

Научная статья

ПРОГНОЗ ОЖИДАЕМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСА СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОВОЗРАСТНОЙ СМЕРТНОСТИ НА ПРИМЕРЕ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

М.В. Глухих, С.В. Клейн, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Исследуются причинно-следственные связи между комплексом социально-гигиенических факторов и коэффициентами по возрастной смертности по причине болезней системы кровообращения. Актуальность исследования обоснована расширением научных направлений в области гигиены, мультидисциплинарным подходом к исследованию в данной области, текущей политикой государства.

Методический подход к прогнозированию вероятных по возрастных коэффициентов смертности по причине болезней системы кровообращения основан на применении искусственных нейронных сетей. В качестве данных для анализа используется комплекс показателей, характеризующих: систему здравоохранения, санитарно-эпидемиологическое благополучие территорий, образ жизни, экономические, социально-демографические условия, показатели первичной заболеваемости.

Получено 18 моделей (по 5-летним возрастным периодам) связи между комплексом социально-гигиенических детерминант и коэффициентами смертности по причине болезней системы кровообращения с коэффициентами детерминации в диапазоне 0,01–0,75, при этом наибольшая объяснительная сила моделей приходилась на возрастной период «30 лет и старше». Зарегистрирована сопоставимость вариационных рядов смертности всего населения по причине болезней системы кровообращения и коэффициентов детерминации полученных моделей. Установлены прогнозные оценки показателя ожидаемой продолжительности жизни в случае сценарного изменения исследуемых социально-гигиенических детерминант к 2024 г.: вся совокупность детерминант – 514 дней, показатели образа жизни – 205 дней, показатели санитарно-эпидемиологического благополучия – 126 дней, показатели экономической сферы – 102 дня, показатели социально-демографической сферы – 101 день, показатели первичной заболеваемости – 40 дней, показатели системы здравоохранения – 19 дней. Выявлено, что наиболее значимыми детерминантами снижения смертности по причине болезней системы кровообращения в трудоспособных и старших возрастных группах населения являются показатели, характеризующие двигательную активность населения, уровень доходов, потребление овощей, уровень образования, условия труда. Результаты настоящей работы соотносятся с результатами других работ в области установления причинно-следственных связей между факторами среды обитания и показателями состояния здоровья населения.

Ключевые слова: *ожидаемая продолжительность жизни, смертность, болезни системы кровообращения, социально-гигиенические детерминанты, факторы среды обитания, образ жизни, искусственные нейронные сети, факторный анализ, прогнозирование медико-демографической ситуации.*

© Глухих М.В., Клейн С.В., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., 2022

Глухих Максим Владиславович – младший научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: gluhih@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4755-8306>).

Клейн Светлана Владиславовна – профессор РАН, доктор медицинских наук, доцент, заведующий отделом системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: kleyln@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>).

Кирьянов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов; доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: kda@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>).

Камалтдинов Марат Решидович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник с исполнением обязанностей заведующего лабораторией ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления (e-mail: kmr@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0969-9252>).

В рамках направлений¹ исследований в области гигиены, уточненных в новом паспорте научной специальности 3.2.1. «Гигиена», связанных с продолжительностью и качеством жизни, и соответствующих национальной цели развития РФ на период до 2030 г. – «сохранение населения, здоровье и благополучие людей»², выступает определение приоритетных социально-гигиенических факторов, детерминирующих текущие уровни смертности, ожидаемой продолжительности жизни населения (далее ОПЖ).

Данные направления могут выступать в качестве «комплексобразователя» для профилактической медицины (гигиены) с такими областями науки, как социология, демография, информатика (математика) и др., расширяющими аналитический потенциал гигиены, не отходя от традиционной для нее связи с физиологией, токсикологией, клинической медициной и решением сугубо гигиенических задач. Кроме того, они имеют чрезвычайную актуальность [1, 2] на фоне текущей проектной деятельности³ государства, затрагивающей множество сфер жизнедеятельности населения. В документе⁴, инициирующем изменения номенклатуры научных специальностей, подчеркивается необходимость принятия мер для проведения научных исследований на междисциплинарной основе, что соответствует контексту (духу) современной науки, принимающей сложность мира, его объектов, явлений и процессов с необходимостью комплексно-междисциплинарного подхода [3].

На протяжении последних десятилетий и на современном этапе основной компонентой в процессе убыли населения является смертность по причине болезней системы кровообращения (далее БСК), которая в сочетании с новообразованиями оказывает существенное влияние на потери общественного здоровья в большинстве стран мира [4]. При этом повышенное артериальное давление является

ведущим⁵ фактором риска БСК, а болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением, признаны в России социально значимыми⁶.

По современным представлениям болезни данного класса являются мультифакториальными заболеваниями с аддитивно-полигенным наследованием с пороговым эффектом [5], в связи с чем решение задачи по установлению вклада (величины эффекта) каждой составляющей (генетической, внешнесредовой) – детерминанты данных заболеваний – является в достаточной мере проблематичным, но перспективным направлением. Результаты исследований в данном направлении позволят сформировать наиболее эффективные стратегии по минимизации ущерба (риска) общественному здоровью от приоритетных социально значимых заболеваний⁵.

Несмотря на относительную простоту расчета и удобство использования интегрального показателя здоровья населения (ОПЖ) при оценке, в том числе сравнительной, текущей медико-демографической ситуации, наблюдающейся в рамках конкретной когорты населения в зафиксированный момент времени, у данного показателя имеется ряд ограничений, накладываемых природой его происхождения [6].

В задачах прогнозирования уровня показателя ОПЖ и анализа его связи с факторами среды обитания и образа жизни в качестве достаточно эффективного и точного метода анализа применяют искусственные нейронные сети (далее ИНС) [7–9].

В актуальных работах, посвященных поиску причин заболеваемости и смертности населения, в том числе по причине БСК, используют концепцию социальных детерминант здоровья⁷, подразумевая под ними обширный по происхождению набор факторов, таких как: уровень образования, качество питания, состояние атмосферного воздуха и питьевой воды, социально-экономический статус и др. [10–13].

¹ Паспорта научных специальностей номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; Номенклатура научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени (с изменениями на 11 мая 2022 года) / утв. приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573956750> (дата обращения: 15.08.2022).

² О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента от 21.07.2020 № 474 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> (дата обращения: 15.08.2022).

³ Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года / утв. распоряжением Правительства РФ от 01.10.2021 № 2765-р (с изм. от 24.12.2021) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_398015/ (дата обращения: 15.08.2022).

⁴ Перечень поручений по итогам совместного расширенного заседания президиума Госсовета и Совета по науке и образованию. – Пр-589, п.1 ж-2 // Президент России. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/63083> (дата обращения: 15.08.2022).

⁵ GBD cause and risk summaries [Электронный ресурс] // The Lancet. – URL: <https://www.thelancet.com/gbd/summaries> (дата обращения: 15.08.2022).

⁶ Об утверждении перечня социально значимых заболеваний и перечня заболеваний, представляющих опасность для окружающих: Постановление Правительства РФ от 01.12.2004 № 715 (ред. от 31.01.2020) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_50559/49feaa28d1c4631a481c33187e7a693e879fb051/ (дата обращения: 15.08.2022).

⁷ Social Determinant of Health (SDoH) – по определению Всемирной организации здравоохранения под социальными детерминантами подразумеваются немедицинские факторы, влияющие на состояние здоровья.

Текущая проектная деятельность государства преследует цели по снижению смертности, в том числе по причине БСК, увеличению ОПЖ, снижению негативного действия факторов риска здоровью населения (создание условий по улучшению образа жизни населения), улучшению социально-экономических условий. Большое количество исследований нацелено на факторы риска в определенных группах, однако популяция в целом крайне неоднородна и находится под воздействием множества гетерогенных факторов в разной степени сочетаемости и силы влияния. Таким образом, задачи по установлению причинно-следственной связи между влиянием факторов среды обитания и показателями популяционного здоровья, в том числе в различных возрастах, с прогнозированием медико-демографической ситуации являются актуальными.

Цель исследования – оценка потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения РФ к 2024 г. на основе моделирования причинно-следственных связей между показателями среды обитания и образа жизни (социально-гигиеническими детерминантами) и повозрастными коэффициентами смертности по причине болезней системы кровообращения.

Материалы и методы. С целью детализации общих закономерностей причинно-следственных связей между анализируемыми социально-гигиеническими детерминантами и показателем ОПЖ, а также прогнозирования эффектов с учетом реализуемых управленческих решений проведено моделирование взаимосвязи между комплексом социально-гигиенических детерминант и повозрастными показателями смертности по приоритетной причине – болезни системы кровообращения.

В настоящем исследовании используются принципы и методические подходы к прогнозированию ОПЖ, представленные в предыдущей работе авторов [14] и изложенные в МР 2.1.10.0269–21⁸. Для достижения поставленной цели использован набор данных в соответствии с МР 2.1.10.0269–21, состоящий из 148 показателей официальной государственной статистики за период 2010–2018 гг. по всем субъектам РФ. В качестве источников использовались статистические формы и сборники Роспотребнадзора, Минздрава РФ, Росстата. Набор данных включал в себя: показатели санитарно-эпидемиологического благополучия населения (53 показателя), показатели образа жизни (30), экономические показатели (14), показатели системы здравоохранения (9), социально-демографические (34) и погодноклиматические показатели (8). Кроме того, для решения задач настоящего исследования набор данных расширился данными за 2019 г. и дополнился десятью показателями санитарно-эпидемиологического про-

филя и 48 показателями первичной заболеваемости населения в разрезе возрастных групп (детское население, население трудоспособного и старше трудоспособного возраста) по основным классам заболеваний. Итоговый набор данных включал в себя 206 показателей, характеризующих среду обитания, образ жизни и заболеваемость населения РФ за период 2010–2019 гг.

В качестве метода моделирования исследуемых причинно-следственных связей использовалась искусственная нейронная сеть (ИНС). Структура ИНС представляла собой четырехслойный перцептрон с двумя внутренними слоями. Процесс получения прогнозных оценок изменения коэффициентов смертности населения по причине БСК носил итерационный характер, так как исследовались 5-летние интервалы по возрастной смертности. На входной слой модели ИНС подавались значения рассматриваемых показателей после их факторного преобразования, выходным слоем служили коэффициенты по возрастной смертности.

Итоговое прогнозное значение ОПЖ рассчитывалось по таблицам дожития из спрогнозированных и фактических коэффициентов смертности на основе сценарного изменения социально-гигиенических детерминант. Таким образом, прогнозные значения показателя ОПЖ обуславливались эффектами влияния комплекса социально-гигиенических детерминант на показатели по возрастной смертности по причине БСК.

Для получения прогнозных оценок коэффициентов по возрастной смертности по причине БСК использовался идентичный подход, изложенный в предыдущей работе авторов [14] и МР 2.1.10.0269–21⁸, подразумевающий последовательное выполнение нескольких этапов: формирование базового и целевого сценариев изменения исследуемых 206 показателей; получение модельных значений коэффициентов по возрастной смертности по причине БСК по обоим сценариям; расчет прогнозных значений коэффициентов смертности как разности между модельными значениями базового и целевого сценариев. В качестве базового сценария использовались значения социально-гигиенических показателей на последний год (2019 г.) исследуемого периода (2010–2019 гг.). Целевой сценарий включал в себя индикаторные и целевые значения показателей национальных и федеральных проектов («Чистый воздух», «Чистая вода», «Спорт – норма жизни», «Укрепление общественного здоровья» и пр.), а также регистрируемые тенденции изменения иных показателей по логарифмическому / линейному трендам к 2024 г. в зависимости от величины коэффициента детерминации (R^2). В исследовании использовались единые сценарные условия для прогнозирования всех по возрастных коэффициентов смертности.

⁸ МР 2.1.10.0269-21. Определение социально-гигиенических детерминант и прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учетом региональной дифференциации / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ А.Ю. Поповой 14 декабря 2021 г. – М., 2021. – 113 с.

Коэффициенты детерминации (R^2) и корреляции (r) моделей ИНС в системе «социально-гигиенические показатели – коэффициенты по возрастной смертности по причине БСК»

Номер модели	Возрастной интервал смертности от БСК, лет	Коэффициент детерминации R^2	Коэффициент корреляции Пирсона r	Качественная характеристика тесноты (силы) корреляционной связи*
15	70–74	0,75	0,87	Высокая
11	50–54	0,71	0,84	Высокая
13	60–64	0,70	0,84	Высокая
14	65–69	0,69	0,83	Высокая
12	55–59	0,69	0,83	Высокая
17	80–84	0,69	0,83	Высокая
16	75–79	0,60	0,77	Высокая
7	30–34	0,60	0,77	Высокая
10	45–49	0,56	0,75	Высокая
18	85 и более	0,55	0,74	Высокая
8	35–39	0,49	0,70	Заметная
9	40–44	0,46	0,68	Заметная
6	25–29	0,44	0,66	Заметная
2	5–9	0,22	0,47	Умеренная
5	20–24	0,20	0,45	Умеренная
1	0–4	0,16	0,41	Умеренная
4	15–19	0,03	0,18	Слабая
3	10–14	0,01	0,12	Слабая

Примечание: * – качественные характеристики тесноты корреляционной связи приведены согласно шкале Чеддока. В дальнейшем анализе использовались возрастные интервалы от 30 лет и старше.



Рис. 1. Повозрастные показатели смертности по причине БСК в 2019 г. (на 100 тыс. соответствующего населения) с коэффициентами детерминации моделей

Формирование матрицы данных, статистическая обработка и визуализация данных проводились с использованием стандартных пакетов программ по статистическому анализу (Statistica 10, RStudio, MS Excel 2010).

Результаты и их обсуждение. В результате моделирования влияния комплекса социально-гигиенических детерминант на повозрастные коэффициенты смертности по причине БСК получено 18 нейросетевых моделей с коэффициентами детерминации (R^2) в диапазоне от 0,01 до 0,75 (табл. 1).

Установлено, что модели, характеризующие связи рассматриваемого комплекса детерминант с возрастными коэффициентами смертности в интервале от 0 до 29 лет, имели низкие значения коэффициента детерминации ($R < 0,5$). При этом с возраст-

ного интервала «30 лет и старше» коэффициент детерминации моделей был свыше 0,5, за исключением возрастных интервалов 35–39 лет и 40–44 года. С учетом коэффициентов детерминации – низкой объяснительной силы используемого набора данных в моделях с возрастными группами до 30 лет и качественных характеристик тесноты корреляционной связи – в дальнейший анализ включены только модели для возрастных групп 30 лет и старше.

Анализ распределения уровней смертности по причине БСК показал, что смертность по данной причине увеличивается с возрастом по экспоненте, при этом у мужчин данная тенденция на ранних возрастных этапах жизни выглядит более выражено, чем у женщин, с возрастом гендерные различия сглаживаются (рис. 1).

Сравнительный анализ коэффициентов детерминации моделей и коэффициентов смертности показал, что коэффициенты детерминации моделей связи между комплексом детерминант (социально-гигиенических показателей и показателей первичной заболеваемости) и показателями по возрастной смертности населения РФ по причине БСК сопоставимы с фактическим распределением уровней смертности по данной причине по возрастам.

Согласно целевому сценарию изменения исследуемых социально-гигиенических детерминант к 2024 г. (без учета влияния COVID-обусловленных процессов и изменения текущих социально-экономических условий (санкционная экономика)) итоговое значение показателя ОПЖ к 2024 г. относительно 2019 г. увеличится на 1,41 г. (514 дней) только

Таблица 2

Сравнительная оценка результатов моделирования потенциала изменения ОПЖ (годы / дни) в сценарных условиях модифицирующего влияния всего комплекса / групп социально-гигиенических детерминант

Группа СГД	Модель «СГД – ОПЖ»*		18 моделей с «СГД – БСК – ОПЖ»**		Доля прогнозных значений по моделям «СГД – БСК – ОПЖ» относительно «СГД – ОПЖ», %
	годы	дни	годы	дни	
Комплекс детерминант (все СГД в совокупности с показателями первичной заболеваемости)	–	–	1,41	514	–
Комплекс СГД (без показателей первичной заболеваемости)	3,0	1095	1,3	473	43,3
Группа показателей образа жизни	1,26	461	0,56	205	44,4
Группа показателей санитарно-эпидемиологического благополучия территорий	0,58	212	0,34	126	58,6
Группа показателей экономической сферы	0,36	131	0,28	102	77,8
Группа показателей социально-демографической сферы	0,54	196	0,28	101	51,8
Группа показателей системы здравоохранения	0,19	70	0,05	19	26,3
Группа показателей первичной заболеваемости	–	–	0,11	40	–

Примечание: * – модель зависимости ОПЖ от социально-гигиенических детерминант (СГД), описанная в предыдущей работе авторов [14]; ** – совокупность моделей зависимости повозрастных коэффициентов смертности от социально-гигиенических детерминант, рассматриваемая в данном исследовании с последующим расчетом ОПЖ.

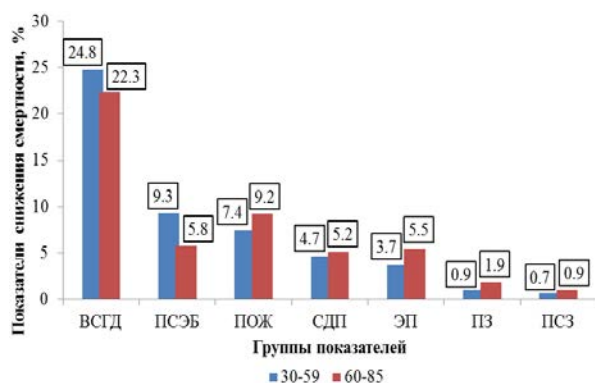


Рис. 2. Доля (процент) снижения повозрастных показателей смертности от БСК всего населения РФ (усредненное значение по возрастным группам 30–59 лет, 60 лет и старше) при сценарном изменении исследуемых детерминант в условных группах СГД к 2024 г., %: ВСД – все детерминанты в совокупности; ПСЭБ – показатели санитарно-эпидемиологического благополучия территорий; ПОЖ – показатели образа жизни; СДП – показатели социально-демографической сферы; ЭП – группа экономических показателей; ПЗ – группа показателей первичной заболеваемости; ПСЗ – показатели системы здравоохранения

за счет изменения модифицированных повозрастных показателей смертности по причине БСК (табл. 2).

В случае использования сценарных условий в моделях связи рассматриваемых факторов с повозрастными коэффициентами смертности по причине БСК, но без учета показателей первичной заболеваемости, итоговый потенциал роста показателя ОПЖ составил 1,3 г. (473 дня), что составляет 43,3 % от эффекта на ОПЖ, полученного в результате моделирования связи социально-гигиенических факторов

непосредственно с показателем ОПЖ (табл. 2). При этом фактический вклад смертности по причине БСК в общую смертность сопоставим – составляет порядка 47,0 %⁹, что свидетельствует о корректности получаемых оценок.

Сценарное моделирование изменения социально-гигиенических факторов с повозрастными показателями смертности по причине БСК выявило, что важнейшими областями с объемными нереализованными резервами потенциального роста показателя ОПЖ являются показатели образа жизни (205 дней) и санитарно-эпидемиологические показатели (126 дней).

Оценка степени снижения повозрастных коэффициентов смертности по причине БСК в сценарных условиях показала, что все группы исследуемых детерминант имели свои особенности в проявлении эффектов по укрупненным возрастным группам – «30–59 лет» и «60 лет и старше» (рис. 2, 3).

Анализ полученных результатов по укрупненным возрастным группам показал, что в группе средних и старших трудоспособных возрастов (30–59 лет) совокупное модифицирующее влияние анализируемого комплекса детерминант на смертность по причине БСК более выражено, чем для группы старше трудоспособного возраста (60 лет и старше); прогнозируемое снижение повозрастных показателей смертности составит 24,8 % (в диапазоне от 17,6 до 34,1 %) и 22,3 % (в диапазоне от 12,8 до 30,2 %) соответственно (см. рис. 2, 3). При этом наблюдаемые различия в анализируемых возрастных группах в большей степени обусловлены влиянием показателей санитарно-эпидемиологического благополучия на возрастные группы «30–59 лет» – в 1,6 раза (снижение показателей смертности на 9,3 и 5,8 % соответственно).

⁹ Фактические уровни показателей смертности по причине БСК в количественном выражении вносят 47,0 % в структуру общей смертности на 2019 г.

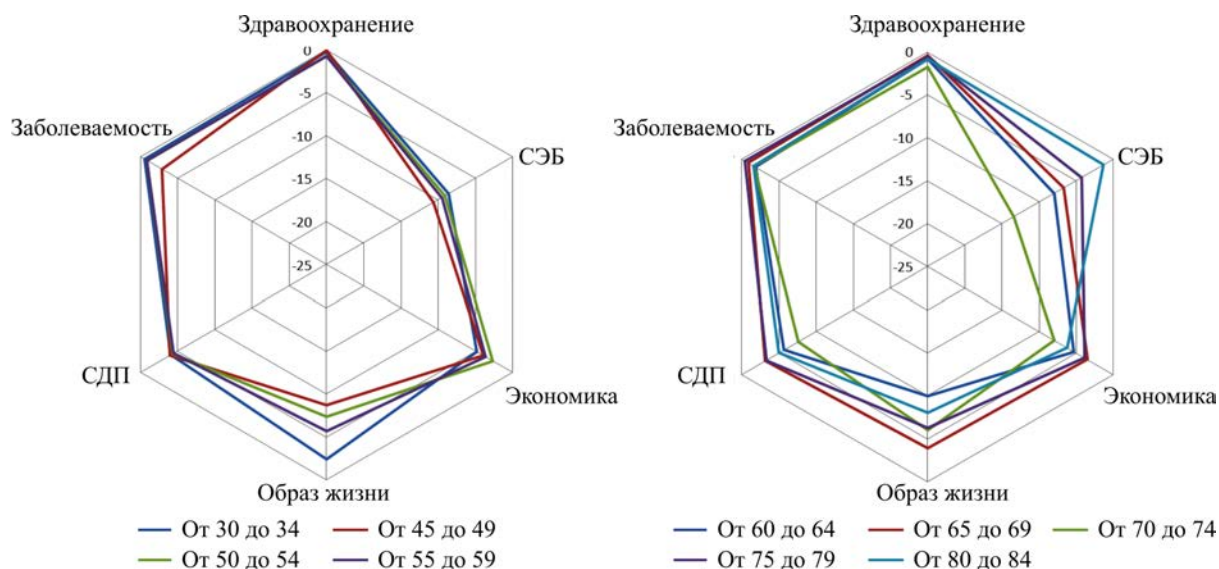


Рис. 3. Снижение уровней повозрастной смертности по причине БСК населения РФ по группам детерминант при их сценарном изменении к 2024 г., %: СЭБ – показатели санитарно-эпидемиологического благополучия территорий; СДП – показатели социально-демографической сферы

Группа показателей, характеризующих образ жизни населения, также являлась значимой в прогнозируемых процессах снижения уровней смертности по причине БСК. Усредненное значение снижения уровней смертности возрастной группы «60 лет и старше» по заданному сценарию составило 9,2 %, что в 1,24 раза больше, чем в группе «30–59 лет». Изменения групп социально-демографических показателей и показателей системы здравоохранения по заданным сценарным условиям имеют сопоставимые возможности потенциального снижения повозрастной смертности по причине БСК в анализируемых возрастных группах (30–59 лет – 4,7 и 0,7 %; 60 лет и старше – 5,2 и 0,9 % соответственно). Роль показателей первичной заболеваемости – факторов, являющихся как следствием влияния исследуемых социально-гигиенических детерминант, так и исходной базой (характеристикой исходного состояния здоровья), в отношении которой СГД оказывают свое модифицирующее влияние, – в снижении коэффициентов повозрастной смертности по причине БСК в сценарных условиях в возрастной группе старше трудоспособного возраста более выражена (в 2,1 раза), чем в группе «30–59 лет» (см. рис. 2).

В ходе анализа изолированных эффектов отдельных социально-гигиенических факторов на по-

возрастные коэффициенты смертности по причине БСК с последующим расчетом значений ОПЖ определены приоритетные детерминанты для исследуемых возрастных групп (табл. 3).

В анализируемых укрупненных возрастных группах (30–59 и 60 лет и старше) наиболее значимым фактором выступает двигательная активность населения: при достижении целевого значения 55,0 %¹⁰ показатель ОПЖ возрастает на 21 и 106 дней соответственно. Выявлен значимый эффект от факторов экономического благосостояния домохозяйств при их увеличении в аналогичных возрастных группах (потребительские расходы – 9 и 41 день; среднедушевые денежные доходы населения – 4 и 22 дня соответственно). Установлен сопоставимый уровень приоритетности одного из факторов, характеризующих особенности питания населения, – увеличение потребления овощей и бахчевых на 34,0 % относительно текущего уровня до рекомендуемых норм¹¹ связано с прогнозным увеличением ОПЖ на 6 и 25 дней соответственно. Значимым фактором в обеих возрастных группах являлся показатель «Доля занятого населения, имеющего высшее образование» с эффектами роста ОПЖ 5 и 17 дней соответственно при его увеличении на 11,9 % от текущего уровня.

¹⁰ Доля населения, занимающегося физической культурой и спортом. Федеральный проект «Спорт – норма жизни»; Паспорт национального проекта «Демография» / утв. президентом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_317388/4e8c28415c3cabb0f45fa6ed843c85bd7dbee4b9/ (дата обращения: 15.08.2022).

¹¹ Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 [Электронный ресурс] // ГАРАНТ: информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (дата обращения: 15.08.2022).

Приоритетные социально-гигиенические факторы, изолированно модифицирующие повозрастные коэффициенты смертности по причине БСК с расчётом ОПЖ, в разрезе укрупненных возрастных групп, дни

30–59 лет		60 лет и более	
Социально-гигиенический фактор	Эффект на ОПЖ, дни	Социально-гигиенический фактор	Эффект на ОПЖ, дни
Доля населения, занимающегося физической культурой и спортом, %	21	Доля населения, занимающегося физической культурой и спортом, %	106
Потребительские расходы на душу населения, в месяц рублей	9	Потребительские расходы на душу населения, в месяц рублей	43
Потребление основных продуктов питания в домашних хозяйствах (овощи и бахчевые), кг/год/потребитель	6	Потребление основных продуктов питания в домашних хозяйствах (овощи и бахчевые), кг/год/потребитель	25
Доля занятого населения в возрасте 15–72 лет, имеющее высшее образование, %	5	Среднедушевые денежные доходы населения, в месяц рублей	22
Удельный вес рабочих, занятых в условиях, не отвечающих гигиеническим нормативам условий труда (напряженность трудового процесса), %	5	Доля занятого населения в возрасте 15–72 лет, имеющее высшее образование, %	17
Среднедушевые денежные доходы населения, в месяц рублей	4	Доля расходов консолидированных бюджетов на социальную политику, %	11
Доля проб почвы, не соответствующих требованиям по санитарно-гигиеническим показателям (микробиологические показатели), %	3	Этиловый спирт на душу взрослого населения*, литров на душу взрослого населения	8
Доля рабочих мест, не соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям на промышленных предприятиях (микроклимат на РМ), %	3	Доля проб почвы, не соответствующих требованиям по санитарно-гигиеническим показателям (микробиологические показатели), %	6
Доля проб воздуха, превышающих ПДК, на промышленных предприятиях (пыль и аэрозоли на рабочих местах), %	3	Валовой региональный продукт на душу населения, рублей	6
Доля рабочих мест, не соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям на промышленных предприятиях (ЭМП на РМ), %	3	Первичная заболеваемость по классу заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани в возрастной группе старше трудоспособного возраста, ‰	4

Примечание: * – расчет по розничным продажам алкогольной продукции. Доля этилового спирта принималась согласно указанным значениям в ГОСТ по соответствующим видам алкогольной продукции.

Высокий приоритет в возрастной группе населения «30–59 лет» имело снижение (в диапазоне от 34,0 до 83,0 %) доли рабочих, подверженных таким факторам, как: напряженность трудового процесса (5 дней), микроклимат на рабочих местах (3 дня), пыль и аэрозоли в воздухе рабочей зоны (3 дня), электромагнитные поля на рабочих местах (3 дня).

В возрастной группе «60 лет и старше» высокий приоритет установлен для таких факторов, как: увеличение на 11,0 % доли расходов консолидированных бюджетов на социальную политику (11 дней); снижение на 23,0 % этилового спирта на душу взрослого населения (8 дней); увеличение на 46,0 % валового продукта (6 дней); снижение на 7,0 % первичной заболеваемости по классу заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани в возрастной группе старше трудоспособного возраста (4 дня).

В ходе моделирования связей комплекса социально-гигиенических детерминант и показателей по возрастной смертности населения по причине БСК установлена низкая объясненная дисперсия исследуемого набора факторов в возрастах младше 30 лет,

кроме того, в возрастах 70 лет и старше коэффициент детерминации моделей снижается, но остается на уровне выше 0,55. Полученный результат может свидетельствовать о дополнительном действии иного рода факторов на показатели смертности по причине БСК в данных возрастных группах, которые не учтены в исследуемом наборе социально-гигиенических факторов. Детская смертность по причине БСК чаще всего обуславливается врожденными пороками развития, кардиомиопатиями, которые в большей степени объясняются генетическими факторами, факторами оказания медицинской помощи (пренатальная диагностика, хирургическое лечение, эффективность педиатрической службы) [15, 16]. Между тем неблагоприятное воздействие социально-гигиенических факторов на детское население ввиду аллостатической нагрузки, хронического стресса может обуславливать повышение рисков развития заболеваний класса болезней системы кровообращения уже во взрослом возрасте [17, 18].

В ходе исследования получено, что модели связи между комплексом социально-гигиенических де-

терминант и коэффициентами по возрастной смертности по причине БСК прогнозируют 43,3 % от эффектов на ОПЖ, полученных в результате прямого моделирования социально-гигиенических факторов с ОПЖ [14], фактический же вклад смертности по причине БСК в общую смертность населения составляет 47,0 %, что может указывать на достаточную точность прогнозирования полученных моделей.

Кроме того, сравнение результатов моделирования, полученных в настоящем исследовании, в части установления приоритетных детерминант / групп детерминант соотносятся с результатами предыдущего исследования [14], что может говорить об оптимальности структуры перцептрона, преэмптентности результатов моделей.

В исследовании [19] при помощи иерархической линейной регрессии на примере 35 показателей установлено, что модифицируемые детерминанты здоровья на национальном уровне США обуславливают до 54,0 % объяснимой вариации в состоянии здоровья населения, при этом относительный вклад каждой группы детерминант составил: 47,0 % – социально-экономические факторы; 34,0 % – поведенческие факторы; 16,0 % – факторы системы здравоохранения; 3,0 % – факторы окружающей среды. В настоящем исследовании получено, что наиболее значимыми группами детерминант, оказывающими влияние на ОПЖ через возрастные коэффициенты смертности по причине БСК, являются показатели образа жизни и санитарно-эпидемиологического благополучия территорий.

Отдельные социально-гигиенические детерминанты, такие как показатели, характеризующие двигательную активность населения, уровень доходов, уровень образования, уровень потребления овощей, оказывали более выраженный эффект на показатель ОПЖ, что показано во множестве других релевантных исследованиях в области установления причинно-следственных связей между факторами среды обитания и образа жизни и заболеваемостью / смертностью болезнями системы кровообращения [20–22].

Оценки приоритетности воздействия факторов на показатель ОПЖ в старших возрастных группах сопоставимы с результатами исследования [23], в котором на примере изучения оставшейся ожидаемой продолжительности жизни¹² среди населения административных округов Германии при помощи двумерного анализа (регрессионной модели) показано, что наиболее надежным предиктором данного показателя является «доля сотрудников с учеными степенями», значимое влияние также оказывают «доля пожилого населения с финансовой поддержкой», «доход домохозяйств», «безработица». Кроме того, в исследовании [23] показано, что факторы, связанные с медицинской помощью населению, оказывают не-

значительное влияние, что сопоставимо с результатами настоящего исследования, при этом результаты последнего получены с использованием многомерных методов анализа (факторный анализ, ИНС) комплекса разнородных факторов.

В работе [24] показано, что ожидаемая продолжительность жизни может обуславливаться социально-экономическими различиями между группами населения: 13,0 % женщин и 27,0 % мужчин с низкими доходами умирают в возрасте до 65 лет, при этом различия в ОПЖ между населением с низкими доходами и населением с высокими доходами составляет 4,4 г. для женщин и 8,6 г. для мужчин. По результатам настоящего исследования получено, что «потребительские расходы» и «среднедушевые доходы» населения также являются значимыми факторами, модифицирующими значение показателя ОПЖ, что подтверждается и другими релевантными исследованиями [25–27]. Кроме того, для возрастной группы «60 лет и старше» немаловажными социально-экономическими факторами являются: «расходы на социальную политику» и «валовой региональный продукт», что может объясняться компенсирующим влиянием данных факторов от снижения уровня жизни после выхода на пенсию (потеря основного источника доходов).

В целом можно заключить, что исследования, направленные на изучение влияния многокомпонентной среды обитания на состояние здоровья населения, являются перспективным направлением в области профилактической медицины (гигиены), однако решение задач и достижение целей в данных исследованиях должны основываться на многоуровневом, междисциплинарном подходе [28].

Ограничениями настоящего исследования являются: ограниченный исследуемый перечень показателей (206 единиц), характеризующих многокомпонентность среды обитания населения РФ, временной диапазон (2010–2019 гг.), территория исследования (национальный уровень РФ). Результаты исследования в большей степени объясняют причинно-следственные связи комплекса факторов среды обитания с показателями по возрастной смертности по причине БСК в возрастной группе «30 лет и старше» с предоставлением прогнозной оценки изменения ОПЖ. Для установления связи в возрастных группах до 30 лет потребуется уточнение набора исследуемых данных, а также, возможно, совершенствование методического подхода.

Выводы:

1. По результатам исследования причинно-следственных связей социально-гигиенических факторов с по возрастными коэффициентами смертности по причине БСК получено, что наибольшая доля объясненной дисперсии ($R^2 > 0,5$) приходится на старшие возрастные группы «30 лет и старше».

¹² Remaining life expectancy (RLE) – в исследовании приводится расчет ОПЖ для возраста 60 лет (e_{60}).

2. Прогнозное увеличение показателя ОПЖ с использованием сценарного моделирования связи социально-гигиенических факторов с повозрастными коэффициентами смертности по причине БСК составило 514 дней (1,3 г.). Наибольший совокупный эффект на ОПЖ (потенциал роста) установлен с группами показателей, характеризующих образ жизни населения (0,56 г. – 205 дней), и показателями санитарно-эпидемиологического благополучия территорий (0,34 г. – 126 дней). Установлено, что вероятное снижение уровня смертности по причине БСК по рассматриваемым моделям составило 24,8 % в возрастной группе «30–59 лет», 22,3 % – в возрастной группе «60 лет и старше».

3. Приоритетными детерминантами снижения коэффициентов смертности по причине БСК в возрастных группах «30 лет и старше» являются: «Доля населения, занимающегося физической культурой и спортом», «Потребительские расходы на душу населения», «Среднедушевые денежные доходы населения», «Потребление овощей и бахчевых», «Доля населения, имеющего высшее образование» и др.

4. Высокой приоритезованностью среди социально-гигиенических детерминант в возрастной группе «30–59 лет» обладали показатели, характеризующие условия труда трудоспособного населения: напряженность трудового процесса (5 дней), микроклимат на рабочих местах (3 дня), пыль и аэрозоли в воздухе рабочей зоны (3 дня), электромагнитные поля на рабочих местах (3 дня) и пр.

5. В старшей возрастной группе населения (60 лет и старше) наибольшая детерминированность по возрастным коэффициентам смертности по причине БСК выявлена с такими показателями, как: доля расходов консолидированных бюджетов на социальную политику (11 дней); потребление этилового спирта на душу взрослого населения (8 дней); валовой продукт (6 дней); первичная заболеваемость по классу заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани в возрастной группе старше трудоспособного возраста (4 дня).

6. Представленный методический подход по прогнозированию потенциала роста показателя ОПЖ на основе моделирования причинно-следственных связей между факторами среды обитания и повозрастными коэффициентами смертности по причине БСК может быть использован при решении задач по разработке управленческих решений, касающихся профилактики болезней системы кровообращения среди населения, а также при исследовании влияния комплекса факторов среды обитания и образа жизни на другие приоритетные причины смертности населения.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Актуальные проблемы правовой и научно-методической поддержки обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации как стратегической государственной задачи / Н.В. Зайцева, А.Ю. Попова, Г.Г. Онищенко, И.В. Май // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 5–9. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-5-9
2. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Землянова М.А. Совершенствование стратегических подходов к профилактике заболеваний, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания // Здоровье населения и среда обитания (ЗНисО). – 2013. – Т. 248, № 11. – С. 14–18.
3. Advancing Science As A Global Public Good. Action Plan 2019–2021. – Paris: International Science Council, 2019. – 60 p. DOI: 10.24948/2019.09
4. GBD 2017 DALYs and HALE Collaborators. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 359 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 // Lancet. – 2018. – Vol. 392, № 10159. – P. 1859–1922. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32335-3
5. Genetics of Cardiovascular Disease: How Far Are We from Personalized CVD Risk Prediction and Management? / M. Vrablik, D. Dlouha, V. Todorovova, D. Stefler, J.A. Hubacek // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – Vol. 22, № 8. – P. 4182. DOI: 10.3390/ijms22084182
6. Андреев Е.М. Действительно ли ожидаемая продолжительность жизни при рождении является наилучшим измерителем уровня смертности населения? // Демографическое обозрение. – 2021. – Т. 8, № 2. – С. 6–26. DOI: 10.17323/demreview.v8i2.12780
7. Aydin A., Atila Ü., Aydin S.G. Use of ANN in Predicting Life Expectancy: The Case of Turkey // Artificial Intelligence Studies. – 2018. – Vol. 1, № 1. – P. 1–7. DOI: 10.30855/AIS.2018.01.01.01
8. Alam M.F., Briggs A. Artificial neural network metamodel for sensitivity analysis in a total hip replacement health economic model // Expert review of pharmacoeconomics & outcomes research. – 2020. – Vol. 20, № 6. – P. 629–640. DOI: 10.1080/14737167.2019.1665512
9. Нейросетевая модель региона для выбора управляющих воздействий в области обеспечения гигиенической безопасности / Л.Н. Яницкий, Н.В. Зайцева, А.Л. Гусев, П.З. Шур // Информатика и системы управления. – 2011. – Т. 29, № 3. – С. 51–59.
10. Social Determinants of Cardiovascular Disease / T.M. Powell-Wiley, Y. Baumer, F.O. Baah, A.S. Baez, N. Farmer, C.T. Mahlobo, M.A. Pita, K.A. Potharaju [et al.] // Circ. Res. – 2022. – Vol. 130, № 5. – P. 782–799. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.121.319811

11. The relationship between Social Determinants of Health (SDoH) and death from cardiovascular disease or opioid use in counties across the United States (2009–2018) / P. Rangachari, A. Govindarajan, R. Mehta, D. Seehusen, R.K. Rethemeyer // BMC public health. – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 236. DOI: 10.1186/s12889-022-12653-8
12. Associations of healthy lifestyle and socioeconomic status with mortality and incident cardiovascular disease: two prospective cohort studies / Y. Zhang, C. Chen, X. Pan, J. Guo, Y. Li, O.H. Franco, G. Liu, A. Pan // BMJ. – 2021. – Vol. 373. – P. n604. DOI: 10.1136/bmj.n604
13. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 // Lancet. – 2020. – Vol. 396, № 10258. – P. 1223–1249. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2
14. 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 / N.V. Zaitseva, S.V. Kleyn, M.V. Glukhikh, D.A. Kiryanov, M.R. Kamaltdinov // Health Risk Analysis. – 2022. – № 2. – P. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.01.eng
15. Заболеваемость детей болезнями системы кровообращения в Российской Федерации / И.В. Винярская, Р.Н. Терлецкая, Е.Н. Басаргина, К.А. Соболева, В.В. Черников // Российский педиатрический журнал. – 2015. – Т. 18, № 5. – С. 60–65.
16. Богачевская С.А., Капитоненко Н.А., Богачевский А.Н. Эпидемиологическая характеристика врожденных пороков сердца в России и Дальневосточном федеральном округе за последние 10 лет // Дальневосточный медицинский журнал. – 2016. – № 1. – С. 96–101.
17. Barr D.A. The Childhood Roots of Cardiovascular Disease Disparities // Mayo Clin. Proc. – 2017. – Vol. 92, № 9. – P. 1415–1421. DOI: 10.1016/j.mayocp.2017.06.013
18. Childhood predictors of cardiovascular disease in adulthood. A systematic review and meta-analysis / O. Ajala, F. Mold, C. Boughton, D. Cooke, M. Whyte // Obes. Rev. – 2017. – Vol. 18, № 9. – P. 1061–1070. DOI: 10.1111/obr.12561
19. County Health Rankings: Relationships Between Determinant Factors and Health Outcomes / C.M. Hood, K.P. Gennuso, G.R. Swain, B.B. Catlin // Am. J. Prev. Med. – 2016. – Vol. 50, № 2. – P. 129–135. DOI: 10.1016/j.amepre.2015.08.024
20. Steps per Day and All-Cause Mortality in Middle-aged Adults in the Coronary Artery Risk Development in Young Adults Study / A.E. Paluch, K.P. Gabriel, J.E. Fulton, C.E. Lewis, P.J. Schreiner, B. Sternfeld, S. Sidney, J. Siddique [et al.] // JAMA Netw. Open. – 2021. – Vol. 4, № 9. – P. e2124516. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.24516
21. Healthy lifestyle and life expectancy in people with multimorbidity in the UK Biobank: A longitudinal cohort study / Y.V. Chudasama, K. Khunti, C.L. Gillies, N.N. Dhalwani, M.J. Davies, T. Yates, F. Zaccardi // PLoS Med. – 2020. – Vol. 17, № 9. – P. e1003332. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003332
22. Healthy lifestyle behaviours and all-cause and cardiovascular mortality among 0.9 million Chinese adults / X. Zhang, J. Lu, C. Wu, J. Cui, Y. Wu, A. Hu, J. Li, X. Li // Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act. – 2021. – Vol. 18, № 1. – P. 162. DOI: 10.1186/s12966-021-01234-4
23. Siegel A., Schug J.F., Rieger M.A. Social Determinants of Remaining Life Expectancy at Age 60: A District-Level Analysis in Germany // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 3. – P. 1530. DOI: 10.3390/ijerph19031530
24. Lampert T., Hoebel J., Kroll L.E. Social differences in mortality and life expectancy in Germany. Current situation and trends // Journal of health monitoring. – 2019. – Vol. 4, № 1. – P. 3–14. DOI: 10.25646/5872
25. Pickett K.E., Wilkinson R.G. Income inequality and health: a causal review // Soc. Sci. Med. – 2015. – Vol. 128. – P. 316–326. DOI: 10.1016/j.socscimed.2014.12.031
26. Socioeconomic inequalities in life expectancy and disability-free life expectancy among Chilean older adults: evidence from a longitudinal study / X. Moreno, L. Lera, F. Moreno, C. Albala // BMC Geriatr. – 2021. – Vol. 21, № 1. – P. 176. DOI: 10.1186/s12877-021-02126-9
27. Socioeconomic position and healthy ageing: A systematic review of cross-sectional and longitudinal studies / E. Wagg, F.M. Blyth, R.G. Cumming, S. Khalatbari-Soltani // Ageing Res. Rev. – 2021. – Vol. 69. – P. 101365. DOI: 10.1016/j.arr.2021.101365
28. Impact of social determinants of health on cardiovascular disease prevention / I. Mannoh, M. Hussien, Y. Commodore-Mensah, E.D. Michos // Curr. Opin. Cardiol. – 2021. – Vol. 36, № 5. – P. 572–579. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000893

Прогноз ожидаемой продолжительности жизни населения России на основе модели влияния комплекса социально-гигиенических детерминант на коэффициенты по возрастной смертности на примере болезней системы кровообращения / М.В. Глухих, С.В. Клейн, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 98–109. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.09



Research article

LIFE EXPECTANCY AT BIRTH FOR THE RF POPULATION: PREDICTION BASED ON MODELING INFLUENCE EXERTED BY A SET OF SOCIO-HYGIENIC DETERMINANTS ON AGE-SPECIFIC MORTALITY RATES EXEMPLIFIED BY DISEASES OF THE CIRCULATORY SYSTEM

M.V. Glukhikh, S.V. Kleyn, D.A. Kiryanov, M.R. Kamaltdinov

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

The article dwells on cause-effect relations between certain socio-hygienic factors and age-specific mortality rates due to cardiovascular diseases. New research trends in hygiene, a multidisciplinary approach to studies in the field and the current state policy make the present work topical.

Our methodical approach to predicting probable age-specific mortality rates due to cardiovascular diseases relied on applying artificial neural networks. We analyzed a set of indicators that described the public healthcare system, sanitary-epidemiological welfare on a given territory, lifestyle, economic conditions, sociodemographic conditions, and primary incidence.

Overall, we obtained 18 models (as per 5-year age-specific periods) of a relationship between socio-hygienic determinants and mortality rates due to cardiovascular diseases. The determination coefficients fell within 0.01–0.75 range and the greatest explanatory power occurred when the age period “30 years and older” was analyzed. We detected comparability of variational series obtained for mortality due to cardiovascular diseases among the whole population and the determination coefficients of the created models. We established predictive estimates of life expectancy at birth (LEB) in case there were changes in the analyzed socio-hygienic determinants by 2024 set within a certain scenario. Thus, changes in the whole set of determinants would result in 514 days added to LEB; lifestyle-related indicators, 205 days; indicators describing sanitary-epidemiological welfare, 126 days; economic indicators, 102 days; sociodemographic indicators, 101 days; primary incidence rates, 40 days; indicators describing the public healthcare system, 19 days. Several determinants were shown to be the most significant for reducing mortality due to cardiovascular diseases among working age population and older age groups. They are indicators describing people’s physical and motor activity, income levels, consumption of vegetables, education, and working conditions. Our research results are consistent with those obtained by other studies with their focus on establishing cause-effect relations between environmental factors and public health.

Keywords: life expectancy at birth, mortality, cardiovascular diseases, socio-hygienic determinants, environmental factors, lifestyle factors, artificial neural networks, factor analysis, prediction of medical-demographic situation.

References

1. Zaytseva N.V., Popova A.Yu., Onishchenko G.G., May I.V. Current problems of regulatory and scientific-medical support for the assurance of the sanitary and epidemiological welfare of population in the Russian Federation as the strategic government task. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 5–9. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-5-9 (in Russian).
2. Zaytseva N.V., Ustinova O.U., Zemlyanova M.A. A strategic approaches to improving prevention of diseases associated with influence of environmental factors. *Zdorov’e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*, 2013, no. 11 (248), pp. 14–18 (in Russian).
3. Advancing Science As A Global Public Good. Action Plan 2019–2021. Paris, International Science Council, 2019, 60 p. DOI: 10.24948/2019.09
4. GBD 2017 DALYs and HALE Collaborators. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 359 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*, 2018, vol. 392, no. 10159, pp. 1859–1922. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32335-3

© Glukhikh M.V., Kleyn S.V., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., 2022

Maxim V. Glukhikh – Junior Researcher at the Department for Systemic Procedures of Sanitary-Hygienic Analysis and Monitoring (e-mail: gluhih@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4755-8306>).

Svetlana V. Kleyn – Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department for Systemic Procedures of Sanitary-Hygienic Analysis and Monitoring (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>).

Dmitrii A. Kiryanov – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department for Mathematical Modeling of Systems and Processes; Associate Professor at the Department of Human Ecology and Life Safety (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5406-4961>).

Marat R. Kamaltdinov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher acting as the Head of the Situation Modeling and Expert and Analytical Management Techniques Laboratory (e-mail: kmr@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0969-9252>).

5. Vrablik M., Dlouha D., Todorovova V., Stefler D., Hubacek J.A. Genetics of Cardiovascular Disease: How Far Are We from Personalized CVD Risk Prediction and Management? *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, vol. 22, no. 8, pp. 4182. DOI: 10.3390/ijms22084182
6. Andreev E. Is life expectancy at birth really the best measure of mortality in a population? *Demograficheskoe obozrenie*, 2021, vol. 8, no. 2, pp. 6–26. DOI: 10.17323/demreview.v8i2.12780 (in Russian).
7. Aydin A., Atila Ü., Aydin S.G. Use of ANN in Predicting Life Expectancy: The Case of Turkey. *Artificial Intelligence Studies*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 1–7. DOI: 10.30855/AIS.2018.01.01.01
8. Alam M.F., Briggs A. Artificial neural network metamodel for sensitivity analysis in a total hip replacement health economic model. *Expert review of pharmacoeconomics & outcomes research*, 2020, vol. 20, no. 6, pp. 629–640. DOI: 10.1080/14737167.2019.1665512
9. Yasnitsky L.N., Zaitseva N.V., Gusev A.L., Shur P.Z. Neural network region model for control action choice in the field of hygiene safety. *Informatika i sistemy upravleniya*, 2011, vol. 29, no. 3, pp. 51–59 (in Russian).
10. Powell-Wiley T.M., Baumer Y., Baah F.O., Baez A.S., Farmer N., Mahlobo C.T., Pita M.A., Potharaju K.A. [et al.]. Social Determinants of Cardiovascular Disease. *Circ. Res.*, 2022, vol. 130, no. 5, pp. 782–799. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.121.319811
11. Rangachari P., Govindarajan A., Mehta R., Seehusen D., Rethemeyer R.K. The relationship between Social Determinants of Health (SDoH) and death from cardiovascular disease or opioid use in counties across the United States (2009–2018). *BMC Public Health*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 236. DOI: 10.1186/s12889-022-12653-8
12. Zhang Y., Chen C., Pan X., Guo J., Li Y., Franco O.H., Liu G., Pan A. Associations of healthy lifestyle and socioeconomic status with mortality and incident cardiovascular disease: two prospective cohort studies. *BMJ*, 2021, vol. 373, pp. n604. DOI: 10.1136/bmj.n604
13. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*, 2020, vol. 396, no. 10258, pp. 1223–1249. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2
14. Zaitseva N.V., Kleyn S.V., Glukhikh M.V., Kiryanov 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. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 2, pp. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.01.eng
15. Vinyarskaya I.V., Terletskaia R.N., Basargina E.N., Soboleva K.A., Chernikov V.V. The morbidity rate of diseases of the circulatory system in children in the Russian Federation. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal*, 2015, vol. 18, no. 5, pp. 60–65 (in Russian).
16. Bogatchevskaia S.A., Kapitonenko N.A., Bogatchevskiy A.N. The epidemiological features of congenital heart diseases in the Russian Federation and the Far Eastern Federal District for the last 10 years. *Dal'nevostochnyi meditsinskii zhurnal*, 2016, no. 1, pp. 96–101 (in Russian).
17. Barr D.A. The Childhood Roots of Cardiovascular Disease Disparities. *Mayo Clin. Proc.*, 2017, vol. 92, no. 9, pp. 1415–1421. DOI: 10.1016/j.mayocp.2017.06.013
18. Ajala O., Mold F., Boughton C., Cooke D., Whyte M. Childhood predictors of cardiovascular disease in adulthood. A systematic review and meta-analysis. *Obes. Rev.*, 2017, vol. 18, no. 9, pp. 1061–1070. DOI: 10.1111/obr.12561
19. Hood C.M., Gennuso K.P., Swain G.R., Catlin B.B. County Health Rankings: Relationships Between Determinant Factors and Health Outcomes. *Am. J. Prev. Med.*, 2016, vol. 50, no. 2, pp. 129–135. DOI: 10.1016/j.amepre.2015.08.024
20. Paluch A.E., Gabriel K.P., Fulton J.E., Lewis C.E., Schreiner P.J., Sternfeld B., Sidney S., Siddique J. [et al.]. Steps per Day and All-Cause Mortality in Middle-aged Adults in the Coronary Artery Risk Development in Young Adults Study. *JAMA Netw. Open*, 2021, vol. 4, no. 9, pp. e2124516. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.24516
21. Chudasama Y.V., Khunti K., Gillies C.L., Dhalwani N.N., Davies M.J., Yates T., Zaccardi F. Healthy lifestyle and life expectancy in people with multimorbidity in the UK Biobank: A longitudinal cohort study. *PLoS Med.*, 2020, vol. 17, no. 9, pp. e1003332. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003332
22. Zhang X., Lu J., Wu C., Cui J., Wu Y., Hu A., Li J., Li X. Healthy lifestyle behaviours and all-cause and cardiovascular mortality among 0.9 million Chinese adults. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, 2021, vol. 18, no. 1, pp. 162. DOI: 10.1186/s12966-021-01234-4
23. Siegel A., Schug J.F., Rieger M.A. Social Determinants of Remaining Life Expectancy at Age 60: A District-Level Analysis in Germany. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 3, pp. 1530. DOI: 10.3390/ijerph19031530
24. Lampert T., Hoebel J., Kroll L.E. Social differences in mortality and life expectancy in Germany. Current situation and trends. *Journal of health monitoring*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 3–14. DOI: 10.25646/5872
25. Pickett K.E., Wilkinson R.G. Income inequality and health: a causal review. *Soc. Sci. Med.*, 2015, vol. 128, pp. 316–326. DOI: 10.1016/j.socscimed.2014.12.031
26. Moreno X., Lera L., Moreno F., Albala C. Socioeconomic inequalities in life expectancy and disability-free life expectancy among Chilean older adults: evidence from a longitudinal study. *BMC Geriatr.*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 176. DOI: 10.1186/s12877-021-02126-9
27. Wagg E., Blyth F.M., Cumming R.G., Khalatbari-Soltani S. Socioeconomic position and healthy ageing: A systematic review of cross-sectional and longitudinal studies. *Ageing Res. Rev.*, 2021, vol. 69, pp. 101365. DOI: 10.1016/j.arr.2021.101365
28. Mannoh I., Hussien M., Commodore-Mensah Y., Michos E.D. Impact of social determinants of health on cardiovascular disease prevention. *Curr. Opin. Cardiol.*, 2021, vol. 36, no. 5, pp. 572–579. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000893

Glukhikh M.V., Kleyn S.V., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R. Life expectancy at birth for the RF population: prediction based on modeling influence exerted by a set of socio-hygienic determinants on age-specific mortality rates exemplified by diseases of the circulatory system. Health Risk Analysis, 2022, no. 3, pp. 98–109. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.09.eng

Получена: 08.08.2022

Одобрена: 24.09.2022

Принята к публикации: 27.09.2022