



Геопространственный анализ заболеваемости населения Республики Татарстан раком легких и ее связь с природными и антропогенными факторами

Б.И. Гатауллин^{1, 2}, А.П. Шлычков³, Р.Г. Биктемирова¹, И.Г. Гатауллин²

¹ФГАОУ ВО «Институт фундаментальной медицины и биологии.

Казанский федеральный университет» (Казань, Российская Федерация)

²Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (Казань, Российская Федерация)

³Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (Казань, Российская Федерация)

Аннотация

Цель: выявить закономерности формирования заболеваемости раком легких населения Республики Татарстан и ее зависимость от загрязнения атмосферного воздуха и цикличности солнечной активности.

Материал и методы. В качестве исходных данных использованы следующие материалы: о заболеваемости раком легких, приведенные в канцер-регистре Республиканского клинического онкологического диспансера Минздрава Республики Татарстан за период с 2012 по 2021 гг.; о выбросах в атмосферу и концентрациях канцерогенов в атмосферном воздухе, приведенные в Государственных докладах «О состоянии окружающей природной среды Республики Татарстан» Министерства экологии и природной среды Республики Татарстан.

Результаты. В исследовании показана высокая степень связи между комплексным индексом загрязнения атмосферного воздуха канцерогенами и заболеваемостью населения раком легких ($r=0,79$ на уровне $\alpha=0,05$).

Также был проведен статистический анализ многолетнего уровня заболеваемости населения и ее связи с уровнем солнечной активности с использованием относительного числа солнечных пятен (число Вольфа – W). Коэффициент корреляции между W и заболеваемостью раком легких является значимым на уровне $\alpha=0,05$ и составляет $r=0,72$, что свидетельствует о заметной силе связи между исследуемыми показателями.

Заключение. Совершенствование системы мониторинга, контроль за состоянием внешней среды, мероприятия по предотвращению загрязненности атмосферного воздуха способствуют снижению онкологической заболеваемости населения раком легких.

Ключевые слова: рак легких, географическая информационная система, загрязнение атмосферного воздуха канцерогенами, солнечная активность.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Гатауллин Б.И., Шлычков А.П., Биктемирова Р.Г., Гатауллин И.Г. Геопространственный анализ заболеваемости населения Республики Татарстан раком легких и ее связь с природными и антропогенными факторами. *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(2):129-135. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM701205>

Сведения об авторах

*Гатауллин Булат Ильгизович – канд. мед. наук, ассистент кафедры онкологии, радиологии и паллиативной медицины.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1695-168X>

E-mail: bulatg@list.ru

Шлычков А.П. – канд. геогр. наук, старший научный сотрудник Института проблем экологии и природных ресурсов Республики Татарстан.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9671-3969>

E-mail: shlychkov@mail.ru

Биктемирова Р.Г. – д-р мед. наук, профессор кафедры охраны здоровья человека.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0416-5342>

E-mail: RGBiktemirova@kpfu.ru

Гатауллин И.Г. – д-р мед. наук, профессор кафедры онкологии, радиологии и паллиативной медицины.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5115-6388>

E-mail: ilgizg@list.ru

*Автор для переписки

Список сокращений

ГИС – географическая информационная система; ИЗАк – индекс загрязнения атмосферы канцерогенами; ПДК – предельно допустимая концентрация.

Получено: 18.01.2026

Одобрено: 05.03.2026

Опубликовано: 27.03.2026

Geospatial analysis of the incidence of lung cancer in the population of the Republic of Tatarstan and its relationship with natural and anthropogenic factors

Bulat I. Gataullin^{1, 2}, Anatolii P. Shlychkov³, Raisa G. Biktemirova¹, Ilgiz G. Gataullin²

¹Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University (Kazan, Russian Federation)

²Kazan State Medical Academy (Kazan, Russian Federation)

³Institute of Ecology and Subsoil Use of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (Kazan, Russian Federation)

Abstract

Aim: to identify patterns of lung cancer incidence in the population of the Republic of Tatarstan and its dependence on air pollution and the cyclicity of solar activity.

Material and methods. The following data were used as initial data: data on lung cancer incidence available in the cancer registry of the Republican Clinical Oncology Dispensary of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan for the period from 2012 to 2021; data on emissions into the atmosphere and concentrations of carcinogens in the atmospheric air, available

in the State reports "On the state of the natural environment of the Republic of Tatarstan" of the Ministry of Ecology and Natural Environment of the Republic of Tatarstan.

Results. The study demonstrated a high degree of correlation between the comprehensive index of air pollution with carcinogens (IAPc) and the incidence of lung cancer in the population ($r=0.79$ at the level of $\alpha=0.05$). To identify the relationship between the solar activity and the incidence of lung cancer, a statistical analysis of the long-term incidence rate of the

population and the level of solar activity was carried out using the relative number of sunspots (Wolf number, W). The correlation factor between W and the incidence of lung cancer is significant at $\alpha=0.05$, the value being $r=0.72$, which indicates a noticeable strength of the relationship between the studied indicators.

Citation

Gataullin BI, Shlychkov AP, Biktemirova RG, Gataullin IG. **Geospatial analysis of the incidence of lung cancer in the population of the Republic of Tatarstan and its relationship with natural and anthropogenic factors.** *Science and Innovations in Medicine*. 2026;11(2):129-135. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM701205>

Information about authors

***Bulat I. Gataullin** – MD, Cand. Sci. (Medicine), assistant of the Department of Oncology, Radiology and Palliative.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1695-168X>

E-mail: bulatg@list.ru

Anatolii P. Shlychkov – Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher at the Institute of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9671-3969>

E-mail: shlychkov@mail.ru

Conclusion. Improving the monitoring system, monitoring the state of the external environment, and measures to prevent air pollution will help reduce the incidence of cancer, including lung cancer.

Keywords: lung cancer, geographic information system, air pollution with carcinogens, solar activity.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Raisa G. Biktemirova – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Human Health Protection.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0416-5342>

E-mail: RGBiktemirova@kpfu.ru

Ilgiz G. Gataullin – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Oncology, Radiology and Palliative.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5115-6388>

E-mail: ilgizg@list.ru

***Corresponding author**

Received: 18.01.2026

Accepted: 05.03.2026

Published: 27.03.2026

■ ВВЕДЕНИЕ

Число онкологических заболеваний неуклонно растет во всем мире, и это стимулирует разработку новых стратегий по борьбе с ними. Первичная профилактика всегда направлена на снижение заболеваемости посредством программ, направленных на уменьшение воздействия на население известных причинных факторов. Однако, прежде чем внедрять какие-либо стратегии, необходимо оценить вероятное влияние этих причин на заболеваемость раком и возможность снижения или устранения их воздействия.

Анализ заболеваемости населения с использованием географической информационной системы (ГИС) помогает выявить некоторые закономерности, исследовать причинно-следственные связи, найти основные факторы и спрогнозировать ситуацию на несколько лет вперед [1, 2]. При исследовании заболеваемости раком применение ГИС помогает выявить тенденции заболеваемости и смертности. Оно полезно при проведении скрининга и лечения, а также при внедрении эффективных профилактических программ [3].

Одним из объектов исследования может послужить рак легких, являющийся ведущей онкопатологией: почти 2,5 млн новых случаев и более чем 1,8 млн смертей во всем мире в 2022 году. В структуре заболеваемости и смертности это почти каждый восьмой (12,4%) диагноз рака в мире и каждый пятый (18,7%) случай смерти от рака [4].

Основной причиной рака легких является курение, однако не меньшее значение в его этиологии имеет загрязнение атмосферного воздуха. Оно является причиной 7 млн смертей в год, при этом 99% населения мира проживает в районах, где уровень загрязнения превышает рекомендации ВОЗ¹. Использование в качестве топлива угля, мазута, высокая концентрация промышленных предприятий оказывают вредное воздействие на здоровье человека [5, 6]. Особенно актуальна возрастающая роль негативного воздействия углеродсодержащих частиц от автотранспортных средств и дорог [7]. В ряде работ были представлены доказательства способности загрязнителей воздуха не только напрямую раздражать эпителий дыхательных путей, но и вызывать окислительный стресс и воспаление, которые лежат в основе развития опухолей легких [8, 9].

Солнечная радиация и обусловленная ею геомагнитная активность являются важнейшим фактором синхронизации внутренних биоритмов человека с окружающей средой. Как показал ряд исследований, солнечная активность и вызванные солнцем геомагнитные возмущения влияют на реализацию артериальной гипертензии у пожилых мужчин [10]. Также выявлена взаимосвязь между солнечной и геомагнитной активностью и когнитивными функциями человека [11]. Представляется важным изучение возможной этиологической роли циклов солнечной активности в возникновении сарком мягких тканей. В настоящее время установлена связь индексов солнечной активности (чисел Вольфа) с частотой возникновения лейкоза, лимфом, эмбриональных опухолей и других новообразований [12]. Значительный интерес представляет выявленное в России в 1990–2019 гг. увеличение в динамике корреляции частоты сарком мягких тканей с индексами солнечной активности в популяции, при снижении в этот период (22–24 цикла) активности Солнца [13]. Изучение заболеваемости неходжкинскими лимфомами у детей и взрослых в США выявило цикличность, подобную солнечной активности, с наличием лага (задержки) [14, 15]. Исследования, проведенные в России, подтвердили связь цикличности солнечной активности с частотой неходжкинских лимфом у детей и взрослых [16, 17]. Также сделано предположение о влиянии циклов солнечной активности на возникновение меланомы у человека. Эта гипотеза предсказывает временную задержку в циклах заболеваемости меланомой относительно солнечной активности с увеличением расстояния от полярных шапок [18]. Возможно, изменения солнечной и геомагнитной активности влияют на секрецию мелатонина и вегетативную нервную систему и тем самым реализуют патологический процесс [11]. Это касается в числе прочего баланса гормонов стресса и антистресса, окислительных и антиокислительных реакций, соотношения супрессорной и хелперной активности, а также энергетических процессов в иммунных клетках [19, 20].

■ ЦЕЛЬ

Выявить пространственные особенности заболеваемости раком легких населения Республики Татарстан и ее

¹ WHO Global Air Quality Guidelines. Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. World Health Organization, 2021. URL: <https://www.who.int/publications/item/9789240034228>

зависимость от загрязнения атмосферного воздуха канцерогенами и солнечной активности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве исходных данных использованы материалы: о заболеваемости раком легких, приведенные в канцер-регистре Республиканского клинического онкологического диспансера Минздрава Республики Татарстан за период с 2012 по 2021 гг.; о выбросах в атмосферу и концентрациях канцерогенов в атмосферном воздухе, приведенные в Государственных докладах «О состоянии окружающей природной среды Республики Татарстан» Министерства экологии и природной среды РТ¹.

В качестве антропогенных факторов рассмотрены концентрации канцерогенов в атмосферном воздухе, а природных – солнечная активность (числа Вольфа (W)). Комплексный индекс загрязнения атмосферы канцерогенами (ИЗАк) рассчитывался по веществам с наибольшими нормированными значениями предельно допустимой концентрации (ПДК) с учетом их класса опасности (бенз(а)пирен и формальдегид).

Для качественной оценки уровня заболеваемости раком легких разработаны критерии уровней «низкий», «средний» и «высокий» (таблица 1).

Для оценки интенсивности роста (снижения) заболеваемости раком легких с использованием рекомендаций, приведенных в работе А.А. Исаева (1988) [21], для каждого муниципального района и городского округа построены линейные уравнения регрессии вида $y = ax + b$, с использованием которых определялся тренд заболеваемости. В случае, когда в уравнении регрессии $a > 0$, в муниципальном

Уровень заболеваемости раком легких	Критерии уровней заболеваемости РЛ на 100 тыс. населения
Низкий	заболеваемость раком легких ≤ 39
Средний	$39 < \text{заболеваемость раком легких} < 47$
Высокий	заболеваемость раком легких ≥ 47

Таблица 1. Критерии уровней заболеваемости РЛ на 100 тыс. населения

Table 1. Criteria for the incidence rate of lung cancer per 100,000 population

Тенденция роста (снижения) заболеваемости раком легких	Критерии оценки тенденции заболеваемости раком легких
Существенная	$ a \geq 1,20$
Заметная	$0,65 < a < 1,20$
Слабая	$ a \leq 0,65$

Таблица 2. Критерии оценки тенденции заболеваемости РЛ
Table 2. Criteria for assessing the incidence trend of lung cancer

районе и городском округе отмечается тенденция роста заболеваемости раком легких, а при $a < 0$ – тенденция снижения. Кроме того, интенсивность роста (снижения) заболеваемости раком легких зависит от абсолютной величины коэффициента a .

Для качественной оценки роста (снижения) заболеваемости раком легких разработаны критерии оценки тенденции: «существенная», «заметная» и «слабая» (таблица 2).

Сведения о солнечной активности W получены на сайте Мирового центра данных по солнечно-земной физике². В качестве основного аналитического подхода для оценки взаимосвязи между уровнем заболеваемости раком легких и параметрами солнечной и геомагнитной активности был выбран корреляционный анализ.



Рисунок 1. Районирование территории Республики Татарстан по уровню заболеваемости раком легких на 100 тыс. населения в разрезе муниципальных районов и городских округов.

Figure 1. Zoning of the territory of the Republic of Tatarstan by the incidence rate of lung cancer per 100,000 population in the context of municipal districts and urban districts.

¹ «О состоянии окружающей природной среды Республики Татарстан» за 2007-2021гг. URL: <https://eco.tatarstan.ru/gosdoklad>

² Мировой центр данных по солнечно-земной физике. URL: <http://www.wdcb.ru/stp/index.ru.html>

Тенденция роста заболеваемости раком легких		
Существенная	Заметная	Слабая
Апастовский	Высокогорский	Мамадышский
Балтасинский	Тетюшский	Менделеевский
Тюлячинский	Тукаевский	Аксубаевский
Пестречинский	Азнакаевский	Буинский
Муслюмовский	Арский	Зеленодольский
Дрожжановский	Агрызский	г. Набережные Челны
Новошешминский	Верхнеуслонский	г. Казань
Ютазинский	Чистопольский	
Заинский	Бавлинский	
Елабужский	Сабинский	
	Спасский	
	Рыбно-Слободский	
	Нижнекамский	
	Нурлатский	
	Альметьевский	

Таблица 3. Распределение муниципальных районов и городов Республики Татарстан по тенденции роста заболеваемости раком легких в 2012–2021 гг.

Table 3. Distribution of municipal districts and cities of the Republic of Tatarstan by the trend of increasing incidence of lung cancer in 2012–2021

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследована заболеваемость раком легких населения Республики Татарстан в разрезе муниципальных районов и городских округов за 2012–2021 гг. Районирование территории РТ по уровню заболеваемости раком легких приведено на рисунке 1.

Анализ данных показывает, что наблюдается неравномерное распределение заболеваемости раком легких.

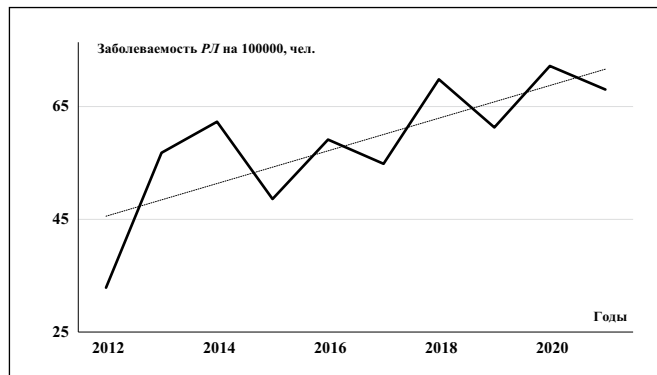


Рисунок 2. Динамика заболеваемости раком легких в Апастовском муниципальном районе.

Figure 2. Dynamics of lung cancer incidence in the Apastovsky municipal district.

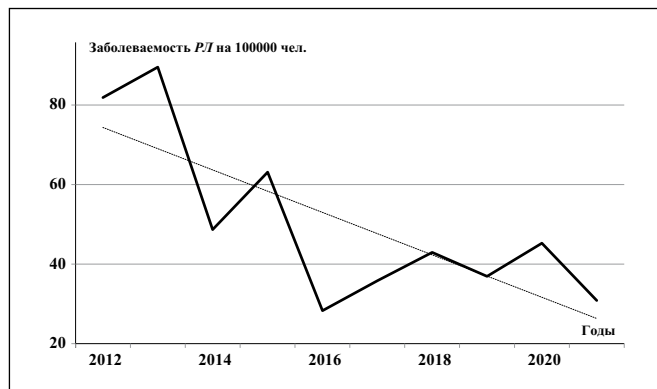


Рисунок 3. Динамика заболеваемости раком легких в Кайбицком муниципальном районе.

Figure 3. Dynamics of lung cancer incidence in the Kaibitsky municipal district.

Высокий уровень заболеваемости выявлен в 12 муниципальных районах. Наиболее высокий уровень заболеваемости в этой группе отмечался в Камско-Устьинском, Тетюшском и Верхнеуслонском районах: соответственно 64, 61 и 60 человек на 100 тыс. населения. Средний уровень заболеваемости зафиксирован в 21 районе, низкий уровень – в 10 районах и в двух городах – в Набережных Челнах и Казани.

Распределение районов и городов Республики Татарстан, в которых зафиксирована тенденция роста заболеваемости раком легких по степени ее выраженности, представлено в таблице 3.

В большинстве районов и городов отмечается тенденция роста заболеваемости раком легких. Следует отметить, что существенный рост заболеваемости раком легких отмечался преимущественно в районах, которые в основном занимаются сельскохозяйственной деятельностью. Тенденция снижения заболеваемости раком легких зафиксирована в 14 районах Республики Татарстан (существенная – в 3, заметная – в 6, слабая – в 5 районах).

В качестве примера приведем динамику заболеваемости раком легких в Апастовском районе, в котором отмечена существенная тенденция роста заболеваемости, и Кайбицком районе, в котором отмечена существенная тенденция снижения заболеваемости (рисунки 2, 3).

Следует отметить, что Апастовский и Кайбицкий районы расположены на западе республики и имеют общую границу. Возможная причина такой динамики заболеваемости раком легких, вероятно, обусловлена особенностями применения средств защиты растений и пестицидов.

В г. Казани выявлена зависимость заболеваемости раком легких от загрязнения атмосферного воздуха канцерогенами. Для характеристики загрязнения атмосферного воздуха использован комплексный индекс загрязнения атмосферы канцерогенами (ИЗАк). Связь между загрязнением атмосферного воздуха и числом больных раком легких в г. Казани приведена на рисунке 4.

Получено уравнение регрессии, описывающее связь между заболеваемостью раком легких населения г. Казани и загрязнением атмосферного воздуха:

$$PL = 7,06 \cdot ИЗАк + 376,36 \tag{1}$$

Коэффициент корреляции между ИЗАк и заболеваемостью раком легких является значимым на уровне $\alpha=0,05$

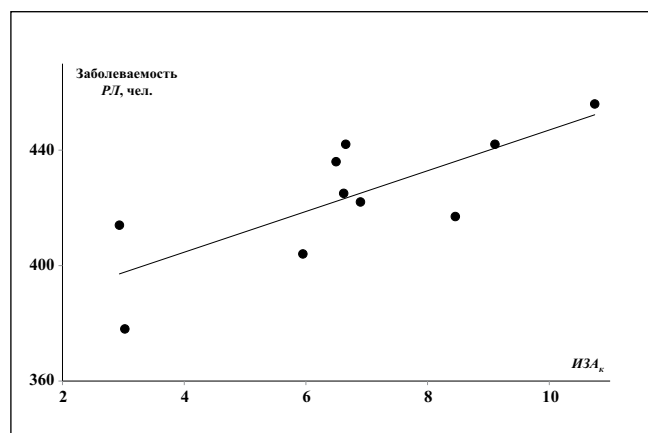


Рисунок 4. Связь загрязнения атмосферного воздуха с числом больных раком легких в г. Казани.

Figure 4. The relationship between air pollution and the number of patients with lung cancer in Kazan.

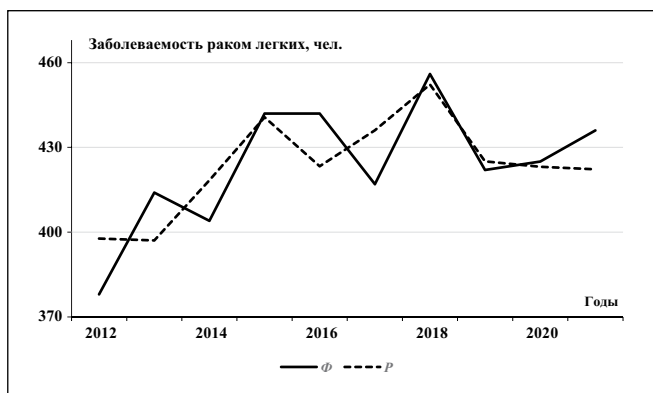


Рисунок 5. Динамика фактических (Ф) и рассчитанных (Р) с использованием уравнения регрессии (1) значений числа больных раком легких в г. Казани за период 2012–2021 гг.

Figure 5. Dynamics of actual (F) and calculated (P) values of the number of patients with lung cancer in Kazan for the period of 2012–2021 using the regression equation (1).

составляет $r = 0,79$. Коэффициент детерминации $0,7 < R^2 < 0,9$, что свидетельствует о высокой силе связи между исследуемыми показателями. Фактор ИЗАк объясняет 63% изменчивости заболеваемости раком легких в г. Казани.

Динамика значений числа больных раком легких в г. Казани фактических (Ф) и рассчитанных (Р) с использованием уравнения регрессии (1) приведена на рисунке 5.

Отмечается удовлетворительная симбатность (совпадение по фазе) фактических и рассчитанных с использованием уравнения регрессии (1) значений заболеваемости раком легких в г. Казани. Максимальная ошибка – 5% отмечается в 2012 и 2017 гг., а минимальная – 0% в 2015 и 2020 гг.

Для выявления связи между солнечной активностью и заболеваемостью раком легких был проведен статистический анализ числа больных в г. Казани за период 2012–2021 гг. Для оценки солнечной активности использовано относительное число солнечных пятен (число Вольфа – W). Данные представлены на рисунке 6.

С ростом солнечной активности отмечается снижение числа больных раком легких. Уравнение регрессии, которое описывает связь между W и заболеваемостью раком легких в г. Казани, имеет вид:

$$ЗЛ = -0,38 \cdot W + 438,73 \quad (2)$$

Коэффициент корреляции между W и числом больных РЛ составляет $r = 0,72$ и является значимым на уровне $\alpha = 0,05$.

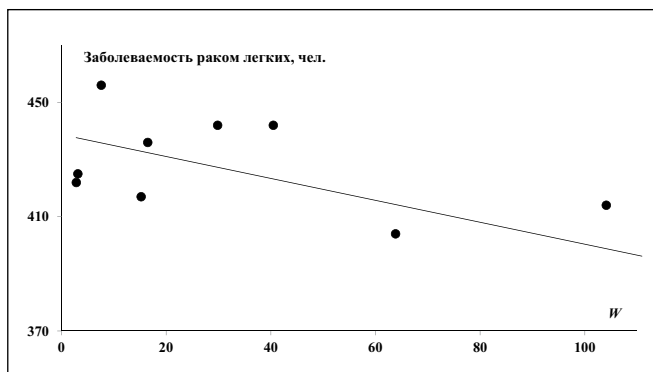


Рисунок 6. Связь W с заболеваемостью раком легких в г. Казани.

Figure 6. The relationship between W and the incidence of lung cancer in Kazan.

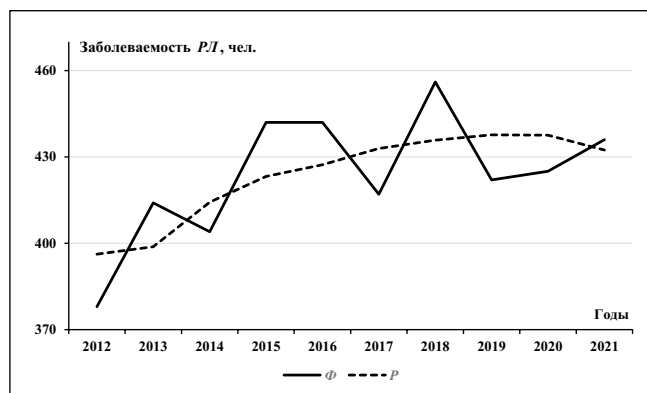


Рисунок 7. Динамика фактических (Ф) и рассчитанных (Р) с использованием уравнения регрессии (2) значений заболеваемости раком легких в г. Казани.

Figure 7. Dynamics of actual (F) and calculated (P) values of lung cancer incidence in Kazan using the regression equation (2).



Рисунок 8. Динамика числа больных раком легких в г. Казани за период 2012–2021 гг. и ее инерционный и инновационный прогнозы до 2030 г.

Figure 8. Dynamics of the number of patients with lung cancer in Kazan for the period of 2012–2021 and its inertial and innovative forecast until 2030.

Фактор W объясняет 52% заболеваемости раком легких в г. Казани. Коэффициент детерминации составляет $0,5 < R^2 < 0,7$, что свидетельствует о заметной силе связи между исследуемыми показателями.

Использование связи заболеваемости раком легких с цикличностью солнечной активности наиболее предпочтительно использовать для прогноза заболеваемости, потому что W имеет цикличность с периодом примерно 11 лет. Динамика фактических (Ф) и рассчитанных (Р) с использованием уравнения регрессии (2) значений заболеваемости раком легких в г. Казани приведена на рисунке 7.

Отмечается удовлетворительная симбатность (совпадение по фазе) фактических и рассчитанных с использованием уравнения регрессии (2) значений заболеваемости раком легких в г. Казани. Максимальная ошибка – 5% отмечается в 2012 г., а минимальная – 1% в 2021 г. Динамика числа больных раком в г. Казани за период 2012–2021 гг. и ее инерционный и инновационный прогноз до 2030 г. с использованием уравнения регрессии (2) приведены на рисунке 8.

В соответствии с инерционным прогнозом в 2030 г. ожидается рост числа больных раком легких в г. Казани на 103 человек на 100 тыс. населения, или на 27% относительно 2012 г. (381 случай). Согласно инновационному

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2024. 364 с.

прогнозу, к 2030 г. относительно 2012 г. ожидается рост числа больных раком легких на 59 чел. на 100 тыс. населения, или на 16%.

Полученные нами данные подтверждают положение о связи загрязнения атмосферного воздуха канцерогенами с ростом заболеваемости раком легких¹ [22, 23].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активное наращивание производственного потенциала в нефтехимической, химической, нефтедобывающей промышленности и машиностроении, развитие транспортной

инфраструктуры сопровождаются антропогенным загрязнением окружающей среды в Республике Татарстан. Для снижения онкологической заболеваемости населения, в частности раком легких, необходимы совершенствование системы мониторинга, контроль состояния окружающей среды, планирование мероприятий по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха канцерогенами.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы при подготовке управленческих решений, направленных на профилактику рака легких в Республике Татарстан. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Гатауллин Б.И., Шлычков А.П., Гатауллин И.Г.: сбор и обработка материалов, концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста. Биктемирова Р.Г., Шлычков А.П.: сбор, статистическая обработка материалов, написание текста. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Gataullin B.I., Shlychkov A.P., Gataullin I.G.: collection and processing of materials, concept and design of the study, writing and editing of the text. Biktemirova R.G., Shlychkov A.P.: collection, statistical processing of materials, writing of the text. The authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешний рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Khripunova AA, Agapitova PD, Prikhodko RA, et al. Geoinformational technologies as monitoring instrument for the health system at the regional level. *Modern High Technologies*. 2018;9:136-140. [Хрипунова А.А., Агапитова П.Д., Приходько Р.А., и др. Геоинформационные технологии как инструмент мониторинга системы здравоохранения на региональном уровне. *Современные наукоемкие технологии*. 2018;9:136-140]. URL: <https://top-technologies.ru/article/view?id=37174>
2. Korycinski RW, Tennant BL, Cawley MA, et al. Geospatial approaches to cancer control and population sciences at the United States cancer centers. *Cancer Causes Control*. 2018;29(3):371-377. DOI: [10.1007/s10552-018-1009-0](https://doi.org/10.1007/s10552-018-1009-0)
3. Sahar L, Foster SL, Sherman RL, Henry KA, et al. GIScience and cancer: State of the art and trends for cancer surveillance and epidemiology. *Cancer*. 2019;125(15):2544-2560. DOI: [10.1002/cncr.32052](https://doi.org/10.1002/cncr.32052)
4. Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, 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):229-263. DOI: [10.3322/caac.21834](https://doi.org/10.3322/caac.21834)
5. Leiter A, Veluswamy RR, Wisnivesky JP. The global burden of lung cancer: current status and future trends. *Nat Rev Clin Oncol*. 2023;20(9):624-639. DOI: [10.1038/s41571-023-00798-3](https://doi.org/10.1038/s41571-023-00798-3)
6. Vignal C, Guilloteau E, Gower-Rousseau C, Body-Malapel M. Review article: 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](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143718)
7. Bessagnet B, Allemand N, Putaud JP, et al. Emissions of Carbonaceous Particulate Matter and Ultrafine Particles from Vehicles-A Scientific Review in a Cross-Cutting Context of Air Pollution and Climate Change. *Appl Sci (Basel)*. 2022;12(7):1-52. DOI: [10.3390/app12073623](https://doi.org/10.3390/app12073623)

8. Albano GD, Montalbano AM, 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(5):2799. DOI: [10.3390/ijms23052799](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128937)
10. Wang VA, Zilli Vieira CL, Garshick E, et al. Solar Activity Is Associated With Diastolic and Systolic Blood Pressure in Elderly Adults. *J Am Heart Assoc*. 2021;10(21):e021006. DOI: [10.1161/JAHA.120.021006](https://doi.org/10.1161/JAHA.120.021006)
11. Liddle JM, Vieira CLZ, Coull BA, et al. Associations between solar and geomagnetic activity and cognitive function in the Normative Aging study. *Environ Int*. 2024;187:108666. DOI: [10.1016/j.envint.2024.108666](https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108666)
12. Pinaev SK, Chizhov AY, Pinaeva OG. The link of smoke and solar activity with human neoplasms. *Kazan medical journal*. 2022;103(4):650-657. [Пинаев С.К., Чижов А.Я., Пинаева О.Г. Связь дыма и солнечной активности с новообразованиями человека. *Казанский медицинский журнал*. 2022;103(4):650-657]. DOI: [10.17816/KMJ2022-650](https://doi.org/10.17816/KMJ2022-650)
13. Ishkov VN. The current 24th solar activity cycle in the minimum phase: preliminary results and development features. *Cosmic Research*. 2020;58(6):471-478. [Ишков В.Н. Текущий 24 цикл солнечной активности в фазе минимума: Предварительные итоги и особенности развития. *Космические исследования*. 2020;58(6):471-478]. DOI: [10.31857/S0023420620060060](https://doi.org/10.31857/S0023420620060060)
14. Dimitrov BD. Non-Hodgkin's lymphoma in US children: biometeorological approach. *Folia Med (Plovdiv)*. 1999;41(1):29-33. PMID: [10462916](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10462916/)
15. Dimitrov BD. Malignant melanoma of the skin and non-Hodgkin's lymphoma in USA: a comparative epidemiological study. *Folia Med (Plovdiv)*. 1999;41(1):121-125. PMID: [10462940](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10462940/)
16. Pinaev SK, Chizhov AY, Grjibovski AM, Pinaeva OG. Comparative analysis of the associations between solar activity and trends in the

- incidence of haemoblastoses in Russia, the USA and Canada. *Kazan medical journal*. 2022;103(6):1005-1012. [Пинаев С.К., Чижов А.Я., Гржибовский А.М., Пинаева О.Г. Сравнительный анализ связи трендов гемобластозов в России, Соединенных Штатах Америки и Канаде с солнечной активностью. *Казанский медицинский журнал*. 2022;103(6):1005-1012]. DOI: [10.17816/KMJ109511](https://doi.org/10.17816/KMJ109511)
17. Pinaev SK, Chizhov AY, Pinaeva OG. Association of solar activity and smoke with childhood hemoblastoses. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022;30(4):597-605. [Пинаев С.К., Чижов А.Я., Пинаева О.Г. Связь солнечной активности и дыма с гемобластозами детского возраста. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2022;30(4):597-605]. DOI: [10.22363/2313-2310-2022-30-4-597-605](https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-4-597-605)
18. Viola MV, Houghton A, Munster EW. Solar cycles and malignant melanoma. *Med Hypotheses*. 1979;5(1):153-60. DOI: [10.1016/0306-9877\(79\)90067-7](https://doi.org/10.1016/0306-9877(79)90067-7)
19. Bulatetsky SV, Byalovsky YuYu, Glushkova EP. Dynamics of adaptive mechanisms such as the optimization criteria magnetic interference. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2013;(2):49-53. [Булавецкий С.В., Бяловский Ю.Ю., Глушкова Е.П. Динамика неспецифических адаптационных механизмов как критерий оптимизации магнитных воздействий. *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2013;2:49-53].
20. Martynyuk VS, Temuryants NA. Extremely low-frequency magnetic fields as a factor of modulation and synchronization of infradian biorhythms in animals. *Geophysical Processes and Biosphere*. 2009;8(1):36-50. [Мартынюк В.С., Темуриянц Н.А. Магнитные поля крайне низкой частоты как фактор модуляции и синхронизации инфрадианных биоритмов у животных. *Геофизические процессы и биосфера*. 2009;8(1):36-50].
21. Isaev AA. *Statistics in meteorology and climatology*. М., 1988. (In Russ.). [Исаев А.А. *Статистика в метеорологии и климатологии*. М., 1988].
22. Cong X. Air pollution from industrial waste gas emissions is associated with cancer incidences in Shanghai, China. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(13):13067-13078. DOI: [10.1007/s11356-018-1538-9](https://doi.org/10.1007/s11356-018-1538-9)
23. Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, et al, ESC Working Group on Thrombosis, European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation; ESC Heart Failure Association. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2015;36(2):83-93b. DOI: [10.1093/eurheartj/ehu458](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu458)