

Читать
онлайн
Read
online

Клейн С.В., Глухих М.В.

Оценка потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения с использованием искусственных нейронных сетей

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь, Россия

Введение. В текущих условиях поиск и апробация новых аналитических систем, способных к прогнозированию медико-демографической ситуации с учётом многофакторного влияния среды обитания, особенно актуальны.

Цель исследования — установление региональных особенностей и прогнозных оценок потенциала роста показателя ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ) при рождении с изменением модифицирующих его социально-гигиенических детерминант на примере субъекта Российской Федерации с напряжённой медико-демографической ситуацией на фоне стабильных экономических условий.

Материалы и методы. Прогнозная оценка потенциала роста ОПЖ осуществлялась путём моделирования причинно-следственных связей с использованием искусственных нейронных сетей между показателями среды обитания и образа жизни — детерминантами, определяющими популяционное здоровье.

Результаты. Показано, что предложенная авторами методика оптимальна, точна (различия составили 0,98%) и может успешно применяться при прогнозировании потенциала роста ОПЖ на региональном уровне с установлением приоритетных модифицирующих факторов. Установлено, что показатель ожидаемой продолжительности жизни на исследуемой территории (Пермский край) при текущих трендах изменения детерминант к 2024 г. и достижении целевых показателей национальных проектов и программ регионального развития может увеличиться на 661,6 дня до 73,12 года, к 2030 г. — на 855,7 дня до 73,65 года. Наиболее значимыми группами детерминирующих показателей ОПЖ факторов на исследуемой территории на фоне стабильной экономической ситуации являются показатели санитарно-эпидемиологического благополучия населения (условия труда), показатели системы здравоохранения (обеспеченность населения врачами), показатели социально-демографической сферы (расходы на социальную политику), образа жизни (доля населения, занимающегося физической культурой и спортом; потребление овощей и фруктов; розничные продажи алкогольной продукции) — от 51,2 до 228,6 дня.

Ограничения исследования. К ограничениям данного исследования можно отнести «стационарность» модели за счёт обучения на данных 2010–2019 гг., использование конкретного набора показателей, отсутствие учёта влияния текущих эпидемиологических процессов (пандемии COVID-19).

Заключение. На примере субъекта Российской Федерации с напряжённой медико-демографической ситуацией показано, что к 2024 г. при условии восстановления допандемийной динамики изменения социально-гигиенических детерминант возможно достижение скорректированных целевых значений показателя ОПЖ населения исследуемой территории. Достижение целевых значений ОПЖ к 2030 г. требует реализации дополнительных проектных мероприятий с учётом региональной специфики и акцентом на управление приоритетными детерминантами и снижение смертности в трудоспособном возрасте.

Ключевые слова: ожидаемая продолжительность жизни; социально-гигиенические детерминанты; искусственные нейронные сети; факторы среды обитания; факторы образа жизни; региональный уровень

Соблюдение этических стандартов. Для проведения данного исследования не требовалось заключения комитета по биомедицинской этике (исследование выполнено на общедоступных данных официальной статистики).

Для цитирования: Клейн С.В., Глухих М.В. Оценка потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения с использованием искусственных нейронных сетей. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(11): 1424–1431. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1424-1431> <https://elibrary.ru/fvhrxc>

Для корреспонденции: Глухих Максим Владиславович, мл. науч. сотр. отд. системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь. E-mail: gluhih@fcrisk.ru

Участие авторов: Клейн С.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование, написание текста, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи, Глухих М.В. — сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 13.09.2022 / Принята: 03.10.2022 / Опубликовано: 30.11.2022

Svetlana V. Kleyn, Maxim V. Glukhikh

Assessing potential of the gain in the life expectancy of population using artificial neural networks

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation

Introduction. At present it is especially vital to search for and test new analytical systems that can give a possibility to predict a medical and demographic situational lowering for multifactorial influence exerted by the environment.

Our research goal was to establish regional peculiarities and predictive estimates of potential gain in such an important indicator as life expectancy at birth (LEB) depending on changes in socio-hygienic determinants potent of modifying it. To do that, we took data collected in a RF region where the current demographic situation was rather tense against the backdrop of stable economic conditions.

Materials and methods. A potential of the gain in LEB was estimated by modelling cause-effects relations between environmental indicators and life-style related ones, or determinants that determined population health. Models were created by using artificial neural networks.

Results. Our methodology was proven to be optimal and precise (differences are equal to 0.98%). It can be applied quite successfully to predict a potential gain in LEB at a regional level together with identifying what modifying factors should be considered priority ones. LEB on the analyzed territory (the Perm region) was established to likely grow by 661.6 days by 2024 and reach 73.12 years; by 855.7 days by 2030 and reach 73.65 years if the current trends related to changes in the analyzed determinants persisted and the achievement of target indicators of national projects and regional development programs. In case the relevant

targets set within national projects and regional development programs were achieved, this indicator would grow by 661.6 days and reach 73.12 years. The most significant groups of factors that determine LEB on the analyzed territory against the backdrop of stable economic situation include sanitary-epidemiological welfare (working conditions et al.), public healthcare indicators (population provided with sufficient number of doctors), sociodemographic indicators (expenses on social policies), lifestyle factors (the proportion of the population involved in physical culture and sports; consumption of vegetables and fruits; retail sales of alcoholic beverages, etc.). Their contribution to the gain in LEB varies from 51.2 to 228.6 days.

Limitations. Limitations of the study include the model being “stationary” due to its training relying on data collected in 2010–2019; use of a specific set of indicators; failure to consider the influence exerted by the current epidemiological processes (the COVID-19 pandemics).

Conclusion. We analyzed data collected in an RF region with a rather tense demographic situation and established that by 2024 an adjusted target LEB value would be achieved there if the trend in changes in socio-hygienic determinants recovered to its pre-pandemic levels. Achievement of target LEB values by 2030 requires additional project activities that consider specific regional features and focus on managing priority determinants and reducing mortality among working age population.

Keywords: life expectancy at birth; socio-hygienic determinants; artificial neural networks; habitat factors; lifestyle factors; regional level

Compliance with ethical standards. No approval by the committee on biomedical ethics was required to accomplish this study (it was based on free available data taken from the official statistical reports).

For citation: Kleyn S.V., Glukhikh M.V. Assessing potential of the gain in the life expectancy of population using artificial neural networks. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(11): 1424–1431. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1424-1431> <https://elibrary.ru/ivhrxc> (In Russian)

For correspondence: Maxim V. Glukhikh, junior research Department of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring Systemic Methods, Perm, 614045, Russian Federation. E-mail: gluhih@crisk.ru

Information about authors:

Kleyn S.V., <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>

Glukhikh M.V., <https://orcid.org/0000-0002-4755-8306>

Contribution: Kleyn S.V. – research concept and design, editing, writing the text, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Glukhikh M.V. – statistical data processing, collection and processing material, writing the text.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: September 13, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: November 30, 2022

Введение

По данным WHO [1], значения показателя ожидаемой продолжительности жизни при рождении (ОПЖ) в последние десятилетия имеют позитивный тренд на увеличение в большей части стран. Так, во всём мире ОПЖ за период 2000–2016 гг. увеличилась на 8%, при этом в странах с низким уровнем дохода данный показатель вырос в наибольшей степени (на 21%), в то время как в странах с высоким уровнем дохода рост ОПЖ менее выражен (на 4%). Наблюдаемые различия в росте ОПЖ между странами с разным уровнем дохода укладываются в теорию эпидемиологического перехода [2], которая объясняет различия в структуре смертности населения в зависимости от текущей стадии перехода, обусловленной совокупностью факторов.

Подобные различия в динамике показателя ОПЖ наблюдаются и внутри нашей страны на уровне её субъектов. Среди субъектов Российской Федерации темпы прироста показателей общей смертности населения за период 2000–2019 гг. изменились от –2,71% (Республика Ингушетия) до 0,38% (Чукотский автономный округ), а показатель ОПЖ всего населения в диапазоне от 0,39% (Алтайский край) до 1,09% (Республика Тыва).

Страны с низким уровнем дохода (low income countries) – Афганистан, Буркина-Фасо, Бурунди – до сих пор имеют высокое бремя инфекционных заболеваний и связанные в том числе с этим высокие значения показателя младенческой смертности при существующей ограниченной предоставлении услуг медицинского сектора [3]. Однако постепенное улучшение ситуации путём повышения доступности медицинской помощи населению, увеличения охвата профилактическими прививками даёт больший прирост показателя ОПЖ в сравнении со странами с высоким уровнем дохода. Возникает так называемый эффект низкой базы по причине того, что данные страны преодолевают начальные стадии эпидемиологического перехода с изначально низкими значениями ОПЖ. Актуальным остаётся вопрос о потенциальных возможностях и путях повышения ОПЖ в странах со средним и высоким уровнем дохода, находящихся на более поздних стадиях эпидемиологического перехода, в том числе за счёт улучшения медико-демографической ситуации внутри самих стран на наиболее неблагоприятных территориях [4].

На современном этапе одной из приоритетных задач внутренней политики Российской Федерации является реализация Концепции демографической политики¹, призванной улучшить ситуацию в данной области путём перелома негативной тенденции, наблюдаемой в стране в последние десятилетия. Практическими инструментами реализации настоящей Концепции являются национальные проекты, направленные на развитие человеческого капитала, создание комфортной среды для жизни и стимулирование экономического роста. Одной из наиболее важных национальных целей² развития в медико-демографической сфере является увеличение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет к 2030 г. Достижение данной цели сопряжено с решением ряда задач. Во-первых, согласно последним данным «Программы развития ООН» (на 2019 г.), Российская Федерация по показателю ожидаемой продолжительности жизни находится в начале третьего квартала стран со значением ОПЖ 72,6 года, что чуть ниже мирового показателя (72,8 года) и значительно ниже лидеров списка: Гонконг – 84,9 года, Япония – 84,6 года [5]. Во-вторых, по тем же данным [5], различия в ОПЖ между мужским и женским населением Российской Федерации (10,7 года в 2019 г.) сохраняются на более высоком уровне по сравнению с другими странами. В-третьих, региональная дифференциация субъектов Российской Федерации по совокупности социально-экономических, санитарно-эпидемиологических, демографических показателей, обусловленная обширностью территории страны со значительными погодными-климатическими различиями и историческим контекстом их развития, также осложняет разработку универсального подхода к прогнозированию и влиянию на медико-демографические процессы.

Выполненные ранее научные исследования в области прогнозирования ожидаемой продолжительности жизни и оценки вклада факторов среды обитания и образа жизни в ОПЖ чаще всего ограничиваются изучением малого количе-

¹ Указ Президента Российской Федерации «Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года» (Октябрь 9, 2007, № 1351). Москва, Россия. Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_71673/

² Указ Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» (Июль 27, 2020, № 474). Москва, Россия. Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_357927/

ства детерминант либо изучением преимущественно одной группы влияющих факторов [6–8]. Настоящая работа является продолжением ранее выполненных исследований авторов статьи в области установления оценок потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни с учётом региональной дифференциации и приоритизации модифицирующих факторов [9–12].

Цель работы – установление региональных особенностей и прогнозных оценок потенциала роста показателя ожидаемой продолжительности жизни от изменения модифицирующих его социально-гигиенических детерминант на примере субъекта Российской Федерации с напряжённой медико-демографической ситуацией и стабильными экономическими условиями.

Материалы и методы

Алгоритм оценки потенциала роста показателя ОПЖ населения основан на научно обоснованных методических подходах и практическом инструментарии, описанных в методических рекомендациях³ и в предыдущей работе авторов [12].

В основе разработанной модели лежит установление причинно-следственных связей между факторами среды обитания и образа жизни, действующими на фоне погодноклиматического фактора (независимые переменные), и показателем ОПЖ (зависимая переменная) в искусственной нейронной сети. Для обучения нейросетевой модели использовались данные официальных статистических наблюдений Федеральной службы государственной статистики и Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека за период 2010–2019 гг. по всем субъектам Российской Федерации. Выбранные для анализа показатели (148 показателей) представляли собой факторы среды обитания и образа жизни (социально-гигиенические детерминанты, далее СГД), потенциально влияющие на показатели общественного здоровья, согласно текущим медико-биологическим представлениям о характере взаимосвязи между ними, условно разделённые на 6 групп: показатели санитарно-эпидемиологического благополучия территорий (53 показателя), характеризующие качество атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы, пищевой продукции, условий труда; показатели экономической сферы (14), характеризующие доходы и расходы населения, безработицу, инвестиции в основной капитал, валовый региональный продукт; показатели образа жизни (30), характеризующие потребление продуктов питания, макронутриентов домохозяйствами по видам, подушевое потребление алкогольной продукции по видам, насыщенность объектами спортивной инфраструктуры, уровень занятости населения физической культурой и спортом; показатели системы здравоохранения (9), характеризующие обеспеченность населения медицинским персоналом (врачи, средний медицинский персонал), медицинскими организациями; социально-демографические показатели (34), характеризующие социальный стресс, демографические характеристики населения, благоустройство жилого фонда, уровень образования населения; погодноклиматические показатели (8), характеризующие среднемесячные параметры температуры и осадков в зимний и летний периоды.

Математическая модель, заложенная в основу методики прогнозирования потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни, имела область определения, ограниченную наблюдаемыми значениями детерминант в субъектах Российской Федерации за период 2010–2019 гг. Для снижения размерности и потенциальной мультиколлинеарности

проводили факторный анализ исследуемых независимых переменных с получением общих факторов, подаваемых на входной слой ИНС, так называемый метод FA-ANN (факторный анализ – искусственная нейронная сеть).

Общий алгоритм прогнозирования потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения состоял из последовательного выполнения трёх этапов:

- 1) формирование базового и целевого сценариев изменения показателей, характеризующих 148 социально-гигиенических детерминант;
- 2) выполнение расчётов прогнозных значений ожидаемой продолжительности жизни согласно базовому и целевому сценариям;
- 3) расчёт потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения как разности между расчётными базовым и целевым сценарными значениями ОПЖ.

В качестве базового сценария использовали фактические значения исследуемых 148 показателей анализируемой территории в 2019 г. Целевые сценарии формировались следующим образом:

- сценарий 1 – текущие тенденции изменения показателей к 2024 г. (критерий – наибольшее значение коэффициента детерминации между логарифмическим и линейным трендами) с учётом установленных к 2024 г. целевых значений показателей национальных и федеральных проектов Российской Федерации, а также государственных программ Пермского края;
- сценарий 2 – текущие тенденции изменения показателей к 2030 г. (критерий – наибольшее значение коэффициента детерминации между логарифмическим и линейным трендами), а также целевые значения показателей национальных и федеральных проектов Российской Федерации, регионального плана, установленные для 2024 г.

В качестве объекта исследования, установления региональных особенностей и оценки потенциала роста показателя ОПЖ населения был выбран Пермский край как субъект Российской Федерации с напряжённой медико-демографической ситуацией по показателям общей смертности и ОПЖ и стабильной экономической ситуацией. Для расчёта стандартизованных коэффициентов общей смертности в качестве стандарта использована структура населения Приволжского федерального округа в 2010 г.

Статистическую обработку и визуализацию данных проводили с использованием стандартных пакетов программ статистического анализа (Statistica 10, RStudio, Microsoft Excel 2010).

Результаты

Ретроспективный анализ медико-демографической ситуации на исследуемой территории показал, что в динамике за 2010–2019 гг. показатель общей смертности всего населения края снизился на 13,7% (среднегодовой темп убыли составил 1,6%) – с 15,3 до 13,2 случая на 1000 населения (табл. 1). Показатель общей смертности трудоспособного населения снизился на 27,3% (среднегодовой темп убыли составил 3,4%) со значения от 800 до 581,8 случая на 100 тыс. населения.

За аналогичный период показатель ОПЖ всего населения увеличился на 7,1% (средний темп прироста составил 0,77%) со значения 66,6 до 71,3 года, мужского населения – на 8,8% (средний темп прироста – 0,95%) со значения 60,2 до 65,5 года; женского – на 5,1% (средний темп прироста – 0,55%) со значения 73,2 до 76,9 года.

Среди субъектов Приволжского федерального округа (далее ПФО) в 2019 г. Пермский край находился на первом ранговом месте по показателю смертности населения в трудоспособном возрасте (18-е место по Российской Федерации в 2019 г.) и последнем месте по показателям ОПЖ всего населения, мужского и женского населения (64-е, 69-е и 61-е места по Российской Федерации в 2019 г. соответственно) (рис. 1).

³ МР 2.1.10.0269–21. Определение социально-гигиенических детерминант и прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учётом региональной дифференциации: методические рекомендации. Утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой от 14 декабря 2021 г. М., 2021. 113 с.

Таблица 1 / Table 1

Динамика изменения медико-демографических показателей Пермского края в 2010–2019 гг.

Medical and demographic indicators in the Perm region and dynamics of changes in them over 2010–2019

Показатель Indicator	Значение показателя Value of an indicator		Средний темп прироста за 2010–2019 гг., % Average gain rate over 2010–2019, %	Темп прироста от базисного значения (2010 г.), % Gain rate from baseline value (2010), %
	2010 г.	2019 г.		
Общая смертность (на 1000 населения) Total mortality (per 1000 people)	15.3	13.2	–1.6	–13.7
Смертность трудоспособного населения (на 100 тыс. населения) Mortality among working age population (per 100,000 people)	800.0	581.8	–3.4	–27.3
ОПЖ, годы: / Life expectancy, years:				
всего населения / for the whole population	66.6	71.3	0.77	7.1
женского населения / for female population	73.2	76.9	0.55	5.1
мужского населения / for male population	60.2	65.5	0.95	8.8

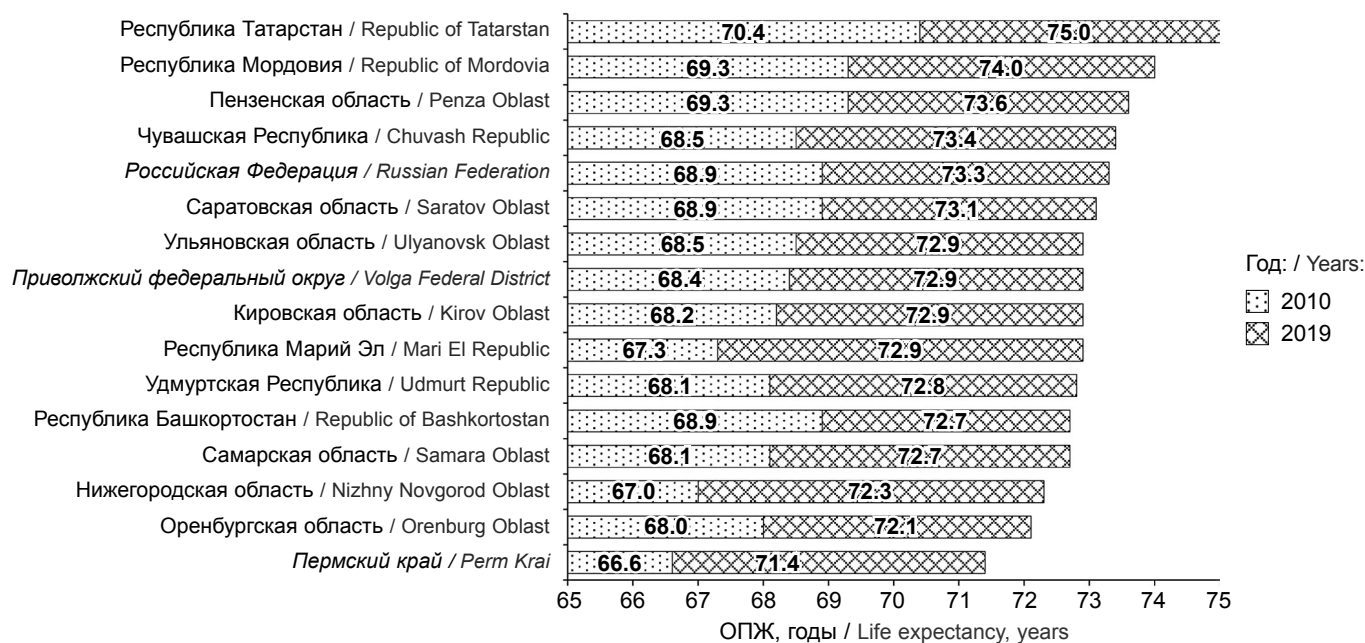


Рис. 1. Значения ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации, Приволжского федерального округа и его субъектов в 2010 и 2019 гг.

Fig. 1. Levels of life expectancy at birth (LEB) for the RF population, population of the Volga Federal District and regions included into it in 2010 and 2019.

По показателю общей смертности населения в 2019 г. среди четырнадцати субъектов ПФО Пермский край находился на шестом месте (по Российской Федерации – на 36-м). При этом по стандартизованному показателю общей смертности населения Пермский край находился на первом месте, превышая данный показатель по ПФО в 1,07 раза.

Результаты расчёта потенциала роста показателя ОПЖ исследуемой территории с учётом прогнозного изменения модифицирующих показателей по двум сценариям представлены в табл. 2.

Модельный расчёт значения показателя ОПЖ по базовому сценарию (2019 г.) показал, что модельное значение ОПЖ исследуемой территории составило 72,02 года, тогда как фактическое значение в данном году равнялось 71,32 года; различие между модельным и фактическим значениями в 2019 г. составило 0,7 года (0,98%), что подтверждает высокую точность и адекватность модельных оценок (по Российской Федерации точность составляла не более 1,1%).

Согласно сценарию 1, предусматривающему достижение значений индикаторных показателей в ключевых сферах деятельности (согласно национальным проектам Российской Федерации и региональным программам развития Пермского края), с учётом установленных тенденций изменения СГД к 2024 г. показано, что совокупный эффект на ОПЖ в виде потенциала роста данного показателя составит 661,6 дня (1,81 года) с достижением ОПЖ 73,12 года. Оценка влияния отдельных групп факторов по сценариям представлена в табл. 2. В случае изменения анализируемых социально-гигиенических показателей только по установленным тенденциям к 2024 г. (без дополнительных регулирующих воздействий в рамках реализации национальных и региональных проектов) увеличение ОПЖ составит 491,2 дня (1,35 года) и достигнет значения 72,65 года. Это почти на 0,5 года ниже прогнозируемого по сценарию 1 значения показателя ОПЖ, что отражает эффективность реализации комплексных мероприятий, направленных на улучшение медико-демографической ситуации в регионе.

Таблица 2 / Table 2

Совокупный потенциал роста показателя ОПЖ населения Пермского края по группам социально-гигиенических детерминант
Compound potential of the gain in LEB among population in the Perm region, total and per groups of socio-hygienic determinants, under various scenarios of changes in them

Группа социально-гигиенических детерминант A group of socio-hygienic determinants	Потенциал роста ОПЖ (дни/годы) Potential of the gain in LEB (days/years)	
	Сценарий 1 / Scenario No. 1	Сценарий 2 / Scenario No. 2
Показатели санитарно-эпидемиологического благополучия территории Indices of the sanitary-epidemiological welfare on a territory	228.6/0.63	391.9/1.07
Показатели образа жизни населения / Indicators related to population lifestyle	84.6/0.23	422.3/1.16
Показатели социально-демографической сферы / Sociodemographic indicators	88.5/0.24	227/0.62
Показатели экономической сферы / Economic indicators	51.2/0.14	124.8/0.34
Показатели системы здравоохранения / Indicators related to public healthcare	94.8/0.26	21.6/0.06
Все факторы в совокупности / Total factors in whole	661.6/1.81	855.7/2.34

Согласно Единому плану по достижению национальных целей развития Российской Федерации (далее – Единый план)⁴ и паспорту государственной программы Пермского края «Качественное здравоохранение» (далее – Программа)⁵, в Пермском крае планируется увеличение показателя ОПЖ до 71,99 года (+0,95% от 2019 г.) к 2024 г. с учётом снижения показателя в 2020–2021 гг. в связи с пандемией COVID-19 (рис. 2). При этом в Программе заложен прогноз на увеличение значений общей смертности и смертности в трудоспособных возрастах относительно 2019 г. на 9,9 и 14,4% соответственно, вероятно, ввиду предполагаемого влияния прогнозируемых повторных волн пандемии COVID-19 и её отдалённых последствий на медико-демографическую ситуацию в исследуемом регионе. Прогнозируемое увеличение ОПЖ в рамках разработанного целевого сценария 1, учитывающего национальные и региональные планы развития территории, до 73,12 года к 2024 г. по формуле определения степени достижения прогнозных значений показателей Программы составляет 101,6% и трактуется по данному документу как наивысшая степень достижения прогнозного значения (свыше 1).

⁴ Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 01 августа 2021 г. № 2765-р. Доступно: <https://base.garant.ru/72241916/>

⁵ Государственная программа Пермского края «Качественное здравоохранение» Доступно: <https://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc&base=RLAW368&n=69243&dst=100001#IYizFDtIiZXmLjly>

Согласно сценарию 2, к 2030 г. прогнозируется увеличение ОПЖ на 2,34 года (от базового 2019 г.) до 73,65 года, что соразмерно значению регионального целевого показателя ОПЖ в 2024 г. (предыдущая редакция Единого плана – 73,66 года), однако недостаточно для запланированной к 2030 г. цели по ОПЖ для Пермского края – 76,68 года. Данный результат свидетельствует о том, что для удержания наметившихся в период до пандемии COVID-19 тенденций и улучшения медико-демографической ситуации потребуются исполнение текущих целевых показателей национальных и региональных проектов, а также дополнительная реализация сопоставимой проектной деятельности в 2025–2030 гг. с акцентом на управление приоритетными социально-гигиеническими детерминантами и снижение смертности в трудоспособном возрасте.

Согласно результатам прогнозного моделирования (см. табл. 2), относительно базовых (текущих) значений исследуемых социально-гигиенических показателей анализируемой территории приоритетной группой детерминант по критерию наибольшего положительного влияния на ОПЖ является группа показателей, характеризующих санитарно-эпидемиологическое благополучие территории (потенциал роста ОПЖ к 2024 и 2030 гг. составил 228,6 и 391,9 дня соответственно). Наиболее весомые эффекты в данной группе показателей ассоциированы с детерминантами условий труда населения. В частности, уменьшение удельного веса рабочих, подверженных воздействию неблагоприятных производственных факторов (вибрации, микроклимата, напря-

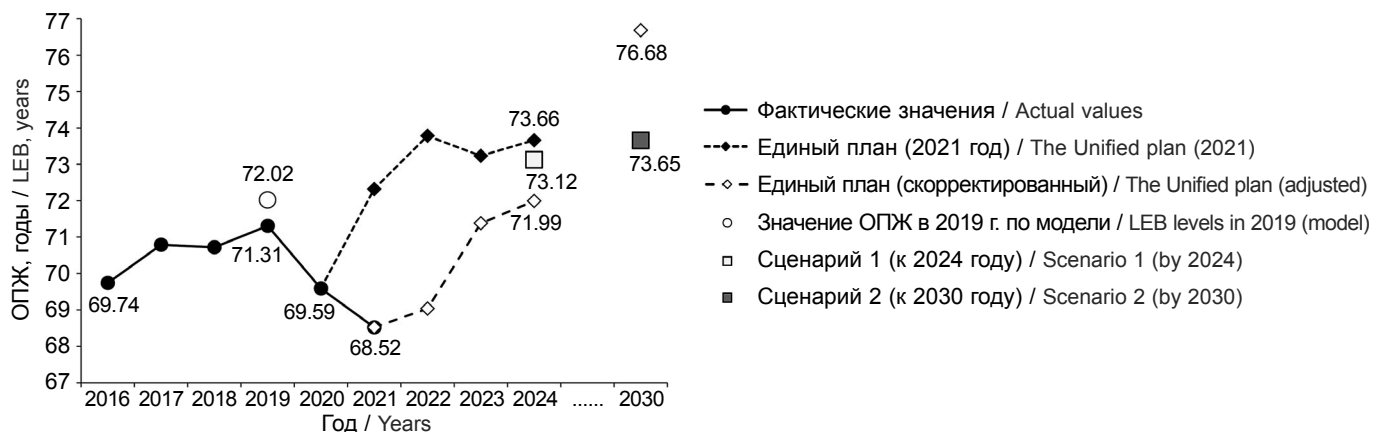


Рис. 2. Прогнозируемые уровни показателя ожидаемой продолжительности жизни населения Пермского края по государственной программе «Качественное здравоохранение», годы.

Fig. 2. Predicted levels of life expectancy at birth (LEB) for population in the Perm region according to the “Qualitative public healthcare” state program (two variants) and two target scenarios, years.

жённости труда, биологического фактора, ионизирующего и неионизирующего излучений), в диапазоне от 14,6 до 74,6% даёт прибавку к ОПЖ от 1,7 до 45,3 дня. Снижение выбросов (тыс. тонн), приходящихся на единицу валового регионального продукта (млн руб.), на 22% сопряжено с увеличением ОПЖ на 4,3 дня⁶.

В группе показателей образа жизни наиболее существенным фактором являлся показатель «Доля населения, занимающегося физической культурой и спортом» (193,5 дня в случае изменения показателя до 56,5%). Также положительное влияние на увеличение ОПЖ оказывает снижение розничных продаж алкогольной продукции по текущим трендам изменения показателя (до 8 л на душу взрослого населения – 8,7 дня к ОПЖ), однако в случае более кардинального снижения продаж данной продукции, согласно планируемому значению целевых показателей⁵ (до 6 л этилового спирта на душу взрослого населения, то есть минус 33,3% от уровня 2019 г.), можно ожидать более значимого увеличения ОПЖ – на 26,2 дня. Установлено, что в случае достижения рекомендуемых норм⁷ среди показателей, характеризующих объёмы потребления продуктов питания населением, положительный эффект на ОПЖ оказывают такие виды продуктов, как масла растительные и другие жиры (23,6 дня), яйца (5,6 дня), овощи и бахчевые (4,5 дня), хлеб и хлебобулочные изделия (3,3 дня).

Из группы показателей системы здравоохранения значимо модифицирует ожидаемую продолжительность жизни показатель «Численность врачей всех специальностей на 10 000 населения»: при его снижении по текущим трендам, а также при увеличении связанного с ним показателя «Нагрузка на работников сферы здравоохранения» прогнозируется снижение ОПЖ на 11,7 и 8,4 дня соответственно, однако в случае его увеличения до 54,7^{0/000}⁸ и снижения на 8% нагрузки на медицинский персонал эффект будет обратным и даст прибавку к ОПЖ – 34,2 и 26,5 дня соответственно.

В группе показателей социально-демографической сферы наиболее значимый эффект на ОПЖ связан с показателем «Доля расходов консолидированных бюджетов на социальную политику», «Доля занятого населения, имеющего высшее образование» и «Число зарегистрированных преступлений на 100 тыс. населения». Первый показатель в случае его увеличения по тренду до 26,4% к 2024 г. может потенциально увеличить ОПЖ на 51,4 дня. Прогнозируемое снижение количества преступлений до 1473 на 100 тыс. населения от уровня 2019 г. (1652 на 100 тыс. населения) может быть ассоциировано с увеличением ОПЖ на 15,3 дня. Потенциальной детерминантой ОПЖ в данной группе также может являться показатель «Доля занятого населения, имеющего высшее образование». Согласно установленному к 2024 г. тренду, он может увеличиться до 29,7%, обеспечив прибавку к ОПЖ в 21,9 дня, однако если довести данный показатель до среднего по ПФО или Российской Федерации (31 и 32% соответственно), то можно ожидать большую прибавку к ОПЖ в виде 32,1 и 39,9 дня соответственно.

На исследуемой территории с относительно стабильной экономической ситуацией группа экономических показателей в результате их незначительного сценарного изменения (по регистрируемым трендам к 2024 г.) показала менее выраженный эффект на ОПЖ: потенциал роста к 2024 г. составил 51,2 дня. В частности, прогнозируемое увеличение показателей «Среднедушевые денежные доходы населения (в месяц), рублей» и «Потребительские расходы на душу на-

селения (в месяц), рублей» к 2024 г. на 6,2% (с 30 588 до 32 481 руб.) и 0,8% (с 25 366 до 25 556 руб.) соответственно обеспечит эффекты на ОПЖ в 4 и 1,4 дня соответственно.

Обсуждение

Результатами исследования доказано, что предложенная авторами методика может использоваться с учётом имеющихся ограничений исследования при прогнозировании потенциала роста ОПЖ на региональном уровне с установлением приоритетных факторов, детерминирующих данный показатель. Методический подход с использованием сценарных условий моделирования для расчёта прогнозной оценки показателя ОПЖ соотносится с другими исследованиями в этой области [13, 14]. Преимуществом настоящей работы является использование более широкого набора модифицирующих факторов с моделированием причинно-следственных связей на основе искусственных нейронных сетей, обладающих высокой предсказательной силой. В связи с тем, что для идентификации параметров и построения точной нейронной сети требуется большое количество данных, особенно при изучении многофакторного разнородного воздействия на здоровье населения, предложенный авторами новый адекватный и современный подход [12] позволяет преодолеть указанные проблемы путём использования факторного анализа для снижения размерности входных данных, что является значимым при недостаточной мощности статистических данных.

Результаты оценки медико-демографической ситуации показали, что на территории исследуемого региона в динамике наблюдается улучшение показателей общей смертности, смертности в трудоспособном возрасте и в целом ожидаемой продолжительности жизни населения, однако сравнение с другими субъектами Российской Федерации выявило существенное отставание по данным показателям.

Получено, что прогнозируемое по модели значение показателя ОПЖ для Пермского края до 2030 г. (73,6 года) ниже прогнозного уровня по Российской Федерации (75,9 года), установленного по этой же модели [12]. Согласно прогнозам оценок ООН⁹, учитывающим влияние текущих эпидемиологических процессов, значение показателя ОПЖ для Российской Федерации (75,6 года) сопоставимо с полученными авторами модельными оценками для нашей страны (75,9 года) [12].

Демографический прогноз Росстата, не учитывающий процессы, обусловленные COVID-19¹⁰, даёт более широкий диапазон прогнозов значения ОПЖ для Российской Федерации: 74,8 года – низкий вариант; 77,5 года – средний вариант; 79,7 года – высокий вариант. При этом полученное авторами модельное значение ОПЖ (75,9 года) [12] находится в диапазоне между низким и средним вариантами прогноза Росстата.

По результатам моделирования влияния комплекса социально-гигиенических показателей на ОПЖ населения Пермского края получено, что на фоне стабильной экономической ситуации наиболее значимыми благоприятными факторами являются: увеличение двигательной активности населения; расширение потребления овощей, бахчевых, яиц, растительных масел; рост числа специалистов здравоохранения высокой квалификации; увеличение бюджетирования социальной политики; рост уровня образования населения; снижение потребления алкогольной продукции; снижение уровня преступности.

Двигательная активность, как и в целом показатели образа жизни, является значимым фактором профилактики дебюта и осложнения хронических заболеваний [15, 16], что соотносится с результатами настоящего исследования

⁶ Федеральный проект «Чистый воздух» Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_316096/45da8841765f8eb5f5cc6ef6c8d01897e354873b/

⁷ Приказ от 19.08.2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания».

⁸ Согласно планируемому увеличению численности врачей по паспорту национального проекта «Здравоохранение» при усреднённом варианте изменения численности населения к 2024 году. Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_319209/

⁹ United Nations. (2022). World Population Prospects. Summary of Results. Department of Economic and Social Affairs: Population Division. Доступно: <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022>

¹⁰ Росстат. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении. 2020. Доступно: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/progn7.xls>

о наибольшем эффекте влияния данного фактора на потенциальное увеличение показателя ОПЖ. Наряду с двигательной активностью сбалансированность питания в части оптимального уровня потребления, в том числе овощей, также является фактором предупреждения многих заболеваний, особенно в приоритетных классах, таких как болезни системы кровообращения и новообразования [17–20]. Отрицательные факторы образа жизни с аддиктивной направленностью (курение, употребление алкоголя) способствуют сокращению продолжительности жизни, особенно мужской части населения трудоспособного возраста [7, 18, 21].

Уровень преступности является важным психосоциальным фактором, вносящим прямые потери в ОПЖ (насилие, в том числе гомицид), в связи с чем его снижение может оказывать положительное влияние на ОПЖ населения [22, 23].

Неравенство в уровне дохода, образования и профессионального статуса отражается и на различиях заболеваемости и смертности населения разных групп [18, 24]. Образование является важной компонентой, от которой в дальнейшем будут зависеть уровень доходов человека, понимание и управление факторами риска и который будет способствовать сохранению и укреплению здоровья. Исследованиями подтверждено, что смертность среди образованных людей ниже, а продолжительность жизни выше в странах с большей численностью образованных граждан [25–27].

Показатели, характеризующие экономическую сферу жизни, являющиеся важными переменными в процессах изменения показателей популяционного здоровья [18]. В нашем исследовании наиболее значимыми из группы экономических показателей на исследуемой территории являлись среднедушевые денежные доходы и потребительские расходы — их увеличение прогнозирует рост показателя ОПЖ. По данным ряда исследований, больший уровень дохода может быть ассоциирован с улучшением показателей здоровья, особенно среди уязвимых групп населения [13, 24]. В настоящем исследовании получен незначительный потенциал роста ОПЖ от группы экономических показателей по причине малого потенциального (по регистрируемым трендам) изменения данных показателей к 2024 г. и в связи с отсутствием их целевых значений в реализуемых в настоящее время региональных и федеральных программах и проектах. В то же время в предыдущей работе авторов показано значимое влияние данных показателей в целом по Российской Федерации: потенциал роста ОПЖ к 2024 г. от группы показателей экономической сферы составил 131 день [12].

Использованная методика прогнозирования потенциала роста ОПЖ показала, что изменения показателей к 2024 г. на исследуемой территории (без учёта влияния пандемии COVID-19) позволят достигнуть текущих целевых значений ОПЖ (71,99 года) с небольшим опережением — 72,65 года. При этом дополнительные вмешательства в виде управленческих решений, согласно национальным проектам и региональным программам, прогнозируют больший рост ОПЖ к 2024 г. — до 73,12 года, что отражает их эффективность в управлении медико-демографической ситуацией.

Выбор искусственной нейронной сети в качестве метода получения прогнозных оценок ОПЖ от сценарного изменения исследуемых детерминант обусловлен самим объектом данного исследования. ОПЖ представляет собой интегральную характеристику здоровья, при этом данный объект взаимосвязан с большим количеством детерминирующих переменных, которые связаны с ним нелинейно. Кроме того, сами детерминанты могут оказывать влияние друг на друга. Явление мультиколлинеарности между переменными в большей степени характерно для множественных регрессионных моделей, а применение нейронных сетей в сочетании с факторным анализом (FA-ANN) нивелирует данное явление. Кроме того, целью настоящего исследования являлось прогнозирование (оценка потенциала роста) ОПЖ. С этой задачей искусственные нейронные сети часто справляются более успешно по сравнению с регрессионными моделями, особенно при исследовании

влияния большого числа независимых переменных, даже при потенциальном наличии мультиколлинеарности [28].

К ограничениям данного исследования можно отнести стационарность модели за счёт обучения на данных 2010–2019 гг., использование конкретного набора показателей и отсутствие учёта влияния текущих эпидемиологических процессов (пандемии COVID-19).

Заключение

1. Предложенный авторами подход к прогнозированию потенциала роста ОПЖ на фоне сценарного изменения социально-гигиенических детерминант в модели искусственной нейронной сети обладает достаточной точностью прогнозирования (различия составили 0,98%) на региональном уровне и может широко использоваться для приоритизации детерминирующих факторов и управления медико-демографической ситуацией как на федеральном, так и на региональном уровнях.

2. Исследуемая территория характеризуется напряжённой медико-демографической ситуацией: среди субъектов Российской Федерации и Приволжского федерального округа Пермский край имеет высокие ранговые места по показателю общей смертности (2019 г. — 13,2‰, 36-е и 6-е места соответственно), показателю смертности в трудоспособном возрасте (581,8 на 100 тыс., 18-е и 1-е ранговые места соответственно) и низкий показатель ожидаемой продолжительности жизни всего населения (2019 г. — 71,32 года, 64-е и 14-е места соответственно). Низкие значения ОПЖ населения Пермского края могут объясняться высокими значениями смертности в трудоспособном возрасте, что требует разработки комплексных медико-профилактических мероприятий для данной возрастной категории и продолжения целенаправленного изучения причин высокой смертности с учётом региональных особенностей.

3. По результатам моделирования с использованием обученной искусственной нейронной сети получено, что текущие тенденции (без учёта процессов, обусловленных COVID-19) и реализация национальных проектов и региональных программ на исследуемой территории на фоне стабильных экономических условий обуславливают потенциал роста ОПЖ к 2024 г. в 1,81 года (до 73,12 года). Реализация осуществляемых в настоящее время регулирующих воздействий обеспечивает более 25% (почти 0,5 года) данного потенциала, что отражает эффективность комплексных мероприятий по улучшению медико-демографической ситуации в регионе.

4. Наиболее значимыми группами детерминирующих показателей ОПЖ факторов, отражающих региональные особенности исследуемой территории, на фоне стабильной экономической ситуации являются показатели санитарно-эпидемиологического благополучия населения (условия труда), системы здравоохранения (обеспеченность населения врачами), показатели социально-демографической сферы (расходы на социальную политику, уровень преступности, доля населения с высшим образованием), образа жизни (доля населения, занимающегося физической культурой и спортом; потребление овощей и фруктов; розничные продажи алкогольной продукции), а потенциал роста ОПЖ составляет от 51,2 до 228,6 дня. Данные факторы могут являться модификаторами снижения смертности в трудоспособном возрасте на территории края.

5. К 2030 г. прогнозируется увеличение ОПЖ на 2,34 года (от базового 2019 г.) до 73,65 года, что недостаточно для запланированной к 2030 г. цели для Пермского края — 76,68 года. Для удержания наметившихся в период до пандемии COVID-19 тенденций и улучшения медико-демографической ситуации потребуются исполнение текущих целевых показателей национальных и региональных проектов и дополнительная реализация сопоставимой проектной деятельности в период 2025–2030 гг. с акцентом на управление приоритетными социально-гигиеническими детерминантами и снижение смертности в трудоспособных возрастах.

Литература

(п.п. 1–6, 8, 15–18, 20, 22–24, 27, 28 см. References)

7. Кузнецова П.О. Курение как фактор сокращения ожидаемой продолжительности жизни в России. *Демографическое обозрение*. 2019; 6(3): 31–57. <https://doi.org/10.17323/demreview.v6i3.9854>
9. Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Клейн С.В., Кирьянов Д.А., Глухих М.В. Социально-экономические детерминанты и потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учетом региональной дифференциации. *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 14–29. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.02>
10. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Клейн С.В., Глухих М.В., Камалтдинов М.Р. Санитарно-эпидемиологические детерминанты и ассоциированный с ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации. *Анализ риска здоровью*. 2020; (1): 4–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.01>
11. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Кирьянов Д.А., Глухих М.В., Камалтдинов М.Р. Эмерджентность и вариативность влияния погодноклиматических факторов на ожидаемую продолжительность жизни населения Российской Федерации с учётом дифференциации регионов по социально-экономическим и санитарно-эпидемиологическим детерминантам. *Анализ риска здоровью*. 2020; (4): 62–75. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.07>
12. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Глухих М.В., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р. Прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации на основе сценарного изменения социально-гигиенических детерминант с использованием искусственной нейронной сети. *Анализ риска здоровью*. 2022; (2): 4–16. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.01>
13. Рожков Д.В. Прогнозирование экономического развития сферы медицинских услуг Пермского края. *Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета*. 2021; 1(71): 176–85. <https://doi.org/10.34771/UZCEPU.2021.71.1.035>
14. Бармин Ю.Я., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Диконская О.В., Малых О.Л., Цепилова Т.М. и др. Методические подходы к среднесрочному планированию и оценке эффективности мер по управлению риском для здоровья населения в муниципальном образовании (на примере промышленно развитого города). *Анализ риска здоровью*. 2019; (2): 21–34. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.03>
19. Глазунов И.С., Потемкина Р.А. CINDI Россия. *Профилактическая медицина*. 2017; 20(2): 19–22. <https://doi.org/10.17116/profmed201720219-22>
21. Косова Т.В., Косова Е.В., Шелунцова М.А. Влияние потребления алкоголя на смертность и ожидаемую продолжительность жизни в регионах России. *Экономическая политика*. 2017; 12(1): 58–83. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2017-1-03>
25. Пьянкова А.И., Фаттахов Т.А. Смертность по уровню образования в России. *Экономический журнал Высшей школы экономики*. 2017; 21(4): 623–47.
26. Шульгин С.Г., Зинькина Ю.В., Щербов С.Я. Ожидаемая продолжительность жизни пожилых в России в зависимости от образовательного статуса. *Демографическое обозрение*. 2018; 5(1): 25–38. <https://doi.org/10.17323/demreview.v5i1.7708>

References

1. WHO. World health statistics 2020: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva; 2020. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332070>
2. Omran A.R. The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change. 1971. *Milbank Q*. 2005; 83(4): 731–57. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0009.2005.00398.x>
3. WHO. Uneven access to health services drives life expectancy gaps; 2019. Available at: <https://www.who.int/news/item/04-04-2019-uneven-access-to-health-services-drives-life-expectancy-gaps-who>
4. Crimmins E.M., Preston S.H., Cohen B. *International Differences in Mortality at Older Ages: Dimensions and Sources*. 2010. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK62596/>
5. United Nations Development Programme. *Human Development Report 2020: The next frontier – Human Development and the Anthropocene*. Available at: <https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr2020rupdf.pdf>
6. Westman J., Wahlbeck K., Laursen T.M., Gissler M., Nordoft M., Hällgren J., et al. Mortality and life expectancy of people with alcohol use disorder in Denmark, Finland and Sweden. *Acta Psychiatr. Scand*. 2015; 131(4): 297–306. <https://doi.org/10.1111/acps.12330>
7. Kuznetsova P.O. Smoking as a factor of reduced life expectancy in Russia. *Демографическое обозрение*. 2019; 6(3): 31–57. <https://doi.org/10.17323/demreview.v6i3.9854> (in Russian)
8. de Keijzer C., Agis D., Ambrós A., Arévalo G., Baldasano J.M., Bande S., et al. The association of air pollution and greenness with mortality and life expectancy in Spain: A small-area study. *Environment international*. 2017; 99: 170–6. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.11.009>
9. Zaytseva N.V., Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Kleyn S.V., Kir'yanov D.A., Glukhikh M.V. Social and economic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 14–29. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.02> (in Russian)
10. Popova A.Yu., Zaytseva N.V., Onishchenko G.G., Kleyn S.V., Glukhikh M.V., Kamaltdinov M.R. Sanitary-epidemiologic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Анализ риска здоровью*. 2020; (1): 4–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.01> (in Russian)
11. Zaytseva N.V., Kleyn S.V., Kir'yanov D.A., Glukhikh M.V., Kamaltdinov M.R. Emergence and variability of influence exerted by weather and climatic factors on life expectancy in the Russian Federation taking into account differentiation of RF regions as per socioeconomic and sanitary-epidemiologic determinants. *Анализ риска здоровью*. 2020; (4): 62–75. https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.07_eng (in Russian)
12. Zaytseva N.V., Kleyn S.V., Glukhikh M.V., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R. Predicting growth potential in life expectancy at birth of the population in the Russian Federation based on scenario changes in socio-hygienic determinants using an artificial neural network. *Анализ риска здоровью*. 2022; (2): 4–16. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.01> (in Russian)
13. Rozhkov D.V. Forecasting the economic development of the future prospects for services in the Perm Krai. *Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета*. 2021; 1(71): 176–85. <https://doi.org/10.34771/UZCEPU.2021.71.1.035> (in Russian)
14. Barmin Yu.Ya., Gurvich V.B., Kuz'min S.V., Dikonskaya O.V., Malykh O.L., Tsepilova T.M., et al. Methodical approaches to medium-term planning and assessing health risk management efficiency in a municipal entity (by the example of an industrially developed city). *Анализ риска здоровью*. 2019; (2): 21–34. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.03> (in Russian)
15. Chudasama Y.V., Khunti K.K., Zaccardi F., Rowlands A.V., Yates T., Gillies C.L., et al. Physical activity, multimorbidity, and life expectancy: a UK Biobank longitudinal study. *BMC Med*. 2019; 17(1): 108. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1339-0>
16. Warburton D.E., Nicol C.W., Bredin S.S. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ*. 2006; 174(6): 801–9. <https://doi.org/10.1503/cmaj.051351>
17. Baars A.E., Rubio-Valverde J.R., Hu Y., Bopp M., Brønnum-Hansen H., Kalediene R., et al. Fruit and vegetable consumption and its contribution to inequalities in life expectancy and disability-free life expectancy in ten European countries. *Int. J. Public Health*. 2019; 64(6): 861–72. <https://doi.org/10.1007/s00038-019-01253-w>
18. Mackenbach J.P., Valverde J.R., Bopp M., Brønnum-Hansen H., Deboosere P., Kalediene R., et al. Determinants of inequalities in life expectancy: an international comparative study of eight risk factors. *Lancet Public Health*. 2019; 4(10): e529–37. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(19\)30147-1](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(19)30147-1)
19. Glazunov I.S., Potemkina R.A. CINDI Russia. *Профилактическая медицина*. 2017; 20(2): 19–22. <https://doi.org/10.17116/profmed201720219-22> (in Russian)
20. Tolonen H., Koponen P., Al-Kerwi A., Capkova N., Giampaoli S., Mindell J., et al. European health examination surveys – a tool for collecting objective information about the health of the population. *Arch. Public Health*. 2018; 76: 38. <https://doi.org/10.1186/s13690-018-0282-4>
21. Kossova T.V., Kossova E.V., Shelunsova M.A. Impact of alcohol consumption on mortality and life expectancy in Russian regions. *Экономическая политика*. 2017; 12(1): 58–83. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2017-1-03> (in Russian)
22. Södergren M. Lifestyle predictors of healthy ageing in men. *Maturitas*. 2013; 75(2): 113–7. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.02.011>
23. Aburto J.M., Beltrán-Sánchez H. Upsurge of homicides and its impact on life expectancy and life span inequality in Mexico, 2005–2015. *Am. J. Public Health*. 2019; 109(3): 483–9. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2018.304878>
24. Stringhini S., Carmeli C., Jokela M., Avendaño M., Muennig P., Guida F., et al. Socioeconomic status and the 25*25 risk factors as determinants of premature mortality: a multicohort study and meta-analysis of 1.7 million men and women. *Lancet*. 2017; 389(10075): 1229–37. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32380-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32380-7)
25. P'yankova A.I., Fattakhov T.A. Mortality by level of education in Russia. *Экономический журнал Высшей школы экономики*. 2017; 21(4): 623–47. (in Russian)
26. Shul'gin S.G., Zin'kina Yu.V., Shcherbov S.Ya. Life expectancy of elderly in Russia depending on educational status. *Демографическое обозрение*. 2018; 5(1): 25–38. <https://doi.org/10.17323/demreview.v5i1.7708> (in Russian)
27. Bijwaard G.E., van Poppel F., Ekamper P., Lumey L.H. Gains in life expectancy associated with higher education in men. *PLoS One*. 2015; 10(10): e0141200. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141200>
28. Chan J.Y.-L., Leow S.M.H., Bea K.T., Cheng W.K., Phoong S.W., Hong Z.-W., Chen Y.-L. Mitigating the multicollinearity problem and its machine learning approach: a review. *Mathematics*. 2022; 10(8): 1283. <https://doi.org/10.3390/math10081283>