Совершенствование системы экологического мониторирования селенового статуса населения (на примере Оренбургской области): автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. Москва, 2016.

Burtseva T. I. *Improving the system of environmental monitoring of the selenium status of the population (on the example of the Orenburg region)*. Author's Abstract of Doct. Diss. Moscow, 2016. [In Russian]

3. Всероссийский центр изучения общественного мнения. Аналитический обзор // Инициативный всероссийский опрос ВЦИОМ. Великий пост. 2015. URL: https://wciom.ru/ index.php?id=236&uid=115206 (дата обращения: 16.10.2020)

All-Russian Public Opinion Research Center. Analytical review. *Initiative all-Russian poll ARPORC. Great Lent*. 2015. [In Russian]. Available from: https://wciom.ru/ index.php?id=236&uid=115206 (accessed: 16.10.2020)

4. *Гальченко А. В., Морозова Л. Д., Залетова Т. С.* Оценка потребности в белке и аминокислотах, исходя из биосинтетических потребностей и показателей азотистого баланса // Вопросы диетологии. 2017. № 7 (2). С. 64–68. doi.10.20953/2224- 5448-2017-2-64-68.

Galchenko A. V., Morozova L. D., Zaletova T. S. Evaluation of protein and amino acid requirements, based on biosynthetic needs and nitrogen balance parameters. *Voprosy dietologii* [Nutrition]. 2017, 7 (2), pp. 64-68. [In Russian]. doi.10.20953/2224- 5448-2017-2-64-68.

5. *Гальченко А. В., Назарова А. М.* Эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы в питании вегетарианцев и веганов. Ч. 1. Железо, цинк, медь, марганец // Микроэлементы в медицине. 2019. № 20 (4). С. 14–23.

Galchenko A. V., Nazarova A. M. Essential trace and ultra trace elements in nutrition of vegetarians and vegans. Pt. 1. Iron, zinc, copper, manganese. *Mikroehlementy v meditsine* [Trace elements in medicine]. 2019, 20 (4), pp. 14-23. [In Russian]. doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-14-23.

6. *Гальченко А. В., Назарова А. М.* Эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы в питании вегетарианцев и веганов. Ч. 2. Йод, селен, хром, молибден, кобальт // Микроэлементы в медицине. 2020. № 21 (2). С. 13–22.

Galchenko A. V., Nazarova A. M. Essential trace and ultra trace elements in nutrition of vegetarians and vegans. Pt. 2. Iodine selenium chromium molybdenum cobalt. *Mikroehlementy v meditsine* [Trace elements in medicine]. 2020, 21 (2), pp. 13-22. [In Russian]. doi: 10.19112/2413-6174-2020-21-2-13-22.

7. *Гржибовский А. М.* Анализ количественных данных для двух независимых групп // Экология человека. 2008. № 2. С. 54–61.

Grzhibovsky A. M. Analysis of quantitative data for two independent groups. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2008, 2, pp. 54-61. [In Russian]

8. *Гржибовский А. М., Горбатова М. А., Наркевич А. Н., Виноградов К. А.* Необходимый объем выборки для сравнения средних арифметических в двух независимых группах // Морская медицина. 2020. Т. 6, № 2. С. 106–113.

Grzhibovsky A. M., Gorbatova M. A., Narkevich A. N., Vinogradov K. A. Required sample size for comparing two independent means. *Morskaya meditsina* [Marine Medicine]. 2020, 6 (2), pp. 106-113. [In Russian]. doi: 10.22328/2413-5747-2020-6-2-106-113.

9. *Дубцов Г. Г.* Заключение об эффективности научно-технической разработки «Метод анализа характера питания человека в домашних условиях и фактического химического состава диетологических рационов, генерированных с использованием сервиса Nutrilogic». Утверждено Ю. В. Бабиным. МГУПП, 2018.

Dubtsov G. G. Conclusion on the effectiveness of scientific and technical development "Method for analyzing the nature of human nutrition at home and the actual chemical composition of the diets generated using the Nutrilogic service". Approved by Yu. V. Babin. MSUFP, 2018. [In Russian]

10. *Лапик И. А.* Особенности микронутриентного статуса у больных сахарным диабетом 2-го типа // Альманах клинической медицины. 2013. 29. С. 56–61.

Lapik I. A. The features of micronutrient status in patients with type 2 diabetes mellitus. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny* [Almanac of Clinical Medicine]. 2013, 29, pp. 56-61. [In Russian]

11. *Лапик И. А.* Разработка персонализированной диетотерапии на основе данных молекулярно-генетических исследований и оценки микронутриентного статуса больных сахарным диабетом 2 типа: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Москва, 2015.

Lapik I. A. *Development of personalized diet therapy based on molecular genetic studies and assessment of the micronutrient status of type 2 diabetes patients*. Author's Abstract of Cand. Diss. Moscow, 2015. [In Russian]

12. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации / Разработаны ГУ НИИ питания РАМН. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Nutritional Guidelines. Moscow, Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009, 36 p. [In Russian]

13. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации. Разработаны ГУ НИИ питания РАМН. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 46 с.

Recommended levels of consumption of food and biologically active substances: methodological recommendations. Nutritional Guidelines. Moscow, Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision, 2004, Russia, 44 p. [In Russian]

14. *Тутельян В. А.* Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник. М.: ДеЛи плюс, 2012. 284 с.

Tutelyan V. A. 2012. *The chemical composition and caloric content of Russian food. A Handbook*. Moscow, DeLi plus Publ., 2012. [In Russian]

15. Basilakis A., Kiprouli K., Mantzouranis S., Konstantinidis T., Dionisopoulou M., Hackl J. M. et al. Nutritional study in Greek-Orthodox monasteries - Effect of a 40-day religious fasting. *Aktuel Ernahrungsmed*. 2002, 27, pp. 5-250. https://doi.org/10.1055/s-2002-33359.

16. Bethancourt H. J., Kratz M., O'Connor K. A short-term religious "fast" from animal products has a minimal impact on cardiometabolic health biomarkers irrespective of concurrent shifts in distinct plant-based food groups. *Am J Clin Nutr*. 2019, 110, pp. 722-732. doi:10.1093/ajcn/nqz153.

17. Bloomer R. J., Kabir M. M., Canale R. E., Trepanowski J. F. et al. Effect of a 21 day Daniel Fast on metabolic and cardiovascular disease risk factors in men and women. *Lipids Health Dis*. 2010, 9. https://doi.org/10.1186/1476-511X-9-94.

18. Chliaoutakis J. E., Drakou I., Gnardellis C., Galariotou S., Carra H., Chliaoutaki M. Greek Christian Orthodox ecclesiastical lifestyle: could it become a pattern of health-related behavior. *Preventive Medicine*. 2002, 34, pp. 428-435.

19. Elshorbagy A., Jerneŕen F., Basta M., Basta C. et al. Amino acid changes during transition to a vegan diet supplemented with fish in healthy humans. *Eur J Nutr*. 2016. doi:10.1007/s00394-016-1237-6.

20. Galchenko A. V. Ranjit R. Calcium status among vegetarians and vegans. In: *Russian scien-tific-practical conference with international participation. Fundamentals of technological development of agriculture*. Orenburg, 2019, pp. 214-217.

21. Galchenko A. V., Sherstneva A. A. Association of microelementos with the risk of hypochromic anemia in vegetarians and vegans. In: *Biogeochemical innovations under the conditions of the biosphere technogenesis correction*. Vol. 1, 5-7 noiembrie 2020, Tiraspol, 2020, pp. 351-358.

22. Karras S. N., Koufakis T., Petróczi A. et al. Christian Orthodox fasting in practice: A comparative evaluation between Greek Orthodox general population fasters and Athonian monks. *Nutrition*. 2019, 59, pp. 69-76. doi:10.1016/j.nut.2018.07.003.

23. Karras S. N., Persynaki A., Petróczi A., Barkans E. et al. Health benefits and consequences of the Eastern Orthodox fasting in monks of Mount Athos: A cross-sectional study. *Eur J Clin Nutr*. 2017, 71, pp. 9-743. https://doi.org/10.1038/ejcn.2017.26.

24. Koufakis T., Karras S., Antonopoulou V., Angeloudi E. et al. Effects of Orthodox religious fasting on human health: a systematic review. *Eur J Nutr*. 2017, 56, pp. 55-2439. https://doi.org/10.1007/s00394-017-1534-8.

25. Koufakis T., Karras S. N., Zebekakis P., Kotsa K. Orthodox religious fasting as a medical nutrition therapy for dyslipidemia: where do we stand and how far can we go? *Eur J Clin Nutr*. 2018, 72, pp. 474-479. doi:10.1038/s41430-018-0113-2.

26. Lazarou C., Matalas A. L. A critical review of current evidence, perspectives, and research implications of diet-related traditions of the Eastern Christian Orthodox Church on dietary intakes and health consequences. *Int J Food Sci Nutr*. 2010, 61, pp. 58-739. https://doi.org/10.3109/09637481003769782.

27. Makedou K. G., Vagdatli E., Patziarela E., Konstantinidou V. et al. Total Antioxidant Capacity, Haematological and Coagulation Parameters after Orthodox Christian Fast. *Open Access Maced J Med Sci*. 2018, 6, pp. 6-84. https://doi.org/10.3889/oamjms.2018.095.

28. Papadaki A., Vardavas C., Hatzis C., Kafatos A. Calcium, nutrient and food intake of Greek Orthodox Christian monks during a fasting and non-fasting week. *Public Health Nutr*. 2008, 11, pp. 9-1022. https://doi.org/10.1017/S1368980007001498.

29. Rizzo N. S., Jaceldo-Siegl K., Sabate J., Fraser G. E. Nutrient profiles of vegetarian and nonvegetarian dietary patterns. *J AcadNutr Diet*. 2013, 113 (12), pp. 9-1610. doi: 10.1016/j.jand.2013.06.349. Epub 2013 Aug 27.

30. Rodopaios N. E., Mougios V., Konstantinidou A. et al. Effect of periodic abstinence from dairy products for approximately half of the year on bone health in adults following the Christian Orthodox Church fasting rules for decades. *Arch Osteoporos*. 2019, 14, p. 68. doi:10.1007/s11657-019-0625-y.

31. Sarri K. O., Kafatos A. G., Higgins S. Is religious fasting related to iron status in Greek Orthodox Christians? *Br J Nutr*. 2005, 94, pp. 198-203. https://doi.org/10.1079/bjn20051472.

32. Sarri K. O., Linardakis M. K., Bervanaki F. N., Tzanakis N. E. et al. Greek Orthodox fasting rituals: a hidden characteristic of the Mediterranean diet of Crete. *Br J Nutr*. 2004, 92, pp. 84-277. https://doi.org/10.1079/BJN20041197.

33. Sarri K. O., Tzanakis N. E., Linardakis M. K., Mamalakis G. D. et al. Effects of Greek Orthodox Christian church fasting on serum lipids and obesity. *BMC Public Health*. 2003, 3, pp. 1-8. https://doi.org/10.1186/1471-2458-3-16.

34. Sobiecki J. G., Appleby P. N., Bradbury K. E., Key T. J. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. *NutrRes*. 2016, 36 (5), pp. 77-464. doi: 10.1016/j.nutres.2015.12.016.

35. Trepanowski J. F., Bloomer R. J. The impact of religious fasting on human health. *Nutrition Journal*. 2010, 9, p. 57. https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-57.

Контактная информация:

Гальченко Алексей Владимирович – ассистент кафедры медицинской элементологии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»

Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

E-mail: gav.jina@gmail.com

УДК 613.27 DOI: 10.33396/1728-0869-2021-3-25-33

ПРОГНОЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ СОЛИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2021 г. **Ю. А. Баланова, А. В. Концевая, А. О. Мырзаматова, Д. К. Муканеева, М. Б. Худяков, О. М. Драпкина**

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России, г. Москва

Введение. Избыточное потребление соли (ИзбПС) – фактор риска, вносящий вклад в ущерб от хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ). Бремя этого ущерба может быть снижено при внедрении мер популяционной профилактики, направленных на снижение потребления соли (ПС). Для обоснования внедрения таких мер в мире проводятся исследования, позволяющие прогнозировать их эффект.

Цель: рассчитать экономическую эффективность внедрения в России мер популяционной профилактики с доказанной эффективностью, направленных на снижение ПС.

Методы. На основе ранее рассчитанного экономического ущерба (ЭУ) ИзбПС в России, вклада ИзбПС в анализируемые ХНИЗ по данным аналитического поиска оценен популяционный атрибутивный риск (ПАР) ИзбПС для России. Отобраны две меры популяционной профилактики для построения онтологической модели: введение акцизного налога на натрий, используемый для производства продуктов питания на промышленном уровне (1-й сценарий), и сочетание образовательной кампании в средствах массовой информации (СМИ), направленной на повышение грамотности населения в отношении ИзбПС, с добровольным снижением содержания соли в обработанных пищевых продуктах и приправах производителями (2-й сценарий). Период прогнозирования – 15 лет. Рассчитано изменение ПАР вследствие изменения распространенности ИзбПС после внедрения описанных мер и изменения ЭУ анализируемых ХНИЗ.

Результаты. Расчетное снижение ИзбПС составило 2,99 и 7,49 % для 1-го и 2-го сценариев популяционной профилактики. Число предотвращенных случаев заболеваний – 23 352 и 57 874 соответственно. Предотвращенные прямые медицинские затраты – свыше 390 и свыше 969 млн руб. при 1-м и 2-м сценариях. Совокупный экономический эффект за 15 лет прогнозирования – 4,1 и 9,9 млрд руб. соответственно.

Заключение. Отобранные для построения онтологической модели меры популяционной профилактики в настоящее время в России не действуют. Однако прогнозирование их экономической эффективности является обоснованием для внедрения в стране.

Ключевые слова: экономический ущерб, избыточное потребление соли, меры популяционной профилактики, информационно-коммуникационная кампания, налоговые меры, моделирование

PREDICTING THE EFFICIENCY OF MEASURES TO REDUCE SALT CONSUMPTION IN THE RUSSIAN FEDERATION

Yu. A. Balanova, A. V. Kontsevaya, A. O. Myrzamatova, D. K. Mukaneeva, M. B. Khudyakov, O. M. Drapkina

National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

Introduction: Excessive salt intake (ESI) is a well-established risk factor of chronic non-communicable diseases (NCDs). Russia is among the countries with the high salt consumption. Population-based strategies to reduce salt intake have a potential for significant contribution to reduce the burden of NCDs. Modeling studies to justify the need and quantify the potential of these measures have been performed in several countries, but the evidence from Russia is still scarce.

Aim: To forecast the efficiency of selected population-based prevention strategies to reduce salt intake in Russia.

Methods: Potential efficiency of two population-based strategies was assessed. Introduction of the national excise tax on sodium used for industrial food production was the first strategy. The second strategy was a long term health literacy mass-media campaign aimed to reduce salt intake combined with a voluntary reduction in salt content in processed foods by manufacturers. Russia-specific impact of ESI on NCDs and population attributive risk (PAR) were calculated using previously assessed economic burden (EB) of ESI. The prediction period was 15 years. The changes in PAR after the introduction of population-based prevention strategies and changes in the EB of selected NCDs were calculated.

Results: The first and the second programmed had a potential to reduce ESI prevalence by 2.99 % and 7.49 %, respectively. The corresponding numbers of prevented cases of NCDs were 23 352 and 57 874. Avoided direct medical costs exceeded 390 million rubles for the first strategy and over 969 million rubles for the second. The cumulative economic effect over 15 years was 4.10 billion rubles for the introduction of the new tax while the predicted cumulative economic effect of the second programme was 9.9 billion rubles.

Conclusions: Although the population-based prevention strategies selected for this study have not yet been implemented in Russia, both have a significant potential to reduce the burden of NCDs and have substantial economic efficiency.

Key words: economic burden, excessive salt consumption, population-based prevention, mass-media campaign, tax measures, modeling study

Библиографическая ссылка:

Баланова Ю. А., Концевая А. В., Мырзаматова А. О., Муканеева Д. К., Худяков М. Б., Драпкина О. М. Прогноз эффективности мер, направленных на снижение потребления соли в Российской Федерации // Экология человека. 2021. № 3. С. 25–33.

For citing:

Balanova Yu. A., Kontsevaya A. V., Myrzamatova A. O., Mukaneeva D. K., Khudyakov M. B., Drapkina O. M. Predicting the Efficiency of Measures to Reduce Salt Consumption in the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 3, pp. 25-33.

Экология человека
2021, № 3, с. 25–33

Введение

Рост в современном мире бремени хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) определяет возрастание нагрузки на систему здравоохранения и значительный экономический ущерб (ЭУ). Наибольший вклад в заболеваемость и смертность в мире вносят такие ХНИЗ, как сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), злокачественные новообразования (ЗНО), сахарный диабет 2 типа (СД 2) и хроническая обструктивная болезнь легких. Известно, что указанные ХНИЗ имеют общие доказанные факторы риска (ФР) [40], следовательно, воздействуя на один из них, можно влиять на связанные с ФР заболевания. В этих условиях особую важность приобретает выделение и обоснование механизмов снижения бремени ХНИЗ путем коррекции ФР на популяционном уровне.

Настоящая публикация продолжает серию работ, рассматривающих избыточное потребление соли (ИзбПС) – ФР, относящийся к нерациональному питанию. Рекомендованная Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) суточная норма потребления соли (ПС) составляет не выше 5 г. Проведённое Росстатом в 2018 году Выборочное наблюдение рациона питания населения Российской Федерации (РФ) показало потребление соли россиянами старше 14 лет на уровне 11,9 г/сутки [13].

Проведенный ранее аналитический поиск выделил ХНИЗ, в которые вносит вклад ИзбПС [1, 9]. Особое место среди этих заболеваний занимают ССЗ, являющиеся основной причиной смерти в большинстве стран, в том числе и в РФ [7]. Значительность ущерба, связанного с ССЗ, определяется не только затратами на лечение, но и экономическими потерями, ассоциированными с инвалидностью, снижением производительности труда и преждевременной смертностью [28, 38]. В ранее выполненном анализе было показано, что ЭУ ССЗ в нашей стране составил 2,7 трлн руб./год, свыше 90 % занимают потери в экономике, связанные с преждевременной смертностью лиц экономически активного возраста. Кроме того, ИзбПС является ФР для СД 2 и для одного из ЗНО – рака желудка [1]. Экономическое бремя указанных ХНИЗ было проанализировано ранее [6, 10]. ЭУ указанных ХНИЗ может быть снижен при уменьшении распространенности ИзбПС в популяции.

Внедрение мер популяционной профилактики – наименее затратный способ для улучшения здоровья населения. Однако вложения государства, связанные с этими мерами, требуют обоснования инвестиций. Именно экономические аргументы являются наиболее значимыми для лиц, принимающих решения при выборе мер, направленных на укрепление здоровья населения, и определении объема финансирования. ВОЗ рекомендует меры популяционной профилактик как «best buys» – действенный и оптимальный путь снижения смертности и заболеваемости населения [41].

По данным аналитического исследования, выполненного в рамках изучения мер популяционной профилактики, внедряемых в РФ в отношении ПС, было установлено, что в настоящее время в стране действует лишь рекомендуемый уровень ПС для индивидуального потребления, но популяционных норм нет [11]. Изучение количества ПС в популяции проводится опросным методом специалистами Росстата, а также в эпидемиологических исследованиях [3, 4, 13]. Обоснованность использования при скрининге опросного метода изучена на материалах популяционного исследования ЭССЕ-ФР-2 [5].

Однако большое количество популяционных мер, зарекомендовавших себя в ряде стран, в РФ не внедрены – недостаточная информация на этикетке продуктов (без количественного отображения), на законодательном уровне нет вовлечения производителей продуктов для изменения рецептуры выпускаемой продукции. Информационно-коммуникационная кампания, начатая в рамках национального приоритетного проекта «Формирование здорового образа жизни и профилактика заболеваний в РФ», разработавшая материалы для радио, прессы, телевидения и наружной рекламы, не носит постоянного характера и ограничена в сроках реализации. Налоги на соль или продукты, содержащие ее избыточное количество, не взимаются [2].

Меры популяционной профилактики, направленные на снижение ПС населением, имеют выраженный эффект в отношении укрепления здоровья. Так, в исследовании Bernabe-Ortiz A. и соавт. [17] было установлено, что замена обычной соли сочетанием KCl+NaCl для жителей нескольких деревень Перу снизила риск развития новых случаев артериальной гипертонии в популяции вмешательства.

Общепринятым подходом к построению прогноза здоровья популяции для оценки действенности профилактических программ в заданный период является моделирование [12]. Исследования, моделирующие эффект снижения ПС на популяционном уровне, проводятся во многих странах. Так, ученые Великобритании, используя модель «IMPACT CHD», оценили эффективность четырех стратегий по снижению ПС в Англии: кампании по укреплению здоровья; изменения маркировки продуктов; работы с пищевой индустрией и уменьшения содержания соли в обработанных пищевых продуктах. При сохранении лет жизни и экономической эффективности каждой из стратегий наибольшая была отмечена у последней из них [23]. Модель марковской когорты вьетнамских исследователей включала три стратегии – добровольную, субсидируемую и регулирование на законодательном уровне. В этом моделировании за счет сокращения числа инсультов и новых случаев ИБС максимальная экономическая эффективность рассчитана при законодательном регулировании [36]. Dodd R. и соавт. [24] в систематическом обзоре остановили внимание на фискальных мерах, которые могут снизить спрос на продукты с повышенным количеством соли. Высокая важность информационных кампаний, повышающих грамотность населения, обусловлена ошибочным представлением об источниках соли, поступающей в организм. Почти половина опрошенных считает

источником соли добавление её при приготовлении пищи, не учитывая основного (скрытого) поступления с промышленно произведенными продуктами [31]. Эффективность образовательных программ для контроля ПС подтверждена многими исследованиями [26, 27]. Описанные примеры моделирования могут быть применимы для РФ с большим числом допущений, что уменьшает их предсказательную ценность.

Популяционные меры, направленные на коррекцию количества ПС крайне актуальны для РФ, где уровень ПС среди населения вдвое превышает рекомендации ВОЗ [13]. Однако стратегия контроля ПС требует обоснования инвестиций. Важным шагом на пути внедрения такой стратегии является построение для РФ онтологической модели социально-экономической эффективности мер, принятых в ряде стран и убедительно продемонстрировавших свою эффективность.

Цель исследования: рассчитать экономическую эффективность внедрения в РФ мер популяционной профилактики с доказанной эффективностью, направленных на снижение ПС.

Методы

В выполненном ранее исследовании был оценен ЭУ ИзбПС в РФ. В его основу легли данные о распространенности ИзбПС, полученные в популяционном исследовании Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах РФ (ЭССЕ-РФ), а также относительный риск (ОР) ИзбПС для ХНИЗ, полученный в аналитическом поиске [29, 30, 32, 33, 35], на основе чего был рассчитан популяционный атрибутивный риск (ПАР) ИзбПС для РФ [1].

$$\text{ПАР} = \frac{P_0 + P_1 \cdot RR - 1}{P_0 + P_1 \cdot RR}$$

Для ОР < 1 определяется ПАР по редуцированной формуле:

$$\text{ПАР} = \frac{P_1 + \frac{P_0}{RR} - 1}{P_1 + \frac{P_0}{RR}},$$

где: P1 – доля лиц в популяции, имеющих ИзбПС; P0 – доля лиц без АГ; RR – relative risk, ОР развития заболевания, полученный на основании литературных данных.

Методика расчета ЭУ ХНИЗ, включенных в анализ, была детально описана ранее [6, 8, 10]. Экономический ущерб анализируемых ХНИЗ, рассчитанный на предшествующем этапе и включенный в анализ для последующей оценки снижения ущерба, приведен в табл. 1. Прямые затраты системы здравоохранения, касающиеся рака желудка, определяли на основании ранее проведенных исследований стоимости болезни данных ЗНО с перерасчетом с индексацией текущей стоимости прямых медицинских затрат на фактический уровень инфляции с учетом количества больных этой нозологией в 2016 г. [10].

Таблица 1

Экономический ущерб от хронических неинфекционных заболеваний, положенный в основу дальнейшего расчета экономического ущерба, ассоциированного с избыточным потреблением соли в Российской Федерации в 2016 году, руб.

Исход	Прямые затраты	Потери в экономике	Всего
ССЗ	240 590 639 880	2 458 053 451 143	2 698 644 091 023
в т. ч. инсульт (в структуре ССЗ)	30 752 804 165	393 005 732 056	423 758 536 221
СД 2	17 786 289 818	197 673 595 484	215 459 885 302
Рак желудка	12 404 161 262	9 209 379 084	21 613 540 346

Выполненный анализ мер популяционной профилактики ССЗ, направленных на снижение ПС, внедряемых в различных странах, позволил выделить меры с доказанной эффективностью, до настоящего момента в РФ не внедренные [2]. В онтологическую модель включены меры, направленные на снижение ПС с доказанной социально-экономической эффективностью и не действующие до настоящего момента в стране – введение акцизного налога на натрий, используемый для производства продуктов питания на промышленном уровне (1-й сценарий) и сочетание образовательной кампании в средствах массовой информации (СМИ), направленной на повышение грамотности населения в отношении ИзбПС, с добровольным снижением содержания соли в обработанных пищевых продуктах и приправах производителями (2-й сценарий). Период прогнозирования составил 15 лет.

Экономический эффект внедряемых мер рассчитывается с использованием разницы величины ПАР до внедрения мер и прогнозируемого ПАР после внедрения каждой из таковых (ΔПАР) при снижении количества потребляемой соли и, как следствие, снижении распространенности ИзбПС. Последующие расчеты проведены по методологии, аналогичной оценке ЭУ основных ХНИЗ (включая затраты системы здравоохранения и потери в экономике).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы MicrosoftExcel 10.0. (Microsoft, США).

Результаты

Расчетное снижение распространенности ИзбПС в РФ при внедрении анализируемых мер популяционной профилактики составило 2,99 и 7,49 % для 1-го и 2-го сценариев соответственно (табл. 2).

Последующий анализ оценил изменения ПАР при условии внедрения каждого сценария популяционной профилактики за 15-летний период (табл. 3).

Прогнозируемая эффективность внедряемых мер показала, что число предотвращенных случаев заболеваний составит 23 352 при 1-м сценарии и 57 874 при 2-м (табл. 4). Число предотвращенных госпитализаций – свыше 20 и свыше 65 тыс. случаев соответственно. Прямые медицинские затраты, которые могут быть предотвращены, составили свыше

Экология человека
2021, № 3, с. 25–33

Таблица 2

Популяционные меры, направленные на снижение потребления соли, включенные в моделирование для Российской Федерации и их расчетная эффективность

Популяционная мера	Эффект	Расчетное снижение ИзбПС при внедрении анализируемых мер, %
Введение акцизного налога на натрий, используемый в промышленности для производства пищевых продуктов на промышленном уровне	Увеличение стоимости продуктов с высоким содержанием соли на 40 % → снижение потребления соли на 6 % [34, 37]	2,99
Продолжительная целенаправленная информационно-коммуникационная кампания через СМИ, направленная на снижение потребления соли в сочетании с добровольным снижением содержания соли в обработанных пищевых продуктах и приправах производителями	Снижение потребления соли на 15 % [16, 25]	7,49

Таблица 3

Изменение величины популяционного атрибутивного риска при внедрении каждой из популяционных мер для анализируемых хронических неинфекционных заболеваний

Исход	OR для расчета ПАР	ПАР (исходное значение)	Δ ПАР (с учетом внедряемых популяционных мер)	
			При введении налога	При проведении кампании в СМИ + снижении содержания соли в продуктах и приправах
ССЗ все: заболеваемость	1,14	0,065	0,004	0,010
ССЗ все: смертность	1,1	0,048	0,003	0,007
Инсульт: заболеваемость	1,23	0,103	0,007	0,017
Инсульт: смертность	1,4	0,166	0,012	0,029
СД 2: заболеваемость	1,43	0,177	0,013	0,031
СД 2 смертность	–		0,013	0,031
Рак желудка: заболеваемость	1,15	0,070	0,004	0,011
Рак желудка: смертность	–	–	0,004	0,004

390 и свыше 969 млн руб. при 1-м и 2-м сценарии соответственно. За счет предотвращенных случаев инвалидности и выплат пособий по ним предотвращенные потери валового внутреннего продукта (ВВП) составят свыше 363 и свыше 902 млн руб. соответственно. Следует отметить, что наибольший социально-экономический эффект внедряемых мер наблюдается в отношении ССЗ.

Внедрение описанных мер популяционной профилактики позволит предотвратить преждевременные смерти – число сохраненных лет потенциальной жизни при 1-м и 2-м сценариях представлено на рис. 1.

Совокупный экономический эффект за счет предотвращения смертельных случаев, медицинских затрат и потерь, обусловленных выплатами по инвалидности, рассчитанный за анализируемый период, превысил 4 млрд руб. при внедрении акцизного налога на натрий, используемый для производства продуктов питания. Эффективность сочетания образовательной кампании в СМИ, направленной на снижение потребления продуктов с высоким содержанием соли, с добровольным снижением производителями содержания соли в обработанных пищевых продуктах и приправах, составляет почти 10 млрд. руб. Основную часть сберегаемых ресурсов в каждом случае обусловил эффект предотвращенных смертей (рис. 2).

Таблица 4

Прогнозируемая эффективность мер, направленных на снижение потребления соли (в отношении заболеваемости) за 15-летний период

Группа заболеваний	Число предотвращенных случаев заболеваний	Число предотвращенных случаев госпитализаций	Предотвращённые прямые медицинские затраты, руб.	Предотвращенное число лиц с инвалидностью	Предотвращенные потери, связанные с выплатой пособий по инвалидности, руб.	Предотвращенные потери ВВП от инвалидности, руб.
Введение акцизного налога на натрий, используемый в промышленности для производства пищевых продуктов						
ССЗ	18 647	20 710	305 217 842	839	58 486 907	297 364 497
В т. ч. инсульт	7 599	8 437	124 609 014	342	26 972 289	135 200 783
СД 2	4 538	5 659	78 596 718	109	8 539 221	42 666 356
Рак желудка	167	62	7 622 743	58	4 627 335	23 356 482
Итого	23 352	26 431	391 437 302	1 006	71 653 464	363 387 335
Кампания в СМИ в сочетании с добровольным снижением содержания соли в обработанных пищевых продуктах и приправах производителями						
ССЗ	46 326	51 452	758 322 934	2 084	145 357 711	739 041 003
В т. ч. инсульт	11 171	20 877	308 320 523	846	66 449 946	333 675 650
СД 2	11 134	13 884	192 843 979	266	21 162 099	106 005 485
Рак желудка	414	155	18 457 688	145	11 332 429	56 969 211
Итого	57 874	65 491	969 624 602	2495	177 852 239	902 015 699

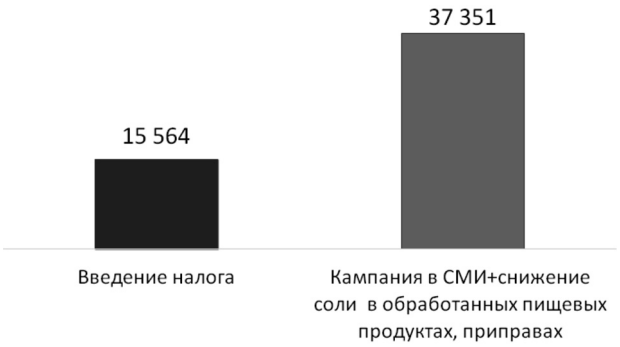

Рис. 1. Прогнозируемая эффективность мер, направленных на снижение потребления соли (в отношении смертности): число сохраненных потерянных годов потенциальной жизни

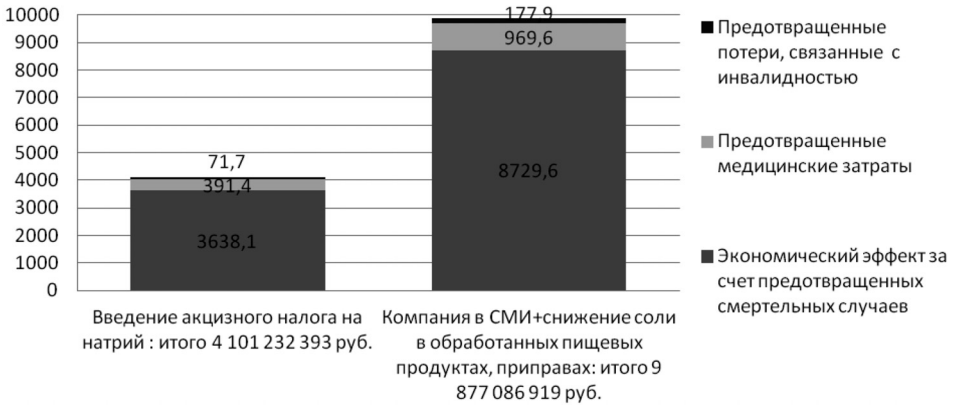

Рис. 2. Совокупная прогнозируемая эффективность мер популяционной профилактики (в отношении смертности и заболеваемости), млн руб.

Обсуждение результатов

Для комплексного решения вопроса контроля ПС в РФ необходимо принятие Национальной стратегии, что реализовано в целом ряде стран. В той или иной степени в 75 странах популяционные стратегии есть [20]. Их наполнение может отличаться – иметь один или несколько компонентов. Анализ комплекса мер, направленных на снижение ПС в мире, был детально описан ранее [2].

Прогнозирование, выполненное в данной работе, сконцентрировало внимание на двух компонентах мер популяционной профилактики, направленных на снижение ПС. Одной из мер является информационно-коммуникационная кампания. Цель ее – донесение населению сведений о рекомендуемом количестве ПС, вреде ИзбПС, а также основных источниках соли в рационе человека. Она может иметь разные пути донесения знаний, но иметь постоянный характер воздействия. Как показал опыт южноафриканских исследователей, размещение роликов о соли на наиболее популярных каналах телевидения и радио в популярных программах с учетом целевой аудитории, с одной стороны, и образовательных материалов по теме на сайте SaltWatch – с другой, увеличило грамотность обследованных в отношении ПС [39]. Работа со СМИ также может включать разработку наружной рекламы, плакатов, статей для газет. При размещении информации необходимо изучать пути ее донесения до разных возрастных групп. Обязательным компонентом кампаний, планируемых для улучшения общественного здоровья, должно стать включение устойчиво растущей в мире интернет-аудитории. По данным Mediascope, в среднем за день в интернет выходит 71,1 % населения РФ, причем проникновение интернета среди более молодого населения (до 44 лет) в 2020 году превысило 90 %, а среди самых молодых россиян (12–24 лет) приблизилось к 100 % [14]. Донесение информации посредством интернета эффективно ввиду как постоянно растущей аудитории, так и вовлеченности пользователя в процесс, возможности действовать на таргетные группы и проведения глубокой аналитики [15]. Сочетание информационно-коммуникационной кампании с добровольным снижением производителями количества соли в обработанных пищевых продуктах и приправах – эффективный способ снизить ПС [16]. В качестве мер популяционной профилактики также рассмотрены налоговые меры, признанные одним из важнейших способов сокращения ПС. В ряде стран различные налоговые меры уже внедрены. С этой точки зрения большой интерес представляет систематический обзор Dodd R. и соавт., в котором по результатам 18 исследований различной методологии проанализированы позитивные и негативные стороны введения налогов на нездоровую еду. Так, введение налогов на соль может спровоцировать не только

увеличение количества покупаемых овощей и фруктов, но и продуктов, содержащих сахар. Также отмечена непопулярность налоговых мер у населения. Исследования, выполненные в формате моделирования, демонстрируют большее влияние налогообложения всех пищевых продуктов на основе содержания в них соли в сравнении с налогообложением конкретных продуктов с высоким содержанием соли [16].

Для обоснования необходимости мер по снижению ПС необходимы в том числе экономические аргументы. Меры, доказавшие свою экономическую целесообразность, имеют надежную доказательную базу для внедрения. Помимо анализа мер, успешно действующих в других странах и имеющих потенциал внедрения в РФ, важным аспектом обоснования их целесообразности являются исследования с моделированием. Настоящее исследование, выполненное в формате построения онтологической модели по двум различным сценариям, позволило оценить социально-экономический эффект внедрения таких мер популяционной профилактики, как введение акцизного налога на натрий, используемый в промышленности для производства пищевых продуктов на промышленном уровне, а также сочетание продолжительной целенаправленной образовательной кампании в СМИ, направленной на снижение потребления продуктов с высоким содержанием соли с добровольным снижением содержания соли в обработанных пищевых продуктах и приправах производителями. При прогнозируемом снижении ПС снижается доля лиц с ИзбПС. При расчете по 1-му сценарию совокупный экономический эффект превысил 4, по 2-му – почти 10 млрд руб. за анализируемый период. Эти цифры послужат обоснованием целесообразности инвестиций в коррекцию данного ФР с помощью мер популяционной профилактики.

Исследования, моделирующие социально-экономический эффект снижения ПС на популяционное здоровье, идут во многих странах. Collins B. и соавт. [22] показали социально-экономическую целесообразность изменения содержания соли в готовых продуктах. Затраты на такое преобразование окупаются экономией системы здравоохранения и государства в целом на примере США. Британские исследователи отметили окупаемость инвестиций в изменение количества соли в рецептуре с использованием инструмента Assessment of the Validation Status of Health-Economic decision models (AdViSHE) [19].

Австралийские исследователи выполнили моделирование введения мер по пяти позициям: налоги на подслащенные напитки, на продукты, содержащие избыточное количество соли, избыточное количество сахара, насыщенные жиры, а также субсидирование овощей и фруктов. Показано, что введение налога на продукты с избыточным содержанием соли позволят предотвратить 130 000 DALY (Disability Adjusted Life Years – количество потерянных лет здоровой жизни). А наибольший расчетный экономический эффект отмечен при поэтапном введении всех обсуждаемых мер – 470 000 предотвращенных DALY и предотвращенный ущерб около 3,4 млрд австралийских долларов [21]. Исследование, выполненное в Новой Зеландии, рассмотрело комплекс воздействий на нерациональное питание в целом – субсидирование овощей и фруктов, налогообложение соли, насыщенных жиров, сахара и нездоровой пищи в целом. Показано, что, несмотря на некоторое замещение (например, введение налога на соль увеличивает потребление сахара etc), рассмотренные меры ведут как к снижению новых случаев ряда ХНИЗ, так и к выраженным сокращениям расходов системы здравоохранения [18].

Таким образом, работа с ИзбПС, значимым для российской популяции ФР ввиду высокой распространенности [3], – очередной этап комплексного анализа и возможности снижения бремени ХНИЗ в РФ. Этому этапу предшествовала оценка ЭУ основных ХНИЗ и их ФР, изучение вклада ИзбПС в эти заболевания и оценка ЭУ ИзбПС в стране. С учетом международного опыта анализа и внедрения популяционных мер по снижению ПС в онтологическую модель включены меры, которые в РФ пока не действуют, но доказали свою экономическую эффективность. Расчеты, выполненные по оценке экономического эффекта введения акцизного налога на натрий, используемый для производства продуктов питания на промышленном уровне, а также сочетания образовательной кампании в СМИ с добровольным снижением содержания соли в обработанных пищевых продуктах и приправах производителями, являются аргументами для внедрения указанных мер на популяционном уровне для снижения бремени ХНИЗ.

Ограничения исследования: настоящая работа рассматривает снижение потребления соли на популяционном уровне, анализ половых и социально-демографических различий в снижении ПС не выполнялся.

Авторство

Баланова Ю. А., Концевая А. В. разработали концепцию и дизайн исследования, осуществили сбор, анализ и интерпретацию данных, проверку критически важного интеллектуального содержания рукописи; Муканеева Д. К., Худяков М. Б., Мырзаматова А. О. участвовали в сборе, статистическом анализе, интерпретации данных; Драпкина О. М., Концевая А. В. окончательно утвердили представление рукописи.

Авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Баланова Юлия Андреевна – ORCID 0000-0001-8011-2798; SPIN 7417-2194

Концевая Анна Васильевна – ORCID 0000-0003-2062-1536; SPIN 6787-2500

Мырзаматова Азалия Орозбековна – ORCID 0000-0001-8064-7215; SPIN 9306-1678

Муканеева Динара Кямиловна – ORCID 0000-0003-2682-7914; SPIN 3050-1199

Худяков Михаил Борисович – ORCID 0000-0002-7869-2030; SPIN

Драпкина Оксана Михайловна – ORCID 0000-0002-4453-8430; SPIN 4456-1297

Список литературы / References

1. *Баланова Ю. А., Концевая А. В., Мырзаматова А. О., Муканеева Д. К., Худяков М. Б.* Экономический ущерб, ассоциированный с избыточным потреблением соли в Российской Федерации в 2016 году // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019. Т. 18, № 4. С. 62–68; doi: 10.15829/1728-8800-2019-4-62-68

Balanova Yu. A., Kontsevaya A. V., Myrzamatova A. O., Mukaneeva D. K., Khudyakov M. B. Economic damage associated with excess salt intake of Russian people in 2016. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention]. 2019, 18 (4), pp. 62-68; doi: 10.15829/1728-8800-2019-4-62-68. [In Russian]

2. *Баланова Ю. А., Концевая А. В., Карамнова Н. С., Муканеева Д. К., Драпкина О. М.* Меры популяционной профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, направленные на снижение потребления соли: международный опыт и перспективы внедрения в Российской Федерации // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2020. Т. 16, № 6. С. 966–976; doi:10.20996/1819-6446-2020-12-08

Balanova Yu. A., Kontsevaya A. V., Karamnova N. S., Mukaneeva D. K., Drapkina O. M. Population-based CVD prevention measures aimed at reducing salt intake: analysis of international strategies and prospects for implementation in the Russian Federation. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii* [Rational Pharmacotherapy in Cardiology]. 2020, 16 (6), pp. 966-976; doi:10.20996/1819-6446-2020-12-08. [In Russian]

3. *Баланова Ю. А., Концевая А. В., Шальнова С. А., Деев А. Д., Артамонова Г. В., Гатагонова Т. М. и др.* Распространенность поведенческих факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в российской популяции по результатам исследования ЭССЕ-РФ // Профилактическая медицина. 2014. Т. 5. С. 42–52.

Balanova Iu. A., Kontsevaia A. V., Shal'nova S. A., Deev A. D., Artamonova G. V., Gatagonova T. M., et al. Prevalence of behavioral risk factors for cardiovascular disease in the Russian population: Results of the ESSE-RF epidemiological study. *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health = Profilakticheskaya meditsina*. 2014, 5, pp. 42-52. https://www.mediasphera.ru/issues/profilakticheskaya-meditsina/2014/5/031726-6130201458. [In Russian]

4. *Баланова Ю. А., Капустина А. В., Шальнова С. А., Имаева А. Э., Муромцева Г. А., Евстифеева С. Е., Карамнова Н. С., Максимов С. А., Доценко А. Н., Концевая А. В., Драпкина О. М.* Поведенческие факторы риска в российской популяции: результаты обследования по модифицированной методологии STEPS // Профилактическая медицина. 2020. Т. 23, № 5. С. 56–66; doi: 10.17116/profmed20202305156

Balanova Yu. A., Kapustina A. V., Shalnova S. A., Imaeva A. E., Muromtseva G. A., Evstifeeva S. E., Karamnova N. S., Maksimov S. A., Dotsenko A. N., Kontsevaya A. V., Drapkina O. M. Behavioral risk factors in the Russian population: results of a survey using a modified methodology STEPS. *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health = Profilakticheskaya meditsina*. 2020, 23 (5), pp. 56-66; doi: 10.17116/profmed20202305156. [In Russian]

5. *Баланова Ю. А., Куценко В. А., Шальнова С. А., Имаева А. Э., Капустина А. В., Муромцева Г. А., и др.* Взаимосвязь избыточного потребления соли, выявляемого по опросу, с уровнем натрия в моче и артериальным давлением (результаты исследования ЭССЕ) // Российский кардиологический журнал. 2020. Т. 25, № 6. С. 3791; doi: 10.15829/1560-4071-2020-3791

Balanova Yu. A., Kutsenko V. A., Shalnova S. A., Imaev A. E., Kapustina A. V., Muromtseva G. A., et al. Correlation of excess salt intake identified by the survey with urine sodium level and blood pressure: data of ESSE-RF study. *Russian Journal of Cardiology*. 2020, 25 (6), p. 3791; doi: 10.15829/1560-4071-2020-3791. [In Russian]

6. *Дедов И. И., Концевая А. В., Шестакова М. В., Белоусов Ю. Б., Баланова Ю. А., Худяков М. Б., Карпов О. И.* Экономические затраты на сахарный диабет 2 типа и его основные сердечно-сосудистые осложнения в Российской Федерации // Сахарный диабет. 2016. Т. 19, № 6. С. 518–527; doi: 10.14341/DM8153

Dedov I. I., Kontsevaya A. V., Shestakova M. V., Belousov Y. B., Balanova J. A., Khudyakov M. B., Karpov O. I. Economic evaluation of type 2 diabetes mellitus burden and its main cardiovascular complications in the Russian Federation. *Diabetes mellitus*. 2016, 19 (6), pp. 518-527; doi: 10.14341/DM8153. [In Russian]

7. Демографический ежегодник России. 2019: статистический сборник / Росстат. М., 2019. 252 с.

The Demographic Yearbook of Russia. 2019: Statistical Handbook. Rosstat. Moscow, 2019, 252 p. [In Russian]

8. *Концевая А. В., Драпкина О. М., Баланова Ю. А., Имаева А. Э., Суворова Е. И., Худяков М. Б.* Экономический ущерб от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации в 2016 году // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2018. Т. 14, № 2. С. 156–166; doi: 10. 20996/1819-6446-2018-14-2-156-166

Kontsevaya A. V., Drapkina O. M., Balanova Y. A., Imaeva A. E., Suvorova E. I., Khudyakov M. B. Economic Burden of Cardiovascular Diseases in the Russian Federation in 2016. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2018, 14 (2), pp. 156-166; doi: 10.20996/1819-6446-2018-14-2-156-166. [In Russian]

9. *Концевая А. В., Муканеева Д. К., Мырзаматова А. О., Баланова Ю. А., Худяков М. Б., Драпкина О. М.* Экономический ущерб факторов риска, обусловленный их вкладом в заболеваемость и смертность от основных хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации в 2016 году // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2020. Т. 19, № 1. С. 48–55; doi: 10.15829/1728-8800-2020-1-2396

Kontsevaya A. V., Mukaneeva D. K., Myrzamatova A. O., Balanova Yu. A., Khudyakov M. B., Drapkina O. M. Economic damage of risk factors associated with morbidity and mortality from major chronic non-communicable diseases in Russia in 2016. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention]. 2020, 19 (1), pp. 48-55; doi: 10.15829/1728-8800-2020-1-2396. [In Russian]

10. *Концевая А. В., Баланова Ю. А., Мырзаматова А. О., Худяков М. Б., Муканеева Д. К., Драпкина О. М.* Экономический ущерб онкологических заболеваний, ассоциированных с модифицируемыми факторами риска // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 133–141; doi: 10.21668/health.risk/2020.1.15

Kontsevaya A. V., Balanova Y. A., Myrzamatova A. O., Khudyakov M. B., Mukaneeva D. K., Drapkina O. M. Economic losses due to oncologic diseases related to modifiable risk factors. *Analiz riska zdorov'yu* [Preventive healthcare: topical issues of health risk analysis]. 2020, 1, pp. 133-141; doi: 10.21668/health.risk/2020.1.15 [In Russian]

11. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

Guidelines 2.3.1.2432-08 Norms of physiological requirements in energy and nutrients for different groups of the Russian population. Moscow, Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009, 36 p. [In Russian]

12. *Суворова Е. И., Концевая А. В., Рыжов А. П., Мырзаматова А. О., Муканеева Д. К., Худяков М. Б., Драпкина О. М.* Систематизация эффективных мер популяционной профилактики в условиях неопределённости: онтологический подход // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2020. Т. 19, № 5. С. 230–235; doi: 10.15829/1728-8800-2020-2505

Suvorova E. I., Kontsevaya A. V., Ryzhov A. P., Myrzamatova A. O., Mukaneeva D. K., Khudyakov M. B., Drapkina O. M. Systematization of effective population-based preventive measures under uncertainty: an ontological approach. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention]. 2020, 19 (5), pp. 230-235; doi: 10.15829/1728-8800-2020-2505. [In Russian]

13. Федеральная служба государственной статистики. Выборочное наблюдение рациона питания населения. Итоги / Федеральная служба государственной статистики. 2018. URL: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/food18/index.html (дата обращения: 13.11.2020).

Federal State Statistics Service. Selective observation of the diet of the population. Results. Federal State Statistics Service. 2018. Available from: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/food18/index.html (accessed: 13.11.2020). [In Russian]

14. Аудитория интернета в России в 2020 году. URL: https://mediascope.net/news/1250827/ (дата обращения: 17.02.2021).

Internet audience in Russia in 2020 Available from: https://mediascope.net/news/1250827/ (accessed: 17.02.2021). [In Russian]

15. Что такое интернет-маркетинг — полный обзор для новичков. URL: http://hiterbober.ru/business-terms/chto-takoe-internet-marketing.html (дата обращения: 28.09.2018).

What is internet marketing - a complete overview for beginners. Available from: http://hiterbober.ru/business-terms/chto-takoe-internet-marketing.html (accessed: 28.09.2018). [In Russian]

16. Asaria P., Chisholm D., Mathers C., Ezzati M., Beaglehole R. Chronic disease prevention: health effects and financial costs of strategies to reduce salt intake and control tobacco use. *The Lancet*. 2007, 9604 (370), pp. 2044-2053; doi: 10.1016/S0140- 6736(07)61698-5

17. Bernabe-Ortiz A., Y. Rosas V. G. S., Ponce-Lucero V., Cárdenas M. K., Carrillo-Larco R. M., Diez-Canseco F., Miranda J. J. Effect of salt substitution on community-wide blood pressure and hypertension incidence. *Nature medicine*. 2020, 26 (3), pp. 374-378; doi: 10.1038/s41591-020-0754-2

18. Blakely T., Cleghorn C., Mizdrak A., Waterlander W., Nghiem N., Swinburn B., Wilson N., Mhurchu C. N. The effect of food taxes and subsidies on population health and health costs: a modelling study. *Lancet Public Heal*. Elsevier Ltd, 2020, 5 (7), pp. e404-e413; doi: 10.1016/S2468-2667(20)30116-X

19. Briggs A. D. M., Wolstenholme J., Scarborough P. Estimating the cost-effectiveness of salt reformulation and increasing access to leisure centres in England, with PRIMEtime CE model validation using the AdViSHE tool. BMC Health Serv. *Res. BioMed Central Ltd*. 2019, 19 (1), p. 489; doi: 10.1186/s12913-019-4292-x

20. Christoforou A., Trieu K., Land M. A., Bolam B., Webster J. State-level and community-level salt reduction initiatives: A systematic review of global programmes and their impact. *Journal of Epidemiology and Community Health. BMJ Publishing Group*. 2016, 70 (11), pp. 1140-1150; doi: 10.1136/jech-2015-206997

21. Cobiac L. J., Tam K., Veerman L., Blakely T. Taxes and subsidies for improving diet and population health in Australia: a cost-effectiveness modelling study. *PLoS medicine*. 2017, 14 (2), p. e1002232; doi: 10.1371/journal.pmed.1002232

22. Collins B., Kypridemos C., Pearson-Stuttard J., Huang Y., Bandosz P., Wilde P., Kersh R., Capewell S., Mozaffarian D., Whitsel L. P., O'Flaherty M., Micha R. Sodium Reduction Targets and the Food Industry: Are There Incentives to Reformulate? Microsimulation Cost-Effectiveness Analysis. Milbank Q. *Blackwell Publishing Inc*. 2019, 97 (3), pp. 858-8804; doi: 10.1111/1468-0009.12402

23. Collins M., Mason H., O'Flaherty M., Guzman-Castillo M., Critchley J., Capewell S. An economic evaluation of salt reduction policies to reduce coronary heart disease in England: a policy modeling study. *Value in Health*. 2014, 17 (5), pp. 517-524; doi: 10.1016/j.jval.2014.03.1722

24. Dodd R., Santos J. A., Tan M., Campbell N. R., Ni Mhurchu C., Cobb L., Jacobson M., He J. H., Trieu K., Osornprasop S., Webster J. Effectiveness and Feasibility of Taxing Salt and Foods High in Sodium: A Systematic Review of the Evidence. *Advances in Nutrition*. 2020, 11 (6), pp. 1616-1630; doi: 10.1093/advances/nmaa067

25. He F. J., Jenner K. H., Macgregor G. A. WASH-world action on salt and health. *Kidney Int*. 2010, 78 (8), pp. 745-753; doi: 10.1038/ki.2010.280

26. Hyseni L., Elliot-Green A., Lloyd-Williams F., Kypridemos C., O'Flaherty M., McGill R., Orton L., Bromley H., Cappuccio F., Capewell S. Systematic review of dietary salt reduction policies: Evidence for an effectiveness hierarchy? *PLoS One*. 2017, 12 (5), p. e0177535; doi: 10.1371/journal.pone.0177535

27. Johnson C., Santos J. A., McKenzie B., Thout S. R., Trieu K., McLean R., Petersen K. S., Campbell N., Webster J. The Science of Salt: A regularly updated systematic review of the implementation of salt reduction interventions (September 2016-February 2017). *J. Clin. Hypertens*. 2017, 19 (10), pp. 928-938; doi: 10.1111/jch.13099

28. Leal J., Luengo-Fernández R., Gray A., Petersen S., Rayner M. Economic burden of cardiovascular diseases in the enlarged European Union. *Eur. Heart J*. 2006, 27 (13), pp. 1610-1619; doi: 10.1093/eurheartj/ehi733

29. Li X.-Y., Cai X.-L., Bian P.-D., Hu L.-R. High Salt Intake and Stroke: Meta-analysis of the Epidemiologic Evidence. *CNS Neurosci. Ther*. 2012, 18 (8), pp. 691-701; doi: 10.1111/j.1755-5949.2012.00355.x

30. Mozaffarian D., Fahimi S., Singh G. M., Micha R., Khatibzadeh S., Engell R. E., Lim S., Danaei G., Ezzati M., Powles J. Global Burden of Diseases Nutrition and Chronic Diseases Expert Group (NUTRICODE). *N Engl J Med*. 2014, 371 (7), pp. 624-634; doi: 10.1056/NEJMoa1304127

31. Newson R. S., Elmadfa I., Biro G., Cheng Y., Prakash V., Rust P., Barna M., Lion R., Meijer G. W., Neufingerl N., Szabolcs I., van Zweden R., Yang Y., Feunekes G. I. J. Barriers for progress in salt reduction in the general population. An international study. *Appetite*. 2013, 71, pp. 22-31; doi: 10.1016/j.appet.2013.07.003

32. Sodium (salt) intake is associated with a risk of developing type 2 diabetes [Electronic resource]. ScienceDaily (accessed: 08.06.2020).

33. Shen L., Sun J., Feng X., Wei Z., Ge S., Zhu Q. Association between Habitual Dietary Salt Intake and Risk of Gastric Cancer: A Systematic Review of Observational Studies. *Gastroenterol. Res. Pract.* 2012, 2012, pp. 1-11; doi: 10.1155/2012/808120

34. Smith-Spangler C. M., Juusola J. L., Enns E. A., Owens D. K., Garber A. M. Population Strategies to Decrease Sodium Intake and the Burden of Cardiovascular Disease. *Ann. Intern. Med.* 2010, 152 (8), pp. 481-487; doi: 10.7326/0003-4819-152-8-201004200-00212

35. Strazzullo P., D'Elia L., Kandala N. B., Cappuccio F. P. Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: meta-analysis of prospective studies. *BMJ.* 2009, 339, p. b4567; doi: 10.1136/bmj.b4567

36. Taylor C., Hoek A. C., Deltetto I., Peacock A., Do Thi Phuong Ha, Sieburg M., Hoang D., Trieu K., Cobb L., Jan S., Webster J. The cost-effectiveness of government actions to reduce sodium intake through salt substitutes in Vietnam. Available from: https://assets.researchsquare.com/files/rs-52885/v1/d8e1623d-e7cb-4b3a-892e-7a1b7522c903.pdf (accessed: 07.11.2020) doi: 10.21203/rs.3.rs-52885/v1

37. Thow A. M., Downs S. J. S. A systematic review of the effectiveness of food taxes and subsidies to improve diets: understanding the recent evidence. *Nutr Rev.* 2014, 72, pp. 551-565; doi: 10.1111/nure.12123

38. Virtanen M., Ervasti J., Mittendorfer-Rutz E., Lallukka T., Kjeldgård, L., Friberg E., Kivimäki M., Lundström E., Alexanderson K. Work disability before and after a major cardiovascular event: a ten-year study using nationwide medical and insurance registers. *Sci Rep.* 2017, 7, p. 1142; doi: 10.1038/s41598-017-01216-2

39. Wentzel-Viljoen E., Steyn K., Lombard C., De Villiers A., Charlton K., Frielinghaus S., Crickmore C., Mungal-Singh V. Evaluation of a Mass-Media Campaign to Increase the Awareness of the Need to Reduce Discretionary Salt Use in the South African Population. *Nutrients.* 2017, 11 (9), p. 1238; doi: 10.3390/nu9111238

40. WHO. Global Health Risks: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. *Bulletin of the World Health Organization.* 2009, 87, pp. 646-646.

41. WHO. "Best Buys" and other recommended interventions for the prevention and control of noncommunicable diseases. Geneva, Switzerland, World Health Organization, 2017, 18 p.

Контактная информация:

Баланова Юлия Андреевна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела эпидемиологии ХНИЗ и отдела укрепления общественного здоровья ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России

Адрес: 101990, г. Москва, Петроверигский пер., д. 10, стр. 3

E-mail: JBalanova@gnicpm.ru

Экология человека
2021, № 3, с. 34–41

УДК 613.84 + 613.81 DOI: 10.33396/1728-0869-2021-3-34-41

ТАБАКОКУРЕНИЕ И РИСКОВАННОЕ УПОТРЕБЛЕНИЕ АЛКОГОЛЯ СРЕДИ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2021 г. **Д. М. Максимов, Ж. В. Максимова**

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет»; ГАУЗ СО «Свердловский областной центр общественного здоровья и медицинской профилактики», г. Екатеринбург

Введение. Для табакокурения и злоупотребления алкоголем характерны отчетливые гендерные и возрастные особенности, а также сложные взаимосвязи с социальными факторами, например профессиональной деятельностью или уровнем образования, которые могут существенно варьировать в разных популяциях.

Цель исследования. Изучить распространённость табакокурения и рискованного употребления алкоголя среди работающего населения индустриального региона с учетом уровня образования, а также возраста и пола респондентов.

Методы. С помощью инструмента STEPS ВОЗ во время плановых медицинских осмотров в 2015 году были опрошены 2 432 работника преимущественно промышленных предприятий Свердловской области (59 % мужчин и 41 % женщин). Для изучения взаимосвязи табакокурения и употребления алкоголя с уровнем образования использовался многомерный логистический регрессионный анализ с корректировкой на возраст, пол и массу тела респондентов. Рассчитывали отношение шансов (ОШ) с 95 % доверительным интервалом (ДИ).

Результаты. Распространенность ежедневного курения составила 45,2 % у мужчин и 16,6 % у женщин. Распространенность рискованного употребления алкоголя составила 18,4 % среди мужчин и 10,2 % среди женщин. Больше всего курящих и злоупотребляющих алкоголем было в возрастной группе 25–34 лет. Начальное (ОШ = 3,2; 95 % ДИ: 2,0–5,3) и среднее (ОШ = 2,6; 95 % ДИ: 2,1–3,3) образование было независимо связано с более высокой распространенностью курения. Для рискованного употребления алкоголя эти показатели составили 2,7 (95 % ДИ: 1,5–4,6) и 1,8 (95 % ДИ: 1,5–2,4) соответственно по сравнению с высшим образованием.

Выводы. Среди сотрудников промышленных предприятий Свердловской области женщины чаще курили, а мужчины реже злоупотребляли алкоголем по сравнению с общим населением. Более низкий уровень образования и мужской пол были независимо связаны с ежедневным табакокурением и рискованным употреблением алкоголя. Наименее здоровое поведение наблюдалось у молодых респондентов.

Ключевые слова: работающее население, табакокурение, рискованное употребление алкоголя, образование, поперечное исследование

PREVALENCE OF SMOKING AND HAZARDOUS DRINKING AMONG INDUSTRIAL WORKERS IN THE SVERDLOVSK REGION

D. M. Maksimov, Zh. V. Maksimova

Ural State Medical University; Regional Center of Public Health and Medical Prophylaxis. Yekaterinburg, Russia

Introduction: Both smoking and heavy drinking have been consistently shown to be associated with social factors, such as age, gender and education, although their relative importance vary across populations.

Aim: To assess the prevalence and social correlates of tobacco smoking and hazardous drinking among industrial workers in the Sverdlovsk region of Russia.

Methods: Altogether, 2 432 employees (59 % men) of industrial enterprises of Sverdlovsk region took part in a cross-sectional study during annual medical checkup in 2015 using the WHO STEPS questionnaire. For this study only data on smoking, hazardous drinking, age, gender and education were used. Multiple logistic regression analysis was applied to study independent associations between smoking and hazardous alcohol consumption as dependent variables and education, age, gender and body mass index. Crude and adjusted odds ratios (OR) with 95 % confidence intervals (CI) were calculated.

Results: The prevalence of daily smoking was 45.2 % and 16.6 % among men and women, respectively. The corresponding numbers for hazardous drinking were 18.4 % and 10.2 %. The highest prevalence of both smoking and drinking were among 25-34 year-olds. Primary (OR = 3.2, 95 % CI: 2.0-5.3) and secondary (OR = 2.6, 95 % CI: 1.5-2.4) education were independently associated with higher prevalence of smoking. For associations between education and hazardous alcohol consumption the corresponding odds ratios were 2.7 (95 % CI: 1.5-4.6) and 1.8 (95 % CI: 1.3-2.5).

Conclusions: Female employees in the Sverdlovsk region were more likely to smoke while men were less likely to drink heavily compared to the general population. Gender and education were significantly associated with both smoking and hazardous drinking. The youngest age-group had the highest prevalence of the studied unhealthy behaviors.

Key words: working population, tobacco smoking, hazardous drinking, education, cross-sectional study

Библиографическая ссылка:

Максимов Д. М., Максимова Ж. В. Табакокурение и рискованное употребление алкоголя среди работников промышленных предприятий Свердловской области // Экология человека. 2021. № 3. С. 34–41.

For citing:

Maksimov D. M., Maksimova Zh. V. Prevalence of Smoking and Hazardous Drinking among Industrial Workers in the Sverdlovsk Region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 3, pp. 34-41.

Введение

Несмотря на улучшение некоторых показателей популяционного здоровья в Российской Федерации (РФ) в последнее десятилетие, высокая распространенность хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) по-прежнему лежит тяжким бременем на системе здравоохранения. Неблагоприятная медико-социальная ситуация в значительной степени определяется ранним развитием ХНИЗ и связанной с ними смертностью в трудоспособном возрасте. Значительная часть населения РФ не доживает до 70-летия, которое считается порогом ранней предотвратимой смерти [20]. При всем разнообразии ХНИЗ преждевременное развитие большинства из них так или иначе сводится к устранимым факторам риска, тесно связанным с образом жизни, таким как артериальная гипертония (АГ), повышенный уровень холестерина, курение, нерациональное питание, низкий уровень физической активности, ожирение, злоупотребление алкоголем. Перечисленные выше факторы более чем на 50 % определяют преждевременную смертность в РФ [14].

Изучение и мониторинг факторов риска и ассоциированных с ними ХНИЗ необходимы для оценки и прогнозирования медико-социальной ситуации, планирования лечебных и профилактических программ и справедливого распределения ресурсов здравоохранения. При этом особое внимание уделяется трудоспособному населению, или лицам от 18 до 65 лет, здоровье которых в значительной степени определяет демографический и экономический потенциал государства. Наиболее надежным инструментом изучения популяционного здоровья являются эпидемиологические исследования, которые не только позволяют оценить распространенность ХНИЗ и их факторов риска, но также помогают выявить важные медико-социальные закономерности и тенденции. В качестве примеров крупных исследовательских проектов, которые были проведены в РФ в последнее десятилетие, можно привести исследования GATS (Global Adult Tobacco Survey 2006 и 2016) [4, 5] и исследование ЭССЭ-РФ (Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах Российской Федерации) [2].

Помимо мониторинга известных факторов риска ХНИЗ дополнительный интерес представляет изучение социальных детерминант образа жизни, например уровня образования или дохода, влияние которых на здоровье может быть довольно существенным. Например, по данным национальной статистики здоровья США, лица с начальным образованием живут приблизительно на 9 лет меньше своих сверстников с дипломом бакалавра и выше; среди лиц с высшим образованием курят только 9 %, в то время как среди лиц с образованием не выше школьного распространенность курения достигает 31 % [19]. Во многих национальных и международных публикациях отмечается ассоциация более высокого образования со здоровым образом жизни [10, 11], однако в разных популяциях и в отношении разных факторов риска эта взаимосвязь может варьировать, в некоторых случаях демонстрируя противоположное направление. Например, по данным крупного международного исследования табакокурения GATS, в РФ в 2009 году женщины с высшим образованием курили чаще женщин со средним и начальным образованием: 26,6 % против 19,7 и 2,7 соответственно [5]. С другой стороны, по данным национального исследования ЭССЭ-РФ, которое проводилось всего через 3 года после GATS, мужчины и женщины с более высоким образованием меньше курили, а также были более физически активны и придерживались более здоровой диеты, при этом убедительной взаимосвязи образования с уровнем употребления алкоголя выявлено не было [7]. Подобные расхождения могут быть вызваны не только истинными эпидемиологическими отличиями изучаемых популяций, но и использованием разных опросников и разных методов интерпретации результатов.

В целом определение наименее здоровых групп трудоспособного населения необходимо для понимания специфики национальной и региональной распространенности факторов риска, а также целевого позиционирования профилактических мероприятий. Цель настоящего исследования – оценить распространенность табакокурения и употребления алкоголя среди работающего населения крупного индустриального региона, а также изучить возможную взаимосвязь ежедневного табакокурения и рискованного употребления алкоголя с уровнем образования.

Методы

Исследование было организовано ГАУЗ СО «Свердловский областной центр медицинской профилактики» на базе ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий Роспотребнадзора», здравпункта АО «Уралэлектромедь» (г. Верхняя Пышма), МСЧ АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» (г. Нижний Тагил). Респондентами исследования были работники преимущественно промышленных предприятий Свердловской области в возрасте 18 лет и старше, проходившие плановый медицинский осмотр (профосмотр) в сентябре – ноябре 2015 года.

Всего было проанкетировано и осмотрено 2 432 человека, 59,4 % мужчин и 40,6 % женщин, средний возраст (медиана) составил 45 лет (диапазон от 18 до 78 лет). Респонденты представляли 44 организации из 14 административно-территориальных единиц Свердловской области, включая три самых крупных города: Екатеринбург, Нижний Тагил и Каменск-Уральский. К промышленным предприятиям относились 24 организации (2 128 респондентов, 87,5 % выборки), 20 организаций (304 человека, 12,5 % выборки) представляли другие виды деятельности (медицинские организации, муниципальные предприятия, дорожно-эксплуатационные службы и пр.). В структуре занятости Свердловской области доля промышленных предприятий, по разным источникам,

составляет около 30 %. Профессиональный спектр был представлен собственно квалифицированными рабочими, инженерно-техническим персоналом, работниками вспомогательных подразделений и пр. Авторы исследования не влияли на отбор потенциальных респондентов, то есть само участие в опросе было обусловлено плановым направлением на профосмотр, которое случайным образом совпало с периодом проведения исследования. Дополнительно к процедуре стандартного информированного согласия на медицинское обследование все потенциальные респонденты должны были письменно подтвердить согласие на предоставление своих данных для целей исследования. Медицинский персонал был специально обучен методике проведения анкетирования, данные участников заносились в первичную документацию в обезличенном формате. Поскольку анкетирование и обследование было частью обязательной структуры профосмотра, отклик был близок к 100 %. Все анкеты респондентов были приняты к анализу, доля утраченных значений (незаполненных или неправильно указанных) составила 1,1 % от всего «сырого» массива данных.

Половозрастная структура выборки отличалась от трудоспособного населения РФ и Свердловской области преобладанием мужчин, а также большей долей лиц 45–49 лет (24 % против 8) [8]. Высшее и незаконченное высшее образование имели 26 % респондентов, среднее и среднее специальное – 70 %, образование ниже среднего – 4 %, что в целом было близко к образовательной структуре популяции РФ за исключением несколько меньшего числа лиц с высшим и неполным высшим образованием, и большего – со средним (32 и 62 % в РФ соответственно) [3]. Таким образом, выборку исследования можно охарактеризовать как лиц трудоспособного возраста, работающих преимущественно в производственном секторе, с относительно большей долей мужчин и лиц 45–49 лет в сравнении с общей популяцией.

Определение необходимого размера выборки производилось с помощью программного пакета OpenEpi 3.03 [22]. В качестве методического руководства использовались рекомендации рабочей группы по проведению глобального опроса распространенности табакокурения как показательного фактора риска ХНИЗ [23]. Расчет проводился с учетом вероятной распространенности табакокурения в 39,5 %, по актуальным данным ВОЗ на момент исследования [20]. За уровень погрешности результата было принято 3 %. С учетом кластерного характера выборки использовалось значение дизайн-эффекта, равное 2, то есть полученное расчетное количество участников было увеличено в 2 раза, чтобы скомпенсировать возможное влияние группирующего эффекта на вариабельность изучаемых исходов. В результате было выбрано наибольшее значение выборки с учетом 95 % доверительного интервала (ДИ) – 2 047 человек. Принимая во внимание возможные потери данных, окончательный размер выборки был увеличен на 20 % до 2 456 человек. Дизайн исследования – одномоментное аналитическое кросс-секционное. Методы исследования: анонимный анкетный опрос, измерение массы тела, роста и окружности талии.

При разработке первичной документации использовался адаптированный русскоязычный инструмент эпидемиологического мониторинга (вопросник) STEPS ВОЗ [1]. Типовая модель инструмента STEPS была сокращена с учетом задач исследования без искажения структуры и содержания. Вопросник включал демографические показатели (пол, возраст), результаты антропометрии (рост, масса тела), сведения об образовании, а также вопросы по оценке курительного статуса и уровня употребления алкоголя. На основании полученных измерений роста и массы тела рассчитывался индекс массы тела (ИМТ) [21]. Включение ИМТ в перечень изучаемых параметров было обусловлено хорошо изученной ассоциацией курения и более низкой массы тела [17], а также потенциальной (но менее убедительной) ассоциацией регулярного употребления больших доз алкоголя и избыточной массы тела [24]. Уровень употребления алкоголя считался рискованным (потенциально опасным для здоровья, «hazardous drinking» в международной терминологии) при употреблении более 10 стандартных доз алкоголя в неделю для мужчин и более 5 – для женщин [6, 9]. Стандартной дозой считалось 10 граммов алкоголя [9]. Всем респондентам было объяснено соответствие стандартной дозы типовым объемам основных алкогольных напитков.

Статистическая обработка данных проводилась в программах Gretl-2017d и Jamovi 1.2.27 [26]. Количественные переменные представлялись в виде среднего значения и стандартного отклонения, в случае ненормального распределения – медианы и половины межквартильного размаха. Для выявления независимой ассоциации изучаемых исходов (ежедневное табакокурение и рискованное употребление алкоголя) с потенциальными предикторами (пол, возраст, ИМТ и уровень образования респондентов) использовался многомерный логистический регрессионный анализ для бинарной переменной отклика. Линейный регрессионный анализ использовался для непрерывных исходов. Степень взаимосвязи выражалась через скорректированное отношение шансов (ОШ) с 95 % доверительными интервалами (ДИ). Все расчеты проводили на уровне доверительной вероятности 95 %. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Табакокурение

Распространенность табакокурения составила 40,7 %, 52,7 % среди мужчин и 22,7 % среди женщин; ежедневно курили 33,7 %, 45,2 % мужчин и 16,6 % женщин (табл. 1). По данным национальной статистики, в 2016 году курили 30,3 % населения РФ (49,5 % мужчин, 14,4 % женщин), из них ежедневно – 26,1 % (43,9 % мужчин и 11,3 % женщин) [4]. Таким образом, распространенность табакокурения

среди работающих мужчин была близка к средним показателям РФ, а работающие женщины курили более часто (как эпизодически, так и ежедневно). Другим отличием от общей популяции был более высокий уровень готовности работающих респондентов к отказу (73,6 % против 56,2 в РФ) и попыток бросить курить за последний год (43,3 % против 32,1 в РФ) при отсутствии гендерных различий, в то время как, по национальным данным, женщины были сильнее мотивированы к отказу [4].

Гендерные особенности табакокурения были убедительно подтверждены в многофакторном анализе: шансы ежедневного курения у мужчин были практически в четыре раза выше, чем у женщин (ОШ = 3,8; 95 % ДИ: 3,1–4,6, p < 0,001) вне зависимости от возраста, ИМТ, уровня образования и уровня употребления алкоголя (табл. 2). Наибольшая доля курящих наблюдалась в группе 25–34 лет, в дальнейшем она снижалась на 7–14 % в каждой последующей 10-летней возрастной страте и в самой старшей группе составляла всего 15 % (см. табл. 1). Независимая ассоциация более старшего возраста с относительно низкой распространенностью ежедневного табакокурения была также убедительно подтверждена в многофакторном анализе (см. табл. 2).

Таблица 1

Распространенность табакокурения* в зависимости от пола, возраста и уровня образования, %

Группа	Всего	Мужчины	Женщины
Всего	40,7	52,7	22,7
По возрасту, лет			
18–24	46,6	55,0	28,6
25–34	55,9	63,9	38,2
35–44	42,9	53,9	25,8
45–54	35,8	50,1	20,1
55–64	28,8	41,3	15,0
65–78	14,8	20,0	0
По уровню образования			
Ниже среднего	51,0	60,6	25,9
Среднее школьное и среднее специальное	45,2	56,9	27,0
Высшее	26,7	38,3	13,1

Примечание. * – ежедневное и эпизодическое курение.

Таблица 2

Факторы, ассоциированные с ежедневным табакокурением

Фактор	ОШ*	ОШ**	95 % ДИ	p
Мужской пол[1]	4,2	3,8	3,1–4,6	<0,001
Начальное образование[2]	1,7	3,2	2,0–5,3	<0,001
Среднее образование[2]	1,9	2,6	2,1–3,3	<0,001
Рискованное употребление алкоголя[3]	2,4	1,9	1,5–2,4	<0,001
Дополнительный год возраста	0,97	0,97	0,96–0,98	<0,001
Дополнительный кг/м² ИМТ	0,96	0,97	0,95–0,99	0,003

Примечания. * – отношение шансов в однофакторном анализе; ** – скорректированное отношение шансов, многофакторная логистическая регрессия; 1 – по сравнению с женским полом; 2 – по сравнению с высшим образованием; 3 – по сравнению с условно безопасным употреблением.

Среди лиц с высшим образованием ежедневно курили 20,8 %, 31,8 % мужчин и 7,8 % женщин. Относительно низкие уровни образования были обратно взаимосвязаны с более высокой распространенностью табакокурения (см. табл. 1). В многофакторном анализе сильная и независимая ассоциация уровня образования и ежедневного курения была убедительно подтверждена: у респондентов с начальным образованием шансы ежедневного курения были в 3,2 раза чаще, со средним – в 2,6 раза выше, чем у лиц с высшим и незаконченным высшим образованием (см. табл. 2). Кроме того, шансы ежедневного курения были практически в два раза выше у лиц, склонных к рискованному употреблению алкоголя (ОШ = 1,9) (см. табл. 2).

Была подтверждена взаимосвязь курения и относительно низкой массы тела – на каждый дополнительный кг/м² ИМТ шансы ежедневного курения уменьшались на 3 % (см. табл. 2); курящие респонденты весили в среднем на 2,3 кг меньше некурящих сверстников своего пола (95 % ДИ: –3,6; –0,96, p < 0,001).

Рискованное употребление алкоголя

Регулярно (хотя бы раз в неделю) употребляли алкоголь 45 % респондентов: 58,3 % мужчин и 25,4 % женщин. При этом в течение недели они выпивали в среднем 6 стандартных доз, мужчины 6, женщины 3 дозы (медианы). Рискованный еженедельный уровень употребления алкоголя был выявлен у 15 % опрошенных, 18,4 % мужчин и 10,2 % женщин. По данным глобального мониторинга ВОЗ от 2016 года, у 20,9 % населения РФ старше 15 лет (36,9 % мужчин, 7,4 % женщин) наблюдались расстройства, связанные со

Таблица 3

Распространённость рискованного употребления алкоголя в зависимости от пола, возраста и уровня образования, %

Группа	Всего	Мужчины	Женщины
Всего	15	18,4	10,2
По возрасту, лет			
18–24	14,6	15,5	12,5
25–34	17,3	19,5	12,3
35–44	16,5	19,3	12,1
45–54	13,8	17,5	9,8
55–64	13,7	18,4	6,7
65–78	7,4	10,0	0
По уровню образования			
Ниже среднего	24,2	29,2	11,1
Среднее школьное и среднее профессиональное	16,7	19,9	11,8
Высшее	8,9	10,8	6,6

злоупотреблением алкоголем (вредное употребление и алкоголизм) [15]. Таким образом, работающие мужчины отчетливо реже злоупотребляли алкоголем, чем в среднем по РФ.

Наибольшая доля лиц с рискованным употреблением алкоголя была выявлена в группе 25–34 лет, при этом постепенного снижения употребления алкоголя с возрастом, по аналогии с табакокурением, выявлено не было. Особенно это касалось мужчин, среди которых доля злоупотреблявших была довольно стабильной практически до достижения пенсионного (65 лет) возраста (табл. 3).

Многофакторный анализ также не показал убедительной взаимосвязи между более старшим возрастом и уменьшением употребления алкоголя (табл. 4). При этом мужской пол повышал шансы на рискованное употребление алкоголя в 1,5 раза, ежедневное курение – в 1,9 раза, а относительно низкий уровень образования – в 1,8–2,7 раза (см. табл. 4). То есть из всех независимых предикторов наиболее сильная ассоциация с избыточным употреблением алкоголя была у низкого (начального) образования. Это также хорошо видно по нескорректированным данным распространенности: среди мужчин с образованием ниже среднего практически у 30 % наблюдалось рискованное употребление, а с ростом уровня образования доля лиц, избыточно употреблявших алкоголь, прогрессивно сокращалась (см. табл. 3). Меньше всего злоупотребляющих было среди работающих женщин с высшим образованием – 6,6 %. В среднем в течение недели мужчины употребляли на 4,3 дозы алкоголя больше женщин, курильщики – на 2,4 дозы больше некурящих, а лица со средним и начальным образованием – на 1,2–3,3 дозы больше респондентов с высшим образованием. Регулярно курили и рискованно употребляли алкоголь 8,7 % респондентов (12,1 % мужчин и 3,7 % женщин).

Таблица 4

Факторы, ассоциированные с рискованным употреблением алкоголя

Фактор	ОШ*	ОШ**	95 % ДИ	p
Мужской пол[1]	2,0	1,5	1,2–2,0	0,001
Начальное образование[2]	1,9	2,7	1,5–4,6	<0,001
Среднее образование[2]	1,6	1,8	1,3–2,5	<0,001
Ежедневное табакокурение[3]	2,4	1,9	1,5–2,4	<0,001
Дополнительный год возраста	0,99	0,99	0,98–1,01	0,14
Дополнительный кг/м² ИМТ	1,01	1,02	0,99–1,04	0,11

Примечания. * – отношение шансов в однофакторном анализе; ** – скорректированное отношение шансов, многофакторная логистическая регрессия; 1 – по сравнению с женским полом; 2 – по сравнению с высшим образованием; 3 – по сравнению с некурением и эпизодическим курением.

Индекс массы тела был чуть выше среди употребляющих относительно высокие дозы алкоголя, однако эта закономерность была статистически не убедительной (см. табл. 4). Злоупотреблявшие алкоголем весили в среднем на 1,3 кг больше редко/мало выпивающих сверстников своего пола (95 % ДИ: –0,36; 3,1, p = 0,12, с корректировкой на ежедневное курение респондентов).

Обсуждение результатов

В исследовании была выявлена более высокая распространённость табакокурения у женщин и меньшая частота рискованного употребления алкоголя у мужчин по сравнению с данными общей популяции. Наименее здоровое поведение наблюдалось у молодых и менее образованных респондентов. В целом мужской пол и относительно низкий уровень образования были сильно и независимо ассоциированы с ежедневным табакокурением и рискованным употреблением алкоголя.

Выборка исследования представляла работающее население индустриального региона, а по некоторым параметрам была близка к общей популяции РФ. Набор респондентов из организованных работников через систему профосмотров показал себя как простой и достаточно информативный способ мониторинга факторов риска ХНИЗ на региональном уровне. Преимуществами подобного подхода были быстрота и простота сбора первичных данных; наличие медицинских подразделений (здравпункты, медсанчасти), через которые можно проводить организованное анкетирование и обследование работников; высокий отклик респондентов и надежность первичных данных, а также охват социальной страты работающих лиц, которые в иных случаях могли быть менее доступны в качестве респондентов (например, при случайной территориальной выборке). Достаточный объем и качество данных позволили провести многофакторный анализ, в котором были скорректированы гендерные и возрастные отличия и убедительно продемонстрированы независимые взаимосвязи образа жизни и уровня образования респондентов.

С другой стороны, следствием кластерного профессионально-смещенного набора участников были определенные отличия выборки от общей популяции, в частности относительно большее число мужчин 45–49 лет и преобладание среди респондентов работников промышленных предприятий. Поэтому полученные в исследовании нескорректированные показатели распространённости следует с осторожностью экстраполировать на общую популяцию. Другим ограничением была оценка употребления алкоголя только по одному показателю (типичное количество стандартных доз в неделю). Это могло привести к занижению истинной распространённости злоупотребления алкоголем, поскольку не учитывало эпизодическое «ударное» употребление («heavy episodic drinking» в классификации ВОЗ, обычно определяемое как употребление 6 и более доз за один прием в течение последних 30 дней). Определенному занижению показателя мог способствовать исполь-

зованный в анкете пример «стандартной бутылки» пива как эквивалента одной дозы, хотя фактически в стандартной бутылке/банке пива (450 мл 4–5 %) содержится около 1,6 дозы алкоголя. Также в исследовании не учитывался уровень дохода респондентов, который достаточно четко коррелирует с образом жизни, поэтому выявленный позитивный эффект образования мог быть отчасти обусловлен более высоким уровнем благосостояния. Наконец, поскольку исследование было одномоментным, выявленные ассоциации образования и образа жизни нельзя однозначно трактовать как причинно-следственные взаимоотношения.

Относительно высокая распространенность табакокурения среди женщин по сравнению с национальными данными вряд ли была связана с ошибкой измерения, поскольку для оценки курительного статуса использовалась одинаковая методология. Эта разница могла быть следствием вовлеченности обследованных женщин в организованную профессиональную деятельность, что нередко приводит к выравниванию гендерных различий поведения. По данным литературы, для работающих женщин в целом характерен чуть более высокий уровень курения, который также может существенно варьировать в зависимости от рода занятий [25]. При этом более чем двукратное преобладание мужчин среди курильщиков было довольно типичным для РФ [2, 4]. Глобальные данные также демонстрируют более высокую распространенность табакокурения среди мужчин: в странах с высоким уровнем дохода она составляет 29 % против 18 % у женщин, в среднем же в мире курят 35 % мужчин и 6 % женщин [27]. Эта особенность считается скорее социальной по своей природе и обусловлена в большей степени разным ролевым поведением мужчин и женщин. Возрастные особенности табакокурения, а именно самая высокая распространенность среди лиц 25–34 лет с дальнейшим снижением с каждой возрастной стратой, соответствовали данным национального исследования ЭССЕ-РФ [2]. Уменьшение табакокурения с возрастом можно объяснить увеличением количества отказывающихся от курения, исторически более низкой распространённостью табакокурения среди представителей старших поколений, а также преждевременной смертностью курящих лиц. Распространенность табакокурения среди респондентов с высшим образованием была близка к общепопуляционным показателям стран с высоким уровнем дохода [27], а уменьшение числа курящих с повышением уровня образования как среди мужчин, так и среди женщин соответствовало национальным данным РФ [2]. Полученные в многофакторном анализе скорректированные данные о взаимосвязи курения и образования были практически идентичны показателям американской популяции, где лица с начальным и средним школьным образованием курили в 3,4 раза, а лица со средним специальным образованием (колледж) – в 2,6 раза чаще по сравнению с теми, кто получил университетскую степень бакалавра и выше [19].

Сравнивать распространенность рискованного употреблении алкоголя с национальными и глобальными данными сложнее, поскольку для оценки использовался только один показатель среднего недельного употребления. Относительно уверенно можно говорить только о низкой распространенности избыточного употребления алкоголя у работающих мужчин по сравнению с показателями РФ. Это отличие могло быть обусловлено особенностями поведения организованных работников, например сдерживающим влиянием трудовой дисциплины. По данным литературы, статус безработного (отсутствие регулярной занятости) отчетливо коррелирует с более частым злоупотреблением алкоголем [16]. Выявленная взаимосвязь образования и рискованного употребления алкоголя также описана в мировой литературе, например, в кросс-секционном исследовании японских авторов 2019 года более низкий уровень образования (средняя школа или меньше) был значимо связан с повышенным риском проблемного употребления алкоголя – ОШ = 2,06; 95 % ДИ: 1,34–3,16 по сравнению с университетским образованием (бакалавр и выше) [18]. В крупном голландском когортном исследовании лица с относительно низким образованием в 3 раза чаще злоупотребляли алкоголем [12]. По данным глобального мониторинга ВОЗ, в большинстве развитых стран рискованное (hazardous drinking) и ударное (heavy episodic drinking) употребление алкоголя у мужчин ассоциировано с более низким уровнем образования, а у женщин – с более высоким [15]. В настоящем исследовании женщины с более высоким образованием реже злоупотребляли алкоголем, что могло быть результатом иных национальных или гендерных поведенческих установок.

Объяснение взаимосвязи уровня образования и образа жизни выходило за рамки настоящего исследования ввиду его одномоментного характера. Данные мировой литературы в целом говорят об интегральной ассоциации образования и здорового образа жизни за счет собственно просветительского эффекта, а также за счет более высоких дохода и социального статуса. Также упоминается эффект так называемой обратной причинности (reverse causality), когда курение и злоупотребление алкоголем могут приводить к худшей успеваемости и служить препятствием для получения образования [11, 13]. В целом уровень образования показал себя как сильный предиктор образа жизни и потенциальный конфаундер, что необходимо учитывать в дальнейших исследованиях факторов риска ХНИЗ и эпидемиологическом мониторинге.

Обобщая результаты исследования, следует также отметить высокую распространенность злоупотребления алкоголем и особенно табакокурения среди работающих лиц молодого возраста, что говорит о сохраняющейся высокой «заболеваемости», которая со временем может транслироваться в неблагоприятные медико-демографические показатели. Эту эпидемиологическую реальность необходимо принимать во внимание при планировании целевых профилактических мероприятий.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Глуховской С. В., главному специалисту по медицинской профилактике Министерства здравоохранения РФ в Уральском федеральном округе, за помощь в организации исследования.

Авторство

Максимова Ж. В., Максимов Д. М. внесли существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, статистическую обработку, интерпретацию данных, написание текста. Максимова Ж. В. осуществила сбор первичной документации, подготовку и аудит базы данных. Оба автора утвердили окончательную версию рукописи.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов

Максимов Дмитрий Михайлович – SPIN 8607-8484; ORCID 0000-0001-8525-2116
Максимова Жанна Владимировна – SPIN 9206-8780; ORCID 0000-0002-7924-7668

Список литературы / References

1. *Баланова Ю. А., Имаева А. Э., Концевая А. В., Шальнова С. А., Деев А. Д., Капустина А. В., Евстифеева С. Е., Муромцева Г. А.* Эпидемиологический мониторинг факторов риска хронических неинфекционных заболеваний в практическом здравоохранении на региональном уровне: методические рекомендации ФГБУ «ГНИЦПМ» Минздрава России / под ред. С. А. Бойцова. М.: Медиа Сфера, 2016. 111 с.

Balanova Yu. A., Imaeva A. E., Kontsevaya A. V., Shalnova S. A., Deev A. D., Kapustina A. V., Evstifeeva S. E., Muromtseva G. A. Epidemiological monitoring of risk factors of chronic non-communicable diseases in public health practice at the regional level. *National Research Center for Preventive Medicine*. Moscow, Media Sphera Publ., 2016, 111 p. [In Russian]

2. *Баланова Ю. А., Концевая А. В., Шальнова С. А. и др.* Распространенность поведенческих факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в российской популяции по результатам исследования ЭССЭ // Профилактическая медицина. 2014. № 18 (5). С. 42–52.

Balanova Yu. A., Kontsevaya A. V., Shalnova S. A. et al. Prevalence of behavioral risk factors for cardiovascular disease in the Russian population: Results of the ESSE-RF epidemiological study. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2014, 5, pp. 42-52. [In Russian]

3. *Бондаренко Н. В., Гохберг Л. М., Ковалева Н. В. и др.* Образование в цифрах: 2019: краткий статистический сборник / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2019. 96 с.

Bondarenko N. V., Gokhberg L. M., Kovaleva N. V. et al. *Education in Figures: 2019: brief statistical digest*. National Research University Higher School of Economics. Moscow, 2020, 96 p. [In Russian]

4. *Глобальный опрос взрослого населения о потреблении табака: Российская Федерация. Краткий обзор, 2016 г.* Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2016, 9 p.

Global Adult Tobacco Survey: Russian Federation. Executive summary 2016. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2016, 9 p. [In Russian]

5. *Глобальный опрос взрослого населения о потреблении табака. Российская Федерация, 2009*. Страновой отчет. ВОЗ / Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации, 2009. 185 с.

Global Adult Tobacco Survey. Russian Federation, 2009. Country report. WHO, Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation, 2009, 185 p. [In Russian]

6. Кардиоваскулярная профилактика. Национальные рекомендации. Всероссийское научное общество кардиологов // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2011. № 10 (6), пр. 2. 64 с.

Cardiovascular prevention. National guideline. Russian Scientific Society of Cardiology. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular therapy and prevention]. 2011, 10 (6), spl. 2, 64 p. [In Russian]

7. *Концевая А. В., Шальнова С. А., Баланова Ю. А. и др.* Социально-экономические градиенты поведенческих факторов риска в российской популяции (по результатам исследования ЭССЕ-РФ) // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2015. № 14 (4). С. 59–67.

Kontsevaya A. V., Shalnova S. A., Balanova Yu. A. et al. Social and economic gradients of behavioral risk factors in Russian population (by the ESSE-RF study). *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular therapy and prevention]. 2015, 14 (4), pp. 59-67. [In Russian]

8. *Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2015 года: (статистический бюллетень)*. Федер. служба гос. статистики (РОССТАТ). М.: Росстат, 2015. 388 с.

Population of the Russian Federation by sex and age as of January 1, 2015: (statistical bulletin). Feder. service of state statistics (ROSSTAT). Moscow, Rosstat, 2015, 388 p. [In Russian]

9. Babor T. F., Higgins-Biddle J. C. *Brief intervention for hazardous and harmful drinking: a manual for use in primary care*. Geneva, World Health Organization, 2001, 53 p.

10. Cohen A. K., Syme S. L. Education: a missed opportunity for public health intervention. *American journal of public health*. 2013, 103 (6), pp. 997-1001.

11. Cutler D. M., Lleras-Muney A. *Education and Health: Evaluating Theories and Evidence*. National bureau of economic research. Working Paper No. 12352, 2006, 37 p.

12. Droomers M., Schrijvers C. T., Mackenbach J. P. Educational Differences in Starting Excessive Alcohol Consumption: Explanations from the Longitudinal Globe Study. *Soc Sci Med*. 2004, 58 (10), pp. 2023-2033.

13. Feinstein L., Sabates R., Anderson T. M., Sorhaindo A., Hammond C. What are the effects of education on health. *Proceedings of the Copenhagen Symposium*, 2006, 354 p.

14. GBD 2016 Russia Collaborators. The burden of disease in Russia from 1980 to 2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2018, 392 (10153), pp. 1138-1146.

15. *Global status report on alcohol and health 2018*. Geneva, World Health Organization, 2018, 450 p.

16. Henkel D. Unemployment and substance use: a review of the literature (1990-2010). *Curr Drug Abuse Rev*. 2011, 4 (1), pp. 4-27.

17. Munafo M. R., Tilling K., Ben-Shlomo Y. Smoking status and body mass index: a longitudinal study. *Nicotine Tob Res*. 2009, 11 (6), pp. 765-771.

18. Murakami K., Hashimoto H. Associations of education and income with heavy drinking and problem drinking among men: evidence from a population-based study in Japan. *BMC Public Health*. 2019, 19 (1), 420, pp. 1-9.

19. National Center for Health Statistics. Health, United States, 2011: With Special Feature on Socioeconomic Status and Health. Hyattsville, MD, 2012, 556 p.

20. *Noncommunicable diseases country profiles 2014*. Geneva, World Health Organization, 2014, 210 p.

21. *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. Report of a WHO consultation. World Health Organ Tech Rep Ser. Geneva, World Health Organization, 2000, 252 p.

22. OpenEpi (2013) Open Source Epidemiologic Statistics for Public Health, Version 3.01. https://www.OpenEpi.com.

23. Palipudi K. M., Morton J., Hsia J., Andes L., Asma S., Talley B., Caixeta R. D., Fouad H., Khoury R. N., Ramanandraibe N., Rarick J., Sinha D. N., Pujari S., Tursan d'Espaignet E. On behalf of the GATS Collaborative Group. Methodology of the Global Adult Tobacco Survey - 2008-2010. *Glob Health Promot*. 2016, 2 spl., pp. 3-23.

24. Sayon-Orea C., Martinez-Gonzalez M. A., Bes-Rastrollo M. Alcohol consumption and body weight: a systematic review. *Nutr Rev*. 2011, 69 (8), pp. 419-431.

25. Syamlal G., Mazurek J. M., Dube S. R. Gender differences in smoking among U.S. working adults. *Am J Prev Med*. 2014, 47 (4), pp. 467-475.

26. The Jamovi project (2020). Jamovi (Version 1.2). Retrieved from https://www.jamovi.org.

27. WHO report on the global tobacco epidemic, 2017: monitoring tobacco use and prevention policies. Geneva, World Health Organization, 2017, 263 p.

Контактная информация:

Максимов Дмитрий Михайлович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры профилактической, семейной и эстетической медицины ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России; врач отдела мониторинга факторов риска неинфекционных заболеваний ГАУЗ СО «Свердловский областной центр общественного здоровья и медицинской профилактики»

Адрес: 620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3

E-mail: kafsemmed@gmail.com

Экология человека
2021, № 3, с. 42–47

УДК (611.018.5+613.38)(98) DOI: 10.33396/1728-0869-2021-3-42-47

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КРОВИ ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОГО РАЙОНА С НИЗКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

© 2021 г. [1]А. Н. Никанов, [2]А. Б. Гудков, [2]О. Н. Попова, [2]В. С. Смолина, [1,3]В. П. Чащин

[1]ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург; [2]ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск; [3]ФГАОУ ВО НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва

Введение. Минеральный состав питьевой воды сильно отличается между городами и может оказывать влияние на минеральный состав крови населения.

Цель: оценить минеральный состав крови жителей, проживающих в районах с низкой минерализацией воды из подземных источников, распределяемой системами централизованного водоснабжения в Арктической зоне России.

Методы. Исследование проводилось в г. Кировске Мурманской области. В исследовании приняли участие постоянные жителя в возрасте от 18 до 23 лет, постоянно проживающие изучаемом районе. Определение химических элементов в воде и цельной крови выполнено методом атомно-эмиссионной спектрометрии. Анализировалось содержание Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn, Y.

Результаты. Водопроводная вода в г. Кировске имеет повышенный водородный показатель, с общей минерализацией 65,0 мг/л (при ПДК 1 000 мг/л): содержание магния ниже физиологического уровня в 1 000–1 500 раз, а кальция – в 150–300 раз. Концентрация алюминия превышает ПДК в 1,3–1,5 раза, по остальным элементам – в десятки и сотни раз ниже ПДК. В крови содержание кальция несколько ниже средней величины для здоровых людей, а магния – соответствует нормальным значениям. Выявлено высокое содержание бора (2,45 ± 0,11) мг/л.

Выводы. У жителей, проживающих в районе с низким уровнем общей минерализации водопроводной воды, выявлено снижение содержания кальция, но не магния в цельной крови. Не обнаружено высоких концентраций тяжелых металлов. Несмотря на высокий уровень содержания алюминия в воде, его концентрации в крови находятся в пределах физиологической нормы. Повышенное содержание в крови бора требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: Арктика, минеральный состав крови, слабоминерализованная вода

BLOOD MINERAL COMPOSITION IN RESIDENTS OF THE ARCTIC REGION WITH LOW WATER MINERALIZATION RATES IN CENTRALIZED TAP WATER SUPPLY SYSTEMS

[1]A. N. Nikanov, [2]A. B. Gudkov, [2]O. N. Popova, [2]V. S. Smolina, [1,3]V. P. Chaschin

[1]Northwest Scientific Center of Hygiene and Public Health, Rospotrebnadzor, Saint-Petersburg; [2]Northern State Medical University, Arkhangelsk; [3]High School of Economics, Moscow, Russia

Introduction: Mineral content of tap water vary significantly between settings and may affect blood mineral composition in humans. The evidence from Arctic Russian settings is scarce.

Aim: To assess blood mineral composition among residents of areas with low mineralization of water from underground sources distributed by centralized water supply systems in Arctic Russia.

Methods: The study was performed in the town of Kirovsk, Murmansk region. Only permanent residents of the town aged 18-23 years participated. Concentrations of Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn, Y in tap water and whole blood were determined by atomic emission spectrometry.

Results: Tap water in Kirovsk has an increased pH value, with a total mineralization of 65.0 mg/l with the legal limit of 1000 mg/l). Magnesium and calcium concentrations were 1 000-1 500 and 150-300 times below maximum permissible (MPC) concentrations, respectively. The concentration of aluminum exceeded MPC by 30-50 % while concentrations of other elements were tens to hundreds times below MPC. In blood, calcium concentration was slightly below the average value for healthy individuals while and the magnesium content corresponded to normal values. An increased concentration of boron (2.45 ± 0.11 mg/l) was revealed.

Conclusions: Contrary to expectations, residents of the area with low mineral content of tap water did not have a significant decrease in concentrations of calcium and magnesium in whole blood. No signs of increased concentration of heavy metals in blood of the residents were observed. Despite the high concentration of aluminum in water, its concentration in whole blood is within the physiological limits. At the same time, an increased blood concentration of boron was revealed warranting further research.

Key words: Arctic, blood mineral composition, tap water

Библиографическая ссылка:

Никанов А. Н., Гудков А. Б., Попова О. Н., Смолина В. С., Чащин В. П. Минеральный состав крови жителей арктического района с низкой минерализацией воды в системах централизованного водоснабжения // Экология человека. 2021. № 3. С. 42–47.

For citing:

Nikanov A. N., Gudkov A. B., Popova O. N., Smolina V. S., Chaschin V. P. Blood Mineral Composition in Residents of the Arctic Region with Low Water Mineralization Rates in Centralized Tap Water Supply Systems. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 3, pp. 42-47.

Основным фактором миграции и перераспределения химических элементов на поверхности Земли является вода. Для поверхностных вод северных высокоширотных бореальных ландшафтов характерна их низкая минерализация и наличие относительно высокого содержания растворимых органических соединений, которое связано с замедленными процессами деградации органического вещества в этих

широтах [2–4]. Особенно это касается территорий, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации (АЗ РФ). Химический состав поверхностных вод может оказывать влияние и на их содержание в подземных источниках, используемых в питьевых целях при организации централизованного водоснабжения.

Гигиеническое значение питьевой воды с низкой минерализацией является до настоящего времени предметом научной дискуссии. Академик А. П. Авцын с соавт. [1] обосновывали основное значение поступления минеральных веществ с пищевыми продуктами, а питьевой воде отводили второстепенное значение. В то же время не вызывает сомнений тот факт, что элементный состав организма человека зависит от содержания химических элементов в питьевой воде, например, до одной трети необходимого кальция и магния организм получает с водой [6, 11, 18]. Показано, что в населенных пунктах, где вода имеет низкую минерализацию, отмечается раннее начало и повышенный уровень заболеваемости сердечно-сосудистой патологией, костно-суставного аппарата, сахарного диабета 2 типа, новообразований и ряда других заболеваний [7, 8, 25]. Кроме того, низкая минерализация питьевой воды создает предпосылки для повышенного накопления в организме тяжелых металлов – химических конкурентов кальция и магния [10, 12].

Важно подчеркнуть, что минеральный состав природных вод является уникальным для определенного территориального образования с точки зрения формирования особенностей элементного статуса населения и потенциальной возможности возникновения заболеваний биогеохимической этиологии [19, 23, 25]. Все это и побудило провести настоящее исследование.

Цель работы – выявить особенности минерального состава крови у жителей Арктической зоны Российской Федерации, употребляющих слабоминерализованную воду с высоким водородным показателем и содержанием алюминия.

Методы

Для выполнения поставленной цели проведено исследование на территории Мурманской области в г. Кировске, расположенном в АЗ РФ (67˚40˙ с. ш.) у подножия Хибинских гор на берегу озера Большой Вудьявр. Водоснабжение города организовано из подземных водоисточников, вода из которых по десяти скважинам подается в общий резервуар и далее после соответствующей обработки – потребителям. Анализ воды из общего резервуара выполнен в рамках требований санитарных правил [13].

Отбор проб холодной питьевой воды из водопроводной сети для анализа осуществлялся в чистые полиэтиленовые емкости (Universal Container, Nalge Nunc Int. Corp., NY, USA) в трех районах города (по 10 проб в каждом районе): в центральной части (район 1 – пр. Ленина) и на противоположных окраинах города (район 2 – ул. Ленинградская и район 3 – ул. Олимпийская). Все 30 емкостей были заполнены из-под водопроводного крана одновременно в течение одного часа; каждая емкость заполнялась после десятиминутного пропускания питьевой воды.

Исследования минерального состава цельной крови были проведены у 25 практически здоровых юношей и девушек в возрасте от 18 до 22 лет, проживающих в центральной части города Кировска, которые добровольно изъявили желание принять участие в исследовании. Отбор проб крови проводился в стерильные пробирки (lithium-heparin vacutainer) емкостью 5 мл (Venoject 5ml VT-050SHL, Бельгия) с использованием специальных иньекционных игл (Venoject multi-sample 21Gx1S U.T.W. 0,8x40 mm, Бельгия). Забор крови осуществлялся в конце марта – начале апреля, то есть до периода таяния снега, что исключало загрязнение поверхностными водами подземных водоисточников.

Минеральный состав питьевой воды и крови на 29 элементов определялся методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (ИСП-АЭ) на спектрометре TRACE Analyzer ICAP61E, фирмы Thermo Jarrell Ash (USA) после перевода точной навески исследуемого образца в раствор азотной кислотой и пероксидом водорода.

Результаты

Анализ неорганических компонентов показал, что вода подземных водоисточников, поступающая из общего резервуара в распределительную сеть Кировска, может оцениваться как слабоминерализованная (табл. 1).

Таблица 1

Содержание веществ и химических элементов в питьевой воде г. Кировска

Показатель	ПДК [13], мг/л	Содержание в питьевой воде, мг/л
Общая минерализация (сухой остаток)	1000	65,0
Хлориды	350	9,0
Сульфаты	500	28,0
Железо (суммарно)	0,3	<0,1
Общая жесткость (мг-экв/л)	7,0	0,47
Водородный показатель (pH)	6–9	9,37
Нитриты		<0,003
Нитраты	45	2,1
Фториды	0,7	0,1
Мышьяк	0,05	Не обнаруж.
Медь	1,0	<0,005
Цинк	5,0	Не обнаруж.
Молибден	0,25	<0,0025
Свинец	0,03	<0,005
Марганец	0,10	<0,01
Полифосфаты	3,5	<0,01
Алюминий	0,5	1,20
Стронций	7,0	Не обнаруж.
Никель	0,1	<0,055
Селен	0,001	Не обнаруж.
Нефтепродукты	0,1	Не обнаруж.

Кроме того, качество подземных вод не удовлетворяет СанПин [13] по показателям pH и содержанию алю-

миния. Ухудшение качества воды по этим показателям произошло не за счет промышленного их загрязнения, а в результате подтягивания некондиционных природных вод водоносного комплекса (комплекс щелочных пород). Таким образом, питьевая вода в Кировске может рассматриваться как слабоминерализованная, с несколько повышенным водородным показателем (щелочностью) и повышенным содержанием алюминия.

Анализ результатов физико-химических исследований воды из распределительной сети и крови выявил, что из 29 определяемых элементов в воде только 10 (алюминий, кальций, железо, калий, магний, натрий, цинк, свинец, кремний, стронций) и в крови 15 (алюминий, бор, кальций, кадмий, хром, медь, железо, калий, магний, натрий, никель, цинк, свинец, кремний, титан) находились в пределах чувствительности метода определения (табл. 2).

Концентрация магния в водопроводной воде оказалось ниже рекомендуемого физиологического уровня в 1 000–1 500 раз, а кальция в 150–300 раз. Концентрации алюминия в питьевой воде Кировска превышали ПДК (0,5 мг/л) в 1,3–1,5 раза в двух из трех районов. По остальным элементам определены концентрации в десятки и сотни раз ниже ПДК. Содержание некоторых металлов было очень низким и в большинстве случаев оказалось ниже порога чувствительности используемого метода.

Анализ крови на содержание микро- и макроэлементов показал, что уровень кальция в крови был несколько ниже средней величины для практически здоровых людей (100 мг/л). Концентрация в крови магния соответствовала средним значениям этого элемента у здоровых людей (27–42 мг/л). Привлекает внимание достаточно высокое содержание бора (2,45 ± 0,11) мг/л (референтные значения: 0,05–0,20 мг/л). Концентрация серебра, мышьяка, бария, кобальта, марганца, сурьмы, стронция, молибдена и ванадия была очень мала (ниже порога чувствительности используемого метода) (см. табл. 2).

Обсуждение результатов

Получение минеральных элементов человеком непрерывно связано с химическим составом пищи, воды и воздуха [1, 2, 9, 19]. В настоящее время из-за значительной миграции продуктов питания своеобразие территориального минерального фона населения определяется питьевой водой [5, 11]. Обмен минеральных элементов может нарушаться при недостаточном или избыточном поступление их

Таблица 2

Результаты физико-химических исследований крови и питьевой воды

№ п/п	Определяемый компонент, мг/л	Диапазон измерения ИСП-АЭ	Кровь n = 25	Вода питьевая		
				Район 1	Район 2	Район 3
1	Серебро (Ag)	0,005–50	–	–	–	–
2	Алюминий (Al)	0,01–50	3,35±0,17	0,82±0,09	0,64±0,06	0,38±0,07
3	Мышьяк (As)	0,005–50	–	–	–	–
4	Бор (B)	0,01–15,0	2,45±0,11	–	–	–
5	Барий (Ba)	0,001–5,0	–	–	–	–
6	Бериллий (Be)	0,001–10	–	–	–	–
7	Кальций (Ca)	0,01–50	71,7±8,2	0,18±0,04	0,28±0,07	0,39±0,06
8	Кадмий (Cd)	0,001–10	0,0275±0,001	–	–	–
9	Кобальт (Co)	0,001–10	–	–	–	–
10	Хром (Cr) общ.	0,001–50	0,429±0,012	–	–	–
11	Медь (Cu)	0,001–50	1,211±0,082	–	–	–
12	Железо (Fe) общ.	0,05–50	460,74±18,35	0,017±0,001	0,012±0,001	0,009±0,003
13	Калий (K)	0,05–500	1451,1±64,6	1,50±0,02	1,50±0,02	1,50±0,02
14	Магний (Mg)	0,05–50	37,67±2,44	0,018±0,001	0,023±0,001	0,026±0,001
15	Марганец (Mn)	0,001–10	–	–	–	–
16	Молибден (Mo)	0,001–10	–	–	–	–
17	Натрий (Na)	0,05–500	2074,8±58,3	13,0±0,6	13,0±0,6	13,0±0,6
18	Никель (Ni)	0,001–10	0,087±0,008	–	–	–
19	Свинец (Pb)	0,001–10	0,234±0,018	–	0,003±0,001	0,015±0,006
20	Сурьма (Sb)	0,005–50	–	–	–	–
21	Селен (Se)	0,005–10	–	–	–	–
22	Кремний (Si)	0,05–5,0	10,26±0,81	1,7±0,1	1,6±0,1	1,6±0,1
23	Олово (Sn)	0,005–5,0	–	–	–	–
24	Стронций (Sr)	0,001–1,0	–	0,0043±0,001	0,007±0,001	0,009±0,001
25	Титан (Ti)	0,001–50	0,106±0,067	–	–	–
26	Таллий (Tl)	0,005–10	–	–	–	–
27	Ванадий (V)	0,001–50	–	–	–	–
28	Цинк (Zn)	0,005–50	4,436±0,066	–	0,002±0,001	0,006±0,001
29	Иттрий (Y)	0,001–10	–	–	–	–

Примечание. Знаком «–» отмечены результаты ниже порога чувствительности используемого метода.

в организм человека. В то же время обязательным условием нормальной жизнедеятельности человека является стабильность химического состава его организма. Несмотря на исключительную жизненную необходимость, минеральные вещества не синтезируются человеком и должны поступать из окружающей среды. При этом для нормального функционирования всех органов и систем человека крайне необходимо не только регулярное поступление в организм макро- и микроэлементов, но и правильное их соотношение. Так как в продуктах питания и питьевой воде содержание минеральных элементов может существенно различаться, что зависит от места проживания человека, могут возникать состояния, связанные как с избыточным, так и с недостаточным поступлением их в организм. В свою очередь, это отражается на физиологическом состоянии человека [17]. Так, известно, что отклонения в поступлении в организм макро- и микроэлементов, нарушение их соотношений могут снижать сопротивляемость организма, а следовательно, отражаться на способности человека к адаптации [1], что особенно важно для жителей высоких широт.

В связи с несоответствием подземных вод на водозаборе Кировска требованиям качества по содержанию алюминия и водородному показателю и была проведена оценка минерального состава крови у населения, употребляющего такую воду. Наиболее высокий уровень алюминия в воде и наименьшие концентрации кальция, магния, стронция, цинка и свинца были отмечены в центре города (район 1), а наименьшее содержание алюминия и несколько большие уровни кальция, магния, стронция и цинка обнаруживались по улице Олимпийской (район 3). В источниках литературы [17, 22] отмечено, что в процессе поступления алюминия в распределительную сеть он может выпадать в осадок и будет наблюдаться постепенное снижение его концентрации на протяжении системы водоснабжения.

Известно, что алюминий относится к группе не аккумулирующихся токсичных (приместных) элементов [9, 21], оказывающих отрицательное влияние на организм, которое появляется лишь при достижении пороговой концентрации. Полагают, что основная причина токсического действия алюминия связана с блокированием некоторых функциональных групп протеинов или же с вытеснением из некоторых ферментов ионов металлов, таких как медь и цинк [17].

Установленное снижение в крови содержания кальция у жителей Кировска не является значительным и ранее было нами выявлено у населения города Мончегорска, также находящегося в АЗ РФ, где уровень минерализации воды на порядок выше [12]. Поскольку концентрация магния в крови соответствует нормальным значениям для взрослых людей, это свидетельствует об отсутствии существенного дефицита двухвалентных макроэлементов у населения Кировска, что является чрезвычайно важным.

Известно, что кальций регулирует большое число внутриклеточных процессов: от митоза и рождения клеток до апоптоза и их гибели. От кальция зависит появление потенциалов действия и электромеханическое сопряжение клеток. Кальций регулирует скорость многих жизненно важных внеклеточных процессов, например свертывание крови [14].

Следует заметить, что нормальный уровень магния в организме признан важнейшей константой, контролирующей здоровье человека. Только напрямую от магния зависит около 300 биохимических процессов, среди них цикл Кребса, синтез АТФ, обмен лактата, окисление жирных кислот и другие [9, 15]. Физиологический баланс магния является обязательным условием для устойчивого функционирования нервной системы человека, стабилизирует аппарат клеточного скелета нейронов, активизирует ферменты, регулирующие углеводный, белковый, липидный обмены, участвует в передаче генетической информации через продуцирование ДНК и РНК нуклеотидов [15]. Магний рассматривают как антистрессовый минерал, например, 10 минут стресса «сжигают» весь магний в организме [9]. ВОЗ классифицирует патологическое состояние «недостаточность магния» как заболевание, имеющее свой код по МКБ-10 (Е 61.3).

Привлекает внимание тот факт, что в крови жителей Кировска был выявлен аномально высокий уровень бора, содержание которого в питьевой воде не было повышено. Информация о содержании бора представляет особый интерес в связи с тем, что при гиповитаминозе D3 бор осуществляет контроль за выработкой паратгормона паращитовидными железами, и повышение его концентрации способствует нормализации содержания магния и в меньшей степени кальция в крови [16, 21]. Можно предположить, что физиологическая концентрация двухвалентных элементов у населения Кировска удерживается за счет адаптационных механизмов (повышение концентрации бора). В такой ситуации оправдано употребление населением пищевых продуктов, богатых бором, например морской капусты, и витамином D. Следует заметить, что самым богатым пищевым источником витамина D является рыбий жир. Небольшие количества этого витамина содержатся в яичных желтках, молоке, масле, сметане, икре и печени животных. В некоторых странах его добавляют в маргарин. Витамин D обязательно входит в состав заменителей грудного молока (детские питательные смеси) и многих продуктов прикорма [9].

Содержание алюминия в крови незначительно превышало уровень этого элемента у жителей Мончегорска (2,54 мг/л). При этом содержание алюминия в питьевой воде Мончегорска почти в 15 раз было ниже [12]. Таким образом, уровень алюминия в питьевой воде оказывает несущественное влияние на концентрацию этого элемента в крови. По данным экспертов ВОЗ, алюминий, присутствующий в питьевой воде, вносит лишь небольшую долю в его оценочное суточное потребление человеком. Основная часть этого потребления связана с пищей, так как общее потребление алюминия оценивается в 88 мг на человека в сутки. Ежесуточное потребление 2 л

воды, содержащей в среднем 0,6 мг/л алюминия, может обеспечить только 1,2 мг алюминия на человека в сутки, то есть менее 1 % суточного потребления.

Уровень кадмия в крови у жителей Кировска был в 5 раз ниже содержания этого элемента в других регионах [24].

Содержание хрома, меди и железа не отличалось от средних показателей для здоровых людей, приведенных в литературе [24]. Отсутствовали также какие-либо особенности содержания одновалентных макроэлементов (калий и натрий) в крови.

Уровень никеля в крови у обследованного контингента находился на нижней границе нормальных значений (0,08–0,12 мг/л).

Концентрация свинца в крови у обследованных жителей Кировска была выше рекомендованных значений (0,13 мг/л), однако ниже среднего реального содержания этого токсичного металла у городских жителей центральных районов России [23]. Следует подчеркнуть, что свинец является основным антропогенным поллютантом из группы тяжелых металлов, что можно объяснить высоким индустриальным загрязнением и выбросами автомобильного транспорта, который работает на бензине. Токсическое действие свинца в основном обусловлено способностью образовывать связи с большим числом анионов – лигандов, к которым относятся сульфгидрильная группа, производные цистеина и фосфаты. Результатом присоединения свинца к ферментам является ингибирование их активности, например, ингибирование синтеза гемма, что является классическим примером метаболических эффектов токсического действия свинца [14].

Концентрация цинка определялась на уровне средних нормальных значений (2,5–8,0 мг/л).

Таким образом, употребление слабоминерализованной воды жителями Кировска не привело к существенному снижению концентрации кальция в крови при нормальном содержании в ней магния, что, вероятно, обеспечивается за счет стимуляции паращитовидных желез повышенным уровнем бора в крови. Несмотря на употребление слабоминерализованной воды, в крови у обследованных жителей не обнаружены признаки накопления тяжелых металлов. При повышенном содержании алюминия в питьевой воде уровень его в крови остается в пределах нормы.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № 19-05-50065 Микромир «Комплексная оценка воздействия микрочастиц в выбросах горных и металлургических предприятий Мурманской области на экосистемы и состояние здоровья населения Арктики»

Авторство

Никанов А. Н. разработал концепцию и дизайн исследования, принял участие в сборе первичных данных и анализе полученных результатов; Гудков А. Б. принял участие в написании первого варианта статьи, формулировании выводов; Попова О. Н. осуществила анализ полученных данных, приняла участие в формулировании выводов; Смолина В. С. участвовала в редактировании текста статьи и написании первого ее варианта; Чащин В. П. принял участие в написании всех разделов статьи, утвердил окончательный ее вариант.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Никанов Александр Николаевич – SPIN 6838-5002; ORCID 0000-0003-3335-4721
Гудков Андрей Борисович – SPIN 4369-3372; ORCID 0000-0001-5923-0914
Попова Ольга Николаевна – SPIN 5792-0273; ORCID 0000-0002-0135-4594
Смолина Виктория Сергеевна – SPIN 7109-1313; ORCID 0000-0001-5871-2690
Чащин Валерий Петрович – SPIN 6989-1648; ORCID 0000-0002-2600-0522

Список литературы / References

1. *Авцын А. П., Жаворонков А. А., Марачев А. Г., Милованов А. П.* Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 416 с.

Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Marachev A. G., Milovanov A. P. *Patologiya cheloveka na Severe* [Human pathology in the North]. Moscow, 1985, 416 p. [In Russian]

2. *Агаджанян Н. А., Петрова Г. П.* Человек в условиях Севера. М.: КРУК, 1996. 208 с.

Agadzhanyan N. A., Petrova G. P. *Chelovek v usloviyakh Severa* [The man under northern conditions]. Moscow, 1996, 208 p. [In Russian]

3. *Бобун И. И., Иванов С. И., Унгуряну Т. Н., Гудков А. Б., Лазарева Н. К.* К вопросу о региональном нормирование химических веществ в воде на примере Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95.

Bobun I. I., Ivanov S. I., Unguryanu T. N., Gudkov A. B., Lazareva N. K. On the issue of regional normalization of chemicals in water as an example of the Arkhangelsk Region. *Gigiena i Sanitariya*. 2011, 3, pp. 91-95. [In Russian]

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

Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health*. Arkhangelsk, Publishing house of the Northern State Medical University, 2016, 397 p. [In Russian]

5. *Горбачёв А. Л.* Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды // Микроэлементы в медицине. 2006. Т. 7, № 2. С. 11–24.

Gorbachov A. L. Elemental status of the population in connection with the chemical composition of drinking water. *Mikroelementy v meditsine* [Microelements in medicine]. 2006, 7 (2), pp. 11-24. [In Russian]

6. *Горбачев А. Л.* Некоторые проблемы биогеохимии северных территорий России // Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19, № 4. С. 3–9. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9

Gorbachev A. L. Some problems of biogeochemistry of the northern territories of Russia. *Mikroelementy v meditsine* [Microelements in medicine]. 2018, 19 (4), pp. 3-9. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9. [In Russian]

7. *Ковшов А. А., Новикова Ю. А., Федоров В. Н., Тихонова Н. А.* Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с

качеством питьевой воды, в городских округах Арктической зоны Российской федерации // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2019. Т. 16, № 2. С. 215–222. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222

Kovshov A. A., Novikova Yu. A., Fedorov V. N., Tikhonova N. A. Assessment of the risk of health disorders associated with drinking water quality in urban districts of the Arctic zone of the Russian Federation. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki* [Bulletin of the Ural Medical Academic Science]. 2019, 16 (2), pp. 215-222. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222. [In Russian]

8. *Корчин В. И., Миняйло Л. А., Корчина Т. Я.* Содержание химических элементов в водопроводной питьевой воде с различным уровнем очистки (на примере городов Ханты-Мансийского автономного округа) // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6, № 2. С. 188–197.

Korchin V. I., Minyaylo L. A., Korchina T. Ya. The content of chemical elements in tap drinking water with different levels of purification (by the example of the cities of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research]. 2018, 6 (2), pp. 188-197. [In Russian]

9. *Корчина Т. Я., Корчин В. И.* Витамины и микроэлементы: особенности северного региона. Ханты-Мансийск: Изд. дом «Новости Югры», 2014. 516.

Korchina T. Ya., Korchin V. I. *Vitamins and microelements features of the northern region*. Khanty-Mansiysk, 2014, 516 p. [In Russian]

10. *Луговая Е. А., Степанова Е. М.* Особенности питьевой воды Магадана и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2016. № 3. С. 241–246.

Lugovaya Ye. A., Stepanova Ye. M. Features of drinking water in Magadan and public health. *Gigiyena i Sanitariya*. 2016, 3, pp. 241-246. [In Russian]

11. *Миняйло Л. А., Корчина Т. Я., Корчин В. И.* Корреляционные связи между содержанием химических элементов в волосах у жителей Нягани и Нефтеюганска и их концентрацией в питьевой воде // Медицинская наука и образование Урала. 2019. № 3. С. 19–24.

Minyaylo L. A., Korchina T. Ya., Korchin V. I. Correlation links between the content of chemical elements in the hair of residents of Nyagan and Nefteyugansk and their concentration in drinking water. *Meditsinskaya nauka i obrazovaniye Urala* [Medical Science and Education of the Urals]. 2019, 3, pp. 19-24. [In Russian]

12. *Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Серпов В. Ю., Ревзин Л. С.* Влияние среды проживания на накопление тяжёлых металлов в организме детей Кольского Заполярья. Проблемы гигиенической безопасности и управления факторами риска для здоровья населения // Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. 2004. № 14. С. 371.

Nikanov A. N., Krivosheev Yu. K., Serpov V. Yu., Revzin L. S. The influence of the living environment on the accumulation of heavy metals in the body of children in the Kola Polar region. Problems of hygienic security and risk management for public health. *Nauchnye trudy Federal'nogo nauchnogo tsentra gigieny im. F. F. Erismana* [Proceedings of the Federal Research Center of Hygiene them. F. F. Erisman]. 2004, 14, p. 371. [In Russian]

13. СанПин 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Постановление Министерства здравоохранения РФ № 24 от 26.09.01. Дата введ. 1 янв. 2002 г. URL.: http://docs.cntd.ru/document/901798042 (дата обращения: 01.12.2020).

SanPin 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Resolution of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 24 dated 26.09.01. Date entered 1 jan. 2002 year. Available from: http://docs.cntd.ru/document/901798042 (accessed: 01.12.2020). [In Russian]

14. *Скальный А. В.* Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: ОНИКС 21 век; МИР, 2004. 215 с.

Skalny A. V. *Chemical elements in human physiology and ecology*. Moscow, 2004, 215 p. [In Russian]

15. *Старостин И. В.* Место магния в терапии сердечно-сосудистых заболеваний // Кардиология. 2012. Т. 52, № 8. С. 83–88.

Starostin I. V. The place of magnesium in the therapy of cardiovascular diseases. *Kardiologiya*. 2012, 52 (8), pp. 83-88. (In Russian).

16. Adams J. S., Hewiston M. Update in vitamin D. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2010, 26 (1), pp. 21-28.

17. Aluminium in Drinking-water. World Health Organization, Geneva, 2003.

18. Bouchard M. F., Sauve S., Barbeau B. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environ Health Perspect*, 2011, 119 (1), pp. 138-143.

19. Carneiro M. F. H., Moresco M. B., Chagas G. R. Assessment of trace elements in scalp hair of a young urban population in Brazil. *Biological trace elements research*. 2011, 143 (2), pp. 815-824.

20. Chashchin V., Kovshov A. A., Thomassen Y., Sorokina T., Gorbanev S. A., Morgunov B., Gudkov A. B., Chashchin M., Sturlis N. V., Trofimova A., Odland J., Nieboer E. Health Risk Modifiers of Exposure to Persistent Pollutants among Indigenous Peoples of Chukotka. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020, 17 (128). Doi:10.3390/ijerph17010128

21. Holick M. F. The vitamin D deficiency pandemic: approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2017, 18, pp. 153-165.

22. Kvech S., Edwards M. Solubility controls on aluminum in drinking water at relatively low and high pH. *Water Research*. 2002, 36 (17), pp. 4356-68. Doi: 10.1016/s0043-1354(02)00137-9

23. Rapant S., Cvecková V., Fajcíková K. Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*. 2017, 39 (1), pp. 191-208. DOI. org/10.3390/ijerph14030278

24. Skalny A. V., Skalnaya M. G., Serebryansky E., Tinkov A. A. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environmental monitoring and assessment*. 2015, 187 (11), pp. 1-8.

25. Zhang W., Iso H., Ohira T. et al.. Associations of dietary magnesium intake with mortality from cardiovascular disease: the JACC study. *Atherosclerosis*. 2012, 221, pp. 587-595.

Контактная информация:

Гудков Андрей Борисович – доктор медицинских наук, профессор, зав кафедрой гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

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

E-mail: gudkovab@nsmu.ru

Экология человека
2021, № 3, с. 48–53

SELF-PERCEIVED HEALTH AND ITS ASSOCIATIONS WITH SOCIAL FACTORS AND PERCEIVED ENVIRONMENTAL QUALITY IN SOUTHERN KAZAKHSTAN: A CROSS-SECTIONAL STUDY

S. A. Alipbekova, M. A. Buleshov

Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

Introduction: Self-perceived health (SPH) has been shown to be a valid proxy indicator of health status in epidemiological studies. Substantial social variations in SPH have been previously reported from Kazakhstan. Southern Kazakhstan is among the poorest regions of the country with limited health information in international peer-reviewed literature.

Aim: The aim of this study was to assess SPH in Southern Kazakhstan and its associations with selected social factors and perceived environmental quality.

Methods: Altogether, 1 148 permanent residents of the Turkistan region aged 16-63 years participated in a cross-sectional study. Data on SPH, age, gender, ethnicity, marital status, education, perceived environmental quality, smoking and alcohol consumption were collected by a questionnaire. Associations between SPH and selected socio-demographic and geographical variables were assessed using multivariable logistic regression. Crude and adjusted odds ratios (OR) were calculated.

Results: Poor, satisfactory, good and very good SPH was reported by 4.4 %, 27.1 %, 55.3 % and 13.2 % of the participants, respectively. Men (OR = 2.11; 95 % CI: 1.53-2.89), cohabiting responders (OR = 2.37; 95 % CI: 1.30-4.35), those who perceived environmental quality as unhealthy (OR = 2.12; 95 % CI: 1.31-3.43) or satisfactory (OR = 1.75; 95 % CI: 1.16-2.66), smokers (OR = 1.64; 95 % CI: 1.02-2.64), alcohol drinkers (OR = 1.44; 95 % CI: 1.00-2.06) and residents of Ordabasinski district (OR = 1.98; 95 % CI: 1.22-3.23) were more likely to report poorer health (poor+satisfactory combined) than their counterparts in the reference categories in the final multivariable model.

Conclusions: The observed variations in SPH in Southern Kazakhstan contribute to the knowledge on inequalities in health in Kazakhstan and warrant monitoring of health inequalities on the national level. Further research in Southern Kazakhstan should address the factors behind the associations documented in this study.

Key words: Self-rated health, social inequalities, perception of environment, Kazakhstan

УДК 614 + 316.344.6(574.5) DOI: 10.33396/1728-0869-2021-3-48-53

СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ЗДОРОВЬЯ, СВЯЗЬ С СОЦИАЛЬНЫМИ ФАКТОРАМИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИМ БЛАГОПОЛУЧИЕМ В ЮЖНОМ КАЗАХСТАНЕ: ПОПЕРЕЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

© 2021 г. **С. Н. Алипбекова, М. А. Булешов**

Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясави, г. Туркестан, Казахстан

Введение. Субъективная оценка здоровья (СОЗ) является валидным прокси-индикатором фактического здоровья и может использоваться в эпидемиологических исследованиях. Предыдущие исследования показали существенные социальные различия в СОЗ. Южный Казахстан является экономически и экологически неблагополучным регионом с ограниченной информацией о здоровье населения в международной рецензируемой литературе.

Цель. Изучить СОЗ населения на юге Казахстана в зависимости от социальных факторов и субъективной оценки экологического благополучия (СОЭБ).

Методы. 1 148 человек из четырех сельских районов и? двух городов Туркестанской области участвовали в поперечном исследовании. Данные о различных аспектах здоровья и факторах риска собирали посредством анкетирования с помощью подготовленных сотрудников учреждений здравоохранения. Для данного исследования использовали только данные о СОЗ, возрасте, поле, этнической принадлежности, семейном положении, образовании, курении, употреблении алкоголя и СОЭБ в месте проживания. Связь между признаками анализировали с помощью многомерного логистического регрессионного анализа с расчетом нескоррективанных и скорректированых отношений шансов (ОШ) с 95 % доверительными интервалами (ДИ).

Результаты. Распространенность плохой, удовлетворительной, хорошей и очень хорошей СОЗ составила 4,4 %, 27,1 % 55,3 % и 13,2 % соответственно. Мужской пол (ОШ = 2,11; 95 % ДИ: 1,53–2,89), сожительство (ОШ = 2,37; 95 % ДИ: 1,30–4,35), низкая (ОШ = 2,12; 95 % ДИ: 1,31–3,43) или удовлетворительная (ОШ = 1,75; 95 % ДИ: 1,16–2,66) оценка экологического благополучия, курение (ОШ = 1,64; 95 % ДИ: 1,02–2,64), употребление алкоголя (ОШ = 1,44; 95 % ДИ: 1,00–2,06) и проживание в Ордабасинском районе (ОШ = 1,98; 95 % ДИ: 1,22–3,23) были связаны с более низкой СОЗ.

Выводы: Результаты исследования дополняют предыдущие казахстанские данные о социальных различиях в показателях здоровья населения и подтверждают необходимость проведения мониторинга социального неравенства, в т. ч. и по показателям здоровья. Дальнейшие исследования в Казахстане должны быть нацелены на изучение факторов, объясняющих выявленные статистические связи.

Ключевые слова: самооценка здоровья, социальное неравенство, субъективная оценка экологического благополучия, Казахстан

Библиографическая ссылка:

Алипбекова С. Н., Булешов М. А. Субъективная оценка здоровья, связь с социальными факторами и экологическим благополучием в Южном Казахстане: поперечное исследование // Экология человека. 2021. № 3. С. 48–53.

For citing:

Alipbekova S. A., Buleshov M. A. Self-Perceived Health and Its Associations with Social Factors and Perceived Environmental Quality in Southern Kazakhstan: a Cross-Sectional Study. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 3, pp. 48-53.

Introduction

Self-perceived health (SPH) is a commonly used health indicator particularly in settings with limited resources [11]. SPH has been shown to be a simple, valid and reliable tool for studying health inequalities in population-based epidemiological studies [14]. Moreover, it can be used as a simple predictor of mortality [7, 8].

SRH varies considerably both between and within countries. Moreover, strength and even directions of the associations between various factors and SPH vary between settings. Earlier studies from the transitional economies in Eastern Europe including former Soviet republics have shown that age, gender, education and material deprivation are strongly associated with SPH [4, 5, 10, 13, 18].

Environmental factors are also important predictors of individual and population health [3, 17]. Although subjective, perceived environmental quality may serve as a proxy indicator of environmental conditions [16], particularly in areas where laboratory assessments of environmental risks are not available.

Although there is an abundance of research on SPH and associated factors from both developed and developing countries, we the evidence from Central Asia is scarce. Kazakhstan is the second largest country of the former Soviet Union and is among the most rapidly growing economies in Central Asia. The total population of Kazakhstan was 18.8 million in 2020. The GDP per capita in PPP$ increased from 6087$ in 1995 to 26252$ in 2017. Contrary to several other countries of the former Soviet republics, the level of economic inequality as estimated by Gini coefficient decreased from 39.8 in 2005 to 27.5 in 2017. Whether this economic growth and seemingly more equal income distribution was reflected by a decrease in the levels of health inequalities remains unknown.

We identified only two studies on health inequalities in Kazakhstan. The first assessed SPH in 1199 45+ years old residents of central Almaty - the former capital and the largest city in the country [1]. Age, gender, education and particularly self-reported material deprivation, but neither ethnicity nor marital status were found to be associated with SPH [1]. The second study was a part of the national household survey-2012 and included 12 560 participants. Ethnic Russians, unmarried persons, low educated people and urban residents were more likely to report poor health [20]. Heterogeneity of the of the findings warrants further research in other settings particularly in the most economically deprived areas.

Southern Kazakhstan has a population of 2 million people. It is the most densely populated region of Kazakhstan due to its mild climate, well-developed irrigation and proximity to Tashkent - the most populated city of Central Asia. It is also the fastest growing region due to high birth rates and intensive migration of workers from neighboring Uzbekistan. More than three fourths of the population are Kazakhs (76 %). Uzbeks are the main minority group accounting for 17 % of the population while ethnic Russians constitute only 1.73 % (2020). The regional capital - Turkistan - was declared as the spiritual capital of the Turkic world in 2017. At the same time, Turkistan region is the poorest region in Kazakhstan with population income level substantially below the national average.

The aim of this study was to assess SPH in Southern Kazakhstan and its associations with social factors and perceived environmental quality.

Methods

In total, 1 148 permanent residents of 4 rural districts (Ordabasinsky, Suzaksky, Shardarinsky and Otyrarsky) and 2 towns (Arys and Turkistan - the regional capital of Southern Kazakhstan) took part in a cross-sectional study. The participants were selected at random from the lists of served residents at district healthcare facilities. A 34-item questionnaire was filled out by the participants with assistance of trained paramedical personnel at participating healthcare centers. For the purpose of this study only data on SPH, age, gender, marital status, education, place of residence, smoking, alcohol consumption, and self-perceived environmental quality were used.

After initial frequency analysis larger categories were cleated for most variables. Ethnicity was coded as Kazakh and other. By marital status the participants were divided into married, cohabiting and unmarried. The latter group also include divorced and widowed. Two categories were used for education, namely, secondary or lower and higher including incomplete higher. Daily smoking was dichotomized into yes and no. By alcohol consumption the participates were categorized into abstainers and alcohol drinkers. Self-perceived environmental quality was coded as unhealthy combining initial categories of bad and very bad, satisfactory and good.

Categorical data were presented as absolute numbers and proportions. Bivariate comparisons were performed using Pearson's chi-squared tests. Exact tests were applied where appropriate. Independent associations between SPH and selected factors were assessed by multivariable logistic regression with and without adjustment for all above-mentioned variables. All variables were included in the model as categorical data while age was used as continuous variable. SPH was used as a dichotomous outcome. Poor and satisfactory SPH were merged into one category (poorer SPH), and so were good and very good health (better SPH). Crude and adjusted odds ratios (OR) with 95 % confidence intervals (CI) were calculated. All analyses were performed using SPSS software, v.17 (SPSS Inc., Chicago, IL).

The study was approved by the ethical committee at the Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University.

Results

The age of the participants ranged from 16 to 63 years. Men comprised 45.6 % of the sample. The overwhelming majority were ethnic Kazakhs. The initial aim

Table 1

Sample characteristics and distribution of self-perceived health across selected social- and environmental characteristics in Southern Kazakhstan

Variable	N	%	Self-perceived health, %				P
			Very good	Good	Satisfactory	Poor	
Gender							<0.001
Male	523	45.6	11.1	61.4	22.2	5.4	
Female	625	54.4	15.0	50.2	31.2	3.5	
Ethnicity							<0.001
Kazakh	1125	98.0	13.5	55.4	27.4	4.0	
Other	23	2.0	13.0	52.2	13.0	21.7	
Marital status							<0.001
Married	944	82.2	11.9	58.1	27.0	3.1	
Unmarried	143	12.5	21.7	47.6	23.1	7.7	
Cohabiting	61	5.3	14.8	31.1	37.7	16.4	
Education							0.030
Secondary or lower	621	54.1	13.5	51.7	29.5	5.3	
Higher or incomplete higher	527	45.9	12.9	59.6	24.3	3.2	
Self-perceived environment							<0.001
Unhealthy	279	24.3	10.0	54.8	30.8	4.3	
Satisfactory	649	56.5	12.2	56.9	27.7	3.2	
Good	220	19.2	20.5	51.4	20.5	7.7	
Daily smoking							0.008
Yes	120	10.5	9.2	48.3	33.3	9.2	
No	1028	89.5	13.7	56.1	26.4	3.8	
Alcohol consumption							<0.001
Yes	270	23.5	7.8	52.2	34.1	5.9	
No	878	76.5	14.9	56.3	24.9	3.9	
Residence							<0.001
Ordabasinski district	201	17.5	10.0	42.8	28.4	18.9	
Suzaksky district	199	17.3	19.1	56.3	21.6	3.0	
Shardarinsky district	203	17.7	31.5	44.3	22.7	1.5	
Arys	197	17.2	14.7	56.9	26.9	1.5	
Otyrarsky district	130	11.3	0.8	63.8	35.4	0.0	
Turkestan	218	19.0	0.0	69.7	30.3	0.0	
Total	1148	100.0	13.2	55.3	27.1	4.4	

was to study 200 individuals from the selected settings. The final sample consisted of relatively equal numbers of participants from all locations except Otyrarsky district where only 130 individuals agreed to participate. More than a half of the sample had secondary or lower education. Most of the participants were married while only 5.3 % were co-habiting. Daily smoking was reported by 10.5 % of responders. More than three thirds of the participants reported to abstain from alcohol. Only 0.2 % reported that they consumed alcohol once a week or more often. Therefore, all categories of alcohol consumption were merged into two: yes and no. Only 19.2 % of the sample considered their environment as good or healthy while 56.5 % reported it to be satisfactory. At the same time, 24.3 % of the responders perceived the quality of their environment as either bad (7.6 %) or worse than satisfactory (16.7 %). To avoid small numbers these two categories were merged into one group titled unhealthy. All basic characteristics of the sample are presented in Table 1.

In total, very good, good, satisfactory and poor SPH was reported by 13.2 %, 55.3 %, 27.1 % and 4.4 % of the participants, respectively. Bivariate analysis has shown significant associations between all studied factors and SPH with four categories (Table 2). Men were less likely to assess their health as good or very good than women. Ethnicity was also associated with the outcome. As many as 21.7 % of non-Kazakhs reported their health as poor compared to only 4.0 % of ethnic Kazakhs. Unmarried participants were more likely to report very good health while the proportion of cohabiting participants with poor SPH was more than 5 times as high as among their married counterparts. Better educated individuals, non-smokers and non-drinkers were more likely to report better SPH. Significant variations in SPH were also observed between settings with the greatest proportion of poor SPH to be reported in Ordybasinski district. The greatest proportion of good SPH was reported in Turkistan - the regional capital. People who perceived their environment as good were

Table 2

Crude and adjusted odds ratios (OR) with 95 % confidence intervals (CI) for the associations between poor or satisfactory self-perceived health and selected social- and environmental characteristics in Southern Kazakhstan

Variable	Crude OR	95 % CI	P	Adjusted OR	95 % CI	P
Gender			0.009			<0.001
Male	1.40	1.09-1.80		2.11	1.53-2.89	
Female	1	Reference		1	Reference	
Ethnicity			0.728			0.622
Kazakh	1	Reference		1	Reference	
Other	1.17	0.49-2.78		1.27	0.49-3.34	
Marital status			<0.001			0.012
Married	1	Reference		1	Reference	
Unmarried	1.03	0.71-1.51		1.35	0.87-2.08	
Cohabiting	2.74	1.62-4.62		2.37	1.30-4.35	
Education			0.008			0.438
Secondary or lower	1.41	1.09-1.81		1.12	0.84-1.48	
Higher or incomplete higher	1	Reference		1	Reference	
Self-perceived environment			0.235			0.008
Unhealthy	1.38	0.94-2.02		2.12	1.31-3.43	
Satisfactory	1.14	0.82-1.60		1.75	1.16-2.66	
Good	1	Reference		1	Reference	
Daily smoking			0.006			0.041
Yes	1.71	1.16-2.52		1.64	1.02-2.64	
No	1	Reference		1	Reference	
Alcohol consumption			<0.001			0.049
Yes	1.65	1.24-2.19		1.44	1.00-2.06	
No	1	Reference		1	Reference	
Residence			<0.001			0.003
Ordabasinski district	2.06	1.38-3.08		1.98	1.22-3.23	
Suzaksky district	0.72	0.49-1.16		0.88	0.56-1.39	
Shardarinsky district	0.73	0.48-1.13		0.74	0.47-1.19	
Arys	0.92	0.60-1.40		1.01	0.63-1.62	
Otyrarsky district	1.26	0.80-2.00		1.18	0.72-1.98	
Turkestan	1	Reference		1	Reference	
Age	1.05	1.04-1.06	<0.001	1.05	1.04-1.06	<0.001

twice as likely to report good health as those who perceived their environment as unhealthy.

Male gender, co-habiting, perceiving the environment as unhealthy or satisfactory, smoking, alcohol and residence in Ordabasinski district were associated with poorer SPH in the final logistic regression model with adjustment for all variables and age as continuous variable.

Discussion

This is one of the few papers presenting information on social and geographic variations in SPH in Southern Kazakhstan. Moreover, found significant associations between perceived environmental quality and SPH were observed.

The overall prevalence of poor health was 4.4 %, which is slightly lower than as observed in the national household health survey in 2012 [20] and considerably lower than reported from Almaty [1]. At the same time, in Ordabasinski district nearly every fifth participant reported poor health which should raise awareness among health authorities at different levels. One should notice that in two of the locations, the participants did not use the more extreme categories, which could be partly explained either the influence of the medical personnel assisting the participants to fill out the questionnaires. Therefore, for the final regression model we merged poor and satisfactory categories as well as good and very good in order to address this problem. In the final model, only residents from Ordabasinsky district appeared to have worse SPH, but no other geographical variations in SPH were found.

As most other researchers we observed significant associations between gender and SPH [9]. However, contrary to the evidence from Kazakhstan and other former Soviet republics men were more likely than women to report poorer health in the Turkistan region. This association became even more pronounced when all studied variables were included in the multivariable model. In stratified analysis, as many as 27 % of men

from Ordabasinsky district reported poor health. We hypothesize that this may be associated with some occupations hazards which were not assessed in this study and require further research.

Ethnic variations in health have been reported from several countries [12]. Russian minority in Kazakhstan has been reported to have poorer SPH [20] on the national level, but not in Almaty where ethnic Russians constitute a significant proportion of the population. In Southern Kazakhstan the main minority group are Uzbeks who are culturally close to Kazakhs. This may partly explain no differences in SPH by ethnic background in this study. However, the proportion of other ethnicities combined in this study was much lower than in general population of Southern Kazakhstan warranting cautious interpretation of this finding.

Unmarried individuals have been reported to have poorer health [20] in Kazakhstan, although this was not a universal finding across all post-communist countries [1, 5, 6]. In this study we found increased odds for poorer SPH in both single and co-habiting responders, but the differences reached the level of statistical significance only for the latter, which should be researched in greater detail together with social scientists.

We failed to observe significant associations between education and SPH in multivariable analysis. At the same time the proportion of responders with secondary or lower education in this study was considerably higher than in other studies from Kazakhstan, Russia or Ukraine where education together with material deprivation were among the most important correlates of SPH [4, 5, 13, 20]. It might be the case in Southern Kazakhstan that economic factors that were not included in this study were more important for SPH than education.

Smoking and alcohol are well-known determinants of both objective and subjective health [2, 5, 19]. Our findings are in line with most of the studies suggesting inverse associations between these factors and SPH. However, the prevalence of smoking in this study was only 10.5 %, which is substantially lower than expected.

Self-perceived environmental quality has not been previously studied in Kazakhstan in relation to SPH. Although subjective, this variable may reflect the existing environmental hazards that are not documented otherwise. International studies have consistently shown associations between perception of environment in general, environmental hazards, social environment, built environment etc. and different health indications [15-17]. In our paper the meaning of self-perceived environment was related mostly to environmental hazards or ecological risks. The fact that nearly every fourth respondent considered his/her environment as unhealthy should raise serious concern. Less than 20% of the study participants perceived their environment as good. Surprisingly, in the district with the greatest proportion of poor SPH the proportion of responders who perceived their environment as unhealthy was the lowest (6.3 %) compared with 47.7 % of responders from the town of Arys. Interestingly, only 4.1 % of the respondents from Turkistan - the regional capital with virtually no industry - perceived their environment as good. Given that the perception of environmental hazards greatly depends on information provided by mass media, health- and environmental literacy as well as the objective situation, further research including objective measurements of environmental and probably occupational hazards is warranted in the region.

The results of the study should be interpreted cautiously taking into account its potential limitations. The main limitations are related to the cross-sectional research design [6].

Another limitation of the study is inclusion of 4 rural districts and only two urban settings. Although the districts were selected at random, they appear to overrepresent ecologically challenged areas. This may lead to underestimation of the overall level of SPH. All data in this study ae based on self-reports and a prone to information bias social desirability bias which is reflected by low prevalence of smoking and alcohol consumption compared to the national data. However, the majority of the population of Southern Kazakhstan are practicing Muslims. Thus, low levels of alcohol consumption are not surprising. Another limitation is that the data were collected in different districts with assistance of different medical assistants. This may explain the fact that in two locations the most extreme categories of SPH were rarely used. This limitation was addressed in logistic regression when SPH was dichotomized into better SPH and poorer SPH consisting of a few initial categories each. Relatively small sample size is another limitation associated with insufficient power to detect small effects which however may be of limited value for public health professionals.

Despite these limitations, we documented slightly lower proportion of residents with poor SPH in the Turkistan region compared to earlier reports from Kazakhstan. Moreover, we identified age, gender, marital status, but not education or ethnic background as correlates of SPH in the region. Associations between SPH and self-perceived environmental quality has not been previously studied in Kazakhstan and should be replicated in other settings preferably with the use of objective measurements of environmental and occupational hazards. Further research in Southern Kazakhstan should also address the factors behind the associations documented in this study.

ORCID

Sandugash Alipbekova – ORCID 0000-0002-3110-5273
Myrzatai Buleshov – ORCID 0000-0002-7472-1703

References

1. Abikulova A. K., Tulebaev K. A., Akanov A. A., Turdalieva B. S., Kalmahanov S. B., Kumar A.B., Izekenova A. K., Mussaeva B. A., Grjibovski A. M. Inequalities in self-rated health among 45+ year-olds in Almaty, Kazakhstan: a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2013, 13, 654.

2. Aubin H. J., Ali Oicheih L., Gabriel S., Berlin I. Association of smoking reduction and mortality: protocol for a

systematic review and meta-analysis of longitudinal observational studies. *BMJ Open*. 2021 Jan 20, 11 (1), e039483.

3. Bircher J., Kuruvilla S. Defining health by addressing individual, social, and environmental determinants: new opportunities for health care and public health. *J Public Health Policy*. 2014, 35, pp. 363-386.

4. Bobak M., Pikhart H., Hertzman C., Rose R., Marmot M. Socioeconomic factors, perceived control and self-reported health in Russia: a cross-sectional survey. *Soc Sci Med*. 1998, 47, pp. 269-279.

5. Bobak M., Pikhart H., Rose R., Hertzman C., Marmot M. Socioeconomic factors, material inequalities, and perceived control in self-rated health: cross-sectional data from seven post-communist countries. *Soc Sci Med*. 2000, 51, pp. 1343-1350.

6. Buka S. L., Rosenthal S. R., Lacy M. E. Epidemiological Study Designs: Traditional and Novel Approaches to Advance Life Course Health Development Research. In: Halfon N., Forrest C., Lerner R., Faustman E. (eds). *Handbook of Life Course Health Development*. Springer, Cham, 2018.

7. Burström B., Fredlund P. Self rated health: Is it as good a predictor of subsequent mortality among adults in lower as well as in higher social classes? *J Epidemiol Community Health*. 2001, 55, pp. 836-840.

8. DeSalvo K. B., Bloser N., Reynolds K., He J., Muntner P: Mortality prediction with a single general self-rated health question. A meta-analysis. *J Gen Intern Med*. 2006, 21, pp. 267-275.

9. Dunn J. R., Walker J. D., Graham J., Weiss C. B. Gender Differences in the Relationship between Housing, Socioeconomic Status, and Self-Reported Health Status. *Rev Environ Health*. 2021, 19, pp. 177-196.

10. Gilmore A. B., McKee M., Rose R. Determinants of and inequalities in self-perceived health in Ukraine. *Soc Sci Med*. 2002, 55, pp. 2177-2188.

11. Idler E. L., Benyamini Y. Self-rated health and mortality: a review of twenty-seven community studies. *J Health Soc Behav*. 1997, 38, pp. 21-37.

12. Jasilionis D., Stankuniene V., Ambrozaitiene D., Jdanov D. A., Shkolnikov V. M. Ethnic mortality differentials in Lithuania: contradictory evidence from census-linked and unlinked mortality estimates. *J Epidemiol Community Health*. 2012, 66, e7.

13. Loretta G. Platts, Christopher J. Gerry. Social inequalities in self-rated health in Ukraine in 2007: the role of psychosocial, material and behavioural factors. *Eur J Public Health*. 2017, 27, pp. 211-217.

14. Martikainen M. G., Aromaa A., Heliovaara M., Dlaukka T., Knekt P., Maatele J., Lahelma E. Reliability of perceived health by sex and age. *Soc Sci Med*. 1999, 48, pp. 1117-1122.

15. McCormack G. R., Cabaj J., Orpana H., Lukic R., Blackstaffe A., Goopy S., Hagel B., Keough N., Martinson R., Chapman J., Lee C., Tang J., Fabreau G. A scoping review on the relations between urban form and health: a focus on Canadian quantitative evidence. *Health Promot Chronic Dis Prev Can*. 2019, 39, pp. 187-200.

16. Ou J. Y., Peters J. L., Levy J. I. et al. Self-rated health and its association with perceived environmental hazards, the social environment, and cultural stressors in an environmental justice population. *BMC Public Health*. 2018, 18, 970.

17. Salgado M., Madureira J., Mendes A. S. et al. Environmental determinants of population health in urban settings. A systematic review. BMC Public Health. 2020, 20, p. 853.

18. Stanojevic Jerkovic O., Sauliune S., Šumskas L., Birt C. A., Kersnik J. Determinants of self-rated health in elderly populations in urban areas in Slovenia, Lithuania and UK: findings of the EURO-URHIS 2 survey. *Eur J Public Health*. 2017, 27 (suppl 2), pp. 74-79.

19. Štelemėkas M., Manthey J., Badaras R., Casswell S., Ferreira-Borges C., Kalėdienė R., Lange S., Neufeld M., Petkevičienė J., Radišauskas R., Room R., Telksnys T., Zurlytė I., Rehm J. Alcohol control policy measures and all-cause mortality in Lithuania: an interrupted time-series analysis. *Addiction*. 2021 Mar 10. doi: 10.1111/add.15470. (In press)

20. Supiyev A., Nurgozhin T., Zhumadilov Z., Sharman A., Marmot M., Bobak M. Levels and distribution of self-rated health in the Kazakh population: results from the Kazakhstan household health survey 2012. *BMC Public Health*. 2014, 14, 768.

Contact details:

Sandugash Alipbekova - PhD student at the Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, 29, B. Sattarkhanov avenue, Turkistan, 161200, Kazakhstan

E-mail: sandu-92@mail.ru

Экология человека
2021, № 3, с. 54–64

УДК 519.2 + 61 DOI: 10.33396/1728-0869-2021-3-54-64

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ В БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: ДЕРЕВЬЯ КЛАССИФИКАЦИИ

©2021 г. [1]А. Н. Наркевич, [1]К. А. Виноградов, [2,3,4,5]А. М. Гржибовский

[1]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого», г. Красноярск; [2]ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск; [3]Западно-Казахстанский медицинский университет им. Марата Оспанова, г. Актобе, Казахстан; [4]Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан; [5]ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова», г. Якутск

Задачи современных биомедицинских исследований требуют все более сложных методов анализа данных. В последнее время под анализом данных все реже понимают проверку статистических гипотез с помощью классических статистических критериев и оценку связи между признаками с помощью корреляционного анализа и все чаще в понятие анализ данных вкладывается более всестороннее изучение полученных в результате эмпирических исследований данных с применением многомерных статистических методов. Одним из таких методов анализа с большим потенциалом использования в технологиях искусственного интеллекта, анализе больших данных и машинном обучении данных является дерево классификации, или дерево решений. Целью данной статьи является рассмотрение вопросов применения деревьев классификации в медико-биологических исследованиях, а также представление примеров их построения в наиболее часто применяемых статистических программах. В статье приведены описание задачи, которая может быть решена с помощью деревьев классификации, пример набора данных для их построения, а также построение модели дерева классификации в IBM SPSS Statistics и StatSoft Statistica. Применение при анализе данных медико-биологических экспериментов дерева классификации, как одного из относительно легко используемых и интерпретируемых методов многомерного анализа данных, позволит более глубоко изучать закономерности явлений и состояний в области медицины и биологии.

Ключевые слова: деревья классификации, деревья решений, SPSS, Statistica, математическое моделирование, искусственный интеллект, машинное обучение

INTELLIGENT DATA ANALYSIS IN BIOMEDICAL RESEARCH: CLASSIFICATION TREES

[1]A. N. Narkevich, [1]K. A. Vinogradov, [2,3,4,5]A. M. Grjibovski

[1]Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia; [2]Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia; [3]West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktobe, Kazakhstan; [4]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; [5]M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Modern analytical tasks in biomedical research require increasingly sophisticated methods of data analysis. In recent years, the term data analysis is not only related to classical statistical tests for hypothesis testing and correlation analysis for studying associations between variables. Classification tree or decision tree analysis is getting more and more frequently used in biomedical research. In this paper we present the use of classification trees in biomedical research and provide examples of their construction in the most commonly used statistical programs. The article is constructed as a problem solving exercise using classification trees with an example of a data set for creation of classification trees and description of how to build a classification tree model in IBM SPSS Statistics and StatSoft Statistica software. Moreover, we provide recommendations on how the results of this analysis should be presented in a scientific article. The use of the classification trees has a potential to contribute to better understanding of the factors behind the observed phenomena in medicine and biology.

Key word: classification trees, decision trees, SPSS, Statistica, mathematical modeling, artificial intelligence, machine learning

Библиографическая ссылка:

Наркевич А. Н., Виноградов К. А., Гржибовский А. М. Интеллектуальные методы анализа данных в биомедицинских исследованиях: деревья классификации. 2021. № 3. С. 54–64.

For citing:

Narkevich A. N., Vinogradov K. A., Grjibovski A. M. Intelligent Data Analysis in Biomedical Research: Classification Trees. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 3, pp. 54-64.

Уровень анализа данных в современных медико-биологических исследованиях не стоит на месте — на сегодняшний день под понятием «анализ данных» уже намного реже подразумевается применение классических статистических критериев и коэффициентов для нахождения различий между группами или оценки связи между признаками [1, 20]. В настоящий момент все чаще в понятие «анализ данных» исследователями вкладывается куда более всестороннее изучение полученных в результате медико-биологического эксперимента данных с применением многомерных статистических и математических методов. Под многомерными методами нами подразумеваются методы, которые позволяют одновременно учитывать не один, а совокупность изучаемых у объектов признаков [11, 14, 15]. Одним из многомерных методов анализа

данных является дерево классификации, или дерево решений [5, 9, 13, 16, 19]. Примеры использования данной модели можно найти при решении различных аналитических задач в социологии [8], пульмонологии [10], инфектологии [2, 3], анестезиологии [12], оториноларингологии [17], кардиологии [22], стоматологии [21], онкологии [18], общественном здоровье и здравоохранении [4] и других областях.

Целью данной статьи является рассмотрение вопросов применения деревьев классификации в медико-биологических исследованиях, а также представление примеров их построения в наиболее часто применяемых статистических программах.

Описание задачи, которая может быть решена с помощью деревьев классификации

В целом деревья классификации позволяют решать так называемую задачу прогнозирования качественного признака (иначе такая задача называется задачей классификации). Как правило, задача классификации в медико-биологических исследованиях используется, когда выяснение реального значения качественного признака является либо очень дорогим, опасным для здоровья человека, либо в принципе затруднительным по каким-либо причинам (долгое по времени и т. д.). Например, диагностика туберкулеза является довольно затруднительной, весьма затратной и самое главное – более-менее достоверные данные о наличии или отсутствии туберкулеза могут быть получены лишь через 20–90 дней, а пациента необходимо начинать лечить от туберкулеза или другого заболевания уже сейчас. При этом имеется информация, что наличие туберкулеза связано с наличием у человека различных факторов риска. Этот пример можно применить практически к любому заболеванию – если у человека имеются факторы риска заболевания, то вероятность, что человек имеет данное заболевание, выше (в этом как раз и есть суть факторов риска). В данном случае «туберкулез» является качественным признаком (есть туберкулез или нет туберкулеза). То есть можно попытаться на основании данных о наличии у человека различных факторов риска спрогнозировать – страдает он туберкулезом или нет. В целом даже неважно, знает ли исследователь, каким именно образом факторы риска связаны с развитием туберкулеза, достаточно знания или даже предположения о том, что эта связь есть [6].

Для осуществления такого прогноза (решения задачи классификации – построения математической модели, которая сможет всех пациентов разделить на два класса: больные туберкулезом и не больные туберкулезом) надо собрать данные согласно следующему дизайну. Набираются две группы пациентов: одна – с заранее достоверно установленным диагнозом туберкулез, другая – с заранее достоверно установленным отсутствием диагноза туберкулез. Затем выясняется наличие или отсутствие конкретных факторов риска и в одной, и в другой группе.

Таким образом, у каждого пациента должны быть данные о наличии или отсутствии факторов риска, на основе которых будет осуществляться прогнозирование, и данные о достоверном подтверждении диагноза или о достоверном отсутствии диагноза туберкулез. После применения деревьев классификации на таких данных можно будет выяснять у пациентов наличие факторов риска и получать прогнозируемое значение качественного признака – есть туберкулез или нет туберкулеза.

Дальнейшая иллюстрация построения деревьев классификации будет осуществлена на приведенном примере. Однако примеров подобных задач можно привести достаточно много. Так, база данных включает информацию о женщинах, имеющих по результатам ультразвукового исследования образование в яичниках. Информация включает в себя признаки, отражающие анамнез жизни, акушерско-гинекологический анамнез, данные лабораторных исследований, в том числе результаты анализов на онкомаркеры. Помимо этого у каждой женщины имеется информация о характере образования (злокачественное или доброкачественное), полученная в результате его удаления и гистологического исследования. Задача заключается в том, чтобы построить математическую модель, которая позволит с достаточной уверенностью определить, к какой группе относится женщина – со злокачественным или доброкачественным образованием. На основании такой классификации врачом может быть определена наиболее эффективная дальнейшая тактика ведения.

Еще одним примером может служить задача классификации пациентов с инфарктом миокарда после проведения операции аортокоронарного шунтирования на два класса – класс пациентов, у которых будут сохраняться когнитивные нарушения через 12 месяцев после операции, и класс пациентов, у которых через 12 месяцев когнитивных нарушений не будет. В данном случае в качестве входных признаков для построения дерева классификации также могут использоваться анамнестические, клинические, лабораторные данные. Более того, в данном примере может быть использована информация, характеризующая непосредственно произошедший инфаркт миокарда (сторона и глубина поражения, стадия, на которой поступил пациент, и т. д.), и, к примеру, информация, характеризующая когнитивную сферу непосредственно после операции и при выписке.

Приведем пример из наркологической практики. Задача заключается в том, чтобы по поведенческим и психиатрическим характеристикам пациента при поступлении в наркологическое отделение определить наиболее вероятное наркотическое вещество, прием или введение которого привело к возникновению девиантного поведения. Примером применения деревьев классификации в хирургии может служить решение следующей потенциальной задачи. Необходимо классифицировать новорожденных, имеющих дефекты двенадцатиперстной кишки, на два класса – детей, у которых возникнут послеоперационные осложнения,

и детей, у которых такие осложнения не возникнут. В качестве признаков, на основе которых будет осуществляться построение дерева классификации, могут быть использованы данные о родившемся ребенке, степени дефекта и планируемой операции.

Описание набора данных для построения деревьев классификации

Примером данных для построения деревьев классификации может служить следующий набор информации 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, средне-профессиональное, средне-специальное, 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. При формировании базы данных очень важно уделить внимание ее правильной структуре. Необходимо максимально разбить информацию на разные столбцы базы данных и не следует указывать все, к примеру, сопутствующие заболевания в одном столбце. В таблице приведены столбцы тестовой базы данных и их кодировка.

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	Средне-профессиональное образование	1 / 0	Да / Нет
13	Средне-специальное 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

Как видно из представленной таблицы, каждый минимальный объем информации о пациентах максимально разбит на столбцы таким образом, чтобы каждый столбец содержал данные о наличии или отсутствии какого-либо одного признака у пациента. Исключение составляют лишь те столбцы, в которых информация может быть представлена в количественном виде, например, столбцы «Рост, см», «Вес, кг» и т. д.

Несомненно, увеличение числа признаков, на основании которых будет осуществляться построение математической модели дерева классификации, повысит шансы получить модель с наиболее приемлемым качеством классификации. Помимо тех признаков, которые были включены в наш пример, исследователями могут включаться признаки, отражающие результаты лабораторных, клинических и инструментальных методов исследования пациентов, если они есть в наличии или могут быть получены из медицинской документации. При этом необходимо отметить, что признаки в базе данных должны быть максимально детализированы и формализованы. К примеру, признак «наличие у пациента гипертонической болезни II стадии и 3 степени» вряд ли можно назвать максимально детализированным и формализованным. Скорее всего его даже нельзя назвать признаком, если рассматривать его с позиции построения математических моделей. Наиболее приемлемо разбить такой признак на три отдельных: наличие гипертонической болезни (будет содержать 0, если гипертоническая болезни отсутствует, и 1, если присутствует у пациента), стадия (будет содержать в виде арабских цифр обозначение стадии – «1», «2» и т. д.) и степень (также будет содержать в виде арабских цифр обозначение степени).

Таким образом, 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 дерева классификации, которое позволит по наличию 27 (кроме «Наличие заболевания») признаков пациента классифицировать его в группу больных или не больных туберкулезом. Так как при включении большего числа признаков в примерную базу данных теряется возможность иллюстрации результатов построения деревьев классификации в рамках статьи, нами объем базы данных ограничен вышеописанными 28 признаками.

Построение модели дерева классификации в IBM SPSS Statistics

Для построения модели дерева классификации в IBM SPSS Statistics необходимо в основном меню выбрать «Анализ» – «Классификация» – «Деревья классификации» (рис. 1). В появившемся окне в поле «Зависимая переменная» необходимо включить признак, который планируется прогнозировать – «Наличие заболевания», а в поле «Независимые переменные» признаки, на основе которых планируется прогнозировать «Рост, см», «Вес, кг», «ИМТ», «Пол», «Возраст, лет» и т. д. То есть будет построена модель дерева классификации, позволяющая на основе независимых переменных прогнозировать значение класса, к которому относится пациент – к классу 1 (болен туберкулезом) или 0 (не болен туберкулезом).

Необходимо отметить, что в поле «Метод построения» можно изменить метод построения дерева классификации. К основным, наиболее часто используемым, методам построения относятся «CHAID», «Исчерпывающий CHAID», «CRT» и «QUEST». Сущностью всех методов построения деревьев классификации заключается в последовательном разделении всех единиц наблюдения на подгруппы таким образом, чтобы по возможности в отдельные подгруппы входили наблюдения разных классов.

Метод построения «CHAID» формирует разделение

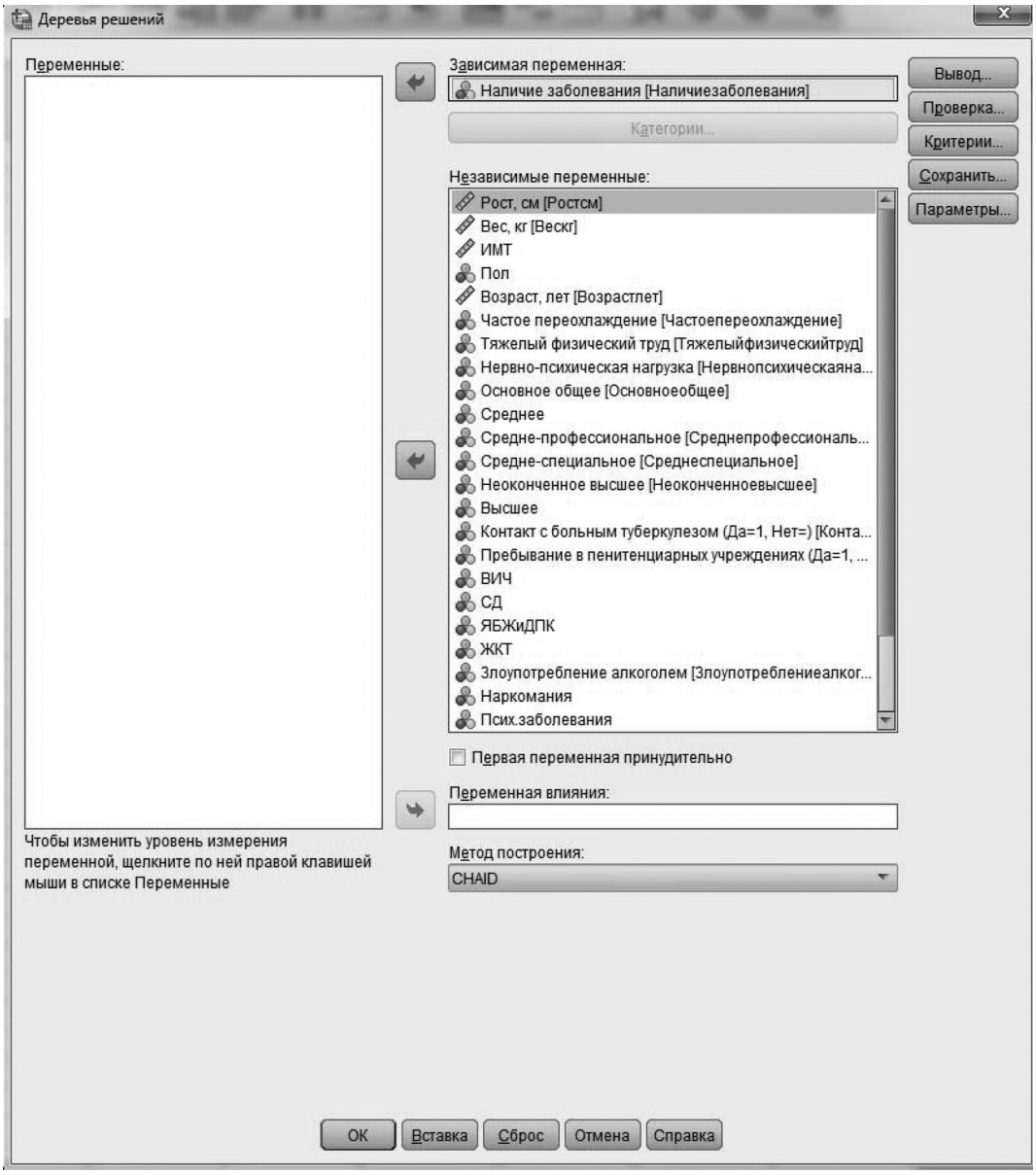

Рис. 1. Окно построения деревьев классификации

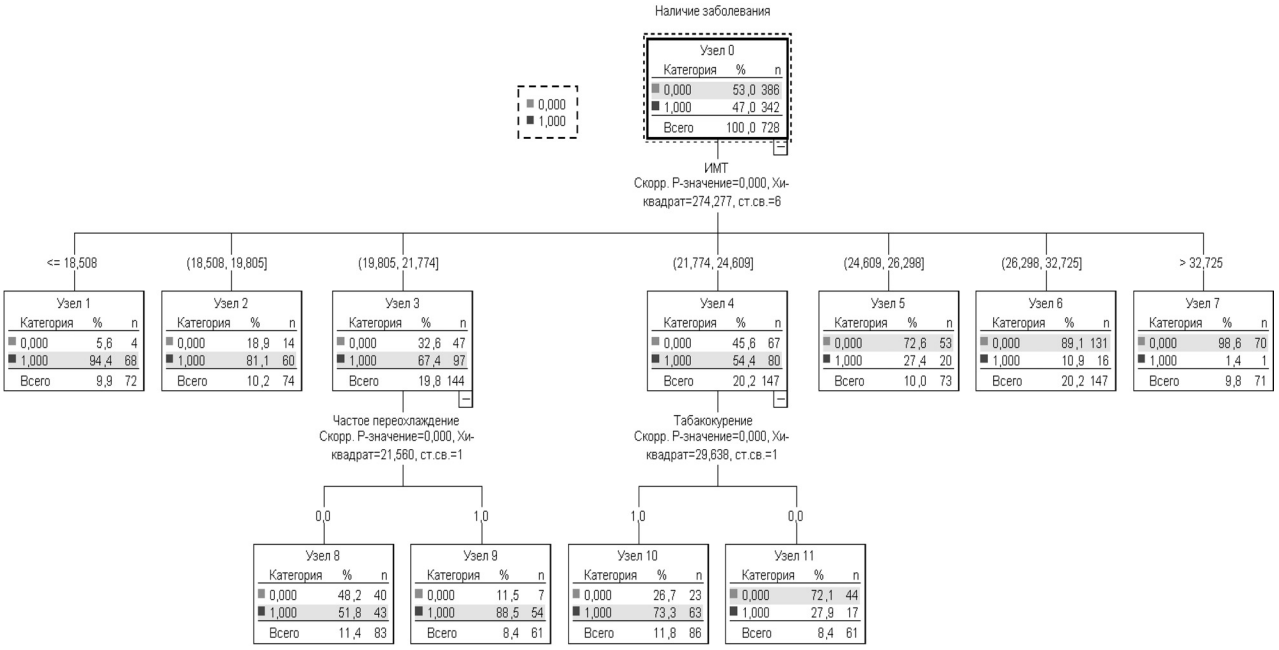

Рис. 2. Дерево классификации, построенное методом «CHAID»

узлов на основе статистики хи-квадрат и в отличии от методов «CRT» и «QUEST» может генерировать не только бинарные разделения, но и множественные. Метод построения «Исчерпывающий CHAID» является более углубленной модификацией метода «CHAID». Метод построения «CRT» позволяет осуществлять только бинарные разделения узлов, а метод «QUEST» является ускоренным методом «CRT». После выбора зависимой и независимых переменных необходимо нажать кнопку «ОК» для получения дерева классификации (рис. 2).

Подробнее остановимся на полученном дереве классификации. В самом верху дерева классификации находится «Узел 0» (так называемый корень дерева классификации). С данного узла начинается разделение единиц наблюдения на подгруппы. Под нулевым узлом представлен признак, по которому пациенты в первую очередь разделяются на подгруппы. В данном примере этим признаком является «ИМТ». Далее приведены интервалы значений ИМТ, при которых пациенты относятся в тот или иной узел. Так, если у пациента ИМТ меньше или равен значению 18,508, то он относится к «Узел 1», если больше 18,508 и меньше либо равно 19,805, то к «Узел 2», если больше 19,805, но меньше либо равно 21,774, то к «Узел 3», и т. д.

«Узел 1», «Узел 2», «Узел 5», «Узел 6» и «Узел 7» являются терминальными узлами, так как после них разделения на дочерние узлы не происходит. «Узел 3» далее в соответствии с наличием у пациента такого фактора риска, как частое переохлаждение, также разделяется на два дочерних узла: если данный фактор риска отсутствует у пациента, то пациент относится к «Узел 8», если имеется, то к «Узел 9». «Узел 4» также имеет разделение на два дочерних узла в соответствии с табакокурением пациента: если пациент курит, то он относится к «Узел 10», если не курит, то к «Узел 11»

Таким образом, для классификации пациента с использованием полученного дерева классификации достаточно трех параметров – «ИМТ», «Частое переохлаждение» и «Табакокурение». В соответствии с этими значениями необходимо дойти до терминального узла, параметры которого и будут свидетельствовать о классе пациента.

Необходимо учитывать, что пример, на котором иллюстрируется построение деревьев классификации, и полученные математические модели не могут претендовать на истинный научный результат, так как данные пациентов являются лишь частью базы данных, которая использовалась при проведении оригинального исследования [7].

Прежде чем приводить примеры классификации пациентов с применением полученного дерева классификации, рассмотрим еще несколько таблиц, полученных при его построении. В таблице «Риск» (рис. 3) в столбце «Оценка» приведена доля неверно классифицированных единиц наблюдения, то есть при применении полученного дерева классификации неверно классифицировано 19,5 % пациентов.

Риск

Оценка	Стандартная ошибка
,195	,015

Метод построения: CHAID
Зависимая переменная:
Наличие заболевания

Рис. 3. Таблица «Риск»

Доля неверно классифицированных пациентов также подтверждается данными таблицы «Классификация» (рис. 4). Так, в данной таблице приведены

наблюдаемые классы пациентов и их предсказанные классы. На пересечении строки «1» и столбца «1» приведено количество пациентов, у которых имеется туберкулез, и дерево классификации предсказало, что у них есть туберкулез. На пересечении строки «0» и столбца «0» – количество пациентов, у которых отсутствует туберкулез, и дерево классификации предсказало, что у них его нет. Эти значения составляют верно предсказанные наблюдения. Общий процент верно предсказанных наблюдений составил 80,5.

Классификация

Наблюденные	Предсказанные		
	0	1	Процент правильных
0	298	88	77,2%
1	54	288	84,2%
Общая процентная доля	48,4%	51,6%	80,5%

Метод построения: CHAID
Зависимая переменная: Наличие заболевания

Рис. 4. Таблица «Классификация»

Для иллюстрации примера использования полученного дерева классификации методом «CHAID» воспользуемся следующими параметрами одного из пациентов, имеющимися в базе данных: ИМТ – 19,98, частое переохлаждение – да, табакокурение – да. Так как ИМТ пациента попадает в интервал от 19,805 до 21,774, то от «Узел 0» осуществляется переход к «Узел 3». Так как этот узел не является терминальным, то далее необходимо оценить следующий параметр пациента. Пациент имеет фактор риска частого переохлаждения. В связи с этим осуществляется переход к «Узел 9». Так как «Узел 9» является терминальным узлом, то для окончательного прогноза наличия или отсутствия туберкулеза у пациента необходимо проанализировать данные этого узла. В «Узел 9» входит больше пациентов с наличием туберкулеза (88,5 %), в связи с чем можно сделать прогноз, о том, что у пациента, на основе данных которого делается прогноз, имеется туберкулез.

Для построения дерева классификации другими методами необходимо произвести те же самые действия, что и для построения уравнения методом «CHAID», только необходимо произвести изменения в поле «Метод построения». Приведем лишь дерево классификации, которое построено методом «CRT» и имеет наибольшую точность среди деревьев классификации, построенных всеми четырьмя методами (рис. 5). Общий процент верно предсказанных наблюдений с применением данного дерева классификации составил 84,1, тогда как метод «Исчерпывающий CHAID» позволил получить 83,1, а «QUEST» – 83,4. Как видно из представленного на рис. 5 дерева классификации, оно включает лишь два параметра пациента – табакокурение и ИМТ.

Необходимо отметить, что построение деревьев классификации имеет довольно широкий спектр на-

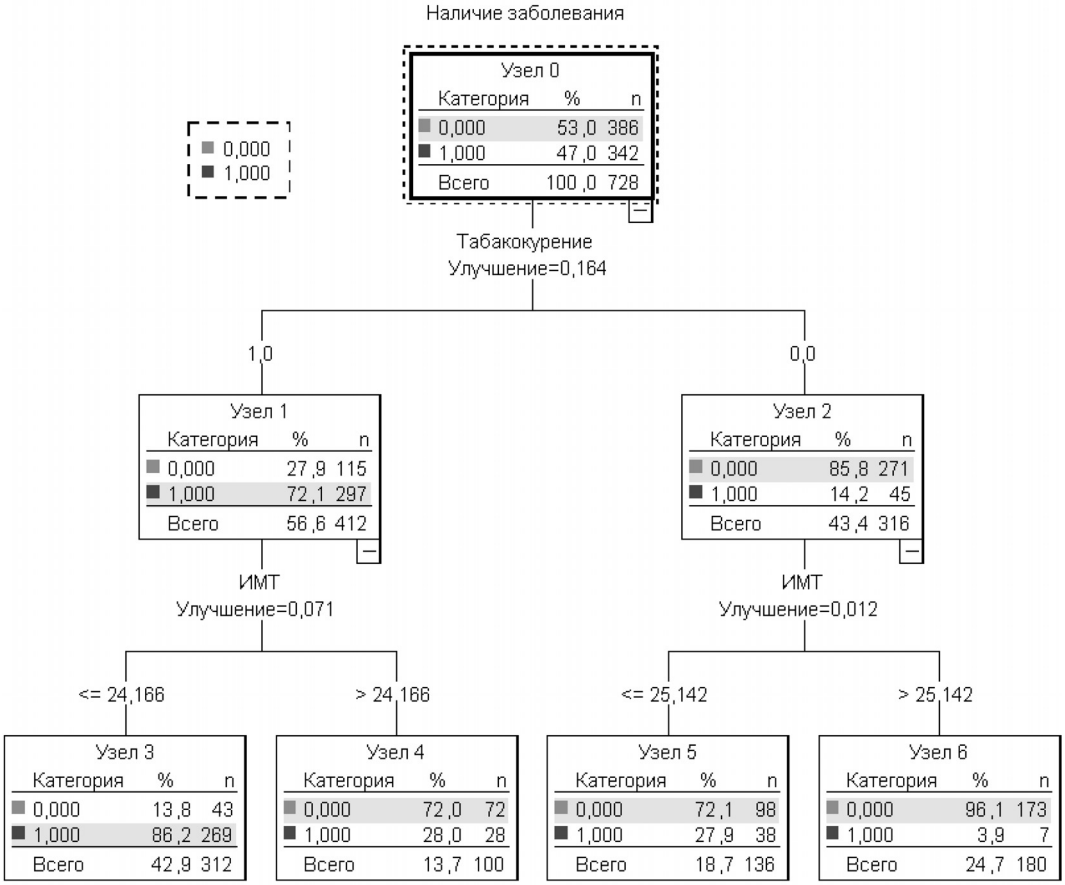

Рис. 5. Дерево классификации, построенное методом «CRT»

строек и позволяет рассчитывать довольно большое число показателей, характеризующих данное дерево. Ввиду довольно большого списка таких настроек и показателей они не приведены в данной статье, а примеры построения деревьев классификации приведены с целью показать их принципиальные возможности, процесс их построения и возможного использования. Рекомендуется при решении задачи классификации с использованием деревьев классификации воспользоваться всеми методами их построения с различными настройками, сравнить их результаты и выбрать оптимальную модель.

Построение модели дерева классификации в StatSoft Statistica

Построение деревьев классификации в системе StatSoft Statistica осуществляется путем использования различных пунктов меню. Для выбора данных пунктов меню необходимо в основном меню выбрать «Добыча данных», а затем один из следующих пунктов:

1. Общие деревья классификации и регрессии.
2. Общие CHAID модели.
3. Интерактивные деревья (C&RT, CHAID).
4. Растущие деревья классификации и регрессии.
5. Случайные леса регрессии и классификации.

Так как общие принципы построения деревьев классификации не меняются в зависимости от выбранного пункта меню, в статье будет рассмотрен пример построения дерева классификации, полученного путем выбора «Общие деревья классификации и регрессии». После выбора данного пункта меню в появившемся окне в поле «Type of analysis» необходимо выбрать «Standard C&RT», а в поле «Specification method» – «Quick specs dialog». После нажатия «OK» в открывшемся окне необходимо нажать кнопку «Variables», после чего будет открыто окно выбора переменных (рис. 6).

В окне выбора переменных в поле «Dependent» необходимо выбрать параметр, который планируется прогнозировать – «Наличие заболевания», в поле «Categorical pred.» необходимо выбрать качественные параметры, на основе которых будет осуществляться прогнозирование. В текущем примере такими параметрами является большинство из имеющихся в наборе данных. В поле «Continuous pred.» необходимо выбрать количественные и ранговые параметры, на ос-

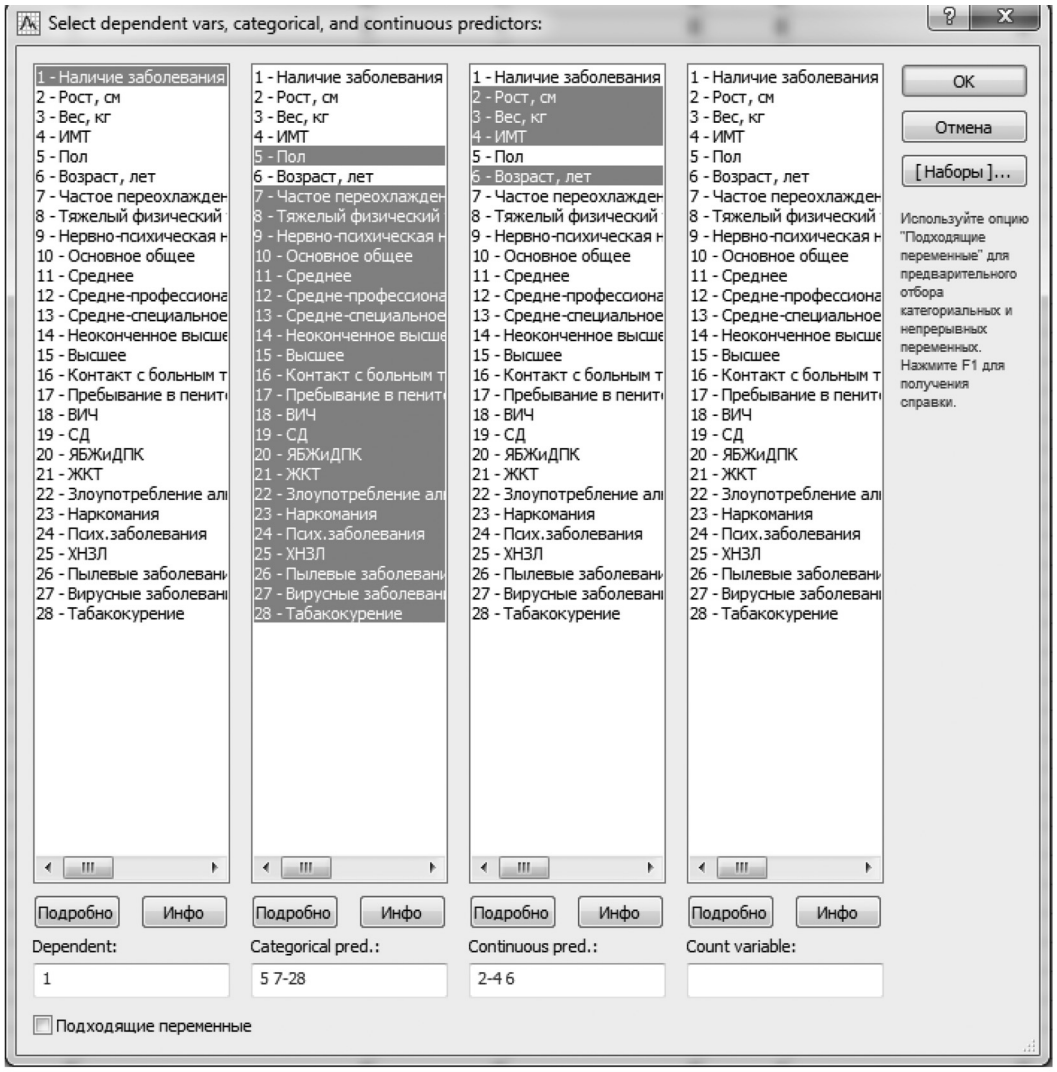

Рис. 6. Окно выбора переменных

нове которых будет осуществляться прогнозирование. В текущем примере такими параметрами являются «Рост, см», «Вес, кг», «ИМТ» и «Возраст, лет». То есть будет построена модель дерева классификации, позволяющая на основе этих данных прогнозировать значение класса, к которому относится пациент, – больных или не больных туберкулезом.

После выбора нужных переменных необходимо нажать кнопку «OK». После возврата в окно настроек дерева классификации необходимо установить «галочку» в поле «Categorical response (categorical dependent variable)». После того как выбраны все переменные и отмечены все необходимые настройки построения дерева классификации, необходимо в окне настроек, имеющих представленный на рис. 7 вид, нажать кнопку «OK».

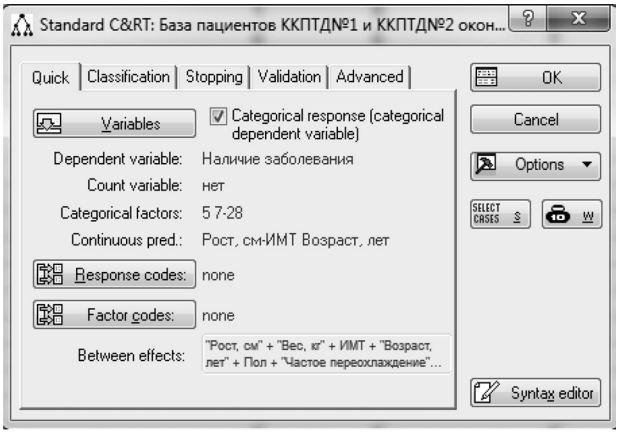

Рис. 7. Окно настроек построения дерева классификации

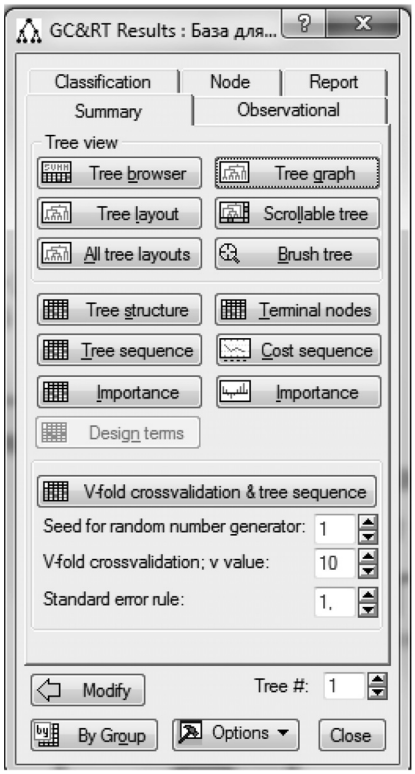

Рис. 8. Окно результатов построения дерева классификации

После нажатия кнопки «OK» будет открыто окно результатов построения дерева классификации (рис. 8). На вкладке «Summary» необходимо нажать кнопку «Tree graph» для получения графического представления полученного дерева классификации (рис. 9).

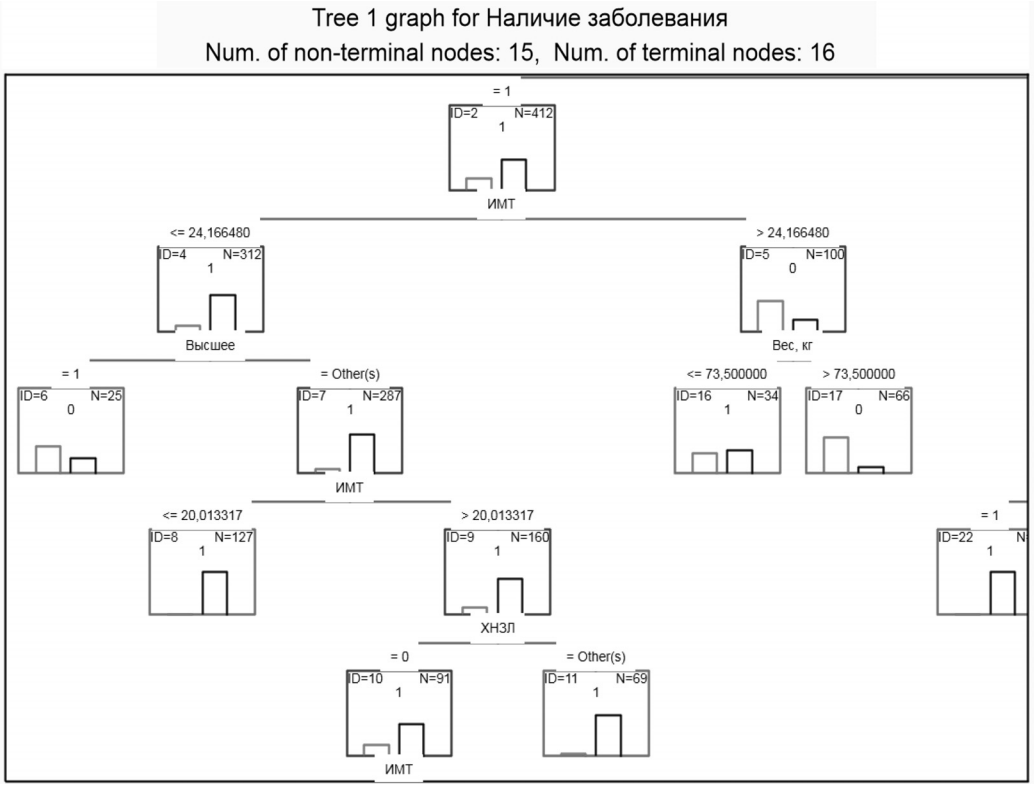

Рис. 9. Графическое представление полученного дерева классификации

В связи с тем, что с применением статистической системы StatSoft Statistica было получено довольно большое дерево классификации, включающее в себя 31 узел, на рис. 9 приведена только часть графического представления модели. Затем необходимо перейти на вкладку «Classification» для получения результатов оценки качества полученного дерева классификации.

После нажатия кнопки «Tree graph» можно рассмотреть подробнее полученное дерево классификации. Его использование осуществляется так же, как и использование деревьев классификации, полученных с помощью IBM SPSS Statistics.

Для оценки качества полученного дерева классификации после перехода на вкладку «Classification» необходимо нажать кнопку «Predicted vs. Observed by classes», после чего будет получена таблица классификации, в которой приведены все необходимые параметры (рис. 10).

Classification matrix 1 (База пациентов ККПТД№1 и
Dependent variable: Наличие заболевания
Options: Categorical response, Analysis sample

	Observed	Predicted 0	Predicted 1	Row Total
Number	0	336	50	386
Column Percentage		88.65%	14.33%	
Row Percentage		87.05%	12.95%	
Total Percentage		46.15%	6.87%	53.02%
Number	1	43	299	342
Column Percentage		11.35%	85.67%	
Row Percentage		12.57%	87.43%	
Total Percentage		5.91%	41.07%	46.98%
Count	All Groups	379	349	728
Total Percent		52.06%	47.94%	

Рис. 10. Таблица классификации

Таблица классификации разбита на три блока. В первом блоке представлены результаты классификации пациентов, не имеющих туберкулез – «Observed=0», во втором блоке – пациентов, имеющих туберкулез – «Observed=1», в третьем блоке – всех пациентов – «Observed=All Groups».

Рассмотрим результаты классификации подробнее. Данные первого блока свидетельствуют о том, что у пациентов, не имеющих туберкулез, полученным деревом классификации предсказывается отсутствие туберкулеза («Predicted 0») в 87,05 % случаев, а наличие туберкулеза («Predicted 1») – в 12,95 %. Данные второго блока свидетельствуют о том, что у пациентов, имеющих туберкулез, полученным деревом классификации предсказывается отсутствие туберкулеза («Predicted 0») в 12,57 % случаев, а наличие туберкулеза («Predicted 1») – в 87,43 %.

Представление результатов построения деревьев классификации

При представлении результатов построения деревьев классификации в научной статье или диссертации следует учитывать то, что искушенного читателя будут интересовать, во-первых, стартовые условия, при которых осуществилось построение дерева классификации: число входных признаков, их наименование, на какие классы исследователь классифицировал пациентов, метод построения дерева классификации. Все это позволит читателю воспроизвести полученный исследователем результат или провести похожее исследование.

Во-вторых, наибольший интерес будет вызывать непосредственно дерево классификации. Если размер дерева классификации позволяет использовать его в тексте статьи или диссертации (как в случае с деревом классификации, полученным с применением IBM SPSS Statistics), то лучше непосредственно привести его изображение как на рис. 2. В таком случае самостоятельный анализ читателем такого изображения даст ответы на многие возникающие вопросы. Если формат статьи или диссертации не позволяет уместить дерево классификации в виде изображения (как в случае с деревом классификации, полученным с применением StatSoft Statistica), то его стоит как следует описать. Степень детализации описания, естественно, определяет автор, но максимально, насколько это возможно, стоит указать следующее: число признаков, которые включены в дерево классификации, наименование этих признаков, число уровней дерева, число узлов, наиболее интересные с позиции автора правила, разделяющие на несколько узлов.

В-третьих, при представлении результатов построения деревьев классификации важно отразить качество классификации с применением модели. В качестве показателей, отражающих качество классификации, как правило, используются чувствительность, специфичность и точность. В качестве дополнительных показателей могут быть использованы прогностическая ценность положительного и отрицательного результата, отношение правдоподобия положительного и отрицательного результата. На расчете данных показателей и их интерпретации останавливаться не будем, но каждый из них характеризует качество классификации с разных позиций, а расчет их можно осуществить с применением онлайн калькуляторов, используя значения, которые приводятся в таблицах результатов классификации (см. рис. 4 и 10). Помимо самих показателей желательно снабдить их 95 % доверительными интервалами.

Какие значения чувствительности, специфичности или точности считать приемлемыми, сказать довольно сложно, так как это зависит от конкретной области медицины и даже задачи, которую решает исследователь в рамках этой области. К примеру, если в арсенале медицинских специалистов уже существует онкомаркер, использование которого позволяет установить наличие онкологического заболевания с чувствительностью 87 %, специфичностью 92 % и точностью 90 %, то использование дерева классификации, которое имеет более низкие значения данных показателей, не будет иметь смысла. В связи с этим для каких-то задач будет достаточно и 70–80 %, а для каких-то задач недостаточно будет и 90–95 % значений. Это можно оценить, только сравнивая результаты, полученные методами, имеющимися в арсенале медицинских специалистов.

Для представления в научной публикации результатов, полученных в ходе реализации примера, приведенного в данной статье, раздел материалов и методов может содержать примерно следующий текст.

«Для классификации пациентов на больных туберкулезом и пациентов с отсутствием данного заболевания осуществлялось построение математической модели дерева классификации. Для построения дерева классификации в качестве входных признаков использовались 28 параметров пациентов. При этом 23 параметра представлены в бинарном виде, где 0 – отсутствие признака, 1 – наличие признака: наличие частого переохлаждения, тяжелого физического труда, нервно-психической нагрузки, основного общего, среднего, средне-профессионального, среднеспециального, неоконченного высшего и высшего образования, наличие контакта с больным туберкулезом, ВИЧ-инфекции, сахарного диабета, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, других болезней ЖКТ, психических заболеваний, хронических неспецифических заболеваний легких, пылевых заболеваний, вирусных заболеваний печени, наркомании, пребывание в пенитенциарных учреждениях в течение жизни, злоупотребление алкоголем, табакокурение. Один параметр (пол) представлен в бинарном виде, где 0 – женский пол, 1 – мужской пол, а четыре параметра представлены в количественном виде: рост, вес, индекс массы тела и возраст.

Классификация осуществлялась на два класса: 0 – отсутствие туберкулеза, 1 – наличие туберкулеза. Построение дерева классификации осуществлялось методом CHAID. Для оценки качества классификации использовались показатели точности, чувствительности и специфичности с 95 % доверительными интервалами.

Несомненно, часть приводимого в материалах и методах текста может быть представлена в виде таблицы (по примеру табл. 1 данной статьи). В разделе результатов при оформлении научной публикации стоит привести в виде рисунка полученное дерево классификации (если это позволяет его размер, оно может быть приведено по примеру рис. 2, 5 или 9 данной статьи). Также раздел результатов может содержать примерно следующий текст.

«В результате построения дерева классификации для определения наличия или отсутствия у пациентов туберкулеза в качестве входных признаков в математическую модель включено три признака: индекс массы тела, наличие частого переохлаждения и табакокурения. Данное дерево классификации состоит из трех уровней и содержит 11 узлов. Точность классификации пациентов с применением данного дерева классификации составила 80,5 (78,9; 81,8) %, чувствительность – 84,2 (80,0; 87,7) %, специфичность – 77,2 (72,8; 81,1) %».

Таким образом, рассмотрены вопросы применения деревьев классификации в медико-биологических исследованиях, а также представлены примеры их построения в статистических пакетах прикладных программ IBM SPSS Statistics и StatSoft Statistica. Применение при анализе данных медико-биологических экспериментов дерева классификации, как одного из легко используемых и интерпретируемых методов многомерного анализа данных, позволит более глубоко изучать закономерности явлений и состояний в области медицины и биологии.

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; 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
Гржибовский Андрей Мечиславович – ORCID 0000-0002-5464-0498; SPIN 5118-0081

Список литературы / References

1. *Гржибовский А. М., Иванов С. В., Горбатова М. А.* Однофакторный линейный регрессионный анализ с использованием программного обеспечения Statistica и SPSS // Наука и здравоохранение. 2017. № 2. С. 5–33.

Grjibovski A. M., Ivanov S. V., Gorbatova M. A. One-factor linear regression analysis using software Statistica and SPSS. *Nauka i zdravookhranenie* [Science and health]. 2017, 2, pp. 5-33. [In Russian]

2. *Калагина Л. С., Сморкалова В. М., Зобкова Т. И.* Деревья классификации в прогнозировании исходов гепатита А у детей // Медицинский альманах. 2011. № 4. С. 207–210.

Kalagina L. S., Smorkalova V. M., Zobkova T. I. Classification trees in predicting outcomes of hepatitis A in children. *Meditsinskiy al'manakh* [Medical almanac]. 2011, 4, pp. 207-210. [In Russian]

3. *Калагина Л. С., Сморкалова В. М., Зобкова Т. И.* Математическая модель прогнозирования исходов легкой формы гепатита В у детей // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. 2012. Т. 91, № 4. С. 156–159.

Kalagina L. S., Smorkalova V. M., Zobkova T. I. Mathematical model for predicting outcomes of mild hepatitis B in children. *Pediatriya (Pediatriya - Zhurnal im. G. N. Speranskogo)*. 2012, 91 (4), pp. 156-159. [In Russian]

4. *Кондрова Н. С., Зулькарнаев Т. Р., Франц М. В.* Потенциал здоровья работников как компонент человеческого потенциала организации // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97, № 2. С. 164–171.

Kondrova N. S., Zul'karnaev T. R., Frants M. V. Potential of workers ' health as a component of the human potential of the organization. *Gigiena i Sanitariya*. 2018, 97 (2), pp. 164-171. [In Russian]

5. *Константинова Е. Д., Вараксин А. Н., Жовнер И. В.* Определение основных факторов риска развития неинфекционных заболеваний: метод деревьев классификации // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92, № 5. С. 69–72.

Konstantinova E. D., Varaksin A. N., Zhovner I. V. Determination of the main risk factors for the development of non-communicable diseases: method of classification trees. *Gigiena i Sanitariya*. 2013, 92 (5), pp. 69-72. [In Russian]

6. *Наркевич А. Н., Виноградов К. А.* Настольная книга автора медицинской диссертации: пособие. М.: Инфра-М, 2019. 454 с.

Narkevich A. N., Vinogradov K. A. *A reference book of the author of a medical dissertation: manual*. Moscow, Infra-M Publ., 2019, 454 p. [In Russian]

7. *Наркевич А. Н., Виноградов К. А., Корецкая Н. М., Наркевич А. А.* Использование прогностических математических моделей для выявления больных туберкулезом легких // Туберкулез и болезни легких. 2014. № 9. С. 44–45.

Narkevich A. N., Vinogradov K. A., Koretskaya N. M., Narkevich A. A. Use of predictive mathematical models for detecting patients with pulmonary tuberculosis. *Tuberkulez i bolezni legkikh* [Tuberculosis and lung diseases]. 2014, 9, pp. 44-45. [In Russian]

8. *Фомина Е. Е.* Возможности метода деревьев классификации при обработке социологической информации // Гуманитарный вестник. 2018. № 11. С. 5.

Fomina E. E. Possibilities of the method of classification trees in the processing of sociological information. *Gumanitarnyi vestnik* [Humanities Bulletin]. 2018, 11, p. 5. [In Russian]

9. *Халафян А. А., Виноградов Р. А., Акиньшина В. А., Кошкаров А. А.* Система поддержки принятия решений при выборе тактики коррекции стеноза внутренних сонных артерий // Врач и информационные технологии. 2018. № 2. С. 29–38.

Khalafyan A. A., Vinogradov R. A., Akin'shina V. A., Koshkarov A. A. Decision support System for choosing tactics for correction of internal carotid artery stenosis. *Vrach i informatsionnye tekhnologii* [Doctor and information technology]. 2018, 2, pp. 29-38. [In Russian]

10. *Харевич О. Н., Лаптева И. М., Лаптева Е. А., Королева Е. Г.* Клинические фенотипы тяжелой астмы (по результатам кластерного анализа) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2015. № 2. С. 28–39.

Kharevich O. N., Lapteva I. M., Lapteva E. A., Koroleva E. G. Clinical phenotypes of severe asthma (based on the results of cluster analysis). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Meditsina* [Bulletin of the Saint Petersburg University. Medicine]. 2015, 2, pp. 28-39. [In Russian]

11. *Шарашова Е. Е., Холматова К. К., Горбатова М. А., Гржибовский А. М.* Применение множественного логистического регрессионного анализа в здравоохранении с использованием пакета статистических программ SPSS // Наука и здравоохранение. 2017. № 4. С. 5–26.

Sharashova E. E., Kholmatova K. K., Gorbatova M. A., Grjibovski A. M. Application of multiple logistic regression analysis in healthcare using a package of statistical programs SPSS. *Nauka i zdravookhranenie* [Science and health]. 2017, 4, pp. 5-26. [In Russian]

12. Bamber J. H., Evans S. A. The value of decision tree analysis in planning anaesthetic care in obstetrics. International *Journal of Obstetric Anesthesia*. 2016. 27, pp. 55-61. DOI: 10.1016/j.ijoa.2016.02.007.

13. Ben-Gal I., Dana A., Shkolnik N., Singer G. Efficient Construction of Decision Trees by the Dual Information Distance Method. *Quality Technology & Quantitative Management*. 2014, 11 (1), pp. 133-147.

14. Bewick V., Cheek L., Ball J. Statistics review 14: Logistic regression. *Critical Care*. 2005, 9 (1), pp. 112-118.

15. Bewick V., Cheek L., Ball J. Statistics review 7: Correlation and regression. *Critical Care*. 2003, 7 (6), pp. 451-459.

16. Deng H., Runger G., Tuv E. Bias of importance measures for multi-valued attributes and solutions. *Proceedings of the 21st International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN)*. 2011, pp. 293-300.

17. Distinguin L., Blanchard M., Rouillon I., Parodi M., Loundon N. Pediatric cochlear reimplantation: Decision-tree efficacy. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. 2018, 135 (4), pp. 243-247. DOI: 10.1016/j.anorl.2018.05.002.

18. Garonzik-Wang J. M., Majella Doyle M. B. Decision Tree for Liver Resection for Hepatocellular Carcinoma. *JAMA Surgery*. 2016, 151 (9), pp. 853-854. DOI: 10.1001/jamasurg.2016.1149.

19. Laurent H., Rivest R. L. Constructing Optimal Binary Decision Trees is NP-complete. *Information Processing Letters*. 1976, 5 (1), pp. 15-17. DOI: 10.1016/0020-0190(76)90095-8.

20. Schneider A., Hommel G., Blettner M. Linear Regression Analysis. Part 14 of a Series on Evaluation of Scientific Publications. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2010, 107 (44), pp. 776-782.

21. Suzuki S., Ukiya T., Kawauchi Y., Ishii H., Sugihara N. Decision tree analysis for factors associated with dental caries in school-aged children in Japan. *Community Dental Health Journal*. 2018, 35 (4), pp. 247-251. DOI: 10.1922/CDH_4409Suzuki05.

22. Tayefi M., Esmaeili H., Saberi Karimian M., Amirabadi Zadeh A., Ebrahimi M., Safarian M., Nematy M., Parizadeh S. M. R., Ferns G. A., Ghayour-Mobarhan M. The application of a decision tree to establish the parameters associated with hypertension. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2017, 139, pp. 83-91. DOI: 10.1016/j.cmpb.2016.10.020.

Контактная информация:

Наркевич Артем Николаевич – доктор медицинских наук, зав. лабораторией медицинской кибернетики и управления в здравоохранении, зав. кафедрой медицинской кибернетики и информатики 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