

DOI: <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2025-15-3-82-90>

Заболеваемость населения Республики Татарстан колоректальным раком и ее связь с метеорологическими условиями и выбросами автотранспорта

Б.И. Гатауллин^{1,2}, А.П. Шлычков³, И.Г. Гатауллин²

¹ФГАОУ ВО «Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского федерального университета»; Россия, 420008 Казань, ул. Кремлевская, 18;

²Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; Россия, 420012 Казань, ул. Бутлерова, 36;

³Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан; Россия, 420089 Казань, ул. Даурская, 28

Контакты: Булат Ильгизович Гатауллин bulatg@list.ru

Эпизоды загрязнения атмосферы связаны с климатической изменчивостью, в частности с изменением интенсивности и распределения экстремальных погодных явлений, влияющих на окружающую среду. Попадая в желудочно-кишечный тракт, загрязнители воздуха могут взаимодействовать с эпителием кишечника, способствуя развитию кишечных заболеваний, включая колоректальный рак (КРР).

Цель исследования – выявить закономерности формирования заболеваемости КРР населения Республики Татарстан (РТ) и ее зависимость от метеорологических величин и явлений, а также массы выбросов автотранспорта.

Материалы и методы. В качестве исходных данных использованы материалы о заболеваемости КРР, приведенные в канцер-регистре Республиканского клинического онкологического диспансера Минздрава РТ за период 2007–2019 гг., данные о выбросах в атмосферу, изложенные в «Государственных докладах о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан» Министерства экологии и природных ресурсов РТ, о метеорологических величинах и явлениях Федерального агентства по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ.

Результаты. Выявлено неравномерное распределение уровня заболеваемости КРР в РТ: в Казани и Набережных Челнах – 55, в Черемшанском и Алексеевском районах – 36 случаев на 100 тыс. населения. Результатом проведенных исследований явилось построение модели, которая описывает зависимость между показателями заболеваемости КРР, автомобильными выбросами в атмосферу и метеорологическим потенциалом загрязнения атмосферы. Составлен прогноз заболеваемости КРР на период 2025–2030 гг., согласно которому с вероятностью 95 % можно ожидать ее снижения до 37 случаев на 100 тыс. населения, что близко к уровню 2007 г.

Заключение. Полученные результаты могут быть использованы при планировании мероприятий по снижению заболеваемости населения КРР.

Ключевые слова: колоректальный рак, загрязнение атмосферного воздуха, метеорологический фактор, выбросы автотранспорта

Для цитирования: Гатауллин Б.И., Шлычков А.П., Гатауллин И.Г. Заболеваемость населения Республики Татарстан колоректальным раком и ее связь с метеорологическими условиями и выбросами автотранспорта. Хирургия и онкология 2025;15(3):82–90.

DOI: <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2025-15-3-82-90>

Colorectal cancer in the population of the Republic of Tatarstan and its association with meteorological conditions and vehicle emissions

B.I. Gataullin^{1,2}, A.P. Shlychkov³, I.G. Gataullin²

¹Institute of Fundamental Medicine and Biology of Kazan Federal University; 18 Kremlevskaya St., Kazan 420008, Russia;

²Kazan State Medical Academy — branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Health of Russia; 36 Butlerova St., Kazan 420012, Russia;

³Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; 28 Daur'skaya St., Kazan 420089, Russia

Contacts: Bulat Il'gizovich Gataullin bulatg@list.ru

Introduction. Episodes of air pollution are associated with climate variability, in particular with changes in the intensity and distribution of extreme weather events that affect the environment. Getting into the gastrointestinal tract, air pollutants can interact with the intestinal epithelium, contributing to the development of intestinal diseases, including colorectal cancer (CRC).

Aim. Aim of the study is to identify patterns of CRC incidence in the population of the Republic of Tatarstan (RT) and its dependence on meteorological variables and phenomena, as well as the mass of vehicle emissions.

Materials and methods. The following materials were used as initial data: on CRC incidence, data from the Cancer Register of the Republican Clinical Oncology Dispensary of the RT for the period of 2007–2023; on emissions into the atmosphere, data from the "State reports on the state of natural resources and on environmental protection of the Republic of Tatarstan" of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the RT; on meteorological variables and phenomena, data from the Federal Agency for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of the Russian Federation.

Results. An uneven distribution of colorectal cancer incidence is observed across the territory of the RT. A high level of colorectal cancer incidence was identified in the cities of Kazan and Naberezhnye Chelny: 55 cases per 100,000 population, while in the Cheremshan and Alekseevsky districts the value was 36 cases per 100,000 population. This research resulted in construction of a model that describes the relationship between the incidence rates of colorectal cancer, total emissions into the atmosphere, and the meteorological potential of atmospheric pollution. A forecast of colorectal cancer incidence for the period of 2025–2030 has been made, according to which with a probability of 95 % a decrease in the incidence of colorectal cancer to 37 cases per 100,000 population, which is close to the level of 2007, can be expected.

Conclusion. The obtained results can be used in planning measures to reduce the incidence of colorectal cancer in the population.

Keywords: colorectal cancer, air pollution, meteorological factor, vehicle emissions

For citation: Gataullin B.I., Shlychkov A.P., Gataullin I.G. Colorectal cancer in the population of the Republic of Tatarstan and its association with meteorological conditions and vehicle emissions. *Khirurgiya i onkologiya = Surgery and Oncology* 2025;15(3):82–90. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2025-15-3-82-90>

Введение

Генетические факторы и факторы окружающей среды играют важную роль в этиологии колоректального рака (КРР). Большинство случаев заболевания являются спорадическими: примерно 3/4 пациентов не имеют онкологического семейного анамнеза. В преобладающей части западных популяций средний риск развития КРР в течение жизни находится в диапазоне 3–5 % [1, 2].

По данным Всемирной организации здравоохранения, около 90 % населения во всем мире, проживающего в городских районах, подвергается воздействию воздуха, содержащего высокие уровни загрязняющих веществ, и около 4,2 млн человек каждый год умирают преждевременно из-за загрязнения наружного воздуха [3, 4].

Загрязнители воздуха включают газообразные компоненты (оксиды углерода, азота и серы, озон), летучие органические соединения (например, углеводороды, в том числе галогенированные), а также мелкие и ультрадисперсные твердые частицы, которые могут содержать металлы, полуметаллы и стойкие органические загрязнители. Все перечисленные агенты способны оказывать вредное воздействие на здоровье человека [5].

Преобладающие источники загрязнения окружающего воздуха различаются в зависимости от страны. Например, в США приблизительно 58 % дополнительных смертей по различным нозологиям связаны с использованием углеводородного топлива и возникают, в частности, из-за автотранспорта, производства электроэнергии и промышленности [6].

В 2013 г. Международное агентство по изучению рака классифицировало загрязнители наружного воздуха и твердые частицы с аэродинамическим диаметром <2,5 мкм в них как канцерогенные для человека (1-я группа загрязнителей) [7].

В литературе представлены доказательства способности загрязнителей воздуха не только напрямую раздражать эпителий дыхательных путей и вызывать окислительный стресс и воспаление, лежащие в основе развития опухолей легких, но и достигать желудочно-кишечного тракта через мукоцилиарный клиренс вдыхаемых загрязнителей или потребление загрязненной пищи и воды [8, 9].

Попадая в желудочно-кишечный тракт, загрязнители воздуха способны взаимодействовать с эпителием кишечника с образованием активных форм кислорода и провоспалительных окислительных липидов и развитием кишечных заболеваний, включая КРР [10–12].

Уровень загрязнения атмосферного воздуха зависит от массы технологических параметров источников эмиссии газовых смесей и их химического состава, распределения этих источников по территории, физико-географических условий и метеорологических величин и явлений конкретной местности [13, 14]. Последние оказывают существенное влияние на пространственно-временную изменчивость уровня загрязнения атмосферного воздуха. При неблагоприятных метеорологических условиях в атмосферном воздухе отмечается повышение концентрации загрязняющих веществ, что, в свою очередь, негативно отражается на состоянии здоровья населения. Загрязнители с учетом их рассеивания могут рассматриваться как пассивные атмосферные маркеры. Поэтому их можно использовать для построения климатологических моделей загрязнения и вычисления локальных и национальных тенденций в изменении качества воздуха [15].

Так, в работе Э.Ю. Безуглой и соавт. показано, что вклад метеорологических условий в формирование среднего уровня загрязнения атмосферы может составлять от 30 до 50 % [16].

Климатическая изменчивость, в частности изменения частоты, интенсивности и распределения экстремальных погодных явлений, влияет на окружающую среду, дающую населению чистый воздух, пищу, воду, жилье, а значит, и безопасность [17, 18].

В исследованиях показано, что эпизоды загрязнения атмосферы связаны с явлениями атмосферной неустойчивости, т.е. прохождением фронтов или началом умеренных или сильных ветров, а не со стационарными условиями. Кроме того, зоны, в которых регистрируются самые высокие уровни загрязнения, связаны с определенными типами погоды [19].

Несмотря на то что при анализе 180 работ (1957–2022 гг.), посвященных влиянию климата и метеорологических явлений на здоровье людей, О. Motlogeloa и J.M. Fitchett было рассмотрено в общей сложности 14 групп заболеваний (неврологические, сердечно-сосудистые, кожные, ревматические, кишечные, метаболические, психиатрические, трансмиссивные, генетические, цереброваскулярные, респираторные и др.), онкологических среди них не было [19].

Исходя из этого нами сформулирована **цель исследования** – выявить закономерности формирования заболеваемости КРР населения Республики Татарстан (РТ) в зависимости от метеорологических величин и явлений, а также массы выбросов автотранспорта.

Материалы и методы

В качестве исходных данных использованы материалы:

- о заболеваемости КРР, приведенные в канцер-регистре Республиканского клинического онкологического диспансера Минздрава РТ за период с 2007 по 2019 г.;

- о выбросах в атмосферу, изложенные в «Государственных докладах о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан» Министерства экологии и природных ресурсов РТ [20];
- о метеорологических величинах и явлениях Федерального агентства по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ [21].

Районирование территории РТ по уровню заболеваемости КРР и тенденциям этой нозологической формы в муниципальных районах (МР) и городских округах выполнено с использованием геоинформационной системы «Аксиома» (ООО «ЭСТИ», РФ).

В качестве комплекса метеорологических величин и явлений, оказывающих наибольшее влияние на накопление загрязняющих веществ в атмосфере, использован метеорологический потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), разработанный в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова Э.Ю. Безуглой и используемый во всей официальной документации Гидрометеорологического научно-исследовательского центра РФ [13].

Потенциал загрязнения атмосферы – это комплексная безразмерная характеристика, которая дает возможность оценить потенциальную способность к рассеиванию загрязняющих веществ в атмосфере в зависимости от географического положения местности, а также комплекса метеорологических величин и явлений.

Величину ПЗА рассчитывали по рекомендациям Э.Ю. Безуглой [13]:

$$\text{ПЗА} = 2,5 \times \exp \left(\frac{0,04}{(Z_2 - Z_1)^2} - \frac{0,4 \times Z_1}{(Z_2 - Z_1)^2} \right),$$

где Z_1 и Z_2 – аргументы интеграла вероятности $F(Z)$. При этих аргументах

$$\begin{aligned} F(Z_1) &= 1 - 2 \times P_1, \\ F(Z_2) &= 1 - 2 \times P_2. \end{aligned}$$

Для автотранспорта при расчетах ПЗА принято:

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{\text{инв}} + P_{\text{ск}} - P_3 + P_{\text{т}}, \\ P_2 &= P_3 + P_{\text{т}}, \end{aligned}$$

где $P_{\text{инв}}$ – повторяемость приземных инверсий, $P_{\text{ск}}$ – повторяемость скорости ветра 0–1 м/с, P_3 – повторяемость застоев воздуха, $P_{\text{т}}$ – повторяемость туманов.

Уровни ПЗА в соответствии с его величинами приведены в табл. 1.

С учетом того, что наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в РТ проводятся Управлением

по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РТ лишь в Казани, Набережных Челнах, Нижнекамске, Альметьевске и Зеленодольске, в качестве факторов окружающей среды, влияющих на заболеваемость КРР, рассмотрены метеорологические величины и явления, а также выбросы в атмосферу от автотранспорта (V_a). Между периодом воздействия и заболеваемостью раком использовали латентный период 10 лет [21].

Таблица 1. Величины потенциала загрязнения атмосферы и соответствующие им уровни

Tables 1. Values of air pollution potential and their respective levels

Уровень потенциала загрязнения атмосферы Air pollution potential level	Величина потенциала загрязнения атмосферы Air pollution potential value
Низкий Low	1,8–2,4
Умеренный Moderate	2,4–2,7
Повышенный Elevated	2,7–3,0
Высокий High	3,0–3,3
Очень высокий Very high	3,3–4,0

С целью получения сопоставимой информации обработку исходных данных проводили с использованием физико-статистических методов, приведенных

в монографии А.А. Исаева [22]. Применяли базовые методы корреляционно-регрессионного анализа: расчет коэффициентов корреляции r (парной линейной зависимости), построение простых линейных уравнений регрессии ($y = ax + b$), качественная оценка значимости тенденции на основе модуля коэффициента наклона (a).

С целью определения интенсивности роста (снижения) заболеваемости КРР использовали рекомендации, приведенные в справочном пособии под ред. Э.Ю. Безуглой и М.Е. Берлянд [23]. Для каждого МР и городского округа строили линейные уравнения регрессии вида $y = ax + b$, с помощью которых определяли тренд заболеваемости КРР. В случае, когда в уравнении регрессии коэффициент наклона $a > 0$, было принято, что в данной местности отмечается рост заболеваемости КРР, а при $a < 0$ – снижение. Кроме того, интенсивность роста (снижения) заболеваемости КРР зависит от абсолютной величины коэффициента a .

Результаты

По данным канцер-регистра Республиканского клинического онкологического диспансера, максимальная заболеваемость КРР – 55 случаев на 100 тыс. населения – наблюдалась в 2018 г., а минимальная – 36 случаев на 100 тыс. населения – в 2007 и 2008 гг. Динамика и тренд заболеваемости за 2007–2019 гг. приведены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что за рассматриваемый период наблюдался рост заболеваемости КРР. За период с 2007 по 2019 г. заболеваемость КРР в РТ выросла в 1,4 раза.

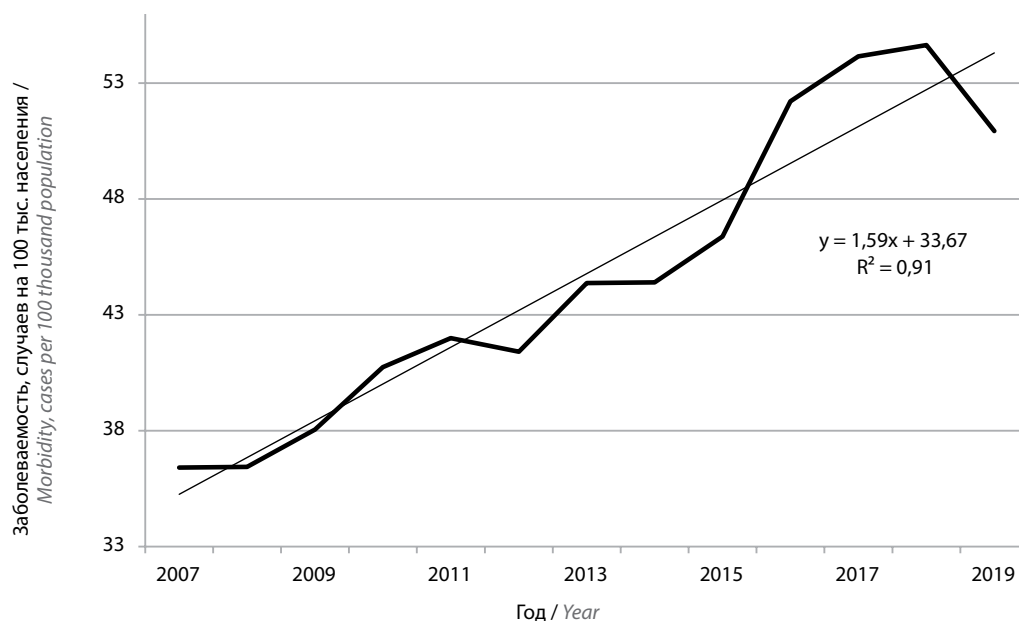


Рис. 1. Динамика и тренд заболеваемости населения колоректальным раком в Республике Татарстан, R^2 – коэффициент детерминации аппроксимации

Fig. 1. Dynamics and trend of colorectal cancer morbidity among the population of the Republic of Tatarstan, R^2 – coefficient of determination

Для качественной оценки заболеваемости КРР разработаны критерии, характеризующие ее уровень как «высокий», «средний» или «низкий» (табл. 2).

Таблица 2. Критерии, характеризующие уровень заболеваемости колоректальным раком

Table 2. Criteria characterizing colorectal cancer morbidity level

Уровень заболеваемости колоректальным раком Colorectal cancer morbidity level	Заболеваемость колоректальным раком, случаев на 100 тыс. населения Colorectal cancer morbidity, cases per 100 thousand population
Высокий High	≤35
Средний Intermediate	35–45
Низкий Low	≥45

Для качественной оценки тенденций роста (снижения) заболеваемости КРР разработаны критерии: «существенная», «заметная» и «слабая» (табл. 3).

Таблица 3. Критерии качественной оценки тенденций заболеваемости колоректальным раком

Table 3. Criteria of qualitative evaluation of colorectal cancer morbidity trends

Тенденция роста (снижения) заболеваемости колоректальным раком Increasing (decreasing) trend in colorectal cancer morbidity	Абсолютное значение коэффициента наклона a Absolute value of slope coefficient a
Существенная Significant	≥1,05
Заметная Marked	0,26–1,05
Слабая Weak	≤0,26

Районирование территории РТ по уровню и тенденции заболеваемости КРР в разрезе МР и городских округов приведено на рис. 2.

На рис. 2 видно неравномерное распределение заболеваемости КРР по территории РТ. Высокий уровень заболеваемости КРР выявлен в Казани и Набережных Челнах, а также в 11 МР: Муслумовском, Азнакаевском,

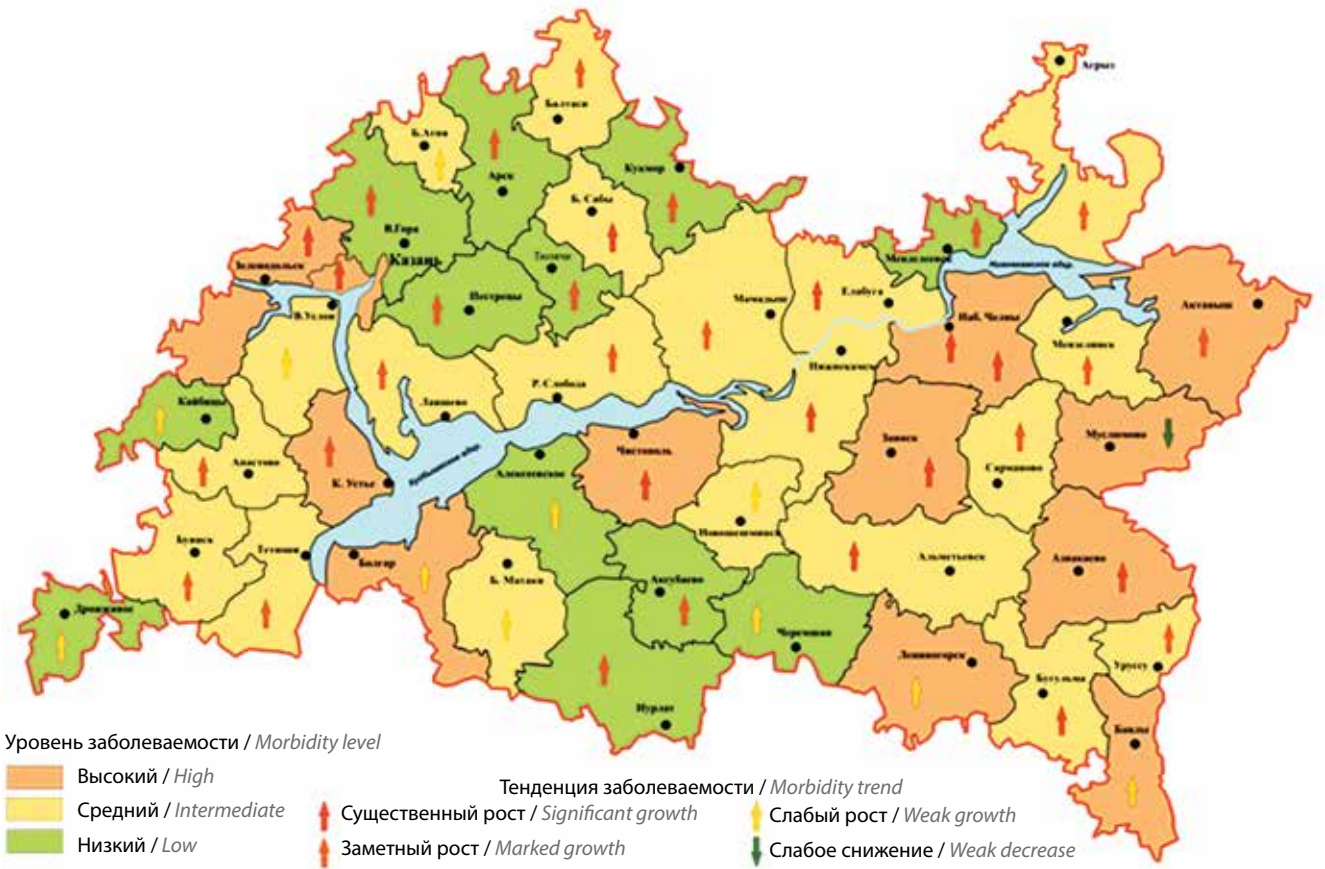


Рис. 2. Заболеваемость колоректальным раком и ее тенденции в муниципальных районах и городских округах Республики Татарстан
Fig. 2. Colorectal cancer morbidity and its trends in municipal districts and city regions of the Republic of Tatarstan

Лениногорском, Камско-Устьинском, Спасском, Чистопольском, Актанышском, Тукаевском, Зеленодольском, Бавлинском и Заинском.

Низкий уровень заболеваемости КРР наблюдается в 12 МР, где преобладает сельскохозяйственное производство: Менделеевский, Черемшанский, Алексеевский, Пестречинский, Кукморский, Высокогорский, Кайбицкий, Тюлячинский, Нурлатский, Арский, Аксубаевский и Дрожжановский.

В Казани и Набережных Челнах, а также в 10 МР – Нижнекамском, Альметьевском, Елабужском, Азнакаевском, Заинском, Чистопольском, Бугульминском, Зеленодольском, Тукаевском и Сабинском – выявлен существенный рост заболеваемости КРР за период 2007–2019 гг.

Заметный рост заболеваемости КРР отмечается в 12 МР: Лениногорском, Черемшанском, Алексеевском, Алькеевском, Спасском, Атнинском, Бавлинском, Дрожжановском, Кайбицком, Новошешминском, Агрызском и Верхнеуслонском.

Слабое снижение заболеваемости КРР выявлено лишь в Муслумовском МР.

В качестве факторов окружающей среды, загрязняющих атмосферный воздух, рассмотрены суммарные выбросы в атмосферу (V_c), выбросы промышленных предприятий (V_n) и выбросы автотранспорта (V_a). Коэффициенты корреляции r , показывающие наличие (отсутствие) связи между заболеваемостью КРР и V_c , V_n и V_a , равны 0,64, – 0,56 и 0,80 соответственно. Коэффициент корреляции между заболеваемостью КРР и V_c значимый, т. е. с ростом V_c наблюдается рост заболеваемости КРР. Корреляции между заболеваемостью

КРР и V_n не наблюдается ($r = -0,56$), поэтому выбросы промышленности в атмосферу в дальнейшем анализе не учитывались. Коэффициент корреляции между заболеваемостью КРР и V_a значимый, поэтому в дальнейшем анализе включали выбросы автотранспорта. Полученные результаты можно объяснить тем, что в латентный период (10 лет) наблюдались снижение V_n на 48 и одновременно существенный рост V_a на 36 тыс. тонн (с 252,2 до 288,4).

Кроме того, V_a являются низкими (на уровне дыхания) и круглый год охватывают практически всю часть поселения, в то время как V_n , как правило, – средние или высокие, их направление переноса зависит от скорости ветра и розы ветров, поэтому по территории они распространяются неравномерно как в пространстве, так и во времени.

С использованием данных о заболеваемости КРР, V_a и ПЗА построена модель, которая описывает зависимость между этими показателями:

$$KPP = 0,032 \times V_a + 12,58 \times ПЗА + 0,52.$$

Коэффициенты корреляции между заболеваемостью КРР и показателями V_a и ПЗА являются значимыми: $\alpha = 0,05$ и $r = 0,92$, где α – уровень значимости. Факторы V_a и ПЗА объясняют 85 % дисперсии распространенности болезней этой нозологической формы в РТ.

Из представленной модели можно заключить, что с ростом показателей V_a и ПЗА будет наблюдаться рост заболеваемости КРР. В латентный период наблюдался рост ПЗА с 2,7 до 3,25. В начале периода он был

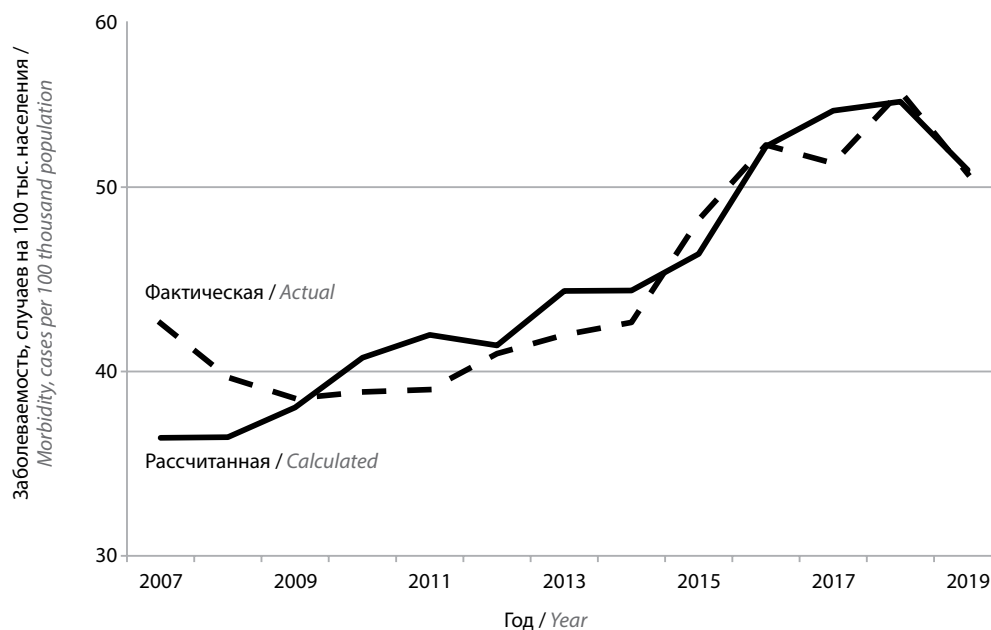


Рис. 3. Динамика фактических и рассчитанных значений заболеваемости колоректальным раком в Республике Татарстан

Fig. 3. Dynamics of actual and calculated values of colorectal cancer morbidity in the Republic of Tatarstan

умеренный, в середине повышенный, а в конце — высокий.

Данная модель представлена как гипотеза для прогноза заболеваемости КРР, и пока мы не можем ее проверить на других регионах. В ней показатель V_a является управляемым, а ПЗА — нет. Таким образом с использованием модели можно для среднего или максимально возможного уровня ПЗА по фактическим или ожидаемым V_a вычислять ожидаемую заболеваемость КРР и планировать мероприятия по снижению V_a для снижения ее уровня.

Динамика фактических и рассчитанных значений заболеваемости КРР в РТ с использованием разработанной модели приведена на рис. 3.

Как видно на рис. 3, фазы фактических и рассчитанных значений заболеваемости КРР в РТ с использованием полученной модели удовлетворительно совпадают.

Динамика заболеваемости КРР в РТ за период 2007–2019 гг. и ее прогноз до 2030 г. приведены на рис. 4.

Согласно рис. 4 в соответствии с инерционным прогнозом к 2030 г. в РТ ожидается увеличение заболеваемости КРР в 2 раза относительно 2007 г. В 2011–2021 гг. наблюдалось снижение ПЗА с 3,11 до 2,60, а V_a — с 301,8 до 117,2 тыс. тонн. Тогда на основании инновационного прогноза (связанного со снижением

загрязнения окружающей среды) с вероятностью 95 % можно ожидать снижение заболеваемости КРР к 2030 г. до 37 случаев на 100 тыс. населения, что близко к уровню 2007 г.

При анализе динамики фактической заболеваемости КРР с 2019 по 2023 г. отмечается ее рост (в 2023 г. — 56,42 случая на 100 тыс. населения) (рис. 5), но сложившийся тренд не достигает данных инерционного прогноза (58,51 случая на 100 тыс. населения в том же году) и находится между инновационным и инерционным прогнозными графиками.

Обсуждение

Установлено территориальное распределение заболеваемости КРР, свидетельствующее о неравномерной экологической нагрузке на различные административные районы РТ.

Применение разработанного методического подхода представляется целесообразным, так как инерционный прогноз динамики заболеваемости КРР демонстрирует ту же тенденцию к росту, что и ее фактическая динамика в 2019–2023 гг.

Комплексный подход к анализу эпидемиологических, метеорологических и экологических данных может помочь не только выявить факторы риска, но и использовать эти данные в дальнейшем для разработки прогностических моделей и принятия обоснованных

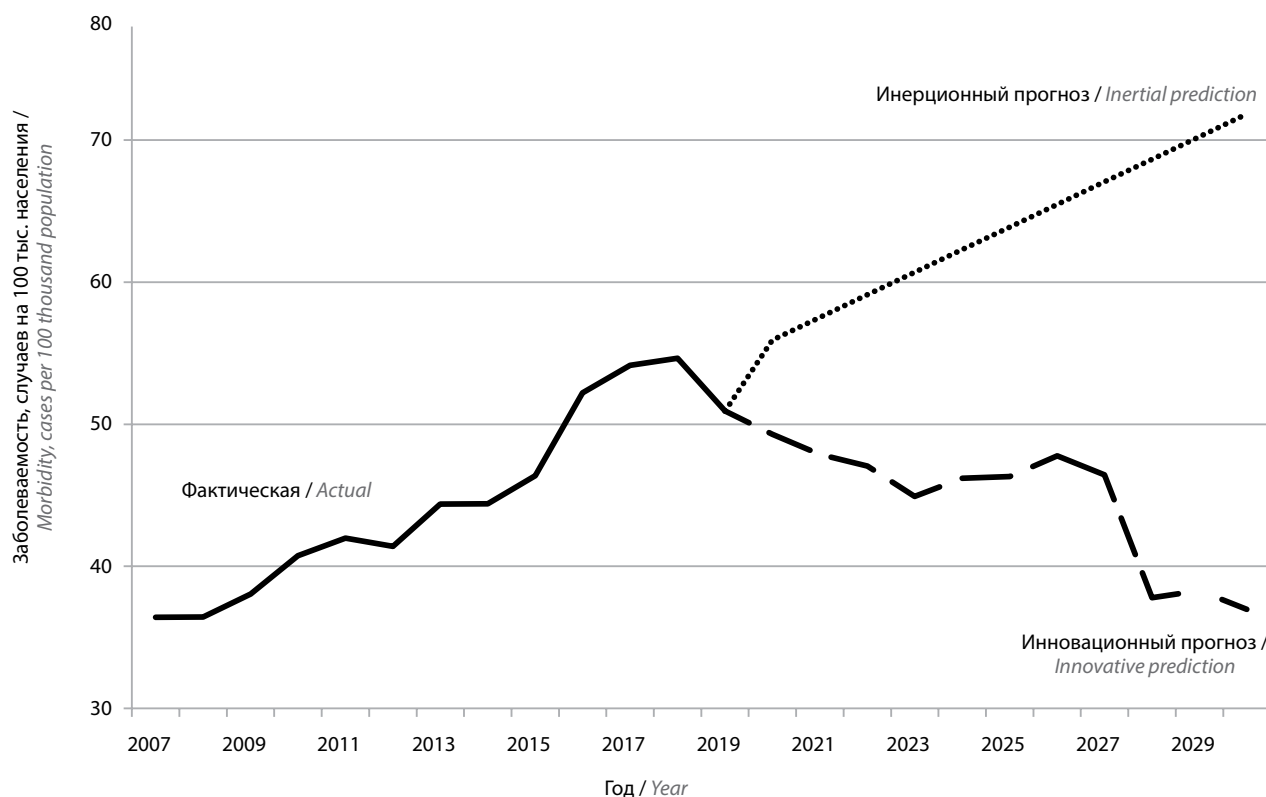


Рис. 4. Заболеваемость колоректальным раком в Республике Татарстан в 2007–2019 гг. и ее прогноз до 2030 г.

Fig. 4. Colorectal cancer morbidity in the Republic of Tatarstan in 2007–2019 and its prediction for up to 2030

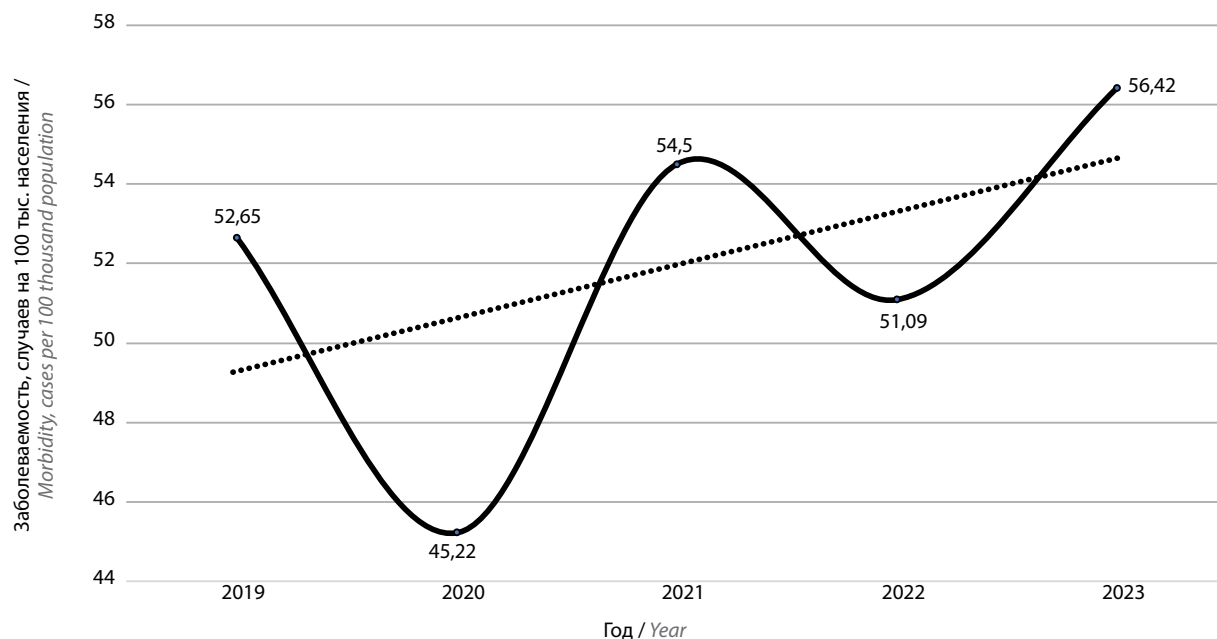


Рис. 5. Динамика и тренд фактической заболеваемости колоректальным раком в Республике Татарстан в 2019–2023 гг.

Fig. 5. Dynamics and trend of actual colorectal cancer morbidity in the Republic of Tatarstan in 2019–2023

управленческих решений в сфере общественного здравоохранения.

Закключение

Связь климата и здоровья хорошо документирована в области биометеорологии человека, которая пытается оценить все атмосферные влияния в целом, включая характер загрязнения воздуха. Дисциплина рассматривается как отрасль науки, тесно связанная с экологической метеорологией и экологической медициной. Эти области являются междисциплинарными, объединяющими биологию и медицину с метеорологией и климатологией [23].

Согласно расчетам, приведенным выше, уменьшение поступающих с V_a в атмосферный воздух загряз-

няющих веществ, особенно в период неблагоприятных для их рассеивания метеорологических условий, возможно, приведет к снижению заболеваемости КРР.

Дальнейшие исследования в этом направлении, на наш взгляд, являются весьма перспективными.

Таким образом, выявленные закономерности формирования заболеваемости КРР в зависимости от метеоусловий и уровня загрязнения атмосферного воздуха имеют значимую прикладную направленность. Они могут быть использованы при планировании и реализации профилактических мероприятий, направленных на снижение онкологической заболеваемости и улучшение экологической ситуации в регионе.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bray F, Laversanne M., Sung H. et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* 2024;74(3):229–63. DOI: 10.3322/caac.21834
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2022. 239 с. Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Shakhzadova A.O. State of oncologic care for the Russian population in 2022. Moscow: MNIIOI im. P.A. Gertsena – filial FGBU “NMITS radiologii” Minzdrava Rossii, 2022. 252 p. (In Russ.).
3. World Health Organization. Ambient (outdoor) air quality and health, 2022. Available at: [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
4. Xue Y., Chu J., Li Y., Kong X. The influence of air pollution on respiratory microbiome: a link to respiratory disease. *Toxicol Lett* 2020;334:14–20. DOI: 10.1016/j.toxlet.2020.09.007
5. Vignal C., Guilloteau E., Gower-Rousseau C., Body-Malapel M. Epidemiological and animal evidence for the role of air pollution in intestinal diseases. *Sci Total Environ* 2021;757:143718. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143718
6. Lelieveld J., Haines A., Pozzer A. Age-dependent health risk from ambient air pollution: a modelling and data analysis of childhood

- mortality in middle-income and low-income countries. *Lancet Planet Health* 2018;2(7):e292–e300
DOI: 10.1016/S2542-5196(18)30147-5
7. Berg C.D., Schiller J.H., Boffetta P. et al. Air pollution and lung cancer: a review by International Association for the Study of Lung Cancer Early Detection and Screening Committee. *J Thorac Oncol* 2023;18(10):1277–89. DOI: 10.1016/j.jtho.2023.05.024
8. Albano G.D., Montalbano A.M., Gagliardo R. et al. Impact of air pollution in airway diseases: role of the epithelial cells (cell models and biomarkers). *Int J Mol Sci* 2022;23:2799.
DOI: 10.3390/ijms23052799
9. Xue Y., Wang L., Zhang Y. et al. Air pollution: a culprit of lung cancer. *J Hazard Mater* 2022;434:128937.
DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.128937
10. Feng J., Cavallero S., Hsiai T., Li R. Impact of air pollution on intestinal redox lipidome and microbiome. *Free Radic Biol Med* 2020;151:99–110. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.12.044
11. Araujo J.A., Barajas B., Kleinman M. et al. Ambient particulate pollutants in the ultrafine range promote early atherosclerosis and systemic oxidative stress. *Circ Res* 2008;102:589–96.
DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.107.164970
12. Pritchett N., Spangler E.C., Gray G.M. et al. Exposure to outdoor particulate matter air pollution and risk of gastrointestinal cancers in adults: a systematic review and meta-analysis of epidemiologic evidence. *Environ Health Perspect* 2022;130:36001.
DOI: 10.1289/EHP9620
13. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 189 с.
Bezuglaya E.Yu. Monitoring the state of air pollution in cities. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. 189 p. (In Russ.).
14. Шлычков А.П., Жданова Г.Н., Тунакова Ю.А., Будников Г.К. Создание репрезентативной сети мониторинга: определение приоритетного списка ингредиентов, контролируемых в воздушном бассейне урбоэкосистем. *Мониторинг* 1997;1:19–24.
Shlychkov A.P., Zhdanova G.N., Tunakova Yu.A., Budnikov G.K. Establishing a representative monitoring network: defining a priority list of ingredients monitored in the air basin of urban ecosystems. *Monitoring* 1997;1:19–24. (In Russ.).
15. Robichaud A., Ménard R., Zaytseva Yu., Anselmo D. Multi-pollutant surface objective analyses and mapping of air quality health index over North America. *Air Qual Atmos Health* 2016;9(7):743–59. DOI: 10.1007/s11869-015-0385-9
16. Безуглая Э.Ю., Расторгуева Г.П., Смирнова И.В. Чем дышит промышленный город. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 252 с.
Bezuglaya E.Yu., Rastorgueva G.P., Smirnova I.V. What an industrial city breathes. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. 252 p. (In Russ.).
17. Wang X.L., Yang L., He D.H. et al. Different responses of influenza epidemic to weather factors among Shanghai, Hong Kong, and British Columbia. *Int J Biometeorol* 2017;61:1043–53.
DOI: 10.1007/s00484-016-1284-y
18. Wu X., Lu Y., Zhou S. et al. Impact of climate change on human infectious diseases: empirical evidence and human adaption. *Environ Intl* 2016;86:14–23. DOI: 10.1016/j.envint.2015.09.007
19. Motlogeloa O., Fitchett J.M. Climate and human health: a review of publication trends in the International Journal of Biometeorology. *Int J Biometeorol* 2023;67(6):933–55.
DOI: 10.1007/s00484-023-02466-8
20. Государственные доклады о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. Доступно по: <https://eco.tatarstan.ru/gosdoklad.htm>
State reports on the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan. Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan. Available at: <https://eco.tatarstan.ru/gosdoklad.htm>. (In Russ.).
21. Федеральное агентство по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации. Доступно по: <https://www.meteorf.gov.ru>
Federal Agency for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of the Russian Federation. Available at: <https://www.meteorf.gov.ru>. (In Russ.).
22. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: Издательство Московского Университета, 1988. 245 с.
Isaev A.A. Statistics in meteorology and climatology. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo Universiteta, 1988. 245 p. (In Russ.).
23. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере: Справочное пособие. Под ред. Э.Ю. Безуглой, М.Е. Берлянд. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 328 с.
Climatic characteristics of the conditions for the propagation of impurities in the atmosphere: Reference manual. Edited by E.Yu. Bezuglaya, M.E. Berlyand. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 328 p. (In Russ.).
24. Folk G.E. The International Society of Biometeorology: a fifty-year history. Available at: https://uwm.edu/biometeorology/wp-content/uploads/sites/439/2017/06/ISB_50YearHistoryofBiometeorology.pdf

Вклад авторов. Авторы заявляют о равном вкладе в написание работы.
Authors' contributions. Authors declare an equal contribution.

ORCID авторов / ORCID of authors

Б.И. Гатауллин / B.I. Gataullin: <https://orcid.org/0000-0003-1695-168X>
А.П. Шлычков / A.P. Shlychkov: <https://orcid.org/0000-0001-9671-3969>
И.Г. Гатауллин / I.G. Gataullin: <https://orcid.org/0000-0001-5115-6388>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено при поддержке гранта молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан, утвержденного постановлением президиума Академии наук Республики Татарстан от 26 ноября 2024 г.
Funding. The study was conducted with the support of a grant for young candidates of science (postdoctoral students) for the purpose of defending a doctoral dissertation, carrying out research work, and performing work functions in scientific and educational organizations of the Republic of Tatarstan, approved by the resolution of the Presidium of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan dated November 26, 2024.

Статья поступила: 22.06.2025. **Принята к публикации:** 15.07.2025. **Опубликована онлайн:** 29.08.2025.
Article submitted: 22.06.2025. **Accepted for publication:** 15.07.2025. **Published online:** 29.08.2025.