

© ЗАЙЦЕВА Н.В., 2022

Читать  
онлайн  
Read  
online

Зайцева Н.В.

## Гигиена в решении актуальных проблем развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия

**Введение.** Гигиенический анализ факторов, причин, масштабов и способов снижения потерь, связанных с воздействием среды обитания на здоровье населения, является значительным вкладом в обоснование действий по достижению высшего национального приоритета — сбережения народа, устойчивого роста численности населения и увеличения его ожидаемой продолжительности жизни.

**Материалы и методы.** Применены методы системного, классического статистического и вероятностного анализа, элементы искусственного интеллекта, нейронных сетей, нечётких множеств, прогнозирования и оптимизации. Мощность выборки — все регионы Российской Федерации за 10 лет, 1 млрд единиц информации.

**Результаты.** Показано наличие недостаточно снижающихся уровней риск-ассоциированных заболеваемости и смертности населения с региональной дифференциацией, приоритизированы управляемые ведущие факторы риска (загрязнение атмосферного воздуха, питьевой воды). Разработан научно-методический инструментарий повышения надёжности гигиенических оценок, экспертиз, исследований, прогнозов. Показана эффективность деятельности Роспотребнадзора по предотвращению потерь здоровья населения.

**Ограничения исследования** заключаются в возможностях применения выбранных методов исследования и наличии неопределённости в получении характеристик объектов исследования.

**Заключение.** Проведённый анализ показал, что современный период характеризуется активной цифровизацией практически всех сфер научных гигиенических разработок и их применения. Существенно возрастает роль научных прогнозов и развития методов профилактики риск-ассоциированных потерь здоровья с целью достижения национального приоритета — повышения ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации.

**Ключевые слова:** риск; здоровье; факторы; ассоциированная смертность; ассоциированная заболеваемость; ожидаемая продолжительность жизни

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование было одобрено Местным этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медицинских и профилактических технологий управления рисками для здоровья» Роспотребнадзора.

**Для цитирования:** Зайцева Н.В. Гигиена в решении актуальных проблем развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1138–1144 <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144> <https://elibrary.ru/ctxokc>

**Для корреспонденции:** Зайцева Нина Владимировна, академик РАН, доктор мед. наук, профессор, науч. рук. ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, 614045, Пермь. E-mail: [znv@fcrisk.ru](mailto:znv@fcrisk.ru)

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 26.08.2022 / Принята к печати: 3.10.2022 / Опубликована: 23.10.2022

Nina V. Zaitseva

## Hygiene in resolving actual problems of developing the health potential and life expectancy of the population in the Russian Federation

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

**Introduction.** Hygienic analysis of the factors, causes, scales and ways to reduce losses due to the impact of the environment on the population's health is an important contribution to the justification for actions aimed at achieving the highest national priority — preserving the population, ensuring sustainable population gain and increasing life expectancy.

**Materials and methods.** Methods of systemic, classical statistical and probabilistic analysis, elements of artificial intelligence, neural networks, fuzzy sets, forecasting and optimization are applied. Sampling size includes all regions of the Russian Federation for 10 years, 1 billion units of information.

**Results.** The presence of insufficiently declining levels of risk-associated morbidity and mortality of the population with regional differentiation was shown. Priority was given to key manageable risk factors (air and drinking water). Scientific and methodological tools have been developed to improve the reliability of hygienic assessments, examinations, studies, and forecasts. The effectiveness of the activity of the service to prevent the loss of public health is shown.

**Limitations.** The limitations of the study are limited to the possibilities of using the selected research methods and the presence of uncertainties in obtaining the characteristics of the objects of study.

**Conclusion.** The analysis has shown the modern period to be characterized by the active digitalization of nearly all fields of scientific hygienic developments and their application. The role of scientific forecasting and the development of methods for the prevention of risk-associated health losses is significantly increasing to achieve a national priority — increasing the life expectancy of the population in Russian Federation.

**Keywords:** risk; health; factors; associated mortality; associated incidence; life expectancy

**Compliance with ethical standards.** The study was approved by the Local Ethical Committee of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies.

**For citation:** Zaitseva N.V. Hygiene in resolving actual problems of developing the health potential and life expectancy of the population in the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1138–1144. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144> <https://elibrary.ru/ctxokc> (In Russian)

**For correspondence:** Nina V. Zaitseva, MD, PhD, DSci., professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation. E-mail: [znv@fcrisk.ru](mailto:znv@fcrisk.ru)

**Information about authors:** Zaitseva N.V., <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>

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

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: August 26, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 23, 2022

## Введение

Гигиенический анализ масштабов и мер профилактики обременительных последствий воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения Российской Федерации является важным вкладом в обоснование направлений действий по достижению высшего национального приоритета — сбережения народа, устойчивого роста численности населения и увеличения его ожидаемой продолжительности жизни (далее — ОПЖ) [1]. Гигиена как наука критически важна для получения основы информированного принятия решений и важнейшего движущего фактора обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения нашей страны, определяющего формирование ключевых демографических показателей: заболеваемости, смертности и ОПЖ. Вопросам влияния факторов риска среды обитания на состояние здоровья населения Российской Федерации посвящены труды современных учёных-гигиенистов, определяющие основные динамические тенденции, закономерности и особенности изменения популяционных, групповых и индивидуальных параметров здоровья [2–5].

Несмотря на потенциальные возможности уменьшения бремени болезней, обусловленных факторами риска среды обитания человека, острота этих проблем в мире, в том числе и в России, сохраняется, приобретает новые черты [6–9].

Многосторонняя картина гигиены во всё более сложном мире определяет необходимость разработки новых методических подходов, информационно-аналитических, цифровых технологий, медико-профилактических методов и их масштабирования для повышения эффективности управленческих решений в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

## Материалы и методы

Выполнен гигиенический анализ причинно-следственных связей при независимом воздействии ведущих факторов риска среды обитания на состояние здоровья населения Российской Федерации (> 190 факторов риска) для 85 регионов в динамике за последние 8–10 лет по 19 классам причин заболеваний и смерти. В качестве исходной информации использованы релевантные данные ФИФ СГМ, ведомственной статистики, результаты расчётных и собственных исследований, целевые показатели национальных и федеральных проектов («Демография», «Экология», «Чистая вода», «Чистый воздух», «Генеральная уборка»). Количественной оценке подлежали ассоциированные случаи заболеваний и смер-

ти, сокращение и прогнозы ОПЖ. Использованы методы и применены параметры классического статистического анализа (Statistika 10). Предложены новые методические подходы для совершенствования риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности, концептуальной постановки методологии дистанционного контроля (надзора), прогноза ОПЖ в различных сценарных условиях. Используются цифровые технологии, элементы искусственного интеллекта, теории риска, нечётких множеств.

Мощность обобщённой выборки — более 1 млрд единиц информации.

## Результаты

За последнее десятилетие показатель дополнительной смертности населения, ассоциированной с воздействием факторов среды обитания, в целом по стране снизился более чем в 1,5 раза. Снижение дополнительной ассоциированной заболеваемости составило более 1,7 раза. Вместе с тем в более чем 20% регионов страны сохраняются проблемы в области обеспечения гигиенической безопасности населения. В результате только в 2021 г. в целом по стране загрязнение атмосферного воздуха, питьевых вод, почв городских и сельских поселений, качество пищевой продукции, не соответствующее гигиеническим нормативам, вероятно сформировало более 23 тыс. дополнительных случаев (1,1% от общей смертности) и почти 4,5 млн дополнительных случаев заболеваний детского и взрослого населения (почти 3,9% от всей заболеваемости населения) (рис. 1). В разрезе отдельных классов заболеваний с неудовлетворительным качеством факторов среды обитания (питьевая вода, атмосферный воздух, почва селитебных территорий) ассоциирована смертность по следующим причинам: до 6,7% — от некоторых инфекционных и паразитарных заболеваний; 6,1% — по причине болезней органов пищеварения; 2,2% — болезней органов дыхания; 0,8% — болезней органов кровообращения; 1,4% — злокачественных новообразований.

Наиболее значимым фактором риска среды обитания является загрязнение атмосферного воздуха: с воздействием приоритетных химических примесей селитебных территорий в 2021 г. ассоциировано порядка 4,57 случая смертей на 100 тыс. всего населения (что на 56,5% меньше, чем в 2012 г.) и около 748,2 дополнительного случая заболеваний на 100 тыс. всего населения (что более чем на 54% ниже 2012 г.). Приоритетными факторами риска остаются окислы азота, взвешенные вещества, формальдегид, диоксид серы, алифатические предельные и ароматические углеводороды, аммиак, бенз(а)пирен и др.

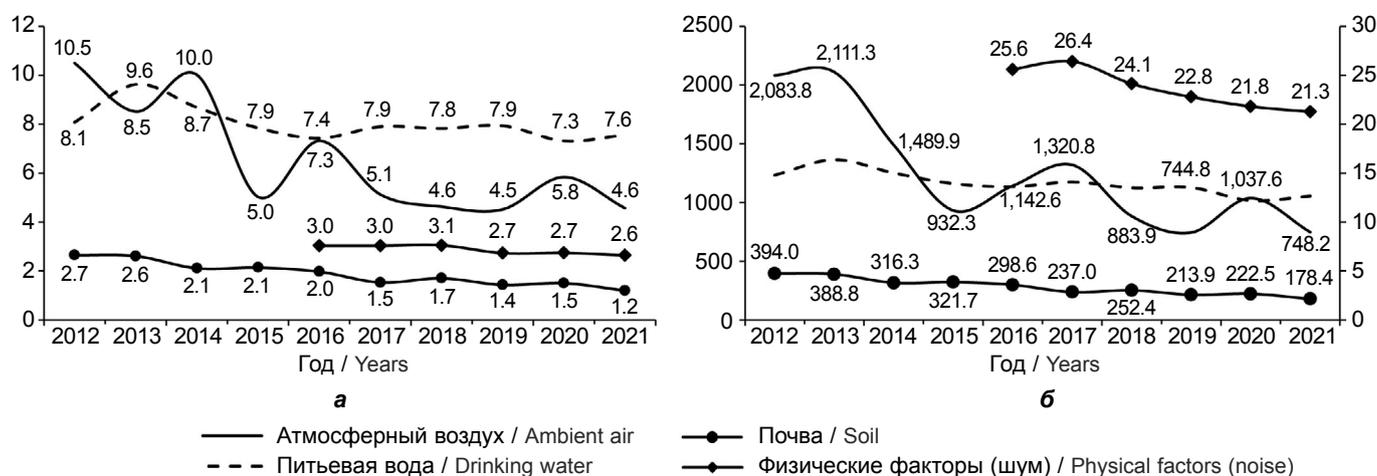
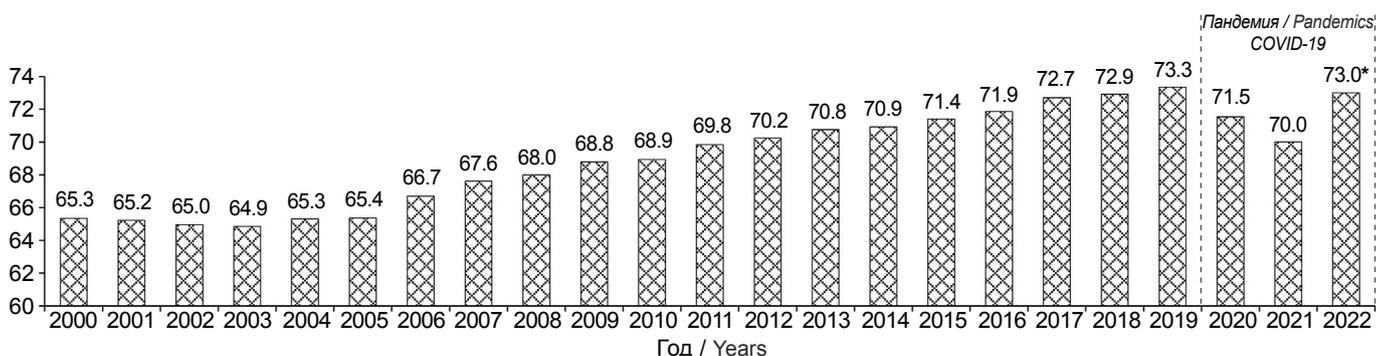


Рис. 1. Дополнительная смертность (а) и заболеваемость (б) населения Российской Федерации, ассоциированные с воздействием факторов среды обитания, случаев на 100 тыс. населения.

Fig. 1. Additional mortality (a) and morbidity (b) of the population of the Russian Federation associated with exposure to environmental factors per 100 thousand population.



\* – по данным Федерального агентства новостей / according to the Federal News Agency data.  
[https://riafan.ru/23543070-putin\\_soobschil\\_chno\\_prodolzhitel\\_nost\\_zhizni\\_v\\_rossii\\_previsila\\_73\\_goda](https://riafan.ru/23543070-putin_soobschil_chno_prodolzhitel_nost_zhizni_v_rossii_previsila_73_goda)

Рис. 2. Ожидаемая продолжительность жизни населения Российской Федерации, лет.

Fig. 2. Life expectancy of the population in the Russian Federation, years (According to the Federal News Agency data).

В целом по Российской Федерации в 2021 г. количество случаев заболеваний и смерти, ассоциированных с качеством питьевой воды, составило 1054,8 и 7,6 на 100 тыс. чел. (снижение с 2012 г. на 12,6 и 4,4%) соответственно. Приоритетными опасными факторами питьевой воды остаются несоответствие санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим (содержание хлора и хлорорганических соединений, железа, марганца, стронция, бария, бора, кадмия, мышьяка, нитратов и других соединений) и микробиологическим показателям.

Сравнительный межстрановой анализ показал, что в 2020 г. значение ожидаемой продолжительности жизни в Российской Федерации (71,5 года) было сопоставимо со среднемировым уровнем (72,8 года), но значительно ниже ряда европейских и азиатских стран. Значимые гендерные различия в ОПЖ составили 9,9 года. В результате неблагоприятной эпидемической ситуации, связанной с пандемией COVID-19, рекордное значение показателя ОПЖ последнего десятилетия – 73,3 года в 2019 г. – снизилось до 71,5 года в 2020 г. (это значения ОПЖ середины прошлого десятилетия (2015–2016 гг.), тем самым прервав установившуюся с 2003 г. позитивную динамику изменения данного показателя. В 2021 г. сохранялась тенденция падения: по предварительной оценке Росстата, ОПЖ составила 70 лет (рис. 2). В среднем на национальном уровне вариативность показателя ОПЖ по субъектам Российской Федерации находится в пределах 64,87–80,52 года.

Учитывая, что показатель ОПЖ является управляемым, в том числе деятельностью Роспотребнадзора в рамках его полномочий, для задач совершенствования ранее разработанной риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности предложено научно обоснованное категорирование всех видов объектов контроля (надзора) с соблюдением единства подходов. Для решения этих же задач разработана Концепция дистанционного контроля (надзора), которая в качестве ядра предполагает создание интеллектуальной аналитической системы, обеспечивающей верификацию, сопоставительную оценку, анализ данных юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и данных иных систем (анализ информационного следа), а также постоянный динамический анализ связей результатов контроля с параметрами заболеваемости, смертности, ОПЖ населения, качества среды обитания, обучения, жалобами населения и иными показателями, которые характеризуют состояние охраняемых Роспотребнадзором ценностей.

На основе идентификации опасности, анализа тяжести вероятных последствий нарушения обязательных требований к безопасности продукции и истории проверок предложены подходы к построению профиля риска продукции и обоснованию максимальной концентрации лабораторных

исследований на наиболее «рисковых» показателях, что обеспечивает минимизацию затрат на поиск нарушений по показателям, вероятность выявления отклонений по которым минимальна. При этом установлено, что количество исследований далеко не всегда имеет следствием повышение выявляемости нарушений, так как контроль зачастую фокусируется в области минимальных уровней риска для здоровья.

Анализ достоверности результатов лабораторных исследований выявил крайнюю степень несоответствия (до 100 раз) между расчётными и реально измеренными данными по концентрациям пыли в атмосферном воздухе, её морфологическому и компонентному составу, особенно в части измерения  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  выбросов пыли с опасными компонентами. Так, например, идентификация оксида алюминия в пыли, кодируемой как электролизная, существенно (в 2 раза) увеличила зону влияния объекта и численность населения под воздействием.

Для совершенствования комплексной оценки эффективности планируемых и (или) реализуемых мероприятий по повышению качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения разработаны, утверждены<sup>1</sup> и программно обеспечены методические подходы к оценке совокупного риска здоровью, шкалированного на отрезке величин от 0 до 1, являющегося интегральным критерием степени эффективности для 5 крупных групп показателей (всего 29 показателей, а также все санитарно-химические показатели) по 5 градациям категории риска – от пренебрежимо малого до очень высокого.

Научно обоснованы и внедрены в практику методические подходы к акустическому моделированию шумового воздействия с зонированием урбанизированных территорий и установлением численности населения, проживающего в условиях акустического дискомфорта, по установленным гигиеническим критериям и критериям риска нарушений здоровья<sup>2</sup>. Для последующей характеристики формируемого риска в методологию включена шкала приведённого индекса риска, характеризующая уровень формируемого риска по отношению к экспонируемому населению, а также содержащая перечень мероприятий по минимизации риска, включая инновационные шумозащитные технологии, позволяющие дальнейшую эксплуатацию территорий и объектов капитального строительства без потенциального вреда для здоровья населения.

<sup>1</sup> МР 2.1.4.0289–22 «Комплексная оценка эффективности мероприятий по повышению качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения».

<sup>2</sup> МР 2.1.10.0059–12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума».

Обобщение результатов реализации федерального проекта (ФП) «Чистый воздух», по данным научно-исследовательских организаций – исполнителей (ФБУН «ФНЦГ им. Эрисмана» Роспотребнадзора и ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора) и результатам собственных исследований, показало, что во всех городах – участниках проекта имеются зоны с неприемлемым или очень высоким уровнем риска для здоровья (НІ до 23,8 и более).

Из 67 мониторируемых в 12 городах на постах Роспотребнадзора приоритетных веществ по 24 регистрируются превышения гигиенических нормативов (ПДКсг), по 21 веществу – параметров риска для здоровья. В рамках и для задач реализации ФП «Чистый воздух» научно-исследовательскими организациями разработан ряд методических документов, обеспечивающих информационную и аналитическую поддержку действий Роспотребнадзора<sup>3,4</sup>.

Для этих же целей создан научный инструментарий, впервые обеспечивший постановку и решение задачи квотирования выбросов промышленных предприятий с учётом критериев риска для здоровья населения. Теоретическое решение задачи выполнено на основе использования методов оптимизации с целевой функцией, минимизирующей изменение масс выбросов загрязняющих веществ на стационарных и передвижных источниках с системой ограничений в точках квотирования, соответствующих выполнению требований как гигиенических нормативов, так и условий по риску для здоровья, что принципиально важно.

В рамках реализации ФП «Чистая страна» выполнено научное обоснование методических подходов к оценке воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни, в том числе с возможностью экспресс-оценки<sup>5</sup>. Поэтапной оценке будут подлежать более 1900 объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

В развитие базовых положений методологии оценки риска для здоровья, связанного с воздействием химических веществ, загрязняющих среду обитания, для максимальной гармонизации с теорией риска предложено модифицировать определение «риск для здоровья» в соответствии с общей теорией анализа риска; использовать классификацию величин канцерогенного и неканцерогенного риска, позволяющую категорировать их уровни; развивать методы математического моделирования в оценке риска. Развитие методологии оценки риска для здоровья позволило разработать алгоритм обоснования среднегодовых ПДК химических веществ в атмосферном воздухе по критериям приемлемого (допустимого) риска и принять 71 гигиенический норматив для основных загрязнений атмосферного воздуха (углеводороды, металлы, их соединения и др.). Соблюдение среднегодовых ПДК обеспечивает отсутствие неприемлемого (недопустимого) риска в течение всей жизни человека.

Предложенные методические подходы к количественной оценке профессионального риска для здоровья позволяют устанавливать и прогнозировать доказанные групповые и персональные уровни риска, проводить их категорирование с уточнением категорий при помощи вероятностных методов, осуществить привязку классов условий труда к количественным критериям и категориям профессионального риска, что реализовано в проекте новой редакции Руководства по оценке профессионального риска для здоровья работников.

<sup>3</sup> МР 2.1.10.0156–19 «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения».

<sup>4</sup> МР 2.1.6.0157–19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга».

<sup>5</sup> МР 2.1.10.0273–22 «Оценка воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни, в том числе с возможностью экспресс-оценки».

Развитие методологии оценки риска позволило разработать подходы к выявлению и идентификации потенциально опасных непреднамеренно присутствующих и незаявленных химических веществ в пищевой продукции<sup>6</sup>. На этой основе разработаны проекты шести МДУ N-нитрозаминов в мясных консервах для питания детей раннего возраста, в кашах на молочной и безмолочной зерновой основе (инстантного приготовления), трёх фталатов в молоке, а также их суммарного содержания.

В рамках методической поддержки ФП «Укрепление общественного здоровья» разработана одна из восьми научно обоснованных обучающих программ по вопросам здорового питания населения, проживающего на территориях с особенностями воздействия факторов окружающей среды. Для внедрения программы в дистанционной форме создан образовательный ресурс, за год реализации которого прошли обучение более 66 тыс. человек.

Для научно-методической поддержки расследований, исследований и экспертиз разработана концептуальная схема системного гигиенического анализа условий причинения вреда здоровью и формирования доказательной базы этого вреда. Доказано, что весьма актуальным и востребованным практикой является сопоставительный гигиенический анализ результатов расчётных оценок риска для здоровья и направленных исследований фактически реализованного риска (вреда, ушерба) в условиях конкретной санитарно-гигиенической ситуации. При этом показано наличие фактов недооценки и переоценки рисков, например, по количеству приоритетных веществ (до 2 раз) по критическим негативным ответам (органам, системам, нозологическим формам, классам заболеваний).

В соответствии с полномочиями Роспотребнадзора в части организации профилактических мер разработан комплекс технологий оказания специализированной медико-профилактической помощи детскому и взрослому населению с риск-ассоциированной патологией. В основе лежит алгоритм последовательных санитарно-гигиенических, эпидемиологических, функциональных и клинико-лабораторных исследований, результаты которых позволяют с высокой точностью идентифицировать источники опасности, пути их наиболее вероятного воздействия, выделить уязвимые контингенты населения и потенциальные виды риск-ассоциированной патологии, установить закономерности её развития и целенаправленно подобрать патогенетически обоснованные меры лечебно-профилактического воздействия. В настоящее время разработаны, апробированы и утверждены более 70 протоколов и стандартов оказания специализированной лечебно-профилактической помощи по основным классам болезней, которые используются при реализации мероприятий, направленных на снижение негативных последствий воздействия техногенных факторов риска в 14 субъектах Российской Федерации.

Совершенствование стратегической модели управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения Российской Федерации актуально в отношении смежных аспектов гигиены и эпидемиологии. Исследования закономерностей пандемии COVID-19 показало, что факторы химического риска, связанного, в частности, с качеством атмосферного воздуха селитебных территорий, модифицируют скорости отдельных фаз течения процесса наряду с другими факторами неинфекционной природы. Показано, что параметры ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $R_0$ ) модификации классической SIR-модели, отражающей ход эпидпроцесса, имеют выраженную региональную дифференциацию и определяются сочетанным влиянием комплекса факторов: природно-климатических, противоэпидемических, системы оказания медицинской помощи, экономических,

<sup>6</sup> МР 1.2.0228–20 «Порядок выявления и идентификации незаявленных и потенциально опасных непреднамеренно присутствующих химических веществ в пищевой продукции».

социально-демографических, санитарно-эпидемиологических, образа жизни населения. Выявленные закономерности статистически достоверны ( $p \leq 0,05-0,01$ ).

В рамках «Общенационального плана действий, обеспечивающих восстановление занятости и доходов населения, рост экономики и долгосрочные структурные изменения в экономике» подготовлен «Справочник технологий и инструментов профилактики распространения инфекционных болезней с учётом особенностей организации трудового процесса на предприятиях различных отраслей экономической деятельности». Электронный справочник включает базу данных, содержащую систематизированные и параметризованные требования 8 СанПиН и СП, 70 нормативно-правовых актов, 236 МУ, МР, МУК, 2292 файла с технологиями, 11 556 статей – всего 2,7 Гб информации.

В поддержку задач минимизации риска и вреда для здоровья выполняется ряд фундаментальных научных работ. Так, исследования в области моделирования процессов эволюции риска для здоровья на индивидуальном уровне выполняются на основе описания основных биохимических и механических процессов, протекающих в органах и системах организма, с использованием аппарата дифференциального и интегрального исчисления. Решение задач построения и обобщения таких моделей осуществляется в рамках концепции создания цифровой модели человека национального проекта «Наука». Исследования проводятся с привлечением направленного эксперимента для идентификации параметров моделей, методов интегрирования и обобщения на популяционный уровень с практической реализацией в виде алгоритмов оценки индивидуальных рисков и прогнозирования их реализации. В частности, решены задачи моделирования процессов дыхания в условиях экспозиции пылевого фактора, накопления патологических эффектов в системе пищеварения для различных условий питания и определения особенностей нейроиммунной регуляции.

Накопленный опыт протеомных исследований позволил систематизировать и классифицировать по клеточно-функциональной принадлежности биоинформационную матрицу молекулярных маркеров для прогнозирования риск-ассоциированных негативных эффектов. Например, установлено увеличение молекулярного маркера – белка катепсина L1 при повышенном в 1,5 раза содержании фторид-иона в моче. Катепсин помимо обеспечения реализации ряда молекулярных функций опосредует процессинг расщепления субъединицы спайкового белка S1 SARS-CoV-2, необходимого для проникновения в клетку и последующей репликации вируса.

Исследования в рамках критических технологий позволили идентифицировать патологические состояния и процессы на клеточном и молекулярном уровнях на ранних стадиях их манифестации. Геномно-транскриптомная диагностика позволяет уточнять механизмы нарушений, ассоциированных с факторами природной и техногенной нагрузки: дисбаланс гормонов щитовидной железы, кожные нарушения, астено-невротический синдром и др. в условиях экспозиции тяжёлыми металлами; метаболический синдром и репродуктивную патологию у лиц, экспонированных ароматическими углеводородами; иммунодефицит и нарушения экспрессии генов, индуцированные ПАУ, формальдегидом, свинцом.

Для определения управляемых приоритетных социально-гигиенических детерминант, вносящих наибольший вклад в потери ОПЖ, разработана и реализована методика прогнозирования показателя ОПЖ как для Российской Федерации в целом, так и для её субъектов, с возможностью определения эффектов отдельных показателей и групп показателей, характеризующих среду обитания населения<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> МР 2.1.10.0269–21 «Определение социально-гигиенических детерминант и прогноз потенциала роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учётом региональной дифференциации».

В основе методики лежит обученная на матрице социально-гигиенических данных (за 2010–2018 гг.), искусственная нейронная сеть в виде четырёхслойного перцептрона с двумя внутренними слоями (по 8 и 3 нейрона). Модель обладает высокой точностью прогнозирования: различия между модельным и фактически наблюдаемым значением ОПЖ составили не более 1%. Показано, что прогнозируемое увеличение ОПЖ при условии достижения к 2024 г. целевых показателей федеральных и национальных проектов и при сохранении наблюдаемых трендов управляемых детерминант без учёта ковид-обусловленных процессов составит 1095 дней (3 года). Определены вклады в ОПЖ ведущих социально-гигиенических детерминант, при этом установлены наиболее значимые детерминанты, дающие наибольшие вклады в общий показатель ОПЖ: образ жизни – 169 дней, уровень образования – 123 дня, условия труда – 65 дней, доходы населения – 47 дней, показатели санитарно-эпидемиологического состояния – 211 дней и др.

Разработанный научно-методический инструментальный в области гигиены способствует повышению эффективности деятельности Роспотребнадзора. Показано, что по результатам гигиенических оценок Роспотребнадзором ежегодно предотвращается в стране более 20% проб с превышениями ПДК по достаточно широкому перечню ингредиентов в более чем 50% регионов страны. Это способствует предотвращению более 45–50 тыс. дополнительных случаев смерти и более 5–6 млн дополнительных случаев заболеваемости населения, что обеспечивает экономическую эффективность Роспотребнадзора за последние 10 лет на уровне более 20–30 рублей на 1 рубль затрат в год. Сумма предотвращённых потерь ВВП в 2021 г. составила более 194,5 млрд рублей., в том числе от риск-ассоциированных смертности и заболеваемости – 16 и 178,5 млрд рублей соответственно. Эффективность деятельности Роспотребнадзора за последние 10 лет возросла более чем на 20%.

## Обсуждение

По оценкам, представленным в докладе ВОЗ «Профилактика болезней посредством создания здоровой окружающей среды: глобальная оценка бремени болезней, вызванных экологическими рисками» от 2018 г., до 24% случаев смерти населения в мире связано с экологическими рисками для здоровья, считающимися в основном предотвратимыми [9]. Согласно прогнозам, принятие и внедрение стратегий по улучшению качества и безопасности окружающей среды по таким факторам, как атмосферный воздух, водоснабжение, применение и нормирование химических веществ, рациональное обращение с отходами, безопасные условия труда и др., позволит предотвратить более 25% смертей от кардиореспираторных, онкологических и других экологически зависимых заболеваний.

Достижение национальных приоритетов и целевых показателей в области народосбережения и ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации (78 лет к 2030 г.) зависит в том числе от эффективности деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [10–12]. Это в свою очередь определяется уровнем методического и научного обеспечения её основных функций и полномочий, соответствующего современным вызовам [13–15].

По некоторым ключевым направлениям разработаны, усовершенствованы и внедрены обоснованные с позиций гигиены новые подходы, позволяющие определить перспективные направления конкретных действий и решений. Для этого в работе использованы методы анализа рисков, элементы интеллектуальной аналитической системы с анализом информационного следа, алгоритмизации и методы машинной обработки всей совокупности информации,

нейронные сети, элементы искусственного интеллекта, эволюции рисков, теории нечётких множеств, категорирования, сопоставительных химико-аналитических, расчётных, клинико-лабораторных и функциональных исследований, биомониторинга, ГИС-технологий, акустического моделирования, гигиенического нормирования по критериям риска и др.

В соответствии с актуальными документами предполагается значительная поддержка практического звена Роспотребнадзора со стороны гигиенической науки в части разработки подходов к категорированию потребительской продукции, концептуальной и математической постановки задач цифрового сбора, обработки и представления данных контроля, обоснования индикаторов риска нарушения обязательных требований, развитие методов оценки эффективности контрольно-надзорной деятельности по критериям здоровья и санэпидблагополучия населения и др. [15–18].

Важнейший вектор развития риск-ориентированного контроля (надзора) – оптимизация лабораторного сопровождения как основного инструмента доказательной базы нарушений обязательных требований, особенно пищевой продукции. В связи с этим поиск оптимального числа наблюдений для каждого вида контролируемой продукции – важнейшая научно-практическая задача, особенно в сложившихся условиях.

Оптимизация лабораторного сопровождения весьма актуальна в отношении анализа пылевых фракций, расшифровки их морфологии и структуры. Эта проблема с той или иной степенью остроты существует практически во всех регионах Российской Федерации и актуализирует положение о том, что корректный анализ компонентного и фракционного состава пылевых выбросов обеспечивает адекватные оценки: зоны влияния объекта; численности населения под воздействием; потенциальных угроз и опасностей для здоровья; мер по управлению качеством атмосферного воздуха и рисками для здоровья населения.

Повышение точности и надёжности гигиенических оценок эффективности подготовки питьевой воды систем централизованного водоснабжения в условиях наличия множества количественных и качественных переменных достигнуто на основе категорирования рисков и установления функции принадлежности, что позволяет осуществлять оперативное моделирование сложных динамических ситуаций и проведение сравнительных оценок с заданной степенью точности.

Разработана и широко применяется в практике Роспотребнадзора методология оценки риска для здоровья населения от воздействия транспортного шума, основанная на методах эволюционного моделирования с возможностью оценки уровней риска нарушений здоровья населения и прогнозирования уровней риска с заданными сценариями развития шумовых событий. Методология наиболее востребована в рамках обоснования границ седьмой подзоны приаэродромных территорий, обоснования размещения объектов капитального строительства, зонирования городских территорий по шумовому фактору и оценки эффективности шумозащитных мероприятий.

Внедрение в практическую деятельность научно обоснованного инструментария проверки эффективности экологических решений в сфере квотирования выбросов представляется весьма целесообразным. Серия численных экспериментов показала, что ориентация только на соблюдение ПДК и директивный выбор точек квотирования без учёта максимальных локальных рисков для здоровья приводит к неправомерной равнозначности или избыточности требований, что актуализирует адекватность дифференцированного подхода. Объективизация учтена в представленных методических разработках.

Принципиально новых дифференцированных подходов требует решение задачи гигиенической оценки влияния

объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, на здоровье и продолжительность жизни населения Российской Федерации. Достаточная надёжность таких оценок, с учётом разнородности масштабных данных, достигнута на основе нового математического аппарата и алгоритма расчёта, обеспечивающих репрезентативность ранжирования и единую технологию для всех регионов страны.

По результатам комплексных исследований последних лет разработаны порядок применения результатов формирования доказательной базы и матрица категорированных мероприятий по управлению рисками для здоровья и минимизации причинённого вреда, в том числе для территориальных управлений Роспотребнадзора, хозяйствующих субъектов, администраций территорий и экспонированного населения. Данные методические подходы неоднократно апробированы и могут быть тиражированы в практике деятельности Роспотребнадзора по управлению рисками и снижению вреда для здоровья населения Российской Федерации.

Важно подчеркнуть значимость создания и программной поддержки научного инструментария для определения эффективности деятельности органов и организаций Роспотребнадзора в части оценки вклада и его предельных значений в достижение стратегических показателей ОПЖ. Целевые сценарии по управляемым социально-гигиеническим детерминантам могут задаваться в соответствии с национальными и федеральными проектами, целевыми планами и/или программами развития регионов, национальными проектами, текущими задачами.

## Заключение

Результаты применения научно обоснованных, в том числе гармонизированных с международной методологией методических подходов, критериев, способов оценки подтверждают тот факт, что за последние 10 лет, несмотря на снижение, вклад факторов риска среды обитания в потери здоровья населения Российской Федерации сохранился как существенный. Основной вклад в формирование уровней риск-ассоциированной заболеваемости и смертности принадлежит загрязнению атмосферного воздуха и питьевой воды.

Выявленные закономерности имеют значимые региональные различия в показателях риска и вреда для здоровья, что определяет специфику приоритетов управленческих решений. Сочетанное воздействие факторов риска химической и физической природы на фоне климатических и социальных условий модифицирует течение инфекционных заболеваний (в частности, COVID-19), ухудшая их исходы и отягчающая последствия для здоровья.

Информационные ресурсы СГМ, данные расчётных и натуральных исследований, модели прогнозов санитарно-эпидемиологической ситуации, вероятностных потерь здоровья населения, методы искусственного интеллекта, цифровые модели организма и их программное обеспечение и пр. позволяют повышать достоверность краткосрочных и долгосрочных прогнозов, гигиенических оценок, выводов и рекомендаций.

Современный этап развития гигиены характеризуется активным внедрением цифровизации, привлечением научного инструментария и методов, присущих дисциплинам физико-математического, химико-аналитического, клинико-лабораторного, биохимического, экологического и других профилей, что позволяет получать принципиально новые результаты в оценке приоритетных объектов, веществ, направлений, эффективности национальных и федеральных проектов, комплексных планов и программ, направленных на достижение национальных приоритетов в сфере развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения страны.

## Литература

1. Послание Президента Российской Федерации В.В. Путина Федеральному собранию, 21 апреля 2021 года. Доступно: <https://www.kremlin.ru/events/president/news/65418>
2. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З., Попова А.Ю., Алексеев В.Б. и др. *Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития*. Пермь; 2014.
3. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(12): 1125–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129>
4. 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): 1–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.01>
5. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С. Актуальные проблемы управления рисками здоровью населения в России. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(6): 572–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-572-575>
6. Ракитский В.Н., Степкин Ю.И., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровья городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(3): 188–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195>
7. Ракитский В.Н., Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Современные вызовы и пути совершенствования оценки и управления рисками здоровью населения. *Анализ риска здоровью*. 2020; (3): 23–29. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.03>
8. 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>
9. Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment, 2022 update. Geneva: World Health Organization; 2022. Доступно: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-EHD-22.01>
10. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году». М.; 2022.
11. Федеральный закон № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации (с изменениями на 6 декабря 2021 года) (редакция, действующая с 1 января 2022 года)». М.; 2020.
12. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А. Методические подходы к расчёту фактических и предотвращённых медико-демографических и экономических потерь, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(7): 95–9.
13. Боршук Е.Л., Верещагин А.И., Порваткин Р.Б., Ермуханова Л.С., Боев М.В. Состояние и динамика изменения факторов среды обитания в районах нефтедобычи Оренбургской области. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. 2013; (11): 19–21.
14. Боршук Е.Л., Боев М.В., Порваткин Р.Б. Медико-демографическая ситуация и показатели здоровья населения как индикатор устойчивого развития в территориях нефтедобычи. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010; 12(1–8): 1921–3.
15. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Кузьмина Е.А., Адриановский В.И., Коچهва Н.И. Системный подход к оценке и управлению канцерогенной опасностью субъектов хозяйственной деятельности на примере Свердловской области. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2015; (2): 40–3.
16. Ефимова Н.В., Рукавишников В.С., Панков В.А., Пережогин А.Н., Шаяхметов С.Ф., Мешакова Н.М. и др. Оценка канцерогенного риска для работников предприятий Иркутской области. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(12): 1163–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-12-1163-1167>
17. Боев В.М., Зеленина Л.В., Кряжев Д.А., Тулина Л.М., Неплохов А.А. Анализ канцерогенного риска при воздействии факторов окружающей среды на здоровье населения крупного промышленного города и заболеваемость злокачественными новообразованиями. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. 2016; (6): 4–7.
18. Стародубов В.И., Соболева Н.П., Савченко Е.Д. Совершенствование деятельности центров здоровья. *Казанский медицинский журнал*. 2016; 97(6): 939–44. <https://doi.org/10.17750/KMJ2016-939>

## References

1. Message from the President of the Russian Federation V.V. Putin to the Federal Assembly, April 21, 2021. Available at: <https://www.kremlin.ru/events/president/news/65418> (in Russian)
2. Onishchenko G.G., Zaytseva N.V., May I.V., Shur P.Z., Popova A.Yu., Alekseev V.B., et al. *Health Risk Analysis in the Strategy of State Socio-Economic Development [Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya]*. Perm'; 2014. (in Russian)
3. Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Mishina A.L., Yarushin S.V. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(12): 1125–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129> (in Russian)
4. 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. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020; (1): 1–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.01>.eng
5. Rakitskiy V.N., Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S. Actual problems of population health risks management in Russia. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(6): 572–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-572-575> (in Russian)
6. Rakitskiy V.N., Stepkin Yu.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(3): 188–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195> (in Russian)
7. Rakitskiy V.N., Kuz'min S.V., Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A. Contemporary challenges and ways to improve health risk assessment and management. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020; (3): 23–29. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.03>.eng
8. 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. *Analiz riska zdorov'yu*. 2022; (2): 4–16. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.01>.eng
9. Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment, 2022 update. Geneva: World Health Organization; 2022. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-EHD-22.01>
10. State report «On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2021». Moscow; 2022. (in Russian)
11. Federal Law No. 248-FZ «On State Control (Supervision) and Municipal Control in the Russian Federation (with amendments as of December 6, 2021) (edition effective from January 1, 2022)». Moscow; 2020. (in Russian)
12. Popova A.Yu., Zaytseva N.V., May I.V., Kir'yanov D.A. Methodological approaches to the calculation of actual and prevented as a result of the control and supervisory activities, medical-demographic and economic 95 losses, associated with the negative impact of environmental factors. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(7): 95–9. (in Russian)
13. Borshchuk E.L., Vereshchagin A.I., Porvatkin R.B., Ermukhanova L.S., Boev M.V. Condition and dynamics of change of factors of habitat in areas of oil production of the Orenburg Region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2013; (11): 19–21. (in Russian)
14. Borshchuk E.L., Boev M.V., Porvatkin R.B. Medical-demographic situation and states of population's health as the indicator of steady development in territories of oil extracting. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tseotra Rossiyskoy akademii nauk*. 2010; 12(1–8): 1921–3. (in Russian)
15. Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Kuzmina E.A., Adrianovskiy V.I., Kochneva N.I. Systematic approach to the assessment and management of carcinogenic hazard of economic entities on an example of Sverdlovsk region. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*. 2015; (2): 40–3. (in Russian)
16. Efimova N.V., Rukavishnikov V.S., Pankov V.A., Perezhogin A.N., Shayakhmetov S.F., Meshchakova N.M., et al. Assessment of carcinogenic risks to workers of the main enterprises of the Irkutsk region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(12): 1163–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-12-1163-1167> (in Russian)
17. Boev V.M., Zelenina L.V., Kryazhev D.A., Tulina L.M., Neplokhov A.A. Analysis on exposure carcinogenic risk of environmental factors on health labor industrial cities and malignant tumors. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2016; (6): 4–7. (in Russian)
18. Starodubov V.I., Soboлева N.P., Savchenko E.D. Improvement of health centers performance. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2016; 97(6): 939–44. <https://doi.org/10.17750/KMJ2016-939> (in Russian)