

УДК 616-006; 519.237.5

DOI: [10.26102/2310-6018/2026.59.8.006](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2026.59.8.006)

Оценка численности лиц с онкологическими заболеваниями на основе анализа статистики из базы данных «Показатели муниципальных образований», созданной Росстатом

В.С. Степанов✉

*Центральный экономико-математический институт РАН, Москва,
Российская Федерация*

Резюме. Болезни онкологии актуальны для России и многих стран. В нашей стране была принята стратегия борьбы с ними, одной из базовых компонент которой является первичная профилактика. Исследования в этом направлении, включая моделирование в муниципальном разрезе, встречаются редко. Данная работа полезна для выявления связи между распространённостью жителей территории, страдающих из-за рака, и комплексом факторных переменных. Целью исследования является разработка регрессионной прогностической модели. Информационную базу для построения модели составила выборка из 56 наблюдений, репрезентирующих муниципальные образования Алтайского края, преимущественно относящиеся к сельским территориям. Результаты применимы на практике, т. к. используются открытые данные, а точность созданной модели достаточно высокая. Роль зависимой переменной играет численность контингента к концу года t . Наблюдения включают пять факторов, которые брались с разными лагами, три фактора были нелинейно преобразованы. Также имелось два качественных фактора по свойствам территории, их градации кодируют три фиктивные переменные. Далее применялся метод линейной регрессии с оцениванием параметров модели по методу наименьших квадратов. Была получена модель с ошибкой аппроксимации (MAPE) менее 1 %. При внешнем тестировании на других муниципалитетах она изменялась от 1,5 до 2,4 %. На основе модели можно сделать прогноз численности контингента для большого числа муниципальных территорий РФ с горизонтом 1 год. Приводятся графики с примерами прогнозирования: для семи городов Поволжья и двух территорий Красноярского края за ряд лет. Такие прогнозы полезны при разработке мероприятий по медико-социальной и экологической политике, проводимой в муниципальном разрезе.

Ключевые слова: модель регрессии с переменной структурой, злокачественное новообразование, техногенное загрязнение территории, душевое потребление алкогольных напитков, обеспеченность территории врачами, гигиена питьевой воды.

Для цитирования: Степанов В.С. Оценка численности лиц с онкологическими заболеваниями на основе анализа статистики из базы данных «Показатели муниципальных образований», созданной Росстатом. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2026;14(8). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2420> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.59.8.006

Assessment of cancer prevalence based on analysis of statistics from the Municipal Indicator database created by the Rosstat

V.S. Stepanov✉

Central Economics and Mathematics Institute of the RAS, Moscow, the Russian Federation

Abstract. Cancer diseases are a major health concern in Russia and many other countries. A national strategy for cancer control has been adopted in the Russian Federation, with primary prevention being one of its key components. However, studies in this area, including municipal-level modeling, are scarce. This work is useful for identifying the relationship between cancer prevalence in a territory and a set of contributing factors. The aim of the study is to develop a predictive regression model. The

empirical basis for the model is a sample of 56 observations representing municipalities of the Altai Territory, most of which are rural areas. The results are practically applicable, as they rely on open official data, and the model's accuracy is sufficiently high. The dependent variable is the number of cancer patients registered at the end of year t . The observations include five factors introduced with different time lags; three of them underwent nonlinear transformation. Additionally, two qualitative factors characterizing territorial features were included, with their categories encoded by three dummy variables. A linear regression model was estimated using ordinary least squares. The resulting model achieved a mean absolute percentage error (MAPE) of less than 1%. In external validation on other municipalities, the MAPE ranged from 1.5 % to 2.4 %. The model enables one-year-ahead forecasts of cancer prevalence for a large number of municipalities in Russia. Forecasting examples are illustrated with graphs for seven cities in the Volga region and two territories in the Krasnoyarsk region over several years. Such forecasts are valuable for designing health, social, and environmental policies at the municipal level.

Keywords: variable-structure regression model, malignant neoplasms, technogenic pollution, per capita alcohol consumption, physician supply, drinking water quality.

For citation: Stepanov V.S. Assessment of cancer prevalence based on analysis of statistics from the Municipal Indicator database created by the Rosstat. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2026;14(8). (In Russ.). 2026;14(8). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2420> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.59.8.006

Введение

Хронические неинфекционные заболевания (ХНИЗ), особенно болезни системы кровообращения и рак чрезвычайно важны вследствие загрязнений окружающей среды, а также высокого уровня урбанизации и/или нездорового образа жизни у части граждан. Это приводит к их преждевременной смертности и инвалидности, а также к потерям в развитии территорий. В нашей стране $\approx 75\%$ летальных случаев были связаны с сердечно-сосудистыми и онкологическими заболеваниями, сахарным диабетом, хроническими болезнями бронхов и лёгких [1]. В мире из-за ХНИЗ ежегодно наблюдается 71 % случаев смерти, причём именно эти 4 группы – главная причина преждевременного ухода из жизни [2]. Эта особенность причин смертности характерна для многих стран с низкими или средними душевыми доходами. В перспективе вклад злокачественных новообразований (ЗНО) в эту причину будет возрастать. Данная гипотеза высоко вероятна, если изучить эволюцию коэффициентов смертности в РФ за $\frac{1}{4}$ века [3]. Важнейшей причиной в случае ЗНО является рост доли населения старших возрастов. Также негативно влияет рост заболеваемости по причине факторов среды: техногенных загрязнений воздуха, воды, почвы; вредных выбросов; изменений климата; а также хронического стресса, имеющегося у части граждан и др. В плане риска развития ХНИЗ на втором месте по важности после потребления населением табачных изделий стоит загрязнение атмосферного воздуха¹ [2].

Стратегия по борьбе с ХНИЗ включает три компонента, одной из которых является первичная профилактика [1, 2]. Семь лет назад в стране стартовал проект «Борьба с онкологическими заболеваниями», основной целью которого является снижение смертности из-за новообразований, включая ЗНО. В этом федеральном проекте есть также целевой ориентир по их распространенности. В итоге регионами были приняты программы, например, Региональная программа «Борьба с

¹ Неинфекционные заболевания и загрязнение атмосферного воздуха: Европейская конференция ВОЗ высокого уровня по неинфекционным заболеваниям. ВОЗ. URL: <https://www.who.int/europe/ru/publications/i/item/WHO-EURO-2019-3641-43400-60937> (дата обращения: 21.05.2026).

онкологическими заболеваниями в Алтайском крае»². Вопросы профилактики ХНИЗ и ряд аспектов экологической медицины также рассмотрены в работе [4]. Здесь утверждается, что популяционные химические, физические и комплексные риски здоровью россиян почти не принимались во внимание при организации здравоохранения. В итоге предлагается разработать комплекс мер профилактики ХНИЗ для широкого спектра факторов риска.

Традиционно последние разбивают на две категории: «не модифицируемые» и «модифицируемые» (МФР) [2, 5]. По данным из работы [2], а также INTERHEART (2004), к МФР относят метаболические/биологические факторы (дислипидемия и прочие, включая сахарный диабет), а также курение, повышенное потребление алкогольных напитков, хронический стресс, нездоровый образ жизни (гиподинамия, ошибки в регулярной диете) и т. д. [5]. В этом обзоре освещается ряд аспектов нескольких МФР, которые негативно влияют на развитие ХНИЗ, включая ЗНО. В другом исследовании [6] под эгидой Гарвардского университета США анализировалась база данных, которые получались при анкетировании ≈125 тысяч медработников; она собиралась много десятков лет. Для каждого работника фиксировались значения категорий таких пяти МФР: факт курения сигарет (и/или их число в сутки), объём потребления алкоголя за неделю, а также индикаторы гиподинамии, ожирения и оптимальности его диеты. Намного позже из другой базы данных извлекалась дата смерти этого работника. В итоге исследователи позднее получили формальные зависимости, графики для средней продолжительности предстоящей жизни человека по модели пропорциональных рисков Кокса (для каждого пола: для возрастов 50+, трёх причин смерти, включая онкологию).

Ещё один обзор по профилактике ХНИЗ сделан в работе [7], где также выделены социально-экономические меры: рост доходов россиян, а также их более справедливое распределение. Об этом издавна высказывались наши известные специалисты³. Правильно сделанные шаги снизят уровень хронического стресса среди населения, особенно у мужчин, уменьшив частоту их курения, объём потребления ими алкоголя и вероятность развития заболеваний, включая и ХНИЗ [8]. Экологически обусловленные заболевания человека из-за вредоносных факторов среды обитания изучает экологическая эпидемиология – наука под эгидой International Society of Environmental Epidemiology. Многие формы онкологической болезни имеют в значительной степени такую природу, причём вероятность развития тех или иных локализаций ЗНО чаще всего зависит от многих факторов [2].

К примеру, рак мочевого пузыря находится на 5-м месте по частоте встречаемости среди ЗНО у мужчин всех стран. А его развитию способствует такой набор МФР: курение сигарет, ионизирующая радиация, ароматические амины и хлорированные углеводороды в воздухе. С другой стороны, правильная диета и высокая физическая активность ослабляют воздействие известных факторов развития этого рака и/или иногда могут даже блокировать онкопроцесс [10]. В обзоре 47 источников рассматривались возможные механизмы канцерогенеза и изучена текущая ситуация по эпидемиологии ряда других локализаций ЗНО: в бронхолёгочной системе и области предстательной железы у мужчин, а также в области молочных желёз и тела матки среди женщин [11]. Эти четыре разновидности рака актуальны в РФ из-за повышенного роста первичной заболеваемости на фоне прочих локализаций. Из-за них позднее будет сильнее расти главный показатель смертности. Этот факт обусловлен тем, что во многих регионах, а следовательно, и по всей России случаи рака сравнительно редко выявляются

² Региональная программа «Борьба с онкологическими заболеваниями в Алтайском крае» (в ред. Приказов Минздрава Алтайского края от 31.05.2024 N 248, от 17.09.2024 N 386).

³ Костикова Д. Богач – бедняк. *В мире науки*. 2005;(7):73–79.

на двух самых ранних стадиях (относительно стран ЕС и США). Поэтому для нашей страны большое значение имеет улучшение ранней диагностики ЗНО, ещё до госпитализации, а также мероприятия по первичной профилактике [11, 12].

Первичная профилактика является базовой составляющей стратегии борьбы с ЗНО, требуя от населения лишь модификации его образа жизни. Эта стратегия является одним из подразделов более широкой стратегии ХНИЗ [2, 4]. Также отмечалось, что исследования в направлении этой профилактики проводятся редко. Предлагаемая в настоящей статье регрессионная модель могла бы реализовать ряд пожеланий, сделанных ранее в работах [4, 12].

При анализе онкологической заболеваемости и смертности, исследователи предлагали те или иные модели машинного обучения. Нередко это были варианты многофакторной регрессии [13, 14] (для муниципалитетов [8, 15]), нейронных сетей [16], модели временных рядов типа ARIMA [17] и др. [18, 19]. Реже исследовалась распространённость встречаемости пациентов [13, 17], т. е. удельное значение численности контингента лиц, страдающих от развития ЗНО. Предварительно изучают факторы риска, влияющие на вероятность развития заболевания; затем после отбора информативных факторов строят модель. В исследованиях [8, 13], после анализа коэффициентов ранговой корреляции [20] и в разделах из работы [19] обнаружены значимые статистические связи частоты встречаемости случаев ЗНО на различных территориях с показателями демографической структуры населения, образа жизни (потребление алкоголя и проч.), а также других факторных переменных. Это были те или иные индексы загрязнённости атмосферного воздуха или питьевой воды вредными химическими веществами, удельные объёмы сброса загрязнённых стоков, некоторые ресурсные показатели здравоохранения и др. В монографии [19] и серии статей одного из её авторов (Кику П.Ф.) это выявилось в рамках модели системных взаимодействий. В ней с применением методов теории информации изучалась распространённость ЗНО в районах Приморья в начале XXI века. Другие исследователи чаще применяли в этой проблематике те или иные модели регрессии, искусственные нейронные сети и т. д.

Резюмируя сказанное выше, в списке информативных факторов новой модели можно ожидать, кроме доли старшего населения и образа жизни (объём потребления алкогольных напитков и др.), также и ряд других переменных. К ним относятся степень загрязнения атмосферного воздуха и питьевой воды, а также уровень развития местной системы здравоохранения. Предлагаемая в данной статье модель является следующим шагом в авторских исследованиях. Она получена после ряда внесённых изменений как в списке факторов, так и в составе обучающих данных. Цель исследования – изучение взаимосвязи ряда факторов риска с частотой встречаемости случаев онкологии (в разрезе муниципалитетов) и разработка прогностической модели.

Материалы и методы

Объектом настоящего одномоментного поперечного экологического исследования были статистические данные административных территорий Алтайского края, т. е. взятые здесь в муниципальном разрезе (далее «мезо-1»). Было рассмотрено $n = 56$ наблюдений в варианте, когда переменная Y относится к концу 2019 г. Наблюдения над каждой территорией лежат в одной из строк таблицы обучения. Значения Y и факторных переменных взяты из открытых публикаций Росстата, Роспотребнадзора и др.^{2,4,5} (для территорий края); они лежат в столбцах этой таблицы.

⁴ Доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Алтайском крае в 2015–2022 гг.». ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае».

⁵ База данных «Показатели муниципальных образований» по муниципалитетам. Росстат.

Данные из таблицы используются при оценке неизвестных коэффициентов модели. Большинство этих территорий были сельскими; семь из них были смешанного типа, имея в составе и небольшие городские поселения. Критерий включения: необходимы численные значения всех переменных модели за ряд лет и, кроме того, значения использованных фиктивных переменных, если их удалось оценить для каждой территории (этому нередко может помочь знание динамики $Y = Y(t)$ за ряд лет перед отсчётом t).

Прогнозирование численности контингента лиц со ЗНО среди населения в разрезе «мезо-1» выполнено через многофакторную модель регрессионного анализа, полученную на основе алгоритма, реализованного во встроенных функциях *MS Excel*.

В качестве независимых факторных объясняющих переменных («факторов»), существенно влияющих на частоту случаев с ЗНО, взяты пять показателей^{2,4,5}:

x_1 – удельный вес лиц пожилого возраста и старше, постоянно проживающих на начало года t на данной территории: мужчин – от 60 лет и женщин – от 55 лет (в %);

x_2 – показатель среднегодового потребления алкогольных напитков жителем возраста от 15 лет и старше (в литрах, после пересчёта каждого из вида напитков к крепости 40° по формулам из работы [21]); в выражение (1) объём напитков вошёл в квадрате, а затем был разделён на 10 [8];

x_3 – численность врачей организаций на 10 тыс. населения (без учёта стоматологов);

$x_4 = \ln(CИЗ/S)$, где аргумент – суммарные за год выбросы стационарных источников загрязнений (СИЗ), имеющихся на территории муниципалитета, в соотношении с её площадью S (в кг/км²); они входят с небольшим лагом $\tau = 4$ (т. е. это средние выбросы, которые взяты за 4 отсчёта за несколько лет перед годом t);

x_5 – показатель качества питьевой воды в распределительной сети водоснабжения на данной территории (или доля исследованных её проб в предыдущие годы, где было превышение гигиенического норматива по химическим веществам⁴; эта доля взята в % и далее брался корень). Факторы $x_1, \dots, x_5$ входят в выражение (1) с лагами τ от 1 до 8 лет.

Таблица 1 содержит описательную статистику по данным материала обучения (переменная Y приведена за 2019 г.).

Таблица 1 – Описательная статистика по 56 территориям Алтайского края
Table 1 – Descriptive statistics for 56 territories of the Altai Krai

Переменные Variables	Среднее Mean	Медиана Median	Min Minim.	Max – Min	Max/ Min	Стандарт Standard
Y – распространённость ЗНО, 0/0000	2897	2877,2	2041	4093	2,0	420,4
x_1 – доля пожилых людей к концу 2018 года, %	30,86	30,76	25,6	38,0	1,5	2,7
x_2 – душевое потребление алкоголя крепостью 40°, л	11,7	10,8	4,3	25,0	5,8	4,2
x_3 – численность врачей на 10 ⁴ населения, тыс. чел.	20,65	20,67	2,5	30,7	12,5	5,0
x_4 – соотношение (объём $CИЗ$)/ S , кг/км ²	408,8	326,8	6,6	1956	296	373
x_5 – доля проб воды с сан/химич. загрязнениями, %	11,7	9,3	1,2	72,2	60,2	12,7

Из Таблицы 1 видно, что для ряда переменных характерен высокий разброс значений; это указывает на наличие в обучающих данных неоднородности. Она далее учитывается за счёт введения переменных x_6, x_7 , которые были качественной природы, имея по две-три градации [13, 18]. Фактор x_6 характеризует техногенное загрязнение территории. Оно может иметь место из-за ряда причин, помимо выбросов СИЗ: загрязнения радионуклидами, сброс загрязнённых сточных вод и т. д. Предполагалось, что x_6 имеет три градации: A – «загрязнений нет, либо они имеются в слабой степени», B – «уровень загрязнений умеренный», C – «уровень загрязнений высокий». Эти градации будут кодироваться двумя фиктивными переменными d_1, d_2 таким способом: градации A соответствуют нули: $d_1 = d_2 = 0$; т. е. это случай, когда паре d_1, d_2 приписаны значения (0,0); аналогично градации B – (1,0), когда $d_1 = 1$ и $d_2 = 0$, а градации C – (0,1); буква d получена сокращением *dumtuy* (англ.).

Значения градаций x_6 можно оценить, изучая доступные карты местности с загрязнениями долгоживущими радионуклидами: ^{137}Cs , ^{90}Sr и др. К примеру, для вариантов «экзамен»: после аварии на ЧАЭС – в республике Чувашия⁶ или давних аварий, связанных с деятельностью НПО «Маяк»⁷ и т. д., а также из содержательных сведений (например, изложенных в работах [22, 23] и др.). Фактор x_7 описывает развитие инфраструктуры, связанной с развитием сетей автомобильных и/или железных дорог, речного транспорта на данной территории. Две его градации кодирует переменная d_3 , как это и принято в работе [18]: $d_3 = 0$, если эта инфраструктура развита слабо или $d_3 = 1$, если до основных населённых пунктов легко добраться одним или более способами: по автомагистрали с твёрдым покрытием, железной дороге или водным транспортом.

Регрессионная зависимость, использованная нами, имеет следующую спецификацию:

$$Y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_5 \cdot x_5 + b_6 \cdot d_1 + b_7 \cdot d_2 + b_8 \cdot d_3, \quad (1)$$

где $Y = Y(t)$ – зависимая переменная на конец года t , переменные d_1, d_2, d_3 принимают бинарные значения, а факторы $x_1, \dots, x_5$ описаны выше; они входят в годы, которые предшествуют году t , причём каждый со своим лагом. При расчёте Y сначала берётся численность контингента N лиц, взятых под диспансерное наблюдение на данной территории и страдающих от ЗНО. Это сделано в год t , как и во все годы до t . Затем N делится на численность постоянного населения к концу t и получается значение Y .

Выражение (1) устанавливает связь набора значений $x_1, \dots, x_5, d_1, d_2, d_3$ для данной территории со значениями её переменной Y и имеет весьма простой вид. В нём через $a, b_1, b_2, \dots, b_8$ обозначены числовые коэффициенты, которые находятся по методу наименьших квадратов. Поэтому постоянная составляющая в выражении (1), не зависящая от отсчёта года t и равная сумме числа a и трёх правых слагаемых, изменяется от одной территории к другой скачкообразным образом. Из-за этого модель вида (1) имеет переменную структуру. Ясно, что для каждой конкретной территории при использовании формулы (1) останется всего лишь шесть слагаемых. Численные значения неизвестных $a, b_1, b_2, \dots, b_8$ приводятся в Таблице 2 (столб. 2).

Основным методом статистического анализа была многофакторная регрессия со стандартной проверкой гипотез и проверкой условий корректного применения оценок, построенных функциями *MS Excel* по методу наименьших квадратов. Качество модели оценивалось по F -критерию Фишера, подправленному коэффициенту детерминации

⁶ Радиоактивное загрязнение территорий субъектов Российской Федерации цезием-137 (^{137}Cs): карта Республики Чувашия за 1995 г. Росгидромет РФ: ФИАЦ. URL: <https://www.feerc.ru/Ru/Prod1.xml> (дата обращения: 21.05.2026).

⁷ Карты радиационного загрязнения почв Южно-Уральского региона (^{137}Cs и ^{90}Sr). Росгидромет РФ: ФИАЦ. URL: <https://www.feerc.ru/Ru/Prod2.xml> (дата обращения: 21.05.2026).

R_{adj}^2 (доля дисперсии переменной Y , объясняемая моделью) и средней абсолютной процентной ошибке или MAPE [13, 17]. При проверке гипотез применялись два теста: Стьюдента – для гипотезы H_0 : «коэффициент в модели при факторе равен нулю» и Дарбина-Уотсона – для H_0 : «в остатках нет автокорреляции 1-го порядка»⁸. Оценка нормальности для закона распределения остатков регрессии выполнялась критериями согласия: тестами χ^2 и Лиллиефорса [24]. Уровень значимости выбирался как 5 %. Последний тест – один из вариантов критерия Колмогорова-Смирнова. Также на 2D-диаграмме проверен факт гомоскедастичности. Анализ данных реализуется в *MS Excel*.

Результаты

В Таблице 2 даны значения константы a и B -коэффициентов: $b_1, b_2, \dots, b_8$, причём столбец 3 содержит наблюдаемые значения t -статистик. Они получены при проверке H_0 : «коэффициент при факторе j равен 0», с помощью теста Стьюдента⁸.

Таблица 2 – Результаты оценивания коэффициентов модели (1) и значения t -статистик
Table 2 – Regression model (1) parameter estimates and t -statistics

Показатель (факторная объясняющая переменная)	Значение a, b_j	Значение t -statist.
a – постоянная составляющая в формуле модели (1), ‰	–1347,68	–24,9
Удельный вес населения из старших возрастных групп, % (x_1)	102,38	71,0
Фактор $x_2 = Alc \times Alc / 10$, где Alc – годовой объём потребления алкогольных напитков взрослым жителем территории, (после пересчёта каждого вида к крепости в 40° по формулам [21]), л	9,07	24,3
Численность врачей в организациях здравоохранения, на 10 тыс. жителей (x_3)	21,11	28,9
$x_4 = \ln(\text{СИЗ}/S)$ – удельный показатель объёма вредных выбросов (после фильтрации) от стационарных источников загрязнений на данной территории за год t , где S – её площадь, $\ln(\text{кг}/\text{км}^2)$	38,194	10,2
x_5 = (доля ненормативных проб питьевой воды) ^{0,5} , как гигиеническая мера её санитарно-химических загрязнений, по измерениям из разводящей сети водоснабжения, %	7,834	2,812
Уровень техногенного загрязнения территории – «средний» (d_1), ‰	220,1	20,1
Уровень техногенного загрязнения территории для варианта загрязнений – «более высокий» (d_2), ‰	501,76	42,4
Доступны ли на транспорте основные поселения? (d_3), ‰	–52,98	–6,22
$n = 56$ $R_{adj}^2 = 99,6 \%$; $RMSE = 27,1$; $F = 1654$; $DW = 2,17$	$D_n = 0,062$	$\chi^2 = 2,43$

Значения всех t -статистик в тестах Стьюдента были высокими, поэтому каждый фактор оказался здесь значимым. Достигнутый уровень значимости (p -значение) для водного фактора $x_5 \approx 0,0072$, а для прочих – явно менее 0,0001. Оценка коэффициента детерминации $R^2 = 99,65 \%$, а её скорректированное значение R_{adj}^2 тоже высокое⁸. В нижней строке Таблицы 2 даны значения среднеквадратичной ошибки, или $RMSE$ [17]; статистики DW Дарбина-Уотсона и F -статистики Р. Фишера. Её значение было высоким и гипотеза H_0 : «все коэффициенты модели – нулевые» отвергается, причём p -значение было явно ниже 0,0001. Ещё две статистики относятся к критериям согласия; одна из них – статистика χ^2 . Верхняя 5 % точка распределения χ^2 с $df = 6$ есть 12,6,

⁸ Карлберг К. Регрессионный анализ в *Microsoft Excel*. Москва: Диалектика; 2017. 396 с.

наблюдаемое значение χ^2 не попадает в критическую область. Отсюда следует, что гипотеза о свойстве нормальности остатков модели (1) не отвергается тестом χ^2 . Кроме того, наибольшее расхождение D_n между графиками двух функций распределения – эмпирического с остатками и теоретического по Гауссу – малое, и поэтому гипотеза нормальности не отвергается и тестом Лиллиефорса. Свойство гомоскедастичности остатков регрессии проверялось по диаграмме рассеяния остатков. В итоге получился рисунок, приближенно напоминающий его аналог из работы [25]. Из интерпретации результатов ясно, что противоречия условию гомоскедастичности нет⁸. Исходя из сказанного, выбор подхода на основе метода наименьших квадратов вполне обоснован.

Про оценку качества модели (1) по точности сообщим следующее. Применение формулы (1) к $n = 56$ строкам таблицы обучения даёт $\text{MAPE} = 0,68(\pm 0,53) \%$ [17]. Если для тестирования модели также взять 38 районов Алтайского края с Y к концу 2018 г., то значение $\text{MAPE} \approx 1,63(\pm 1,1) \%$. Также ранее наглядно показано, как модель (1) с оценками из Таблицы 2 работает для муниципальных образований СФО за ряд t ⁹.

Если же для экзамена взять 18 муниципальных территорий Челябинской области с Y за 2020 г., то получается значение $\text{MAPE} \approx 2,4(\pm 1,24) \%$ и аналогично для 32 городских округов из Московской области оказывается, что $\text{MAPE} \approx 1,5(\pm 1,3) \%$.

Для иллюстрации работы модели, с учётом данных столбца 2 Таблицы 2, ниже приводятся результаты, полученные подстановкой в выражение (1) значений $x_1, \dots, x_5, d_1, d_2, d_3$ для каждого городского округа (г. о.) (Рисунок 1). Здесь приводятся графики динамики величины Y на этих поволжских территориях. Фактические значения Y для этих городов взяты из программ, принятых в республиках Башкортостан и Чувашия и трёх областях: Нижегородской, Оренбургской и Самарской [26]. На каждом из графиков, реальные данные $Y = Y(t)$ с распространённостью числа лиц, страдающих из-за наличия ЗНО к концу года t , показаны точками, которые лежат на непрерывных линиях. С другой стороны, пунктирные линии проходят через прогнозные точки (т. е. маркеры), найденные по формуле (1) (часто даётся альтернативный прогноз по модели mod.2 [13]). Значения по факту взяты непосредственно из официальных документов региона, аналогичных программе² или элементарно рассчитаны с учётом базы данных⁵.

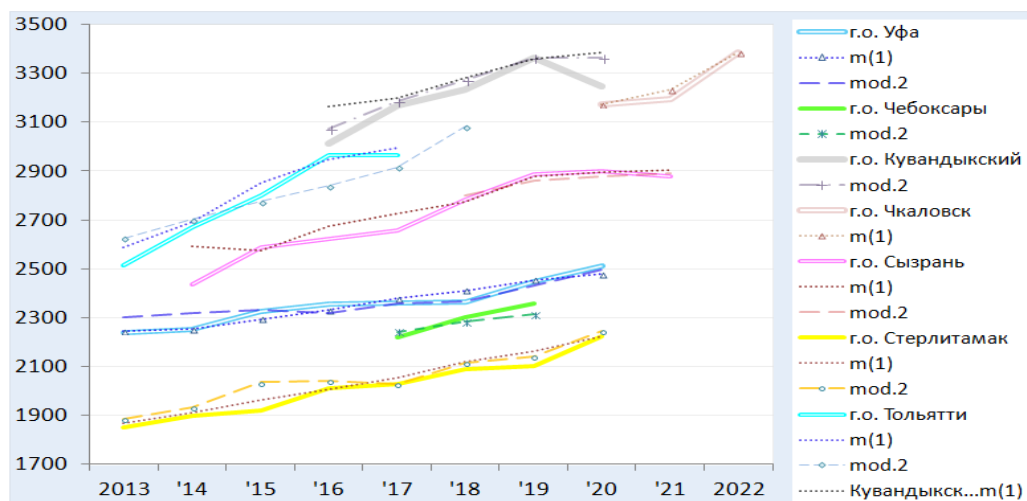


Рисунок 1 – Значения Y в семи городах Приволжского федерального округа
Figure 1 – Y values in seven cities of the Volga Federal District

⁹ Степанов В.С. О применении моделей регрессии к данным территорий. В сборнике: *Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Материалы V Международной научной конференции, приуроченной к 100-летию со дня рождения академика О.Ф. Васильева, 08–10 сентября 2025 года, Барнаул, Россия*. Барнаул: ИВЭП СО РАН; 2025. С. 323–324.

Обсуждение

После изучения коэффициентов корреляции r_x , Y , а также значений t -статистик и средних коэффициентов эластичности, легко увидеть, что ведущим фактором, который влияет на Y , является x_1 – доля старших возрастов на территории. За ней следует x_3 – обеспеченность врачами организаций здравоохранения, а потом, несколько слабее, – переменная d_2 . От неё слегка отстаёт фактор x_4 , связанный с удельными выбросами СИЗ. А ещё сильнее отстаёт фактор по потреблению алкоголя x_2 взрослыми жителями.

Информативность фактора x_1 соответствует тому, что возрастная зависимость многих форм рака известна [1, 27]. С другой стороны, эта зависимость подтвердилась в работе [20] ранговыми коэффициентами корреляции Спирмена (в варианте «мезо-2», причём при любых локализациях ЗНО). Аналогичный аспект наблюдается и за рубежом: риск развития ЗНО выше в тех поселениях, где проживает больше лиц старших возрастов. А также если эти поселения расположены вблизи промышленных центров, и/или если они городского типа [28]. Согласно значению b_1 из Таблицы 2 (столб. 2), при однопроцентном росте доли населения пожилого возраста (и старше) можно ожидать роста величины Y на $102,4 \text{ ‰}$. Иначе говоря, через год появится 1 новый пациент со ЗНО на тысячу жителей территории (при фиксации прочих факторов: $x_2, \dots, x_5, d_1, d_2, d_3$).

При расчёте значений x_3 также учитывалась неравномерность обеспечения врачами в небольших сельских поселениях и городских округах (здесь используется средневзвешенное значение). Скорее всего, на небольшой рост Y здесь повлияют два аспекта: лучше выявятся лица, страдающие от ЗНО (иначе они игнорируются в медицинской статистике), а также то, что многие пациенты, у которых ЗНО выявлены на ранних стадиях, обычно дольше живут. Фактор x_3 был информативным и в модели регрессии, в которой зависимая переменная – заболеваемость ЗНО в варианте «мезо-2» [14]. Ресурсы здравоохранения важны и в случае с распространённостью ЗНО [19].

По поводу влияния фактора d_2 отметим, что если на конкретной территории снизить уровень её техногенного загрязнения со значения «высокий» (когда $d_2 = 1$ и $d_1 = 0$) до значения «средний» (когда $d_2 = 0$, $d_1 = 1$), то Y уменьшится на $b_7 - b_6$, т. е. приблизительно до 3 пациентов с ЗНО на 1 тысячу населения. Этого успеха иногда можно достичь при помощи ряда природоохранных мероприятий. Если высказаться о факторе d_3 , то улучшение инфраструктуры связано с укреплением системы здравоохранения, лучшей доступностью медицинской помощи и ростом её качества. Также у жителей будут шире возможности для фитнеса, повышается комфорт жилья и общее качество жизни.

Наконец, в работе [14] для случая «мезо-2» был построен ряд моделей регрессии. В роли факторных объясняющих переменных здесь используются агрегированные переменные, созданные ранее по блокам показателей. К примеру, блок 1 включает показатель загрязнения территории вредными выбросами, отходящими от всех СИЗ⁵, причём они также соотносились с её площадью. А блок 2 описывает ресурсы здравоохранения, которые содержат и обеспеченность территории врачами. Сначала переменные в блоке сворачивались линейным преобразованием в новую переменную «1-я главная компонента». В итоге на основе этих переменных создана трёхфакторная модель, где в качестве зависимой переменной была выбрана заболеваемость ЗНО [14].

Здесь же можно отметить, что распространённость лиц, страдающих из-за ЗНО, оказалась значимо выше в тех регионах, где имеются высокие вредные выбросы в атмосферу от передвижных источников [20].

Кроме химических загрязнителей воздуха для ряда территорий важную роль могут играть аналогичные загрязнители питьевой воды, приводящие к сопоставимым значениям риска развития ЗНО [29]. Так, в работе [30] после обработки 4000 проб,

взятых в г. о. Оренбург из ПФО, был оценен суммарный канцерогенный риск развития ЗНО у среднестатистического жителя из-за канцерогенов в воздухе и питьевой воде. Если ежегодно сравнить значения этих рисков за 14 лет, то первый был выше второго в 1,3...10 раз. Почти аналогичное было в г. о. Улан-Удэ [31], когда канцерогенные риски из-за поступления в организм жителей опасных Pb, Cd, Ni, As, Cr^{VI} были сопоставимы.

Далее, по части двух МФР на территориях – курению и уровню потребления алкоголя – можно сказать следующее. К сожалению, в базе ⁵ нет никакой статистики по курению в разрезе «мезо-1». Более того, даже в разрезе «мезо-2» она представлена слабо. Поэтому переменная x_2 , тесно связанная с интенсивностью курения сигарет, кроме вреда от избыточного потребления алкоголя, косвенно немного отражает и вред, наносимый организму курильщика от воздействия табачного дыма. Дополнительно отметим, что в работе [20] ежегодно приводятся показатели $r_{x,Y}$ – значимые ранговые коэффициенты Спирмена – между Y из левой части выражения (1) и фактором «алкоголизм с алкогольными психозами». Связь между похожими переменными подтверждалась и моделью из работы [8], если в роли X взять x_2 из формулы (1). Наконец, в исследовании [32] для случая Республики Марий Эл с разрезом «мезо-1», выявлена связь переменной X с показателем заболеваемости ЗНО (z). Эта статистическая связь обнаружена в рамках созданной модели регрессии и расчётами коэффициентов Спирмена $r_{x,z}$. Они изучались здесь с разными лагами τ , начиная с 1 года (сначала все напитки сводились авторами к крепости этанола). Оказалось, что высокие значения $r_{x,z}$ наблюдались при лаге $\tau = 7$, сохраняясь приближённо аналогичными с постепенным ростом τ . Аналогичное имеет место в варианте с распространённостью ЗНО, в случае если вместо z стоит Y .

Наконец, стоит упомянуть и о таком весьма вероятном МФР, как загрязнение атмосферного воздуха взвешенными частицами (РМ); причём, чаще всего, опаснее РМ с диаметром менее 2,5 микрона – РМ_{2.5} или ещё ниже [8, 33]. Наличие повышенных концентраций РМ и приземный озон – известные канцерогены из группы 1 [25]. В обзоре [33] освещаются современные представления о связи загрязнений из-за РМ с заболеваемостью и смертностью от ЗНО. Здесь учтён ряд важных аспектов: диаметр этих РМ, их происхождение и химический состав, концентрации в приземном воздухе. Показано, что долговременное воздействие РМ_{2.5} повышает риск развития ЗНО различной локализации и выявлено, что они влияют по типу «доза-эффект». Снижение концентраций РМ в воздухе можно рассматривать как МФР для ЗНО (и ряда заболеваний, включая ХНИЗ) [5]. Утверждается, что наиболее опасны РМ, возникшие в воздухе по причине движения транспорта по дорожной сети. Также весьма неблагоприятен ряд производств с выбросами хрома, кадмия, свинца, меди, кобальта и др. Сравнительно недавно ВОЗ привела новые рекомендации по качеству атмосферного воздуха, включая концентрации РМ_{2.5}, РМ₁₀, озона и др. [33]. Здесь сказано, что свыше $\frac{3}{4}$ случаев смерти населения от РМ_{2.5} можно избежать, если снизить их концентрации до безопасного уровня. Сейчас же уровней РМ для «мезо-1» в открытом доступе нет⁵.

Вторая модель на Рисунке 1 учитывает (также приближённо) вред от курения (в разрезе «мезо-2») ¹⁰, а также концентрацию бензапирена в атмосферном воздухе ¹¹, степень загрязнённости последнего согласно данным гигиенического мониторинга и удельные сбросы загрязнённой воды в поверхностные водные объекты. Также через dummy-переменные d_1, d_2 учтено и техногенное загрязнение территорий.

¹⁰ Итоги комплексного наблюдения условий жизни населения в 2018 г. Таблица 39: Распространенность курения среди лиц в возрасте 15 лет и более. Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/GKS_KOUZH_2018/index.html (дата обращения: 25.05.2026).

¹¹ Справка о среднемесячных концентрациях бенз(а)пирена в воздухе городов на территории России (ежегодно: 2010, ..., 2019 г.). НПО «Тайфун». URL: <https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (дата обращения: 25.05.2026).

Нередко обе модели можно применять вместе, если в наличии имеются значения всех необходимых для них факторов и удалось правильно оценить значения *dummy*-переменных. Например, из карты, содержащей г. о. Чебоксары, следует, что уровни загрязнений ^{137}Cs здесь низкие⁶. А среди городов, наблюдаемых стационарными постами в Верхне-Волжском УГМС, среднегодовые концентрации бензапирена были почти минимальными; отчасти и поэтому тоже $d_1 = d_2 = 0$. Все города на графиках Рисунка 1 хорошо доступны на транспорте, поэтому для каждого принято $d_3 = 1$.

Заключение

Построена регрессионная модель с лаговыми факторными переменными. Её неизвестные параметры оценены по муниципальным данным Алтайского края, включающим распространённость онкологических пациентов за 2019 г. Модель проверена на точность рядом способов и имеет высокое статистическое качество. Её можно использовать для ежегодной оценки численности контингента, страдающего от ЗНО и проживающего на административных территориях из значительного числа регионов страны, с горизонтом планирования 1 год. Приводятся примеры, иллюстрирующие работу модели. Полученные прогнозные значения могут быть полезны при разработке профилактических мероприятий по медико-социальной и экологической политике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

- Каприн А.Д., Александрова Л.М., Старинский В.В. Профилактика злокачественных новообразований в Российской Федерации как составная часть международной стратегии профилактики неинфекционных заболеваний. *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена*. 2016;5(5):42–50. <https://doi.org/10.17116/onkolog20165542-50>
Kaprin A.D., Aleksandrova L.M., Starinsky V.V. Malignancy prophylaxis in the Russian Federation as part of global strategy for the prevention of noncommunicable diseases. *P.A. Herzen Journal of Oncology*. 2016;5(5):42–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/onkolog20165542-50>
- Драпкина О.М., Концевая А.В., Калинина А.М. и др. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022;21(4):3235. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3235>
Drapkina O.M., Kontsevaya A.V., Kalinina A.M., et al. 2022 Prevention of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation. National guidelines. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(4):3235. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3235>
- Kolpak E.P., Frantsuzova I.S., Kuvshinova K.V., et al. Neoplasm Morbidity among the Population of Russia. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2017;8(3):2315–2322.
- Бобровницкий И.П., Прилипко Н.С., Турбинский В.В. и др. Окружающая среда и общественное здоровье: актуальные вопросы организации здравоохранения и медицинского образования. *Менеджер здравоохранения*. 2021;(1):5–14. <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2021-1-5-14>
Bobrovnitsky I.P., Prilipko N.S., Turbinsky V.V., et al. Environment and public health: actual issues of health care organization and medical education. *Manager Zdravooхранenia*. 2021;(1):5–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2021-1-5-14>

5. Абдуллоев С.М., Гулбекова З.А., Одинаев Н.С. и др. Важнейшие аспекты эпидемиологии и факторов риска хронических неинфекционных заболеваний. *Здравоохранение Таджикистана*. 2020;(2):75–87.
Abdulloev S.M., Gulbekova Z.A., Odinaeva N.S., et al. The Most Important Aspects of Epidemiology and Risk Factors of Chronic Noninfectious Diseases. *Health care of Tajikistan*. 2020;(2):75–87. (In Russ.).
6. Li Y., Pan A., Wang D.D., et al. Impact of Healthy Lifestyle Factors on Life Expectancies in the US Population. *Circulation*. 2018;138(4):345–355. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.032047>
7. Потёмкина Р.А., Мыльникова Л.А., Камынина Н.Н. и др. Профилактика неинфекционных заболеваний: от изучения факторов риска до национальных программ. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021;65(5):440–446. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-5-440-446>
Potemkina R.A., Mylnikova L.A., Kamynina N.N., et al. Prevention of noncommunicable diseases: from risk factors to the national programs. *Health care of the Russian Federation*. 2021;65(5):440–446. (In Russ.). <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-5-440-446>
8. Степанов В.С., Рыбкина И.Д., Орлова Е.С. Факторы окружающей среды и вредных привычек в моделях распространённости онкопатологии в муниципальных образованиях Алтайского края и других регионов. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(4). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.022>
Stepanov V.S., Rybkina I.D., Orlova E.S. Environmental factors and bad habits in models of the malignancy prevalence in the municipalities of Altai Krai and other regions. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(4). (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.022>
9. Соленова Л.Г. Современные подходы к оценке влияния загрязнения окружающей среды на онкологический риск. *Успехи молекулярной онкологии*. 2020;7(1):17–22. <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2020-7-1-17-22>
Solenova L.G. Current approaches to assessment of the impact of the environmental contamination on cancer risk. *Advances in Molecular Oncology*. 2020;7(1):17–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2020-7-1-17-22>
10. Солодкий В.А., Павлов А.Ю., Дзидзария А.Г. и др. Рак мочевого пузыря: роль модифицируемых факторов риска. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2020;4(2):105–110. <https://doi.org/10.32364/2587-6821-2020-4-2-105-110>
Solodkiy V.A., Pavlov A.Yu., Dzidzariya A.G., et al. Bladder cancer: the importance of modifiable risk factors. *Russian Medical Inquiry*. 2020;4(2):105–110. (In Russ.). <https://doi.org/10.32364/2587-6821-2020-4-2-105-110>
11. Вазенин А.В., Новикова С.В., Тюков Ю.А. Онкоэпидемиологическая ситуация в Российской Федерации и в мире на основе анализа показателей ведущих злокачественных новообразований населения. *Менеджер здравоохранения*. 2025;(3):135–144. <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2025-3-135-144>
Vazhenin A.V., Novikova S.V., Tyukov Yu.A. The oncoepidemiological situation in the Russian Federation and in the world based on the analysis of indicators of the leading malignant neoplasms of the population. *Manager Zdravoohranenia*. 2025;(3):135–144. (In Russ.). <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2025-3-135-144>
12. Доможирова А.С. Комплексное медико-статистическое прогнозирование как основа перспективного планирования специализированной онкологической помощи в регионах. *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена*. 2016;5(1):47–50. <https://doi.org/10.17116/onkolog20165147-50>

- Domozhirova A.S. Complex health statistical prediction as a basis for the long-term planning of specialized cancer care in the areas of the Chelyabinsk Region. *P.A. Herzen Journal of Oncology*. 2016;5(1):47–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/onkolog20165147-50>
13. Степанов В.С. Прогноз общей онкологической заболеваемости в регионах и муниципалитетах России на основе многофакторной модели. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(1). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.40.1.022>
Stepanov V.S. The forecast of cancer prevalence in the regions and municipalities of Russia based on a multivariate model. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(1). (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.40.1.022>
 14. Мирасова В.М., Малыгина Н.В. Определение зависимости уровня заболеваемости граждан регионов РФ от состояния окружающей среды с помощью многомерных статистических методов. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2017;(1):58–66.
Mirasova V.M., Malygina N.V. Definition of dependence incidence of citizens in the regions of the Russian Federation on the state of environment by means of multivariate statistical methods. *XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus*. 2017;(1):58–66. (In Russ.).
 15. Аскаров Р.А., Аскарова З.Ф., Давлетшин Р.А. и др. Анализ состояния здоровья населения Уральского (горнодобывающего) региона Республики Башкортостан. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022;66(2):116–123. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-2-116-123>
Askarov R.A., Askarova Z.F., Davletshin R.A., et al. Analysis of the health state of the population of the Ural (mining) region of the Republic of Bashkortostan. *Health care of the Russian Federation*. 2022;66(2):116–123. (In Russ.). <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-2-116-123>
 16. Солодкий В.А., Каприн А.Д., Нуднов Н.В. и др. Современные системы поддержки принятия врачебных решений на базе искусственного интеллекта для анализа цифровых маммографических изображений. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2023;104(2):151–162. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-2-151-162>
Solodkiy V.A., Kaprin A.D., Nudnov N.V., et al. Contemporary medical decision support systems based on artificial intelligence for the analysis of digital mammographic images. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2023;104(2):151–162. (In Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-2-151-162>
 17. Tudor C., Sova R.A. Mining Google Trends data for nowcasting and forecasting colorectal cancer (CRC) prevalence. *PeerJ Computer Science*. 2023;9:e1518. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1518>
 18. Лучинин А.С. Прогностические модели в медицине. *Клиническая онкогематология. Фундаментальные исследования и клиническая практика*. 2023;16(1):27–36. <https://doi.org/10.21320/2500-2139-2023-16-1-27-36>
Luchinin A.S. Prognostic models in medicine. *Clinical Oncohematology. Basic Research and Clinical Practice*. 2023;16(1):27–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/2500-2139-2023-16-1-27-36>
 19. Бузинов Р.В., Кику П.Ф., Унгурияну Т.Н. и др. *От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья населения*. Архангельск: Северный государственный медицинский университет; 2016. 397 с.
 20. Будилова Е.В., Лагутин М.Б. Социально значимые заболевания населения России и факторы среды (по 84 субъектам РФ за 2014–2016 гг.). *Вестник Московского*

- университета. Серия 23: Антропология. 2019;(4):87–104. <https://doi.org/10.32521/2074-8132.2019.4.087-104>
- Budilova E.V., Lagutin M.B. Socially significant diseases of the Russian population and environmental factors (84 regions of the Russian Federation for 2014–2016). *Moscow University Anthropology Bulletin*. 2019;(4):87–104. (In Russ.). <https://doi.org/10.32521/2074-8132.2019.4.087-104>
21. Фон Фингергут Г., Лебедев С.В., Кузнецов В.В. и др. Влияние уровня употребления алкоголя на здоровье пожилых россиян Дальнего Востока Российской Федерации. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2021;(2):84–88.
Von Fingerhut G., Lebedev S.V., Kuznetsov V.V., et al. The influence of alcohol consumption on the health of Russian older people in the Russian Far East. *Pacific Medical Journal*. 2021;(2):84–88. (In Russ.).
22. Винокуров Ю.И., Путилова А.А. Анализ онкологической заболеваемости и её связей с факторами окружающей среды на территории Алтайского края. *География и природные ресурсы*. 2013;(4):101–106.
23. Ковригин А.О., Лубенников В.А., Колядо И.Б. и др. Оценка заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения Алтайского края, находившегося в зоне влияния Семипалатинского полигона при проведении первого испытания, в отдаленном периоде. *Сибирский онкологический журнал*. 2021;20(6):7–12. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2021-20-6-7-12>
Kovrigin A.O., Lubennikov V.A., Kolyado I.B., et al. Estimation of cancer incidence in the male population of the Altai Krai affected by the Semipalatinsk nuclear test. *Siberian Journal of Oncology*. 2021;20(6):7–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2021-20-6-7-12>
24. Lilliefors H.W. On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown. *Journal of the American Statistical Association*. 1967;62(318):399–402.
25. Степанов В.С. Прогноз распространенности онкозаболеваний среди жителей Московского региона на основе модели регрессии. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(3). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.46.3.023>
Stepanov V.S. The forecast of the prevalence of cancer among residents of the Moscow region based on a regression model. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(3). (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.46.3.023>
26. Карамова Л.М., Гайнуллина М.К., Башарова Г.Р. и др. Онкологическая заболеваемость в Республике Башкортостан за 2002–2018 годы. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022;66(4):302–307. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-4-302-307>
Karamova L.M., Gainullina M.K., Basharova G.R., et al. Cancer incidence in the Republic of Bashkortostan for 2002–2018. *Health care of the Russian Federation*. 2022;66(4):302–307. (In Russ.). <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-4-302-307>
27. Егорова А.Г., Суслин С.А., Орлов А.Е. и др. Онкоэпидемиологическая панель тенденций заболеваемости злокачественными новообразованиями как основа разработки региональной программы первичной профилактики рака. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2024;(3):553–581. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-3-553-581>
Egorova A.G., Suslin S.A., Orlov A.E., et al. Oncoepidemiological panel of cancer incidence trends as a basis for the development of a regional program for primary cancer

- prevention. *Current problems of health care and medical statistics*. 2024;(3):553–581. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-3-553-581>
28. Radespiel-Tröger M., Geiss K., Twardella D., et al. Cancer incidence in urban, rural, and densely populated districts close to core cities in Bavaria, Germany. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2018;91(2):155–174. <https://doi.org/10.1007/s00420-017-1266-3>
29. Михайличенко К.Ю., Курбатова А.И., Саласар Флорес К.А. и др. Риск для здоровья населения от загрязнения питьевой воды канцерогенными химическими веществами в системах централизованного водоснабжения. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023;15(4):291–306. (На англ.). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-4-291-306>
Mikhaylichenko K.Yu., Kurbatova A.I., Salazar Flores C.A., et al. Public Health Risk from Contamination of Drinking Water with Carcinogenic Chemicals in Centralized Water Supply Systems. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023;15(4):291–306. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-4-291-306>
30. Боев В.М., Зеленина Л.В., Кряжев Д.А. и др. Анализ канцерогенного риска при воздействии факторов окружающей среды на здоровье населения крупного промышленного города и заболеваемость злокачественными новообразованиями. *Здоровье населения и среда обитания*. 2016;(6):4–7.
Boev V.M., Zelenina L.V., Kryazhev D.A., et al. Analysis on exposure carcinogenic risk of environmental factors on health largest industrial cities and malignant tumors. *Public Health and Life Environment*. 2016;(6):4–7. (In Russ.).
31. Ефимова Н.В., Ханхареев С.С., Моторов В.Р. и др. Оценка канцерогенного риска для населения города Улан-Удэ. *Гигиена и санитария*. 2019;98(1):90–93.
Efimova N.V., Khankharev S.S., Motorov V.R., et al. Assessment of the carcinogenic risk for the population of Ulan-Ude. *Hygiene and Sanitation*. 2019;98(1):90–93. (In Russ.).
32. Хамитова Р.Я., Лоскутов Д.В. Алкогольная ситуация и злокачественные новообразования в регионе Российской Федерации. *Медицинские технологии. Оценка и выбор*. 2020;(3):61–68.
Khamitova R.Ya., Loskutov D.V. Alcoholic situation and malignant neoplasms in the region of the Russian Federation. *Medical Technologies. Assessment and Choice*. 2020;(3):61–68. (In Russ.).
33. Колпакова А.Ф. О связи антропогенного загрязнения воздуха взвешенными частицами с риском развития онкологических заболеваний (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2020;99(3):298–302.
Kolpakova A.F. On the relationship of anthropogenic air pollution by particulate matter with cancer risk. *Hygiene and Sanitation*. 2020;99(3):298–302. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Степанов Владимир Сергеевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Центрального экономико-математического института РАН, Москва, Российская Федерация.
e-mail: vladstep0355@gmail.com
ORCID: [0000-0002-4478-376X](https://orcid.org/0000-0002-4478-376X)

Vladimir S. Stepanov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher of the Central Economics and Mathematics Institute of the RAS, Moscow, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 12.05.2026; одобрена после рецензирования 13.07.2026;
принята к публикации 26.08.2026.*

*The article was submitted 12.05.2026; approved after reviewing 13.07.2026;
accepted for publication 26.08.2026.*