

УДК 616-006; 519.237.5

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.43.4.022](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.022)

Факторы окружающей среды и вредных привычек в моделях распространённости онкопатологии в муниципальных образованиях Алтайского края и других регионов

В.С. Степанов¹, И.Д. Рыбкина², Е.С. Орлова²

¹Центральный экономико-математический институт РАН, Москва,
Российская Федерация

²Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Российская Федерация

Резюме. В статье строится регрессионная зависимость, которая связывает контингенты лиц, страдающих от опухолей и проживающих в муниципальных образованиях Алтайского края, с комплексом факторных объясняющих переменных, многие из которых взяты с лагами. Этот комплекс состоит из покупательной способности средней заработной платы на крупных и средних предприятиях, среднего за год объема потребления алкогольных напитков (на душу возраста 15+), доли пожилого населения и нескольких фиктивных переменных. Последние характеризуют уровень техногенного загрязнения территории муниципалитета вследствие разных причин, а также качество его автомобильных дорог. В результате построена линейная модель регрессии с коэффициентом детерминации около 98 %, а также с ошибками аппроксимации 1,2 % на обучении и около 4 % на экзамене. Ее параметры оценивались методом наименьших квадратов по данным за 2018-2019 гг. После оценки по точности, на основе модели выполнен прогноз численности контингента лиц, страдающих опухолями любой локализации, с горизонтом планирования в 1 год. Такие прогнозы сделаны как для ряда городских округов, так и для муниципальных районов этого края, а также для многих районов Орловской, Курганской и ряда других областей, некоторых республик и краев России. Дополнительно выполняется прогнозирование по формально близкой модели, оцененной по региональным данным за 2017-2018 гг. На основе этих моделей можно принимать научно-обоснованные управленческие решения, направленные на первичную профилактику общей онкологической заболеваемости населения и разработку конкретных мероприятий по борьбе с раком.

Ключевые слова: модель регрессии с переменной структурой, новообразование, техногенное загрязнение территории, загрязнение атмосферного воздуха, курение, потребление алкогольных напитков, муниципальное образование, регион.

Для цитирования: 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). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1460> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.022

Environmental factors and bad habits in models of the malignancy prevalence in the municipalities of Altai Krai and other regions

V.S. Stepanov¹, I.D. Rybkina², E.S. Orlova²

¹Central Economics and Mathematics Institute of the RAS, Moscow, the Russian Federation

²Institute for Water and Environment Problems of the SB RAS, Barnaul, the Russian Federation

Abstract. The article proposes a regression relationship that connects the prevalence of malignant neoplasm cases in Altai Krai with a complex of explanatory variables, some of which are taken with lags. This complex consists of the purchasing power of the average wages for employees in large and medium-sized organizations, the average volume of alcoholic beverages consumption (per adult capita with age 15+), the share of the elderly population and several dummy variables. The latter characterize the level of technogenic pollution of the municipality territory due to various reasons, as well as the quality of its highways. As a result, a regression model with the variable structure was built. The model has a coefficient of determination of about 98 % and a mean absolute percentage error of 1,2 %. Its parameters were estimated using the ordinary least squares method on panel data for 2018-2019. After assessing the accuracy of the model, it predicts the prevalence of cancer within the municipality with a planning horizon of one year. Such forecasts were made both for a number of urban districts and for municipal districts of Altai Krai, as well as for many districts of Orel and Kurgan Oblasts and a number of other regions in Russia. Additionally, forecasting is performed by means of a roughly similar model that has been created using regional data for 2017-2018. Based on these two models, it is possible to make science-based management decisions aimed at the primary prevention of general cancer morbidity in the population of the municipality and development of specific activities against the morbidity.

Keywords: variable structure regression model, malignant neoplasm, technogenic pollution of territory, atmospheric air pollution, smoking, consumption of alcohol beverages, municipality, region.

For citation: 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). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1460> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.022 (In Russ.).

Введение

Для увеличения продолжительности жизни во многих регионах РФ большое значение имеет снижение смертности из-за болезней сердца и сосудов, онкологии и др. Причем ключевую роль играет снижение смертности в трудоспособном возрасте [1]. Проблема снижения заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) важна для органов здравоохранения в регионах и граждан, поэтому для реализации проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями» были разработаны программы¹. Этот вопрос актуален для страны, так как она несет бремя расходов из-за инвалидности трудоспособного населения и высоких затрат на лечение [2].

В последние два десятилетия для краткосрочного прогноза заболеваемости населения России все чаще начинают применяться математические модели, которые реализованы в виде алгоритмов и программ. Это можно объяснить широким распространением таких инструментов статистического анализа, как: *IBM SPSS, Statistica, Stata, R, Python, E-Views, MS-Excel*, – и разных систем моделирования: искусственные нейронные сети, *AnyLogic*, и т. д. Кроме того, за последние три десятилетия собрана статистика в разрезе стран, регионов России, ее муниципальных образований (МО). К этой статистике и базе данных обеспечен свободный доступ².

В большинстве исследований моделирование заболеваемости различными формами ЗНО выполняется на макро- или мезоуровнях: в разрезе стран и регионов. Например,

¹ Региональная программа «Борьба с онкологическими заболеваниями в Алтайском крае». Барнаул: Приказ Министра здравоохранения Алтайского края № 254 от 19.06.2023.

² База данных «Показатели муниципальных образований»: Алтайский край. URL: <https://22.rosstat.gov.ru/folder/33031> (дата обращения: 13.08.23).

краткий обзор работ с моделями для регионов имеется в [3]. Намного реже приводятся модели, построенные в разрезе городов, районов. Такие модели по заболеваемости населения ЗНО, или с контингентами больных публикуются редко, т. к. статистика случаев ЗНО на микроуровне сравнительно труднодоступна. В последние годы, в исследованиях ЗНО применяется ряд моделей: *GIS*-технологии [4], методы прикладной статистики, нейронные сети и др. [5, 6]. Аналогичные исследования часто выполняются и за рубежом, например, в [7]; или в [8] – для территорий ФРГ и др.

При построении упомянутых выше моделей, в качестве исходных переменных сначала рассматривают различные факторы риска развития заболевания, после чего, отобрав информативные факторы, строят модель. Факторы, определяющие развитие ЗНО в организме человека, изучаются во многих работах: [3, 6, 10, 11] и др. Среди них возраст, с которым связано ослабление работы иммунной системы у многих пожилых людей и образ жизни, особенности питания, частота и наличие стрессовых ситуаций. Значительную роль в развитии этих процессов играют и факторы окружающей среды: загрязнение атмосферного воздуха (и/или воздуха на рабочем месте), качество питьевой воды и степень загрязненности водных объектов территории, где проживает население (или в месте выращивания растений, овощей, фруктов), уровень радиационного загрязнения, выходы радона из-под земли и др. [10, 12]. Некоторые из этих вопросов актуальны и в ЕС, где воздух стал чище, но из-за неблагоприятных факторов окружающей среды смертность населения еще остается высокой [13].

В созданной ниже модели две фиктивные переменные булевского типа со значениями из $\{0,1\}$ включают в себя информацию об уровнях техногенных загрязнений, наблюдаемых на территориях МО. Ниже принято, что последними являются либо районы, либо городские округа рассматриваемого региона. Следующая фиктивная переменная учитывает особенности сети автомобильных дорог в МО, отвечая на возможный вопрос: «есть ли здесь дороги регионального значения?». Таким способом делается учет возможного загрязнения территории района из-за автотранспорта.

Например, в [14] сделано эколого-гигиеническое исследование 27 районов Брянской области. Здесь оказалось, что основными источниками воздействия на окружающую среду были транспортные средства, ряд строительных предприятий и загрязнения из-за последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Другой пример: после пятилетнего мониторинга почти 10 загрязняющих веществ в воздухе одного из городов и с последующим анализом данных, оказалось, что 85 % вклада в загрязнение воздуха вносил автотранспорт [15]. При этом на цветных картах города показаны поля концентраций вредных веществ; многие из последних были обусловлены трафиком автомобилей. Высокие уровни концентраций были привязаны к участкам автодорог с наибольшей загруженностью, а также к развязкам дорог и/или местам расположения промпредприятий. Вопрос учета автодорог будет подробнее рассмотрен в «Обсуждении».

В обзоре [16] кратко освещается ряд работ, в которых объясняются механизмы канцерогенного действия алкоголя на организм человека. Развитие ряда форм ЗНО связано с алкоголизмом и/или потреблением вредных доз алкогольных напитков. Также было выявлено, что латентный период – интервал между моментом времени потребления алкоголя и увеличением риска развития ЗНО – равен примерно 10 лет, то есть лаг $\tau \approx 10$ [17]. В другой статье [18] оценивалась связь заболеваемости ЗНО населения одного из регионов с объемом продаж алкогольных напитков. Характер взаимозависимости алкогольных показателей и частоты появления ЗНО здесь определялся методами

прикладной статистики: через расчет коэффициентов регрессии, эластичности и непараметрической корреляции Спирмена (r) с лагом в год и более. Было установлено, что коэффициент корреляции между новыми случаями ЗНО и объемом продаж алкогольных напитков (в пересчете на спирт) равен $r = 0,53$ для синхронного случая; однако высоких значений ($r = 0,98$) он достигал при лаге 7 лет, сохраняясь при росте до значения $\tau = 12$. Показатели потребления алкоголя также были значимо связаны с распространенностью случаев ЗНО, причем с лаговым эффектом.

В статье [19] были рассмотрены многие формы ЗНО по регионам мира с 1990 по 2019 гг. с фокусом внимания на случаи развития рака у лиц возраста до 50 лет. Из-за высокой смертности большое значение имели четыре локализации ЗНО: в области легких, желудка, молочных желез и кишечника. Это было особенно актуально для стран со средним социально-демографическим индексом (и чуть выше), к которым относится и Россия, а также у лиц возраста 40-49 лет. Среди факторов риска развития этих форм ЗНО у человека были особенности диеты, потребление алкоголя и курение.

Наконец, в [1] описана методология DALY, разработанная ВОЗ на основе исследования глобального бремени болезней (GBD), которое было создано в институте IHME при Вашингтонском университете. Показатель DALY (disability-adjusted life years – *англ.*) в количественном виде оценивает потерянные годы жизни, возникшие из-за раннего наступления случаев смерти и инвалидности человека. Так, единица по шкале DALY эквивалентна потере 1 года его здоровой жизни. Используя данные за 2013 г., расчеты, методологию GBD, автор выполнила анализ основных причин заболеваемости россиян и их преждевременной смертности по этому показателю (для варианта «трудоспособные лица»); также ею сделана оценка, какие факторы риска были наиболее важны в российском исследовании GBD. Из диаграммы этой статьи видно, что развитие ЗНО дает высокий вклад в DALY лиц возраста 50+ (но, в два раза меньший, чем вклад болезней сердца и сосудистой системы). Также показано, что потребление алкоголя и курение имеют огромное значение по шкале DALY: как в группе 15-49 лет, так и для слоя «50-69 лет» [1]. При этом лицам последней категории очень важны: отказ от курения, физическая активность и правильная диета.

Целью исследования является построение многофакторной модели регрессии (с оценкой ее по точности), которая связывает распространенность случаев ЗНО на исследуемой территории к концу года t с комплексом объясняющих переменных, многие из которых взяты с лагами. Такой территорией ниже у нас чаще был тот или иной район края, региона. Подобные модели помогают более эффективно планировать профилактические и лечебные мероприятия, направленные на борьбу с раком.

На этапе оценивания в модели использовались лишь районы Алтайского края, а на этапе экзамена кроме них также делался прогноз для многих МО Курганской и Орловской областей, а также – некоторых других. Для крупных городских округов она обычно дает заниженные оценки; тем не менее, для средних или малых городов можно получить достаточно точные прогнозы. Применение модели проиллюстрировано на МО, где опубликованы значения Y за 2015-2020 гг. Для сравнения, в городских округах, а иногда и районах применялась и модель 2, оцененная для регионов [10].

Материалы и методы

Объектами исследования были: а) данные Росстата, собранные на территориях МО за несколько лет по возрастным группам населения, включая 2020 год, и другие: сведения о

потреблении взрослыми жителями разных алкогольных напитков; сведения о среднемесячных зарплатах в организациях территории (без малого бизнеса); б) данные Минздрава с контингентами лиц, страдающих от ЗНО, опубликованные в региональных программах типа¹; в) информация о техногенных загрязнениях (содержательные знания, карты загрязнений); г) картографическая информация из Атласа автомобильных дорог. Алтайский край (Новосибирск: ФГУП «ПО Инжгеодезия», 2007. 160 с.).

Обработка данных и статистический анализ выполнялись средствами *MS-Excel*. В материал обучения, на основе которой оценивались параметры модели, переменная Y чаще всего входит за 2019 г¹. Заметно реже брались данные для Y за 2018 г. и совсем редко использовались значения за 2020 г. В итоге по 44 территориям Алтайского края, исключая городские округа краевого значения (г.о.), была сформирована несбалансированная панель с 75 наблюдениями. Материал обучения также можно представить в виде матрицы “объект-признак”, роль объектов в которой выполняется наблюдениями над МО этого края за тот или иной год, а роль признаков здесь играют факторные объясняющие переменные. Такими переменными после обзора литературы и с учетом ограничений из^{2, 3} были взяты следующие:

- X_1 – доля жителей старших возрастов, в % (или *Age* в Таблице 1, см. ниже);
- X_2 – покупательная способность среднемесячной зарплаты работников средних и крупных организаций территории МО (*Wage*); для нее вначале взят логарифм $Ln(\cdot)$;
- X_3 – квадрат объема потребления алкогольных напитков V_a в розничной торговле (водка и крепкие аналоги, а также вино, пиво и т. д.) жителем территории «в возрасте 15+», в пересчете на крепкие напитки, [л/чел] в году с отсчетом $t-\tau$, который взят с существенным лагом τ ; иначе говоря, это факторная переменная вида $X_3 = 0,1 \cdot (V_a)^2$;
- d_3 – фиктивная переменная (*dummy*), которая описывает категорию автомобильных дорог общего пользования (АДОП), проходящих через территорию МО; так, $d_3=1$ – при наличии здесь АДОП краевого значения; $d_3 = 0$ – они – либо «федерального значения», либо нет дорог ни регионального, ни федерального типа;
- d_1, d_2 – *dummy*-переменные, которые описывают уровень техногенного загрязнения территории МО из-за различных причин (например, в Алтайском крае это загрязнение атмосферного воздуха, учет объемов сброса загрязненных сточных вод, радиационные загрязнения и факты падения вторых ступеней ракет и т. д.).

Здесь значение набора $d_1=1, d_2=0$, если имеется повышенный уровень загрязнений, а случай $d_1=0, d_2=1$, если он – еще более высокий. Наконец, вариант с $d_1=d_2=0$, имеет место, если территория была мало загрязнена из-за перечисленного.

Итого, в спецификацию предлагаемой модели входят шесть факторов, причем первые три входят с лагами. Небольшое преимущество этого перечня факторов заключается в том, что модель формально легко применять ко многим МО России, если для них хорошо определяются значения *dummy* факторов d_1, \dots, d_3 . Ниже используется спецификация модели регрессии с переменной структурой, имеющая следующий вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_3 + \beta_4 \cdot d_1 + \beta_5 \cdot d_2 + \beta_6 \cdot d_3 + \varepsilon, \quad (1)$$

где Y – численность контингента лиц с ЗНО в году с меткой t в расчете на 100 тыс. жителей (или $Y^{(t)}$), а X_1, \dots, X_3 – вышеописанные факторы, наблюдаемые на территории за ряд лет,

³ Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов: Стат. сб. / Росстат. М.: 2016–2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13206> (дата обращения: 13.08.23).

что предшествуют году t . Случайная составляющая ε имеет нулевое среднее значение и неизвестную дисперсию σ^2 . Через $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$ обозначены неизвестные параметры модели, оцениваемые по наблюдениям над территориями, причем свободный член β_0 отражает влияние на Y других факторов, не учтенных в (1). Переменные Y, X_1, X_2, X_3 имеют сверху индекс, привязанный к году t . Например, для Y индекс записан через $Y^{(t)}$, но часто, для простоты записи он не показывается. Также в формуле (1) справа стоят dummy переменные. Одна из них описывает свойства сети автомобильных дорог, что проходят через данное МО, а две прочих кодируют уровни техногенного загрязнения его территории. Оценки b_0, b_1, \dots для β -параметров – и оценка s для σ , – находятся по методу наименьших квадратов (МНК) по таблице «обучения», куда входят панельные данные. Это сделано в *MS-Excel* [20] для варианта оценивания параметров «объединенная регрессия». На этапе «обучение» оцениваются неизвестные параметры из (1) и затем проверяется ее точность на этапе «экзамена».

Также стандартными средствами в *MS-Excel* находилась статистика Дарбина и Уотсона, или *DW*, рассчитывались остатки регрессии, строилась эмпирическая функция распределения этих остатков. Наконец, рассчитывались статистики критериев согласия для проверки того, что остатки имеют закон нормальный распределения и проверялись условия теоремы Гаусса-Маркова. Она ранее обосновала корректность выбора МНК.

Результаты

После традиционной работы с материалом обучения, в итоге получается модель:

$$Y^{(t)} = b_0 + b_1 X_1^{(t-1)} + b_2 X_2^{(t-1)} + b_3 X_3^{(t-8)} + b_4 d_1 + b_5 d_2 + b_6 d_3, \quad (2)$$

где $Y^{(t)}$ (или Y) – численность контингента лиц со ЗНО к концу года t на 10^5 жителей МО, а факторные объясняющие переменные X_1, \dots, X_3 входили с лагами по отсчетам t .

В Таблице 1 приводятся значения оценок b_0, \dots, b_6 для β -коэффициентов из (1) и значения t -статистик Стьюдента. Последние часто применяются при проверке гипотез $H_0: \beta_j = 0$ о значимости j -го фактора (здесь $j = 1, \dots, 6$). Они показаны ниже в скобках.

Таблица 1 – Результаты оценивания коэффициентов $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$, значения лагов и статистик
Table 1 – Estimation results of $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$ parameters, lag values and statistics

Факторная переменная		Лag	Оценка	Значение
1	2	τ	β	t
		3	4	5
b_0 – оценка свободного члена β_0 :			-2453,5	(-10,1)
X_1	Доля жителей старших возрастов, или <i>Age</i> , (%)	1	110,09	(45,9)
$Ln(X_2)$	$100 \cdot Wage$ /ПМ – фактор с уровнем оплаты труда	1	279,78	(6,7)
X_3	<i>Alcohol</i> , его потребление в возрасте 15+, за год	8	2,548	(4,16)
d_1	Загрязнения территории: ”средний уровень” –?		280,0	(20,7)
d_2	Тоже, в случае ”более высокий уровень” –?		533,3	(38,6)
d_3	Имеются ли дороги “регионального значения” –?		73,0	(7,2)
$n = 75$	$R^2_{adj} = 97,9 \%$		$F(68,6)=575$	$DW= 1,88$

В последней строке показана F -статистика Фишера, имеющая высокое значение, откуда гипотеза $H_0: \beta_1 = \dots = \beta_6 = 0$ отвергается с вероятностью почти 1. Значение t -статистики из 5-го столбца определяется в виде отношения значения b_j к средней квадратичной ошибке оценивания. Для каждого из шести факторов достигнутый уровень значимости (или p -значение) был малым: $p < 0,0001$. Стандартная ошибка оценивания Y равна 42,38, а подправленная оценка R_{adj}^2 коэффициента детерминации R^2 равна $\approx 98\%$ [20]. То есть модель (2) со значениями b -оценок из 4-го столбца этой таблицы объясняет высокую долю дисперсии $Y^{(t)}$, а ее приложение к n наблюдениям таблицы обучения приводит к средней процентной ошибке, равной 1,2 ($\pm 0,8$)%. Это значение определяется как: $MAPE = (100/n) \cdot \sum_{i=1}^n |Y_{i,est} - Y_{i,f}| / Y_{i,f}$, где MAPE – сокращение для mean absolute percentage error [23]. Здесь входит $Y_{i,est}$ – оценка Y согласно выражению (2) для i -го наблюдения из таблицы обучения, а $Y_{i,f}$ – фактическое значение Y из¹. На Рисунке 1 показаны результаты прогноза $Y^{(t)}$ по (2) для девяти МО края при разных отчётах: $t = 1$ относится к 2018 г., и т. д.

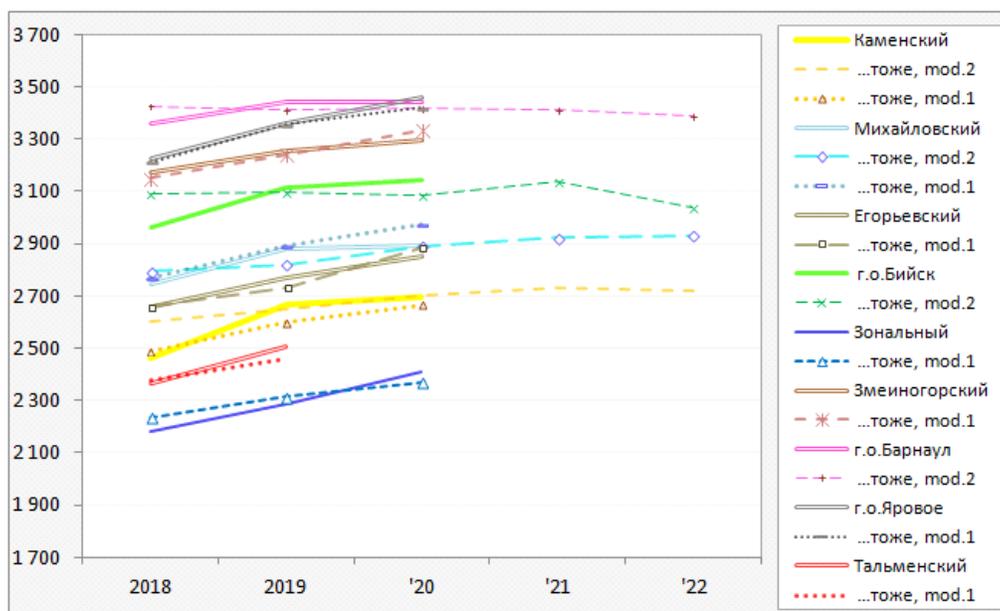


Рисунок 1 – Распространенность ЗНО на территориях Алтайского края или $Y^{(t)}$
 Figure 1 – Cancer prevalence in districts and towns of Altai Krai or $Y^{(t)}$

Для ряда городов и двух районов здесь показан и прогноз по «модели 2», оцененной по региональным данным в [10]. Это сделано потому, что для этих МО даны ежегодные значения для среднегодовых загрязнений атмосферного воздуха, а для городов Барнаул и Бийск дополнительно были известны ежегодные концентрации канцерогенного углеводорода «бензапирен»^{4,5}. Также для ряда МО были известны ежегодные данные по

⁴ Доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Алтайском крае в 2017-2021г.» / Таблица 18. Барнаул: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае»; 2018-2022 гг.

⁵ Справка по результатам мониторинга бенз[а]пирена в воздухе городов РФ в 2017-2021 гг. Обнинск: НПО «Тайфун»; 2016-2022. URL: <https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (дата обращения: 24.11.23).

объемам сброса загрязненных сточных вод. Небольшое снижение прогнозных значений $Y^{(t)}$ для случая 2021 и 2022 гг. в этих довольно больших городах связано с небольшим уменьшением значений переменной Age (в г.о. Бийске) или с ее более слабым ростом, чем он здесь обычно наблюдался в предыдущие годы. Этот эффект возник вследствие пандемии COVID-19 и связанного с ней роста избыточной смертности. Модель из (2) иногда может ее удачно дополнить вследствие учета потребления алкоголя, а также – фактора с заработной платой и учета особенностей автодорог.

Обсуждение

Заметим, что гипотеза о нормальности распределения остатков не отвергалась (функции распределения остатков регрессии качественно очень похожи на аналоги из [10]). Статистика DW отличается от 2,0 незначимо, отсюда автокорреляции 1-го порядка не выявлено. Остатки модели (2), отложенные относительно значений $Y_{i,est}$, ровно вытянуты в виде горизонтальной полосы, поэтому явного нарушения свойства гомоскедастичности нет. Это обосновывает корректность выбора подхода через МНК.

Если дополнительно рассмотреть вопрос оценки точности модели 1, то важны следующие аспекты. На этапе «экзамен», на котором дополнительно оценивается точность модели (2), $MARE$ оказалась равной 4,1 %. Здесь использовались некоторые МО, которые ранее вошли в материал обучения, но имели там другие отсчеты $Y^{(t)}$ во времени, а также – для ее значений за 2018-2019 гг., но взятых для других районов этого края. Модель 1 также применялась для прогнозирования Y – то есть получения оценок $Y_{i,est}$ по (2), – в 22 районах из Орловской области и в 20 – Курганской области. Это приводило к значениям $MARE$, равным 2,6 % и 2,2 %. Также она достаточно хорошо работала для районов из Белгородской, Липецкой и еще нескольких областей и ряда республик. Наконец, для МО из Пермского, Приморского края.

Теперь выскажемся по поводу автомобильных дорог и приписывания единиц для dum -фактора d_3 . Так, в [21] предлагается способ, которым можно оценить вред для окружающей среды, возникающий вследствие эксплуатации автомашин и износа дорожного покрытия. Кроме того, в [22] показано, как могут иногда возрастать вредные выбросы в приземном слое воздуха из-за роста трафика грузовых дизельных машин, легковых автомобилей. Из-за повышения в воздухе концентрации сажи и SO_2 , CO , NO_x , в нем увеличиваются концентрации очень мелких частиц, или PM (particular matter – англ.). Это вредно для здоровья, включая риск развития ЗНО [23], особенно из-за $PM_{2.5}$ – микрочастиц диаметром 2,5 мкм, или даже еще ниже [8, 12, 13, 24]. Такие PM нередко наблюдаются вдоль автотрасс, где присоединяют к себе канцерогенные металлы Cr , Cd , Co , Pb . Позднее это может привести к повреждению генома клеток или к эпигенетическим изменениям. Механизм их действия, как и причины развития ЗНО, показан на диаграмме в статье [25]. Отсюда, если полотно дороги высокого качества, состояние шин и выхлопы от двигателей соответствуют требованиям гигиены, машины редко тормозят, трафик дизельных грузовиков мал, то можно ожидать, что из-за этого риск развития ЗНО у жителей будет несколько ниже.

Поэтому при оценке значений d_3 , например, для Курганской и Орловской областей, сначала изучались их карты и затем значение “1” приписывалось районам, где проходит больше автодорог. На карте последней области структура ее авто- и железных дорог при взгляде с очень большой высоты отдаленно напоминает морскую звезду, в центре которой

расположен г. Орел. Другими немалыми городами области были Ливны, Мценск, Болхов³. Поэтому значение $d_3=1$ приписывалось ее районам: Болховский, Орловский, Свердловский, Троснянский, Мценский, Ливенский.

Если говорить о приписывании единичек другим dummy переменным d_1 и d_2 , то здесь полезно изучить карту за 1995 г. с уровнями ^{137}Cs , а также ежегодники^{6,7}. Дополнительно можно учесть факты наличия металлургических и нефтехимических производств (и др.) вблизи мест проживания населения территории. Например, для Алтайского края в [11] приводятся графики смертности из-за болезней органов дыхания за 30 лет, где есть выраженный всплеск на уровне 1985 г. В итоге сделан вывод, что его негативная причина – серия взрывов на Семипалатинском полигоне с сопутствующими им выбросами в атмосферу¹.

Приведем наглядный пример для Алтайского края, о возможном влиянии на переменную Y случаев падения частей ракет, ранее запущенных с Байконура, а также – выбросов от упомянутого полигона. Для этого на Рисунке 1 приводятся графики Змеиногорского и Егорьевского районов. Эти районы имеют почти равные значения X_1 при взятии их синхронно: год в год. При этом первый лежит в зоне падения отделяющихся частей ракет (U-30), и его жители испытывали на себе негативное влияние в большей степени [26]. Здесь было показано, что заболеваемость населения в МО, лежащего в зоне U-30, значительно выше относительно группы контроля, причем для разных болезней. Поэтому принималось, что их dummy-значения соответственно были: $d_1=0, d_2=1$ и $d_1=1, d_2=0$. Также влияло, что в первом районе в 2010-2012 гг. потребляли в 1,5-2 раза больше алкоголя (в возрасте 15+). И здесь значение X_2 на 62 % выше в 2018 г.

Теперь попытаемся объяснить, почему экономический фактор X_2 имеет явно не низкий коэффициент корреляции с Y . Ранее, после анализа статистики из 85 регионов РФ, установлено, что коэффициент корреляции r между зарплатой и первичной заболеваемостью был $\approx 0,44$ [27]. При этом оказалось, что чем выше рейтинг региона по приверженности населения здоровому образу жизни (ЗОЖ), тем в нем ниже зарплаты, а коэффициент корреляции r между ЗОЖ и X_2 равен $-0,53$, т. е. он по модулю высокий. Часто повышенная зарплата выдается в секторах экономики, где нередко встречаются вредные и / или опасные условия труда. Кроме того, работники здесь обычно более напряженно трудятся и нередко испытывают стрессы. Из-за недостатка времени на ЗОЖ, а также стрессов, жители в этих МО, вероятно, чаще приобретают некоторые из вредных привычек. Еще, по предположению, они нередко живут и / или работают в поселениях с более загрязненным воздухом (из-за выбросов стационарных и / или передвижных источников). Также более высокооплачиваемые жители в среднем чаще ездят на личных автомобилях, отчего становятся менее активными физически и сами они, и члены их семей. Наконец, вблизи подобных МО часто выше удельные объемы сбросов загрязненных вод. Все это, при постепенном увеличении возраста таких жителей и ослаблении их иммунитета, повышает риск развития у них ЗНО.

При интерпретации значений b_2 из Таблицы 1 важно помнить, что фактор X_2 косвенно отражает вышеперечисленные особенности. Фактически, это один из индикаторов того, что

⁶ Радиоактивное загрязнение территорий субъектов РФ цезием-137 (карта Орловской области за 1995 г.) ФИАЦ. URL: <https://www.feerc.ru/Ru/Prod1.xml> (дата обращения: 13.08.23).

⁷ Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов РФ цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240. Обнинск; 2015. URL: <https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (дата обращения: 13.08.23).

организмы таких работников и их нервная система в среднем сильнее изнашиваются; возможно, по причинам, перечисленным выше.

Выскажем еще некоторые идеи, связанные со стрессом, курением и потреблением алкоголя россиянами. Исследователями из [28] опрашивались 1200 человек, причем два направления в анкете включали отношение граждан к табаку и алкоголю. Затем анализировались собранные данные, после чего выяснилось, что приобщение граждан к психоактивным веществам начинается с курения табака; к этому более склонны безработные и лица, имеющие временную работу. Еще оказалось, что лица с высшим образованием курят реже, а меньше всего курильщиков было среди пенсионеров и лиц, занятых дома. Это указывает на то, что важнейшей доминантой курения, по-видимому, является «психоэмоциональный стресс». Об этом сообщают и авторы работы [29], опросившие около 1100 чел. Этот стресс оказался особенно актуален для горожан, причем таких из них, которые страдают от ЗНО [29]. В [30] отмечается, что исследователи ранее выявили влияние социального стресса и напряжения нервной системы на здоровье мужчин трудоспособного возраста. Очевидно, что стресс способствует и тому, что жители начинают чаще употреблять различные алкогольные напитки. Идея о весьма сильном влиянии стрессов на здоровье мужчин-россиян отлично иллюстрируется графиком их общей смертности за 2013 г. [1], из которого видно, что после выхода на пенсию она очень круто идет на спад.

В статье [19] предлагается для снижения риска развития ЗНО ограничить потребление алкоголя, избегать курения, правильно питаться, вести ЗОЖ, повысив уровень физической активности. Об этом же сообщает одна из таблиц статьи [6]. Или в [31] на основе больших панельных данных доказано: отказ от курения, малое потребление алкоголя, регулярная физическая активность, снижение стресса и сбалансированная диета сильно улучшают продолжительность жизни в США. Многие из изложенного будет полезно при разработке мер по первичной профилактике рака, как и выводы [29].

Наконец, если говорить про сопоставление двух моделей, рассмотренных выше, то модель 2 из [10] часто бывает полезнее. Причина в том, что здесь предлагается несколько важных путей по снижению риска развития ЗНО. Это и улучшение чистоты атмосферного воздуха в поселениях, и снижение удельных сбросов загрязненных сточных вод (их объемов и / или из-за улучшения их очистки), и снижение интенсивности курения сигарет (ИКС), а также концентраций бензапирена в воздухе. Но для ряда территорий хорошо работают обе модели и получаются графики типа Рисунок 1.

Например, мы применяли одну или обе модели к ряду МО из Красноярского и Забайкальского края, а также к пяти МО из Республики Бурятия с $Y^{(t)}$ за 2019 г. Для МО из этой республики относительная ошибка $\delta = 100 \cdot (Y_{i,est} - Y_{i,f}) / Y_{i,f}$ была по модулю менее 2 % (для каждой из двух моделей). Здесь также принималось, что ИКС ее населения была высокой, или 2,27 в расчете на всех ее жителей возраста 15+: более 2 сигарет ежедневно. Еще для модели 2 из [10] важно, что объем сброса загрязненных сточных вод в г.о. Улан-Удэ в 2016 г. равен 28 [млн м³], откуда переменная этой модели $X_3 = 4,125$. Здесь радиоактивные загрязнения территорий МО, возникшие как следствие давних испытаний на полигоне вблизи г. Семипалатинска, и / или часто наблюдаемые здесь повышенные концентрации радиоактивного радона, кодируются через сочетание значений у факторов d_1 и d_2 . Они были приписаны на основе сведений [32], где сообщается, что изотопом ¹³⁷Cs сильнее загрязнены побережья озера Байкал: Южное, Восточное и Северо-Восточное, как и ряд районов, что находятся поблизости. В статье [33] рассмотрена заболеваемость ЗНО на

территориях Республики за 25 лет, и на Рисунке 2 здесь изображена карта уровня риска заболеваемости жителей Республики, по средним данным за 12 лет, с группировкой ее районов по уровням риска в 4 категории.

Заключение

Построена и оценена по точности модель регрессии с переменной структурой, которая связывает контингенты лиц, страдающих от ЗНО и проживающих на территории того или иного муниципального образования, с рядом факторов: по демографии, образу жизни населения, состоянию окружающей среды и загрязнением от автотранспорта. После обработки 75 панельных наблюдений, эта модель объяснила почти 98 % дисперсии зависимой переменной и дает средние процентные ошибки: 1,2 ($\pm 0,8$) % при обучении и около 4 % на экзамене. Для ряда территорий – немалые города Алтайского края и ряда районов – она применялась совместно с другой моделью, построенной по региональным данным. На основе этих моделей можно сделать прогноз для контингента лиц, страдающих ЗНО, для значительного числа муниципальных территорий РФ с горизонтом 1 год. Такой прогноз будет полезен для специалистов Минздрава, при разработке ими ряда мероприятий по борьбе с раком.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Скорнякова Е.С. Как оценить здоровье? *Медицинские технологии. Оценка и выбор.* 2015;(2):9–15.
2. Улумбекова Г.Э., Альвианская Н.В., Петрачков И.В. Организация и финансирование онкологической помощи в РФ в 2018-2024 годах. *ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучения. Вестник ВШОУЗ.* 2022;48(27):33–74.
3. Степанов В.С. Связь онкологической заболеваемости с возрастом населения, проживающего при неблагоприятных факторах окружающей среды. *Врач и информационные технологии.* 2021;(3):38–49.
4. Архипова О.Е., Черногубова Е.А. Пространственно-временные кластеры онкологической заболеваемости в Ростовской области. *Экология человека.* 2021;28(8):50–56.
5. Боев В.М., Зеленина Л.В., Кряжев Д.А., Тулина Л.М., Неплохов А.А. Анализ канцерогенного риска при воздействии факторов окружающей среды на здоровье населения крупного промышленного города и заболеваемость злокачественными новообразованиями. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНИСО.* 2016;279(6):4–7.
6. Манжуров И.Л., Лежнин В.Л. Многофакторная оценка влияния окружающей среды на развитие онкологических заболеваний. *Экология человека.* 2015;(1):3–9.
7. Оразова Г.У., Карп Л.Л., Рахимбекова Г.А. Ногаева А.У. Математическое моделирование и прогнозирование заболеваемости раком пищевода и желудка в Казахстан. *Clinical Medicine of Kazakhstan.* 2016;40(2):43–49.
8. Radespiel-Troger M., Geiss K., Twardella D., Maier W., Meyer M. 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.
9. Шойхет Я.Н., Колядо В.Б., Трибунский С.И., Мартыненко Т.И. Потери здоровья населения Алтайского края от болезней органов дыхания. *Пульмонология.* 2002;(3):27–35.

10. Степанов В.С. Прогноз общей онкологической заболеваемости в регионах и муниципалитетах России на основе многофакторной модели. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(1). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1286>. DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.022.
11. Веремчук Л.В., Кикун П.Ф., Жерновой М.В. Системное моделирование экологической зависимости распространения онкологических заболеваний в Приморском крае. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2011;(41):48–53.
12. Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю., Бабина С.В., Клейн С.В., Андришунас А.М. Параметризация зависимостей между факторами риска и здоровьем населения при хроническом воздействии многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха. *Анализ риска здоровью*. 2022;(4):33–44.
13. Погоньшева И.А., Погоньшев Д.А. Актуальные проблемы взаимосвязи окружающей среды и здоровья человека в странах Европейского союза. *Гигиена и санитария*. 2019;98(5):473–477.
14. Гегер Э.В., Золотникова Г.П., Капцов В.А. Методы оценки эколого-гигиенического состояния территорий. *Гигиена и санитария*. 2019;98(12):1338–1341.
15. Бобра Т.В., Лычак А.И. Пространственный анализ и моделирование полей концентрации загрязняющих веществ в атмосфере г. Симферополь. *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2022;8(4):104–120.
16. Друк И.В., Семенова Е.В., Логинова Е.Н., Кореннова О.Ю., Семенкин А.А., Лялюкова Е.А., Надей Е.В. Факторы риска развития онкопатологии. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2022;205(9):116–128.
17. Сыса А.Г., Живицкая Е.П., Ковалева А.В., Ивлева Д.В. Оценка этиологической доли ассоциированных с алкоголем опухолей в Республике Беларусь. *Экологический вестник*. 2015;(2):58–63.
18. Хамитова Р.Я., Лоскутов Д.В. Алкогольная ситуация и злокачественные новообразования в регионе Российской Федерации. *Медицинские технологии. Оценка и выбор*. 2020;41(3):61–68.
19. Zhao J., Xu L., Sun J., Song M., Wang L., Yuan S., Zhu Y., Wan Zh., Larsson S., Tsilidis K., Dunlop M., Campbell H., Rudan I., Song P., Theodoratou E., Ding K., Li X. Global trends in incidence, death, burden and risk factors of early-onset cancer from 1990 to 2019. *BMJ Oncology*. 2023;2(1):e000049. DOI: 10.1136/bmjonc-2023-000049.
20. Карлберг К. *Регрессионный анализ в Microsoft Excel*. М.: Диалектика; 2017. 400 с.
21. Леванчук А.В. Загрязнение окружающей среды продуктами эксплуатационного износа автомобильно-дорожного комплекса. *Гигиена и санитария*. 2014;93(6):17–21.
22. Яковенко О.Н., Кравченко Н.А. Загрязнение атмосферного воздуха г. Иркутска выбросами от передвижных источников (применение расчётной методики). *Гигиена и санитария*. 2015;94(1):64–68.
23. Загороднов С.Ю. Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. 2018;30(2):124–133.
24. Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Хисматуллин Д.Р. К расчету количества случаев заболеваний населения, ассоциированных с острым кратковременным воздействием вредных химических веществ в атмосферном воздухе. *Анализ риска здоровью*. 2023;(2):69–79.

25. Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Волкова О.А., Колпаков Ф.А. Роль загрязнения воздуха взвешенными частицами в патогенезе онкологических заболеваний. *Сибирский онкологический журнал*. 2021;20(2):102–109.
26. Колядо И.Б., Плугин С.В., Шойхет Я.Н. Опыт изучения здоровья населения территорий Алтайского края, прилегающих к районам падения отделяющихся частей ракет-носителей. *Бюллетень науки и практики*. 2019;12(5):171–176.
27. Разумовская Е.М., Валеева Г.Ф. Взаимосвязь показателей сферы здравоохранения и социально-экономического развития региона. *Вопросы управления*. 2019;60(5):142–156.
28. Кошкина Е.А., Вышинский К.В., Збарская И.А., Антонова О.И. Особенности употребления психоактивных веществ среди населения отдельных регионов России. *Наркология*. 2010;(4):16–23.
29. Оразова Г.У., Карп Л.Л., Досаханов А.Х., Сауекенова Л.Н., Жаксалыкова Г.Б., Бухановская Л.В., Жылкайдарова А.Ж., Жаппаров Е.И. Некоторые особенности образа жизни как предикторы злокачественных новообразований верхних отделов желудочно-кишечного тракта. *Clinical Medicine of Kazakhstan*. 2015;35(1):45–50.
30. Перхов В.И., Корхмазов В.Т. О влиянии медицины и здравоохранения на общественное здоровье. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2022;(3):693–710.
31. Nguyen X.-M., Li Y., Wang D., Whitbourne S., Houghton S., Hu F., Willett W., Gaziano J.M., Cho K., Wilson P.W.F. PTFS07-07-23 Eight Modifiable Lifestyle Factors Associated With Increased Life Expectancy Among 719,147 U.S. Veterans. *Current Developments in Nutrition*. 2023;7(Suppl. 1):42. DOI: 10.1016/j.cdnut.2023.100200.
32. Чимитдоржиева Т.Н. Радиационная обстановка в Байкальском регионе и здоровье населения на примере территории республики Бурятия. *АНПИ*. 2007;49(2):29–31.
33. Чимитдоржиева Т.Н. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения республики Бурятия. *Российский онкологический журнал*. 2013;(2):42–46.

REFERENCES

1. Skornyakova E.S. How to assess health? *Meditssinskiye tekhnologii. Otsenka i vybor = Medical Technologies. Assessment and Choice*. 2015;(2):9–15. (In Russ.).
2. Ulumbekova G.E., Alvianskaya N.V., Petrachkov I.V. Organization and financing of cancer care in the Russian Federation in 2018-2024. *ORGZDRAV: novosti, mneniya, obucheniya. Vestnik VSHOUZ = Healthcare Management: News. Views. Education. Bulletin of VSHOUZ*. 2022;48(27):33–74. (In Russ.).
3. Stepanov V.S. The relationship of cancer prevalence with age of the population living under adverse environmental factors. *Vrach i informatsionnyye tekhnologii = Medical Doctor and Information Technology*. 2021;(3):38–49. (In Russ.).
4. Arkhipova O.E., Chernogubova E.A. Spatio-temporal clusters of cancer incidence in the Rostov region. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2021;28(8):50–56. (In Russ.).
5. Boev V.M., Zelenina L.V., Kryazhev D.A., Tulina L.M., Neplokhov A.A. Analysis on exposure carcinogenic risk of environmental factors on health largest industrial cities and malignant tumors. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya – ZNISO = Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2016;279(6):4–7. (In Russ.).
6. Manzhurov I.L., Lezhnin V.L. Multifactorial assessment of the influence of the environment on the development of cancer. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2015;(1):3–9.

- (In Russ.).
7. Orazova G.U., Karp L.L., Rakhimbekova G.A., Nogayeva A.U. Mathematical modeling and forecasting of esophageal and stomach cancer case rate in Kazakhstan. *Clinical Medicine of Kazakhstan*. 2016;40(2):43–49. (In Russ.).
 8. Radespiel-Troger M., Geiss K., Twardella D., Maier W., Meyer M. 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.
 9. Shoikhet Ya.N., Kolyado V.B., Tribunsky S.I., Martynenko T.I. Health losses of respiratory diseases in residents of Altai region. *Pul'monologiya = PULMONOLOGIYA*. 2002;(3):27–35. (In Russ.).
 10. Stepanov V.S. The forecast of cancer prevalence in the regions and municipalities of Russia based on a multivariate model. *Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tehnologii = Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(1). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1286>. DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.022. (In Russ.).
 11. Veremchuk L.V., Kiku P.F., Zhernovoi M.V. System modelling of ecological dependence in distribution of oncologic diseases in the territory of Primorski krai. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*. 2011;(41):48–53. (In Russ.).
 12. Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu., Babina S.V., Kleyin S.V., Andrishunas A.M. Parameterization of relationships between risk factors and public health under chronic exposure to complex ambient air pollution. *Analiz riska zdorov'yu = Health Risk Analysis*. 2022;(4):33–44.
 13. Pogonysheva I.A., Pogonyshev D.A. Current issues of the interrelationship between the environment and human health in European Union countries. *Gigiena i Sanitaria = Hygiene and Sanitation*. 2019;98(5):473–477. (In Russ.).
 14. Geger E.V., Zolotnikova G.P., Kaptsov V.A. Methods of evaluation of the sanitary-ecological condition of territories. *Gigiena i Sanitaria = Hygiene and Sanitation*. 2019;98(12):1338–1341. (In Russ.).
 15. Bobra T.V., Lychak A.I. Spatial analysis and modeling of pollutant concentration fields in the atmosphere of town Simferopol. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov = Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*. 2022;8(4):104–120. (In Russ.).
 16. Druk I.V., Semenova E.V., Loginova E.N., Korenova O.Yu., Semyonkin A.A., Lyalyukova E.A., Nadey E.V. Risk factors of malignancy. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya = Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2022;205(9):116–128. (In Russ.).
 17. Sysa A.G., Zhyvitskaya E.P., Kovaleva A.V., Ivleva D.V. Assessment of the etiological proportion of tumors associated with alcohol consumption in the Republic of Belarus. *Ekologicheskiy vestnik = Ecologic bulletin*. 2015;(2):58–63. (In Russ.).
 18. Khamitova R.Ya, Loskutov D.V. Alcoholic situation and malignant neoplasms in the region of the Russian Federation. *Medsitsinskiye tekhnologii. Otsenka i vybor = Medical Technologies. Assessment and Choice*. 2020;41(3):61–68. (In Russ.).
 19. Zhao J., Xu L., Sun J., Song M., Wang L., Yuan S., Zhu Y., Wan Zh., Larsson S., Tsilidis K., Dunlop M., Campbell H., Rudan I., Song P., Theodoratou E., Ding K., Li X. Global trends in incidence, death, burden and risk factors of early-onset cancer from 1990 to 2019. *BMJ Oncology*. 2023;2(1):e000049. DOI: 10.1136/bmjonc-2023-000049.

20. Carlberg C. *Regression Analysis in Microsoft Excel*. M.: Dialektika; 2017. 400 p. (In Russ.).
21. Levanchuk A.V. Environmental pollution by products of wear and tear automobile-road complex. *Gigiena i Sanitaria = Hygiene and Sanitation*. 2014;93(6):17–21. (In Russ.).
22. Yakovenko O.N., Kravchenko N.A. Ambient air pollution in the city of Irkutsk by emissions from mobile sources (the use of the computational method). *Gigiena i Sanitaria = Hygiene and Sanitation*. 2015;94(1):64–68. (In Russ.).
23. Zagorodnov S.Yu. Dust contamination of the atmospheric air of the city as an undervalued risk factor to human health. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika. = PNRPU Bulletin. Urban development*. 2018;30(2):124–133. (In Russ.).
24. Kiryanov D.A., Tsinker M.Yu., Khismatullin D.R. Calculating the number of disease cases associated with acute short-term exposure to harmful chemicals in ambient air. *Analiz riska zdorov'yu = Health Risk Analysis*. 2023;(2):69–79. (In Russ.).
25. Kolpakova A.F., Sharipov R.N., Volkova O.A., Kolpakov F.A. The role of particulate matter air pollution in cancer pathogenesis. *Sibirskiy onkologicheskiy zhurnal = Siberian Journal of Oncology*. 2021;20(2):102–109. (In Russ.).
26. Kolyado I.B., Plugin S.V., Shoikhet Ya.N. The experience of examination of public health in the areas of Altai krai bordering the drop zones for separating parts of launch vehicles. *Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice*. 2019;12(5):171–176. (In Russ.).
27. Razumovskaya E.M., Valeeva G.F. Relationship between health indicators and socio-economic development of the region. *Voprosy upravleniya = Management Issues*. 2019;60(5):142–156. (In Russ.).
28. Koshkina E.A., Vyshinsky K.V., Zbarskaya I.A., Antonova O.I. Features of the use of psychoactive substances among the population of some Russian regions. *Narkologiya = Narcology*. 2010;(4):16–23. (In Russ.).
29. Orazova G.U., Karp L.L., Dossakhanov A.X., Sanyekenova L.N., Zhaksatkova G.B., Bukhanovskaya L.V., Zhylykaaydarova A.Zh., Zhapparov E.I. Some aspects of lifestyle as predictors of malignant neoplasms of upper gastrointestinal tract. *Clinical Medicine of Kazakhstan*. 2015;35(1):45–50. (In Russ.).
30. Perkhov V.I., Korkhmazov V.T. About influence of medicine and health care on public health. *Sovremennyye problemy zdavookhraneniya i meditsinskoy statistiki = Current problems of health care and medical statistics*. 2022;(3):693–710. (In Russ.).
31. Nguyen X.-M., Li Y., Wang D., Whitbourne S., Houghton S., Hu F., Willett W., Gaziano J.M., Cho K., Wilson P.WF. PTFS07-07-23 Eight Modifiable Lifestyle Factors Associated With Increased Life Expectancy Among 719,147 U.S. Veterans. *Current Developments in Nutrition*. 2023;7(Suppl. 1):42. DOI: 10.1016/j.cdnut.2023.100200.
32. Chimitdorzhieva T.N. Radiation situation in the Baikal region and public health on example with territory of the Republic of Buryatia. *ANRI*. 2007;49(2):29–31. (In Russ.).
33. Chimitdorzhieva T.N. Malignant neoplasms in the population of Buryatia republic. *Rossiyskiy onkologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Oncology*. 2013;(2):42–46. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Степанов Владимир Сергеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Центрального экономико-математического института

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

РАН, Москва, Российская Федерация
e-mail: vladstep0355@gmail.com,
stepanov@cemi.rssi.ru
ORCID: [0000-0002-4478-376X](https://orcid.org/0000-0002-4478-376X)

Рыбкина Ирина Дмитриевна, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Российская Федерация
e-mail: irina.rybkina@mail.ru
ORCID: [0000-0002-0081-9652](https://orcid.org/0000-0002-0081-9652)

Irina D. Rybkina, Doctor of Geographical Sciences, Senior Researcher and Head of Laboratory of Water Resources Management at Institute for Water and Environment Problems of the SB RAS, Barnaul, the Russian Federation.

Орлова Елена Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Российская Федерация
e-mail: morana-11@mail.ru
ORCID: [0009-0004-0650-4055](https://orcid.org/0009-0004-0650-4055)

Elena S. Orlova, Junior Researcher at Laboratory of Water Resources Management at Institute for Water and Environment Problems of the SB RAS, Barnaul, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 16.10.2023; одобрена после рецензирования 17.11.2023; принята к публикации 15.12.2023.

The article was submitted 16.10.2023; approved after reviewing 17.11.2023; accepted for publication 15.12.2023.