



Злокачественные новообразования в промышленном городе: эпидемиология, современные тенденции и прогноз

Б.И. Марченко, О.А. Нестерова, К.С. Тарасенко

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» Минобрнауки России,
ул. Б. Садовая, д. 105/42, г. Ростов-на-Дону, 344006, Российская Федерация

Резюме

Введение. Высокую актуальность приобретает оптимизация информационно-аналитического обеспечения социально-гигиенического мониторинга на основе современных технологий математического моделирования и прогнозирования, многомерных статистических методов и искусственных нейронных сетей.

Цель исследования: ретроспективный и проспективный эпидемиологический анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями в городе Таганроге Ростовской области за 1985–2022 гг.

Материалы и методы. Проведен комплексный анализ статистических отчетных форм и персонифицированной базы данных о злокачественных новообразованиях за многолетний период с применением факторного анализа, иерархического кластерного анализа, оценки реального риска и искусственных нейронных сетей. Использовано программное обеспечение собственной разработки, а также пакеты программ IBM SPSS Statistics, version 19.0, и Matlab R2021a с набором инструментов Neural Network Toolbox.

Результаты. Данные исследований свидетельствуют о неблагоприятной ситуации в городе Таганроге Ростовской области с превышением среднеголетнего уровня частоты злокачественных новообразований для городов области в 1,3 раза и тенденцией к дальнейшему росту. Определены половозрастные особенности и приоритетные локализации злокачественных новообразований. На основе региональных критериев оценки реального риска установлено, что Таганрог по онкологической заболеваемости и смертности, а также по семи отдельным локализациям занимает среди городов первое ранговое место. Наиболее высокий реальный риск диагностирован для злокачественных новообразований молочной железы и кожи. С применением факторного анализа и иерархического кластерного анализа изучена структура факторов риска при злокачественных новообразованиях ободочной кишки за 1988–2019 гг. Применение метода искусственных нейронных сетей обеспечило более высокую точность при среднесрочном прогнозировании частоты злокачественных новообразований по сравнению с экстраполяционным прогнозированием по теоретическим линиям тенденций.

Заключение. Применение многомерных статистических методов и искусственных нейронных сетей обеспечивает высокоинформативную характеристику состояния здоровья населения на популяционном уровне.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, оценка риска здоровью, злокачественные новообразования, факторы риска, факторный анализ, иерархический кластерный анализ, искусственные нейронные сети.

Для цитирования: Марченко Б.И., Нестерова О.А., Тарасенко К.С. Злокачественные новообразования в промышленном городе: эпидемиология, современные тенденции и прогноз // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 17–26. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26

Malignant Neoplasms in the Industrial City: Epidemiology, Current Trends and Forecast

Boris I. Marchenko, Olesja A. Nesterova, Karina S. Tarasenko

Southern Federal University, 105/42 Bolshaya Sadovaya Street, Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation

Summary

Introduction: Optimization of information and analytical support for public health monitoring based on modern techniques of mathematical modeling and forecasting, multivariate statistical methods and artificial neural networks is becoming highly relevant.

Objective: To conduct a retrospective and prospective epidemiological analysis of the incidence of malignant neoplasms in the city of Taganrog, Rostov Region, for 1985–2022.

Materials and methods: We did a comprehensive long-term data analysis of statistical reporting forms and a personalized database of malignant neoplasms using factor analysis, hierarchical cluster analysis, real risk assessment, and artificial neural networks. We used software of our own design, as well as software packages IBM SPSS Statistics version 19.0 and Matlab R2021a with the Neural Network Toolbox.

Results: Our findings indicate an unfavorable situation in the city of Taganrog, Rostov Region, with a 1.3-fold excess of the average annual cancer rate for the cities of the region and a continuous rising trend. Sex and age characteristics and priority cancer sites were determined. Based on regional criteria for assessing the real risk, we established that Taganrog ranks first in terms of cancer incidence and mortality, as well as seven cancer sites. The highest real risk has been found for breast and skin cancer. Using factor analysis and hierarchical cluster analysis, we examined the structure of risk factors for colon cancer in 1988–2019. The applied technique of artificial neural networks provided higher accuracy in the medium-term forecasting of the frequency of malignant neoplasms compared to extrapolation forecasting using theoretical trend lines.

Conclusion: The use of multivariate statistical methods and artificial neural networks provides a highly informative characterization of the health status of the population.

Keywords: public health monitoring, health risk assessment, malignant neoplasms, risk factors, factor analysis, hierarchical cluster analysis, artificial neural networks.

For citation: Marchenko BI, Nesterova OA, Tarasenko KS. Malignant neoplasms in the industrial city: Epidemiology, current trends and forecast. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):17–26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26

Введение. Химическое загрязнение компонентов среды обитания с контаминацией экополлютантами продуктов питания и питьевой воды обуславливает риски для здоровья населения России, что проявляется в дополнительных случаях экологически зависимой патологии и увеличении смертности [1, 2]. «Концепция развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года»¹ как приоритетные направления деятельности декларирует оптимизацию информационно-аналитического обеспечения оценки и управления рисками с внедрением в практику наукоемких технологий и результатов фундаментальных исследований в области гигиены. Одной из ключевых целей при этом является усиление потенциала национальной системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ) в рамках риск-ориентированной и профилактической модели надзорной деятельности, существенно возрастает роль научных прогнозов и развития методов профилактики риск-ассоциированных потерь здоровья с целью достижения национального приоритета – повышения ожидаемой продолжительности жизни населения России [2, 5–7]. Дальнейшее развитие их методологической базы интеграции исследований гигиенического и эпидемиологического типов включает широкое применение современных технологий математического моделирования и прогнозирования, многомерных статистических методов и искусственных нейронных сетей [3–5, 8, 9].

К числу высокоинформативных параметров, характеризующих состояние здоровья населения на популяционном уровне, традиционно относится заболеваемость злокачественными новообразованиями (ЗН). Это определяется их высокой социально-экономической и медицинской значимостью, а также существенной ролью средовых факторов риска в возникновении данной патологии [10–13]. Доказано участие в возникновении и развитии ЗН многочисленных факторов риска наследственного, средового (инициаторы и промоторы канцерогенеза), профессионально-производственного и индивидуального характера [13–18]. Так, около трети случаев смерти от ЗН связывается с избыточной массой тела, дефицитом овощей и фруктов в рационе, низкой физической активностью и употреблением алкоголя. Приоритетным фактором риска признается табакокурение, с которым ассоциировано свыше 22 % случаев смерти от ЗН [13, 17, 19–21]. Указанные факторы рассматриваются как этиология почти 70 % предотвратимых ЗН, включая рак легких, молочной железы, ободочной и прямой кишки [18]. Среди средовых факторов онкологического риска наряду с химическим загрязнением атмосферы и почвы [14, 15, 18] существенное значение имеют продукты гиперхлорирования питьевой воды [22]. Внедрение программ профилактики и скрининговых программ раннего выявления онкологических заболеваний в целях сокращения уровня онкологи-

ческой смертности отнесено к основным задачам демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года².

Мультикаузальная природа ЗН определяет перспективность использования в процедуре анализа по факторам риска при ведении СГМ многомерных статистических методов, в том числе факторного анализа, кластерного анализа и множественного регрессионного анализа [23, 24].

Цель исследования: ретроспективный и проспективный эпидемиологический анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями в городе Таганроге Ростовской области за 1985–2022 гг.

Материалы и методы. При ретроспективном и проспективном анализе заболеваемости ЗН применены сведения отчетных форм № 35 «Сведения о больных злокачественными новообразованиями» за 1985–2015 гг. и № 7 «Сведения о злокачественных новообразованиях» за 2016–2022 гг. по Ростовской области. Факторный анализ и иерархический кластерный анализ корреляций проведены с применением обезличенной базы данных о потенциальных факторах риска при 2198 случаях заболеваний ЗН ободочной кишки, зарегистрированных в городе Таганроге с населением около 250 тыс. человек в 1988–2019 гг. При обработке материалов использован комплекс методов вариационной статистики, в том числе критерий t-Стюдента, критерий Шовене и метод Пригге. Характеристика многолетней динамики онкологической заболеваемости выполнена на основе парного нелинейного регрессионного анализа. Региональные критерии для характеристики частоты ЗН рассчитаны с применением авторского метода оценки реального риска³. Частная оценка ситуации по отдельным локализациям ЗН дополнена интегральной оценкой реального риска по девяти приоритетным локализациям ЗН на основе кумулятивной нелинейной модели [26].

Качественная интерпретация извлеченных групповых (латентных) факторов заключалась в смысловой идентификации через первичные (регистрируемые) факторы риска, которые подвергались дальнейшей классификации методом ИКА с графическим представлением результата в виде дендрограммы. Использовано программное обеспечение собственной разработки, включая программный комплекс Turbo oncologist, version 2.01, а также профессиональный пакет статистических программ IBM SPSS Statistics (Statistical Package for Social Science), version 19.0. Использованная при апробации альтернативного метода прогнозирования онкологической заболеваемости искусственная нейронная сеть (ИНС) сформирована в среде пакета прикладных программ Matlab R2021a с набором инструментов для синтеза и анализа нейронных сетей Neural Network Toolbox. Обучение ИНС по типу многослойного персептрона прямого пространства сигнала проводилось по алгоритму Левенберга–Марквардта (Levenberg–Marquardt

¹ Приказ руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) от 26.08.2019 № 665 «Об утверждении концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года».

² Указ Президента Российской Федерации от 09.10.2007 № 1351 (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 01.07.2014 № 483) «Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года».

³ Егорова И.П., Марченко Б.И. Оценка эпидемиологического риска здоровью на популяционном уровне при медико-гигиеническом ранжировании территорий: пособие для врачей. Утверждено секцией по гигиене ученого совета Минздрава Российской Федерации, протокол № 9 от 24.12.1999. М., 1999. 48 с.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26>
Original Research Article

method), предназначенного для оптимизации параметров нелинейных регрессионных моделей при решении задач о наименьших квадратах [27–29].

Результаты. Сравнительный анализ показал, что уровень общей онкологической заболеваемости в Таганроге соответствует первому ранговому месту среди городов Ростовской области и превышает аналогичный показатель для городского населения (373,98 ‰) в 1,30 раза. При этом стабильно неблагоприятная ситуация отмечена по заболеваемости ЗН желудка, ободочной и прямой кишки, молочной железы, яичника, предстательной железы и мочевого пузыря. В 2018–2022 гг. обращает на себя внимание относительное неблагополучие по ЗН трахей, бронхов и легкого, а также по злокачественным лимфомам (см. табл. 1).

В структуре онкологической заболеваемости населения Таганрога в 2008–2022 гг. первые пять ранговых мест занимают ЗН кожи (15,8 % без учета меланомы); молочной железы (12,7 %); трахеи, бронхов и легкого (9,0 %); ободочной кишки (6,8 %) и предстательной железы (6,5 %). Наибольшая частота по сумме локализаций ЗН приходится на старшие возрастные группы, причем как среди мужчин, так и среди женщин ее максимальный уровень свойствен для лиц в возрасте 70–74 года.

При расчете фоновых уровней онкологической заболеваемости для городского населения Ростовской области был использован 15-летний период 2005–2019 гг., так как из-за пандемии COVID-19 сведения о зарегистрированных ЗН на ряде территорий в 2020 и 2021 гг. оказались существенно занижены.

Таблица 1. Показатели частоты заболеваемости злокачественными новообразованиями на 100 тысяч населения (частота ± границы доверительных интервалов при $p < 0,05$, ‰) по данным за 2008–2022 гг.

Table 1. Cancer incidence rates per 100,000 population (rate ± confidence interval at $p < 0.05$, ‰) based on data for 2008–2022

№	Нозологические формы, локализации злокачественных новообразований / Nosological forms, sites of malignant neoplasms	Годы / Years							
		2008–2022		Пятилетние периоды / Five-year periods					
				2008–2012		2013–2017		2018–2022	
		‰	Ранг / Rank	‰	Ранг / Rank	‰	Ранг / Rank	‰	Ранг / Rank
1	Всего / Total	485,18 ± 14,16	1	491,35 ± 15,66	1	472,78 ± 51,66	1	491,40 ± 25,39	1
2	в т.ч. дети до 14 лет / incl.: children under 14	6,42 ± 2,70	8	8,73 ± 5,69	7	7,95 ± 7,05	9	2,57 ± 3,57	11
3	губа / lip	1,04 ± 0,45	5	2,09 ± 1,51	6	1,03 ± 1,26	6	0,56 ± 0,64	7
4	полость рта и глотки / oral cavity and pharynx	9,26 ± 1,06	3	9,66 ± 2,18	1	7,83 ± 2,30	6	10,29 ± 2,25	2
5	пищевод / esophagus	3,69 ± 0,76	2	3,33 ± 2,26	5	4,26 ± 1,73	1	3,46 ± 1,62	4
6	желудок / stomach	25,75 ± 4,01	1	32,83 ± 5,84	1	24,08 ± 2,63	1	20,33 ± 9,56	3
7	ободочная кишка / colon	32,84 ± 2,78	1	35,10 ± 6,09	1	33,88 ± 5,92	1	29,53 ± 6,68	2
8	прямая кишка, ректосигмоидное соединение, анус / rectum, rectosigmoid junction, anus	26,31 ± 2,08	1	26,44 ± 2,59	1	25,14 ± 6,98	1	27,35 ± 5,25	1
9	гортань / larynx	5,78 ± 0,97	4	5,95 ± 3,22	3	5,61 ± 1,90	4	5,79 ± 2,32	4
10	трахея, бронхи, легкое / trachea, bronchi, lung	43,37 ± 4,00	1	48,99 ± 6,02	2	38,40 ± 7,24	7	42,71 ± 10,19	1
11	кости, соединительная и другие мягкие ткани / bones, connective and other soft tissues	3,18 ± 0,72	2	3,78 ± 1,81	3	2,05 ± 1,42	7	3,70 ± 0,83	4
12	меланома кожи / skin melanoma	9,43 ± 1,25	1	10,44 ± 2,49	2	8,70 ± 2,26	5	9,16 ± 4,08	3
13	другие новообразования кожи / other skin neoplasms	76,74 ± 8,91	3	72,22 ± 15,93	3	65,20 ± 18,31	3	92,82 ± 6,95	2
14	молочная железа / breast	61,69 ± 5,28	1	54,43 ± 4,60	1	67,29 ± 11,43	1	63,36 ± 14,49	2
15	шейка матки / cervix	13,66 ± 2,25	5	10,97 ± 3,76	9	16,50 ± 3,95	5	13,50 ± 6,09	7
16	тело матки / body of the uterus	21,73 ± 1,95	1	22,96 ± 6,18	1	22,51 ± 3,12	2	17,93 ± 3,99	7
17	яичник / ovary	11,72 ± 1,53	1	15,06 ± 4,22	1	11,61 ± 3,98	1	10,13 ± 2,42	2
18	предстательная железа / prostate	32,74 ± 3,15	1	25,83 ± 8,38	2	32,89 ± 9,62	2	36,12 ± 2,38	2
19	мочевой пузырь / bladder	13,66 ± 1,01	1	16,01 ± 4,47	1	13,35 ± 2,35	1	13,91 ± 2,69	1
20	щитовидная железа / thyroid	8,47 ± 1,35	2	6,50 ± 1,87	4	9,01 ± 3,43	1	9,89 ± 2,70	2
21	злокачественные лимфомы (лимфоидная ткань) / malignant lymphomas (lymphoid tissue)	9,63 ± 1,59	2	10,35 ± 3,48	2	6,80 ± 2,25	10	11,74 ± 1,76	1
22	лейкемии (костный мозг) / leukemia (bone marrow)	3,52 ± 1,51	7	5,79 ± 3,82	3	3,40 ± 2,72	8	1,37 ± 1,23	11

Примечание: в столбце «Ранг» указаны ранговые места города Таганрога по частоте злокачественных новообразований данной локализации среди городов Ростовской области.

Note: The column "Rank" shows ranking places of the city of Taganrog in terms of the incidence of malignant neoplasms of the specific site among the cities of the Rostov Region.

В табл. 2 указано, что по результатам частной оценки за 2008–2022 гг. в соответствии с региональными критериями реальный риск для населения Таганрога по сумме локализаций ЗН оценивается как высокий, что соответствует первому ранговому месту среди городов Ростовской области. Неблагополучие по онко-

логической заболеваемости для населения Таганрога подтверждается повышенной степенью ее реального (эпидемиологического) риска по результатам интегральной оценки и высоким риском онкологической смертности при первых ранговых местах среди аналогичных показателей городов областного подчинения.

Таблица 2. Оценка реального риска заболеваемости злокачественными новообразованиями и онкологической смертности населения города Таганрога за период 2008–2022 гг.

Table 2. Assessment of the real risk of the incidence of malignant neoplasms and cancer mortality of the population of the city of Taganrog in 2008–2022

Нозологические формы, локализации злокачественных новообразований / Nosological forms, localization of malignant neoplasms	Фоновый риск для городов Ростовской области за период 2005–2019 гг. / Background risk for the cities of the Rostov Region for 2005–2019 (%0000)		Стандартизованные косвенным методом показатели / Indicators standardized by the indirect method (%0000)	Нормированный риск заболеваемости и смертности / Normalized risk of morbidity and mortality	Критериальная оценка реального (эпидемиологического) риска / Criteria assessment of real (epidemiological) risk	Ранг / Rank
	F	Δf				
Всего / Total	192,39	49,04	297,53	2,144	высокий / high	1
в т.ч. дети до 14 лет / incl.: children under 14	5,25	10,59	6,42	0,111	умеренный / moderate	8
губа / lip	0,71	1,33	0,66	–0,038	низкий / low	6
полость рта и глотки / oral cavity and pharynx	3,85	3,35	6,95	0,926	умеренный / moderate	3
пищевод / esophagus	1,66	2,07	2,32	0,315	умеренный / moderate	2
желудок / stomach	10,69	6,41	15,43	0,740	умеренный / moderate	2
ободочная кишка / colon	13,43	7,85	22,00	1,093	повышенный / elevated	1
прямая кишка, ректосигмоидное соединение, анус / rectum, rectosigmoid junction, anus	9,24	5,31	15,10	1,104	повышенный / elevated	1
гортань / larynx	3,04	3,04	4,93	0,622	умеренный / moderate	2
трахея, бронхи, легкое / trachea, bronchi, lung	20,38	11,73	29,45	0,772	умеренный / moderate	3
кости, соединительная и другие мягкие ткани / bones, connective and other soft tissues	1,10	1,77	2,03	0,525	умеренный / moderate	3
меланома кожи / skin melanoma	3,36	3,03	6,42	1,012	повышенный / elevated	2
другие новообразования кожи / other skin neoplasms	14,98	11,85	42,72	2,342	высокий / high	3
молочная железа / breast	23,38	10,38	61,69	3,692	очень высокий / very high	1
шейка матки / cervix	7,06	4,57	8,28	0,268	умеренный / moderate	6
тело матки / body of the uterus	6,45	4,33	12,21	1,330	повышенный / elevated	1
яичник / ovary	5,08	3,50	6,42	0,383	умеренный / moderate	1
предстательная железа / prostate	10,75	5,96	22,66	1,998	повышенный / elevated	1
мочевой пузырь / bladder	5,51	3,94	8,88	0,855	умеренный / moderate	1
щитовидная железа / thyroid	3,39	3,53	5,45	0,586	умеренный / moderate	3
злокачественные лимфомы (лимфоидная ткань) / malignant lymphomas (lymphoid tissue)	5,26	3,96	7,45	0,552	умеренный / moderate	3
лейкемии (костный мозг) / leukemia (bone marrow)	1,55	2,05	2,48	0,449	умеренный / moderate	7
Интегральная оценка риска заболеваемости по девяти приоритетным локализациям злокачественных новообразований / Integral risk assessment of cancer incidence for nine priority sites				1,551	повышенный / elevated	1
Онкологическая смертность / Cancer mortality	71,66	31,00	136,89	2,104	высокий / high	1
Критерии для оценки реального риска заболеваемости злокачественными новообразованиями в городах Ростовской области по данным за 2005–2019 гг. / Criteria for assessing the real risk of malignant neoplasms in the cities of the Rostov Region based on data for 2005–2019						

Критериальная оценка реального (эпидемиологического) риска / Criteria assessment of real (epidemiological) risk	Стандартизованные косвенным методом показатели частоты злокачественных новообразований (%0000) / Indirectly standardized cancer incidence rates (%0000)	
	Злокачественные новообразования – всего / Malignant neoplasms – total	в т.ч. злокачественные новообразования ободочной кишки / including malignant neoplasms of the colon
низкий / low (Wi менее 0.000 / Wi less than 0.000)	< 192,39	< 13,43
умеренный / moderate (Wi = 0.000 – 0.999)	192,39–241,42	13,43–21,26
повышенный / elevated (Wi = 1.000 – 1.999)	241,43–290,46	21,27–29,11
высокий / high (Wi = 2.000 – 2.999)	290,47–339,50	29,12–36,96
очень высокий / very high (Wi = 3.000 и более / Wi = 3.000 and more)	> 339,51	≥ 36,97

Примечание: F – фоновый риск заболеваемости; Δf – предельная ошибка фонового риска заболеваемости ($p < 0,05$); P – стандартизованные косвенным методом показатели заболеваемости; Wi – частный нормированный показатель реального (эпидемиологического) риска заболеваемости; W – обобщенный нормированный показатель реального (эпидемиологического) риска заболеваемости.

Notes: F – background disease risk; Δf – marginal error of the background disease risk ($p < 0.05$); P – incidence rates standardized by the indirect method; Wi – a particular normalized indicator of real (epidemiological) disease risk; W – a generalized normalized indicator of real (epidemiological) disease risk.

На основе динамических рядов годовых показателей частоты ЗН продолжительностью 15 лет (2006–2020 гг.) проведена сравнительная оценка точности среднесрочных прогнозов на 2021 и 2022 гг., полученных двумя методами – экстраполяционным и с применением искусственных нейронных сетей (ИНС). В табл. 3 представлены результаты сопоставления точности полученных прогнозов по величинам их абсолютных (ΔX , ‰) и относительных (ΔY , %) погрешностей. Подтверждена более высокая точность среднесрочных прогнозов, полученных с

применением ИНС как по сумме ЗН, так и по большинству из шести отдельных локализаций.

Факторный анализ (ФА) позволил за 11 итераций уменьшить до 27 число первичных (регистрируемых) потенциальных факторов риска (ПФР). Критерием отбора ПФР являлись значения их факторных нагрузок 0.500 и более. Идентифицированы, количественно измерены и содержательно интерпретированы три групповых (латентных, скрытых) фактора риска (ГФР), объясняющих 79,205 % суммарной дисперсии. Применение иерархического кластерного анализа

Таблица 3. Сравнительная оценка точности прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций и применения искусственных нейронных сетей по данным за 2006–2020 гг.

Table 3. Comparative assessment of the accuracy of forecasts of the incidence of malignant neoplasms using techniques of extrapolation along theoretical lines of trends and artificial neural networks based on data for 2006–2020

Годы / Years	Наименования показателей / Indicators	Локализации злокачественных новообразований / Cancer sites						
		Всего / Total	Желудок / Stomach	Кишка ободочная / Colon	Легкие, брон- хи, трахея / Lung, bronchi, trachea	Кожа (без меланомы) / Skin (w/o melanoma)	Железы молочные / Mammary glands	Тело матки / Body of the uterus
Фактические зарегистрированные относительные показатели частоты злокачественных новообразований на 100 тысяч населения / Actual registered relative rates of malignant neoplasms per 100,000 population								
2021	Заболееваемость злокачественными новообразованиями / Incidence rates of malignant neoplasms (‰0000)	462,05	12,07	26,97	33,81	97,80	66,01	12,88
2022	Заболееваемость злокачественными новообразованиями / Incidence rates of malignant neoplasms (‰0000)	502,58	15,39	37,66	42,51	93,55	59,94	19,03
Прогнозы частоты злокачественных новообразований методом экстраполяции по теоретическим линиям тенденций / Forecasts of the incidence rates of malignant neoplasms by extrapolation method along theoretical lines of trends								
2021	Прогнозы заболеваемости / Forecasts of the incidence rates (‰0000)	493,16	22,52	29,97	42,21	83,92	65,78	21,24
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of the forecasts of incidence rates (ΔХА, ‰0000)	31,11	10,45	3,00	8,40	13,88	0,23	8,36
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of the forecasts of incidence rates (ΔYA, ‰)	6,73	86,61	11,13	24,85	14,19	0,35	64,89
2022	Прогнозы заболеваемости / Forecasts of the incidence rates (‰0000)	494,33	22,09	29,59	42,08	85,28	66,12	21,19
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of the forecasts of incidence rates (ΔХА, ‰0000)	8,25	6,70	8,07	0,43	8,27	6,18	2,16
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of the forecasts of incidence rates (ΔYA, ‰)	1,64	43,52	21,44	1,01	8,84	10,32	11,33
Прогнозы частоты злокачественных новообразований с применением двухслойных искусственных нейронных сетей с прямым распространением сигнала / Forecasts of the incidence rates of malignant neoplasms using two-layer Feed-forward backprop type artificial neural networks								
Число нейронов в скрытом слое / Number of neurons in the hidden layer		27	17	14	17	27	13	16
2021	Прогнозы заболеваемости / Forecasts of the incidence rates (‰0000)	452,15	18,50	25,63	37,89	97,09	66,45	18,94
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of the forecasts of incidence rates (ΔХВ, ‰0000)	9,90	6,43	1,34	4,08	0,71	0,44	6,06
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of the forecasts of incidence rates (ΔYB, ‰)	2,14	53,27	4,97	12,07	0,73	0,67	47,05
2022	Прогнозы заболеваемости / Forecasts of the incidence rates (‰0000)	505,04	17,85	34,56	42,43	96,99	53,91	20,73
	Абсолютные погрешности прогнозов заболеваемости / Absolute errors of the forecasts of incidence rates (ΔХВ, ‰0000)	2,46	2,46	3,10	0,08	3,44	6,03	1,70
	Относительные погрешности прогнозов заболеваемости / Relative errors of the forecasts of incidence rates (ΔYB, ‰)	0,49	15,98	8,23	0,19	3,68	10,06	8,93
Соотношения абсолютных погрешностей прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций (ΔХА) и применения искусственных нейронных сетей (ΔХВ) / Ratios of absolute errors of the forecasts of cancer incidence rates using the techniques of extrapolation along theoretical lines of trends (ΔХА) and artificial neural networks (ΔХВ)								
2021	Соотношение ΔХА/ΔХВ / ΔХА/ΔХВ ratios	3,14	1,63	2,24	2,06	19,54	0,53	1,38
2022	Соотношение ΔХА/ΔХВ / ΔХА/ΔХВ ratios	3,35	2,72	2,60	5,37	2,40	1,03	1,27
Разница относительных погрешностей прогнозов частоты злокачественных новообразований методами экстраполяции по теоретическим линиям тенденций (ΔYA) и применения искусственных нейронных сетей (ΔYB) / Difference of relative errors of the forecasts of cancer incidence rates using the techniques of extrapolation along theoretical lines of trends (ΔYA) and artificial neural networks (ΔYB)								
2021	Разница ΔYA–ΔYB (%) / ΔYA–ΔYB difference (%)	4,59	33,34	6,16	12,78	13,46	–0,31	17,84
2022	Разница ΔYA–ΔYB (%) / ΔYA–ΔYB difference (%)	1,15	27,53	13,21	0,82	5,16	0,26	2,40

корреляций (ИКА) позволило классифицировать и графически представить в виде дендрограммы иерархически организованные подгруппы (кластеры) ПФР, что послужило основой для смысловой интерпретации идентифицированных ГФР. Так, в структуре ГФР 1-го ранга (13 ПФР с суммарной дисперсией 33,209 %) выделены 4 кластера, которые позволяют интерпретировать его как «индивидуальные особенности, отягощенная наследственность, привычные интоксикации и потенциальные факторы риска популяционного уровня». ГФР 2-го ранга (6 ПФР с суммарной дисперсией 30,771 %) включает 2 кластера ПФР, интерпретирован как «преморбидный фон и сопутствующая патология ободочной кишки» ГФР 3-го ранга (8 ПФР с суммарной дисперсией 15,225 %) объединяет 3 кластера, характеризующие его как «неблагоприятные структура рациона и режим питания» (см. рисунок).

Обсуждение. Результаты исследований свидетельствуют о том, что в Таганроге сформировалась устойчивая тенденция к росту частоты ЗН, что соответствует динамике данной патологии по Российской Федерации с ежегодным приростом в среднем на 1,5 % [11]. На рост частоты ЗН кожи, ободочной, сигмовидной и прямой кишок, молочной и предстательной желез обращают внимание многие зарубежные исследователи [12, 17, 19, 21, 30–32]. За период 2008–2022 гг. Таганрог занимал первые ранговые места по общей онкологической заболеваемости, превышающей показатель для городского населения Ростовской области на 30 %, по частоте ЗН желудка, ободочной кишки, прямой кишки, легкого, молочной железы, тела матки, яичника, предстательной железы, мочевого пузыря, а также меланомы кожи. Приоритетными локализациями в структуре ЗН являются кожа (без учета меланомы), молочная железа, легкое, ободочная кишка и предстательная железа. Полученные результаты в целом согласуются с данными Московского НИОИ им. П.А. Герцена, ряда других отечественных и зарубежных исследователей [11, 12, 30–37].

Установлены высокие степени реального риска общей онкологической заболеваемости и смертности от ЗН в 2008–2022 гг., по стандартизованным показателям которых Таганрог занимает первые ранговые места среди городов области. Очень высокий реальный риск был диагностирован в отношении ЗН молочной железы, высокий – прочих ЗН кожи, повышенный – ЗН пяти локализаций (ободочная кишка, прямая кишка, меланома кожи, тело матки и предстательная железа), а также по его интегральной оценке с учетом 9 приоритетных локализаций.

Из результатов сравнительного анализа апробации среднесрочного прогнозирования с применением технологии искусственных нейронных сетей (ИНС) следует, что применение ИНС обеспечивает более высокую точность прогнозов по сравнению с экстраполяционным прогнозированием по теоретическим линиям тенденций на основе регрессионных моделей.

По данным литературных источников, рак ободочной кишки являются одной из самых распространенных нозологических форм ЗН и причин онкологической смертности с тенденцией роста

заболеваемости среди лиц молодого возраста [11–13, 38–41]. В ряде исследований показана этиологическая роль избыточного употребления красного мяса, жиров, крепкого алкоголя, а также дефицита в рационе пищевых волокон и ожирения [38, 42, 43]. Также существует риск того, что нитраты в питьевой воде способны увеличить риск развития рака ободочной кишки из-за эндогенного превращения их в канцерогенные N-нитрозосоединения [44]. Изучение структуры потенциальных факторов риска при ЗН ободочной кишки по Таганрогу за 1988–2019 гг. с применением методов факторного анализа и иерархического кластерного анализа корреляций позволило идентифицировать, количественно определить и содержательно интерпретировать три групповых (латентных, скрытых) фактора риска. Проведенные в 2013–2020 гг. исследования городских почв позволили установить, что приоритетным поллютантом является 3,4-бенз(а)пирен с превышением ПДК в 65,6 % проб (до 45,5 ПДК); по результатам выполненной оценки индивидуальный многомаршрутный канцерогенный риск (CR) равен $2,46 \cdot 10^{-3}$, что соответствует его неприемлемому диапазону De Manifestis Risk, а пожизненный многомаршрутный популяционный канцерогенный риск (PCR) – 621 случаю заболеваний за 70 лет [45].

Выводы

1. В 2008–2022 гг. Таганрог занимает первые ранговые места среди городов Ростовской области по среднескопленным показателям общей онкологической заболеваемости, частоты злокачественных новообразований десяти приоритетных локализаций. В структуре онкологической заболеваемости на первых пяти ранговых местах находятся злокачественные новообразования кожи без учета меланомы, молочной железы, легкого, ободочной кишки и предстательной железы.

2. На основе региональных оценочных критериев для городского населения Таганрога в 2008–2022 гг. определен высокий реальный (эпидемиологический) риск общих онкологической заболеваемости и смертности; очень высокий – по злокачественным новообразованиям молочной железы; высокий – кожи без учета меланомы; повышенный – ободочной кишки, прямой кишки, тела матки и предстательной железы, а также по результатам интегральной оценки с учетом 9 приоритетных локализаций злокачественных новообразований.

3. Применение факторного анализа и иерархического кластерного анализа корреляций позволило идентифицировать, количественно определить и содержательно интерпретировать три групповых фактора риска злокачественных новообразований ободочной кишки – «индивидуальные особенности, отягощенная наследственность, привычные интоксикации и потенциальные факторы риска популяционного уровня», «преморбидный фон и сопутствующая патология ободочной кишки», «неблагоприятные структура рациона и режим питания».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Клейн С.В., Глухих М.В., Камалтдинов М.Р. Санитарно-эпидемиологические детерминанты и ассоциированный с

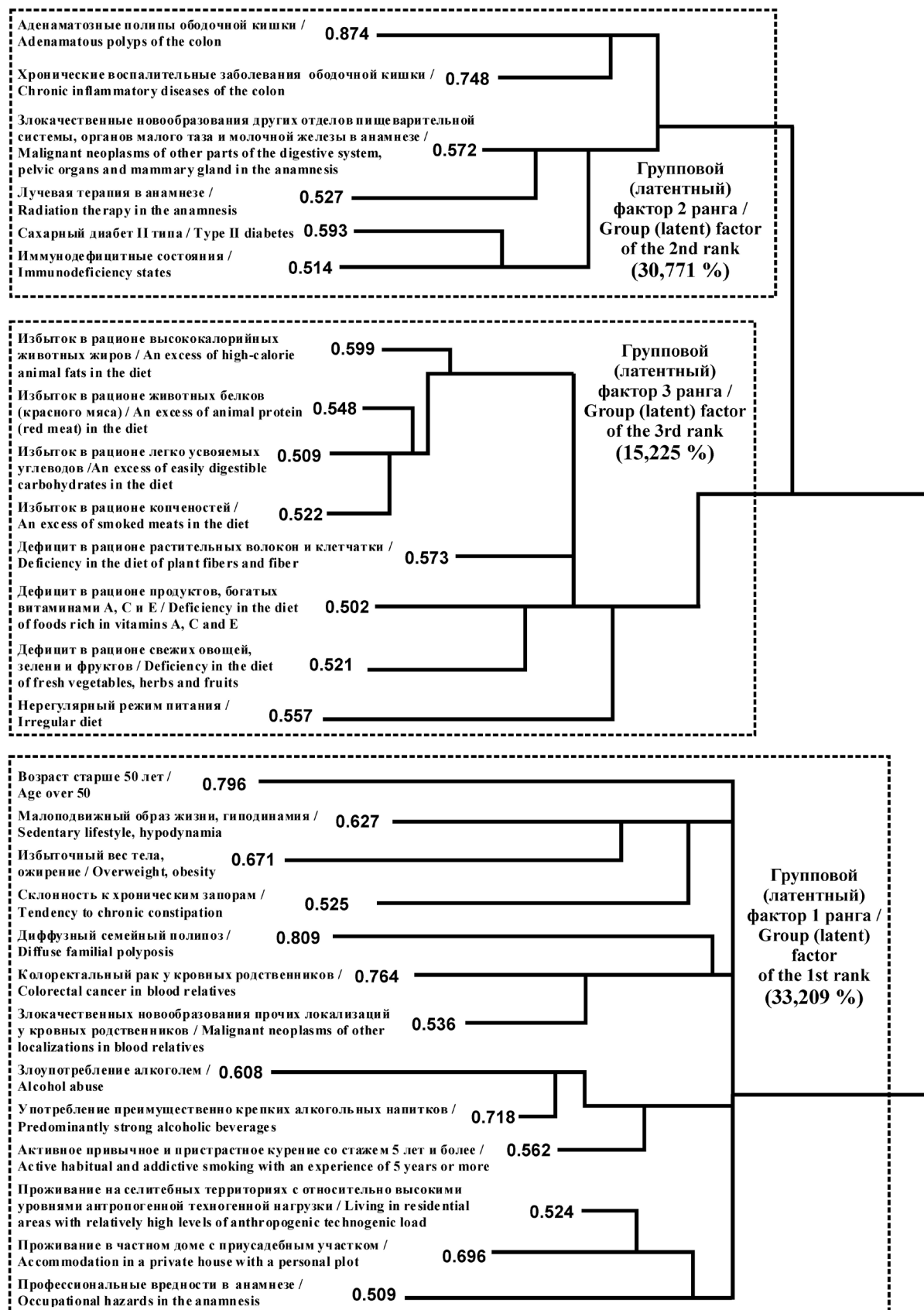


Рисунок. Дендрограмма факторной структуры и значения факторных нагрузок при злокачественных новообразованиях ободочной кишки в г. Таганроге за период 1988–2019 гг. (по результатам кластерного анализа корреляций)

Figure. Dendrogram of the factor structure and the values of factor loads for colon cancer in Taganrog in 1988–2019 (according to the results of the cluster analysis of correlations)

- ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 1–17. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.01
2. Зайцева Н.В. Гигиена в решении актуальных проблем развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1138–1144. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144
 3. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 9 (318). С. 4–12. doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
 4. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Зайцева Н.В., Май И.В. Приоритеты научной поддержки деятельности санитарно-эпидемиологической службы в области гигиены: поиск ответов на известные угрозы и новые вызовы // Анализ риска здоровью. 2021. № 1. С. 4–14. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.01
 5. Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Май И.В., Шур П.З. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 4–20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01
 6. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина С.В., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1125–1129. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
 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. С. 23–29. doi: 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. С. 4–16. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.01
 9. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 4. С. 298–301. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-298-301
 10. Зубарев Н.Ю. Некоторые особенности факторов смертности населения в Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 4. № 3. С. 64–70.
 11. Важенин А.В., Новикова С.В., Тюков Ю.А. Современные тенденции эпидемиологии злокачественных новообразований основных локализаций в России (обзор публикаций) // Непрерывное медицинское образование и наука. 2021. Т. 16. № 2. С. 30–35.
 12. Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, Jemal A. Cancer statistics, 2022. *CA Cancer J Clin.* 2022;72(1):7–33. doi: 10.3322/caac.21708
 13. Hulvat MC. Cancer incidence and trends. *Surg Clin North Am.* 2020;100(3):469–481. doi: 10.1016/j.suc.2020.01.002
 14. Ракитский В.Н., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 3. С. 188–195. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
 15. Максимов Г.Г., Азнабаева Ю.Г., Кириллова Э.В., Липатов О.Н., Муфазалов Ф.Ф. Связь заболеваемости раком легкого с выбросами в атмосферу канцерогенов с преимущественным поражением органов дыхания // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. 2020. Т. 9. № 1. С. 40–44. doi: 10.17116/onkolog2020901140
 16. Тихонова Г.И., Брылёва М.С. К анализу факторов риска смертности от злокачественных новообразований мужского населения промышленных моногородов // Анализ риска здоровью. 2021. № 3. С. 67–77. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.06
 17. Hansen MS, Licaj I, Braaten T, Langhammer A, Marchand LL, Gram IT. Smoking related lung cancer mortality by education and sex in Norway. *BMC Cancer.* 2019;19(1):1132. doi: 10.1186/s12885-019-6330-9
 18. Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Оценка вклада онкогенных факторов в риск развития злокачественных новообразований у городского населения трудоспособного возраста // Анализ риска здоровью. 2021. № 3. С. 99–107. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.09
 19. Islami F, Sauer AG, Miller KD, et al. Proportion and number of cancer cases and deaths attributable to potentially modifiable risk factors in the United States. *CA Cancer J Clin.* 2018;68(1):31–54. doi: 10.3322/caac.21440
 20. Foerster B, Pozo C, Abufaraj M, et al. Association of smoking status with recurrence, metastasis, and mortality among patients with localized prostate cancer undergoing prostatectomy or radiotherapy: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Oncol.* 2018;4(7):953–961. doi: 10.1001/jamaoncol.2018.1071
 21. López-Campos JL, Ruiz-Ramos M, Fernandez E, Soriano JB. Recent lung cancer mortality trends in Europe: Effect of national smoke-free legislation strengthening. *Eur J Cancer Prev.* 2018;27(4):296–302. doi: 10.1097/CEJ.0000000000000354
 22. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековщина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05
 23. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Софьяникова Л.В., Синельникова Ю.А. Применение многомерных статистических методов в задачах совершенствования информационно-аналитического обеспечения системы социально-гигиенического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 7 (268). С. 4–8.
 24. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А. Многомерный анализ структуры и долевого вклада потенциальных факторов риска при злокачественных новообразованиях трахеи, бронхов и легкого // Анализ риска здоровью. 2017. № 1. С. 47–55. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.06
 25. Марченко Б.И., Плуготаренко Н.К., Семина О.А. Нейронные сети в задачах аналитического обеспечения систем социально-гигиенического и экологического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 23–30. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-11-23-30
 26. Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А. Применение комплексной оценки состояния здоровья населения в задачах совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 10. С. 980–985. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-980-985
 27. Галиуллина А.Ш., Васильев А.П., Коваленко И.А., Сбитнева А.А. Искусственные нейронные сети // Теория. Практика. Инновации. 2019. № 1 (37). С. 29–33.
 28. Ремезова А.А., Тынченко В.В. Применение искусственных нейронных сетей для решения задач прогнозирования // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2021. Т. 1. № 7. С. 371.
 29. Пархоменко С.С., Леденёва Т.М. Обучение нейронных сетей методом Левенберга – Марквардта в условиях большого количества данных // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2019. № 2. С. 98–106.
 30. Рыбкина В.Л., Азизова Т.В., Адамова Г.В. Факторы риска развития злокачественных новообразований кожи // Клиническая дерматология и венерология. 2019. Т. 18. № 5. С. 548–555. doi: 10.17116/klinderma201918051548
 31. Wright CY, Jean du Preez D, Millar DA, Norval M. The epidemiology of skin cancer and public health strategies for its prevention in Southern Africa. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(3):1017. doi: 10.3390/ijerph17031017
 32. Guo F, Kuo Y-F, Shih YCT, Giordano SH, Berenson AB. Trends in breast cancer mortality by stage at diagnosis among young women in the United States. *Cancer.* 2018;124(17):3500–3509. doi: 10.1002/cncr.31638
 33. Desai VB, Wright JD, Gross CP, et al. Prevalence, characteristics, and risk factors of occult uterine cancer in presumed benign hysterectomy. *Am J Obstet Gynecol.* 2019;221(1):39.e1–39.e14. doi: 10.1016/j.ajog.2019.02.051

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26>

Original Research Article

34. Bianchi FP, Gallone MS, Fortunato F, et al. Epidemiology and cost of cervical cancer care and prevention in Apulia (Italy), 2007/2016. *Ann Ig.* 2018;30(6):490–501. doi: 10.7416/ai.2018.2249
35. Castle PE, Kinney WK, Xue X, et al. Role of screening history in clinical meaning and optimal management of positive cervical screening results. *J Natl Cancer Inst.* 2019;111(8):820–827. doi: 10.1093/jnci/djy192
36. Taitt HE. Global trends and prostate cancer: A review of incidence, detection, and mortality as influenced by race, ethnicity, and geographic location. *Am J Mens Health.* 2018;12(6):1807–1823. doi: 10.1177/1557988318798279
37. Сиразиев А.М., Хасанова Г.Р., Ульянин М.Ю. Факторы риска рака предстательной железы // Медицинский альманах. 2019. № 3–4 (60). С. 110–114. doi: 10.21145/2499-9954-2019-3-110-114
38. Thanikachalam K, Khan G. Colorectal cancer and nutrition. *Nutrients.* 2019;11(1):164. doi: 10.3390/nu11010164
39. Loomans-Kropp HA, Umar A. Increasing incidence of colorectal cancer in young adults. *J Cancer Epidemiol.* 2019;2019:9841295. doi: 10.1155/2019/9841295
40. Mauri G, Sartore-Bianchi A, Russo AG, Marsoni S, Bardelli A, Siena S. Early-onset colorectal cancer in young individuals. *Mol Oncol.* 2019;13(2):109–131. doi: 10.1002/1878-0261.12417
41. Siegel RL, Wagle NS, Cercek A, Smith RA, Jemal A. Colorectal cancer statistics, 2023. *CA Cancer J Clin.* 2023;73(3):233–254. doi: 10.3322/caac.21772
42. Ширлина Н.Г., Стасенко В.Л., Турчанинов Д.В., Сохошко И.А. Питание и пищевые привычки, ассоциированные с риском развития колоректального рака у населения Омского региона: исследование случай-контроль // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2019. Т. 18. № 1. С. 67–73. doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-1-67-73
43. Sarabi MM, Khorramabadi RM, Zare Z, Eftekhari E. Polyunsaturated fatty acids and DNA methylation in colorectal cancer. *World J Clin Cases.* 2019;7(24):4172–4185. doi: 10.12998/wjcc.v7.i24.4172
44. Picetti R, Deeney M, Pastorino S, et al. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environ Res.* 2022;210:112988. doi: 10.1016/j.envres.2022.112988
45. Дерябкина Л.А., Марченко Б.И., Тарасенко К.С. Оценка канцерогенного риска, обусловленного повышенным содержанием 3,4-бенз(а)пирена в почве промышленного города // Анализ риска здоровья. 2022. № 1. С. 27–35. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.03
1. Popova AYU, Zaitseva NV, Onishchenko GG, Kleyn SV, Glukhikh MV, Kamaltdinov MR. Sanitary-epidemiologic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Health Risk Analysis.* 2020;(1):4–17. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.01.eng
2. Zaitseva NV. Hygiene in resolving actual problems of developing the health potential and life expectancy of the population in the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya.* 2022;101(10):1138–1144. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144
3. Popova AYU, Kuzmin SV, Zaitseva NV, May IV, et al. Data-driven risk management for public health as supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2019;(9(318)):4–12. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12
4. Popova AYU, Kuzmin SV, Zaitseva NV, May IV. Priorities in scientific support provided for hygienic activities accomplished by a sanitary and epidemiologic service: How to face known threats and new challenges. *Health Risk Analysis.* 2021;(1):4–14. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.01.eng
5. Zaitseva NV, Onishchenko GG, May IV, Shur PZ. Developing the methodology for health risk assessment within public management of sanitary-epidemiological welfare of the population. *Health Risk Analysis.* 2022;(3):4–20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01.eng
6. Popova AYU, Gurvich VB, Kuzmin SV, Mishina AL, Yarushin SV. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(12):1125–1129. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
7. Rakitskii VN, Kuz'min SV, Avaliani SL, Shashina TA, Dodina NS, Kisilitsin VA. Contemporary challenges and ways to improve health risk assessment and management. *Health Risk Analysis.* 2020;(3):23–28. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.03.eng
8. Zaitseva NV, Kleyn SV, Glukhikh MV, Kiryanov DA, Kamaltdinov MR. 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;(2):4–16. doi: 10.21668/health.risk/2022.2.01.eng
9. Rakhmanin YuA, Levanchuk AV, Kopytenkova OI. Improvement of the system of social and hygienic monitoring of territories of large cities. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(4):298–301. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-298-301
10. Zubarev NYu. Some features of mortality factors in the Russian Federation. *Ekonomika i Upravlenie: Problemy, Resheniya.* 2019;4(3):64–70. (In Russ.)
11. Vazhenin AV, Novikova SV, Tyukov YuA. Current trends in the epidemiology of malignant neoplasms of the main localizations in Russia (publications review). *Nepreryvnoe Meditsinskoe Obrazovanie i Nauka.* 2021;16(2):30–35. (In Russ.)
12. Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, Jemal A. *Cancer statistics, 2022.* *CA Cancer J Clin.* 2022;72(1):7–33. doi: 10.3322/caac.21708
13. Hulvat MC. Cancer incidence and trends. *Surg Clin North Am.* 2020;100(3):469–481. doi: 10.1016/j.suc.2020.01.002
14. Rakitskii VN, Stepin Yul, Klepikov OV, Kurolap SA. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(3):188–195. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
15. Maksimov GG, Aznabaeva YuG, Kirillova EV, Lipatov ON, Mufazalov FF. The association between the incidence of lung cancer and atmospheric carcinogens predominantly affecting the respiratory organs. *Onkologiya. Zhurnal im. P.A. Gertsena.* 2020;9(1):40–44. (In Russ.) doi: 10.17116/onkolog2020901140
16. Tikhonova GI, Bryleva MS. On assessing risk factors that cause mortality due to malignant neoplasms among men living in industrial monotowns. *Health Risk Analysis.* 2021;(3):67–76. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.06.eng
17. Hansen MS, Licaj I, Braaten T, Langhammer A, Marchand LL, Gram IT. Smoking related lung cancer mortality by education and sex in Norway. *BMC Cancer.* 2019;19(1):1132. doi: 10.1186/s12885-019-6330-9
18. Efimova NV, Myl'nikova IV. Assessment of the contribution made by oncogenic factors to the risk of malignant neoplasms development for the urban population of working age. *Health Risk Analysis.* 2021;(3):99–106. doi: 10.21668/health.risk/2021.3.09.eng
19. Islami F, Sauer AG, Miller KD, et al. Proportion and number of cancer cases and deaths attributable to potentially modifiable risk factors in the United States. *CA Cancer J Clin.* 2018;68(1):31–54. doi: 10.3322/caac.21440
20. Foerster B, Pozo C, Abufaraj M, et al. Association of smoking status with recurrence, metastasis, and mortality among patients with localized prostate cancer undergoing prostatectomy or radiotherapy: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Oncol.* 2018;4(7):953–961. doi: 10.1001/jamaoncol.2018.1071
21. López-Campos JL, Ruiz-Ramos M, Fernandez E, Soriano JB. Recent lung cancer mortality trends in Europe: Effect of national smoke-free legislation strengthening. *Eur J Cancer Prev.* 2018;27(4):296–302. doi: 10.1097/CEJ.0000000000000354
22. Zaitseva NV, Sboev AS, Kleyn SV, Vekovshina SA. Drinking water quality: Health risk factors and efficiency of control and surveillance activities by Rospotrebnadzor. *Health Risk Analysis.* 2019;(2):44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05.eng
23. Aydinov GT, Marchenko BI, Sofyanikova LV, Sinelnikova YuA. The application of multidimensional statistical methods in the tasks of improving of information and analytical providing of the system socio-hygienic monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2015;(7(268)):4–8. (In Russ.)
24. Aydinov GT, Marchenko BI, Sinelnikova YuA. Multivariate analysis of structure and contribution per shares made by potential risk factors at malignant neoplasms in

- trachea, bronchial tubes and lung. *Health Risk Analysis*. 2017;(1):47–54. doi: 10.21668/health.risk/2017.1.06.eng
25. Marchenko BI, Plugotarenko NK, Semina OA. Neural networks for the tasks of analytical support of public health and environment monitoring systems. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(11):23–30. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-11-23-30
 26. Aydinov GT, Marchenko BI, Sinelnikova YuA. The application of complex assessment of the health status of the population in tasks of the improvement of the socio-hygienic monitoring system. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(10):980–985. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-980-985
 27. Galiullina AS, Vasil'ev AP, Kovalenko IA, Sbitneva AA. [Artificial neural networks.] *Teoriya. Praktika. Innovatsii*. 2019;(1(37)):29–33. (In Russ.)
 28. Remezova AA, Tynchenko VV. [Application of artificial neural networks to solve forecasting problems.] *Aktual'nye Problemy Aviatsii i Kosmonavтики*. 2011;1(7):371. (In Russ.)
 29. Parkhomenko SS, Ledeneva TM. [Training of neural networks using method the Levenberg-Marquardt method given a large amount of data.] *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Sistemnyy Analiz i Informatsionnye Tekhnologii*. 2014;(2):98–106. (In Russ.)
 30. Rybkina VL, Azizova TV, Adamova GV. Risk factors of malignant neoplasms of the skin. *Klinicheskaya Dermatologiya i Venerologiya*. 2019;18(5):548–555. (In Russ.) doi: 10.17116/klinderm201918051548
 31. Wright CY, Jean du Preez D, Millar DA, Norval M. The epidemiology of skin cancer and public health strategies for its prevention in Southern Africa. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(3):1017. doi: 10.3390/ijerph17031017
 32. Guo F, Kuo Y-F, Shih YCT, Giordano SH, Berenson AB. Trends in breast cancer mortality by stage at diagnosis among young women in the United States. *Cancer*. 2018;124(17):3500–3509. doi: 10.1002/cncr.31638
 33. Desai VB, Wright JD, Gross CP, et al. Prevalence, characteristics, and risk factors of occult uterine cancer in presumed benign hysterectomy. *Am J Obstet Gynecol*. 2019;221(1):39.e1–39.e14. doi: 10.1016/j.ajog.2019.02.051
 34. Bianchi FP, Gallone MS, Fortunato F, et al. Epidemiology and cost of cervical cancer care and prevention in Apulia (Italy), 2007/2016. *Ann Ig*. 2018;30(6):490–501. doi: 10.7416/ai.2018.2249
 35. Castle PE, Kinney WK, Xue X, et al. Role of screening history in clinical meaning and optimal management of positive cervical screening results. *J Natl Cancer Inst*. 2019;111(8):820–827. doi: 10.1093/jnci/djy192
 36. Taitt HE. Global trends and prostate cancer: A review of incidence, detection, and mortality as influenced by race, ethnicity, and geographic location. *Am J Mens Health*. 2018;12(6):1807–1823. doi: 10.1177/1557988318798279
 37. Siraziev AM, Khasanova GR, Ulyanin MY. Risk factors of prostate cancer. *Meditsinskiy Al'manakh*. 2019;(3–4(60)):110–114. (In Russ.) doi: 10.21145/2499-9954-2019-3-110-114
 38. Thanikachalam K, Khan G. Colorectal cancer and nutrition. *Nutrients*. 2019;11(1):164. doi: 10.3390/nu11010164
 39. Loomans-Kropp HA, Umar A. Increasing incidence of colorectal cancer in young adults. *J Cancer Epidemiol*. 2019;2019:9841295. doi: 10.1155/2019/9841295
 40. Mauri G, Sartore-Bianchi A, Russo AG, Marsoni S, Bardelli A, Siena S. Early-onset colorectal cancer in young individuals. *Mol Oncol*. 2019;13(2):109–131. doi: 10.1002/1878-0261.12417
 41. Siegel RL, Wagle NS, Cercek A, Smith RA, Jemal A. Colorectal cancer statistics, 2023. *CA Cancer J Clin*. 2023;73(3):233–254. doi: 10.3322/caac.21772
 42. Shirina NG, Stasenko VL, Turchaninov DV, Sohosko IA. Nutrition and dietary habits associated with risk of colorectal cancer in the population of Omsk region: Case-control study. *Epidemiologiya i Vaksinooprofilaktika*. 2019;18(1):67–73. (In Russ.) doi: 10.31631/2073-3046-2019-18-1-67-73
 43. Sarabi MM, Khorramabadi RM, Zare Z, Eftekhari E. Polyunsaturated fatty acids and DNA methylation in colorectal cancer. *World J Clin Cases*. 2019;7(24):4172–4185. doi: 10.12998/wjcc.v7.i24.4172
 44. Picetti R, Deeney M, Pastorino S, et al. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environ Res*. 2022;210:112988. doi: 10.1016/j.envres.2022.112988
 45. Deryabkina LA, Marchenko BI, Tarasenko KS. Assessment of carcinogenic risk caused by elevated 3,4-benz(a)pyrene concentration in soils in an industrial city. *Health Risk Analysis*. 2022;(1):27–35. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.03.eng

Сведения об авторах:

✉ **Марченко Борис Игоревич** – д.м.н., доцент; профессор Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»; e-mail: borismarch@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6173-329X>.

Нестерова Олеся Александровна – аспирант Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»; e-mail: semina@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4263-5103>.

Тарасенко Карина Сергеевна – аспирант Института нанотехнологий, электроники и приборостроения ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»; e-mail: ktarasenko@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1279-7200>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования; управление проектом; статистическая и аналитическая обработка: *Марченко Б.И.*; интерпретация результатов; написание текста статьи; сбор материала, ресурсы и программное обеспечение; методология; обучение искусственной нейронной сети; моделирование многолетней динамики и прогнозирование: *Нестерова О.А.*; обзор публикаций по теме статьи; формирование и анализ баз данных; проверка и редактирование материала; ответственность за целостность всех частей статьи: *Тарасенко К.С.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 31.05.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

Author information:

✉ **Boris I. Marchenko**, Dr. Sci. (Med.), docent; Professor, Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University; e-mail: borismarch@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6173-329X>.

Olesya A. Nesterova, Postgraduate, Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University; e-mail: semina@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4263-5103>.

Karina S. Tarasenko, Postgraduate, Department of Technosphere Safety and Chemistry, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University; e-mail: ktarasenko@sfedu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1279-7200>.

Author contributions: study conception and design, managing the project, statistical and analytical data processing, interpretation the results, writing the manuscript: *Marchenko B.I.*; data collection, resources, software, and methodology, artificial neural network teaching, modeling of long-term dynamics and forecasting: *Nesterova O.A.*; literature review on the topic, creating and analyze databases, checking and edition the manuscript, integrity of all its parts: *Tarasenko K.S.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: May 31, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 30, 2023