

**АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ  
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ  
И ВОЗНИКНОВЕНИЕМ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**  
**ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN AIR POLLUTION  
BY SOLID PARTICLES AND THE OCCURRENCE OF ONCOLOGICAL DISEASES**

**И. В. Пухтеева<sup>1,2</sup>, М. С. Микулич<sup>1,2</sup>**

**I. Puhteeva<sup>1,2</sup>, M. Mikulich<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, БГУ

<sup>2</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт  
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ  
Минск, Республика Беларусь  
giv@iseu.by

<sup>1</sup>Belarusian State University, BSU

<sup>2</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU  
Minsk, Republic of Belarus

В данной работе был проведен анализ данных с установлением взаимосвязи диагностированных случаев заболеваемости населения Республики Беларусь онкологическими заболеваниями, в частности раком легких, и концентрацией твердых частиц в атмосферном воздухе. Было показано, что в период с 2002 по 2017 гг. во всех областях Республики Беларуси и в г. Минске был зарегистрирован общий рост числа диагностированных онкологических заболеваний. В ходе вычислений было выяснено, что наибольший среднегодовой темп прироста числа заболеваний онкологическими заболеваниями, который составил 3,35 %, был отмечен в г. Минске. Исходя из полученных значений при расчете взаимосвязи между числом выявленных случаев рака легких и количеством твердых частиц в атмосферном воздухе, для Минской области была установлена слабая положительная корреляция.

In this work, data analysis was carried out to establish the relationship between the diagnosed cases of morbidity of the population of the Republic of Belarus with oncological diseases, in particular lung cancer, and the concentration of solid particles in the atmospheric air. It was shown that in the period from 2002 to 2017 in all regions of the Republic of Belarus and in Minsk, a general increase in the number of diagnosed oncological diseases was registered. In the course of calculations, it was found that the highest average annual growth rate in the number of oncological diseases, which amounted to 3.35%, was noted in Minsk. Based on the values obtained, when calculating the relationship between the number of detected cases of lung cancer and the number of particulate matter in the atmospheric air, a weak positive correlation was established for the Minsk region.

*Ключевые слова:* канцерогены, онкологические заболевания, рак легких.

*Keywords:* carcinogens, oncological diseases, lung cancer.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-233-237>

В связи с ухудшающейся экологической обстановкой, человек каждый день сталкивается с угрозой для здоровья. Ключевую роль в отрицательном воздействии на человеческий организм оказывают химические соединения и вещества, именуемые поллютантами. Одной из крупнейших проблем современности является загрязнение воздуха.

Взвешенные в воздухе токсиканты, оказывают разное воздействие на организм человека. Наиболее опасными веществами считаются твердые частицы, в число которых входят пыль, сажевые частицы и тяжелые металлы. [1].

Загрязнение воздуха также считается основным фактором увеличения риска некоторых респираторных заболеваний, таких как астма и рак легких. Риск рака легких повышается при профессиональном взаимодействии с канцерогенами, длительно воздействующими на организм.

Особое значение в оказываемом токсическом воздействии на организм человека имеют твердые частицы. К ним относят пыль, в том числе и кремниевую, сажу и тяжелые металлы (никель, хром, свинец, ртуть, кадмий, мышьяк). Проведенные исследования приводят данные в поддержку причинно-следственной связи между загрязнением атмосферного воздуха, и особенно твердыми частицами в открытом воздухе, с заболеваемостью и смертностью от рака легких. [2]

Тяжелые металлы, такие как мышьяк, кадмий, хром, никель и свинец были классифицированы Международным агентством по изучению рака как канцерогены первого класса.

Тяжелые металлы оказывают воздействие на стимуляцию оксидативного стресса, воздействуя на антиоксидантные ферменты. Стимулирование оксидативного стресса является одной из основных причин канцерогенеза,

так как приводит к повреждению клеток с нарушением их функционирования. Происходит это вследствие ингибирования митохондриальной цепи переноса электронов с дальнейшим вытеснением редокс-активных металлов, истощением антиоксидантов и инактивацией антиоксидантных ферментов. В конечном итоге это приводит к хромосомным aberrациям, обмену сестринскими хроматидами, разрывам нитей ДНК и перекрестным связям ДНК.

Помимо оксидативного стресса тяжелые металлы способны напрямую взаимодействовать с ДНК. К примеру, мышьяк ингибирует завершение репарации разрывов ДНК через воздействие на ДНК-лигазу, которая особенно чувствительна к арсениту в клетке. Также он косвенно ингибирует активность ДНК-лигазы путем изменения клеточных окислительно-восстановительных уровней или путем воздействия сигнальных путей трансдукции и фосфорилирования белков, связанных с активностью ДНК-лигазы.

Пыль представляет собой смесь мелкодисперсных частиц, которые могут быть как неорганического, так и органического происхождения. Основным веществом, составляющим пыль как вредное вещество, являются кристаллические частицы, образованные диоксидом кремния.

Международное агентство по исследованию рака классифицировало кристаллический кремнезем как канцероген человека. Вдыхание частиц кремнезема способствует развитию силикоза – необратимого заболевания, которое характеризуется бессимптомным течением с последующими осложнениями, такими как туберкулез и рак легких [1,2].

Механически вдыхаемые частицы кремнезема сохраняются в легких, где они фагоцитируются макрофагами и поглощаются эпителиальными клетками, что приводит к образованию активных форм кислорода. АФК вызывают повреждения альвеолярных эпителиальных клеток, что инициирует процесс восстановления с последующим фиброгенезом и канцерогенезом.

Сажевые частицы способствуют повреждению ДНК также посредством активных форм кислорода. Нейтрофилы и эозинофилы усиливают повреждение цепей ДНК. При прямой токсичности происходит контакт сажевых частиц с эпителием легких, запуская окислительный стресс, что оказывает влияние на митохондрии и регуляцию притока кальция в клетке.

В связи с этим целью данной работы является установление характера взаимосвязи между количеством твердых частиц, находящихся в атмосферном воздухе, и числом выявленных случаев онкологических заболеваний в целом и раком легких в частности по областям Республики Беларусь за период 2002-2017 гг.

В период с 2002 по 2017 гг. во всех областях Республики Беларуси и в г. Минске был зарегистрирован общий рост числа диагностированных онкологических заболеваний (рис. 1). Максимальное число диагностированных случаев заболеваемости онкологическими заболеваниями в целом было зарегистрировано в Гомельской области в 2017 году. Минимальное число случаев отмечалось в Брестской области в 2002 году.

Наибольший среднегодовой темп прироста числа заболеваний онкологическими заболеваниями был отмечен в г. Минске – 3,35 %.

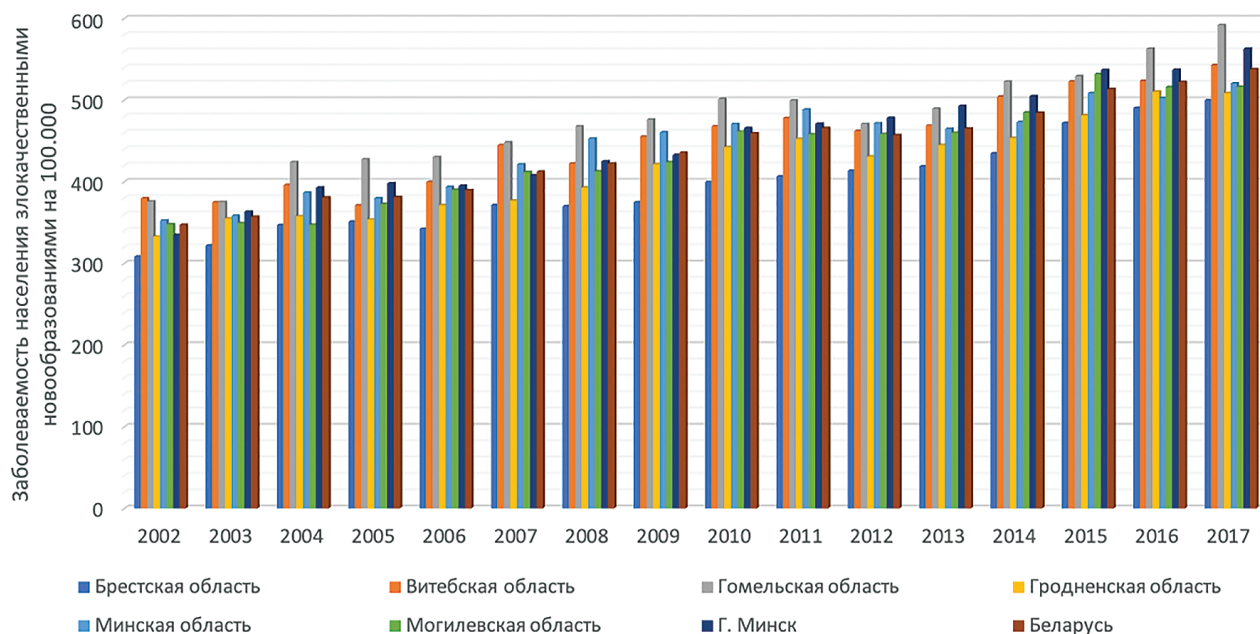


Рисунок 1 – Заболеваемость населения раком легких

Расчеты, представленные в таблице 1, отражают абсолютный прирост числа заболеваемости по областям, городу Минску и Республике Беларусь. Наибольший показатель за период 2002–2017 гг. был зарегистрирован в городе Минске, в то время как наименьший был отмечен в Витебской области.

В областях Республики Беларусь и в г. Минске также был выявлен рост числа задокументированных случаев рака легких (рис. 2). Максимальное число диагностированных случаев рака легких установлено среди населения Гродненской области в 2015 году. Минимальное число было зарегистрировано в Брестской области в 2002 году.

Наибольшие среднегодовые темпы прироста числа заболеваний раком легких, которые составили 1,81% и 1,58%, были отмечены в Минской области и г. Минске соответственно [2].

Таблица 1 – Абсолютный прирост заболеваемости онкологическими заболеваниями за период 2002-2017 гг. в Республике Беларусь

Анализируемая территория	Абсолютный прирост, %
Брестская область	12,79
Витебская область	10,89
Гомельская область	14,42
Гродненская область	11,72
Минская область	11,20
Могилевская область	11,21
г. Минск	15,22
Беларусь	12,72

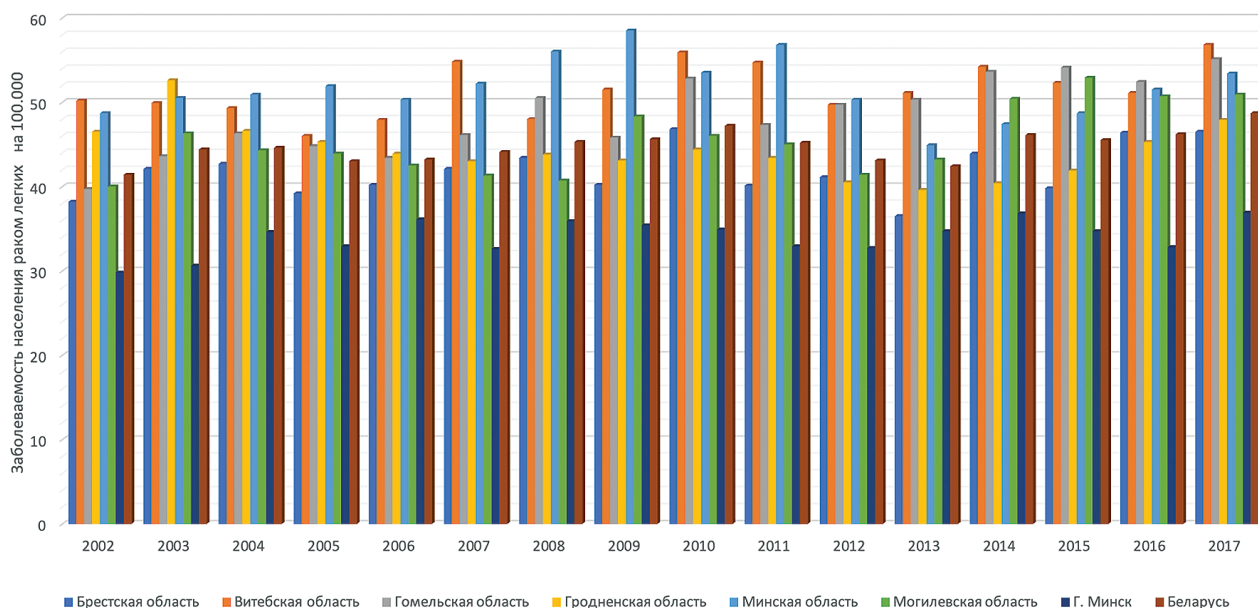


Рисунок 2 – Заболеваемость населения раком легких

В таблице 2 представлены показатели абсолютного прироста заболеваемости раком легких. Наибольший показатель за период 2002-2017 гг. был зарегистрирован в городе Минске, в то время как наименьший был отмечен в Могилевской области.

Таблица 2 – Абсолютный прирост заболеваемости раком легких за период 2002-2017 гг. в Республике Беларусь

Анализируемая территория	Абсолютный прирост
Брестская область	0,55
Витебская область	0,44
Гомельская область	1,03
Гродненская область	0,31
Минская область	0,73
Могилевская область	0,09
г. Минск	0,47

За исследуемый период было отмечено снижение концентрации твердых частиц в атмосферном воздухе во всех областях Республики Беларусь, на что указывают отрицательные значения абсолютного прироста всех проанализированных данных (рис. 3). Максимальная концентрация частиц достигла отметки в 8,2 тысячи тонн в Могилевской области в 2002 году. Минимальная концентрация составила 3,2 тысячи тонн (Брестская область, 2017 год).

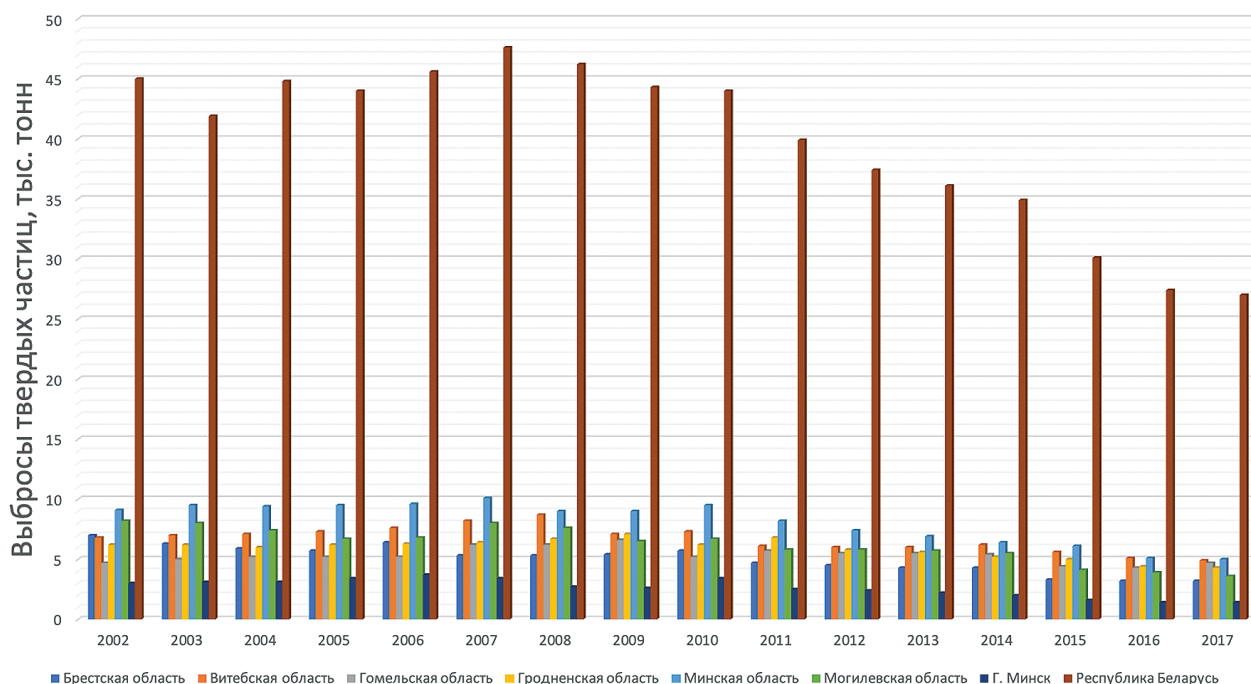


Рисунок 3 – Выбросы твердых частиц в атмосферу

Между числом онкологических больных и количеством твердых частиц в атмосферном воздухе в каждом из исследуемых случаев наблюдалась сильная обратная взаимосвязь. Результаты представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Корреляция между количеством выбросов твердых частиц в атмосферный воздух и числом онкологических заболеваний

Анализируемая территория	Величина коэффициента корреляции
Брестская область	-0,9718038
Витебская область	-0,7032314
Гомельская область	-0,2001778
Гродненская область	-0,6684798
Минская область	-0,7630342
Могилевская область	-0,899224
г. Минск	-0,8474421
Беларусь	-0,8449903

Сильная обратная взаимосвязь также была установлена между числом установленных случаев рака легких и концентрацией твердых частиц. Однако в Минской области установилась слабая положительная корреляция между числом случаев возникновения рака легких и концентрацией твердых частиц (Таблица 4).

Таблица 4 – Корреляция между количеством выбросов твердых частиц в атмосферный воздух и числом случаев рака легких

Анализируемая территория	Величина коэффициента корреляции
Брестская область	-0,3194931
Витебская область	-0,3846612
Гомельская область	-0,2005033
Гродненская область	-0,0084106
Минская область	0,26895921
Могилевская область	-0,7654782
г. Минск	-0,2674656
Брестская область	-0,4797101

В ходе проведенной работы полученные результаты можно интерпретировать как доказательство того, что онкологические заболевания являются результатом воздействия многих факторов и причин, а не действием одного определенного агента.



## ЛИТЕРАТУРА

1. *Manisalidis, I.* Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review / I. Manisalidis [et al]. // *Front Public Health.* – 2020. – № 8. – P. 14-56.
2. *Schabath, M. B.* Cancer Progress and Priorities: Lung Cancer / M. B. Schabath, M. L. Cote // *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* – 2020.- № 28. – P. 1563-1579.

## СВЕДЕНИЯ О РАСПРОСТРАНЕНИИ АМЕРИКАНСКОГО СОМИКА *AMEIURUS NEBULOSUS* (LESUEUR, 1918) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ INFORMATION ON SPREAD OF *AMEIURUS NEBULOSUS* (LESUEUR, 1918) ON THE TERRITORY OF BELARUS

**Ю. И. Охременко, Е. С. Гайдученко**  
***Yu. I. Okhremenko, H. S. Gajduchenko***

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,  
Минск, Беларусь  
okhremenko.yulia@yandex.by*

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources,  
Minsk, Belarus*

Проведено исследование по изучению области и характера распространения американского сомика на территории Беларуси. Согласно анкетным данным американский сомик был отмечен в водоемах Брестской (11 точек) и Гродненской (4 точек) области. В результате собственного исследования установлено 20 мест обитания изучаемого вида на территории Брестской, Гродненской и Минской областей. Выявлены новые места обитания вида в водоеме агрогородка Новый двор Щучинского района Гродненской области и водоем агрогородка Засулье Столбцовского района Минской области.

Studies of the spread of brown bullhead in Belarus have been carried out. According to personal data, the American catfish was noted in the reservoirs of Brest (11 points) and Grodno (4 points) regions. As a result of our own research, 20 habitats of the studied species were established on the territory of Brest, Grodno and Minsk regions. New habitats of the species were identified in the reservoir of the agro-town Novy Dvor, Shchuchinsky district, Grodno region and the reservoir of the agro-town Zasulye, Stolbtsy district, Minsk region.

*Ключевые слова:* чужеродные виды, *Ameiurus nebulosus*, американский сомик, Иctalуровые, распространение.

*Keywords:* alien species, *Ameiurus nebulosus*, brown bullhead, Ictaluridae, spread.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-237-240>

В настоящее время биологические инвазии признаются одной из актуальных экологических проблем. Стоит отметить, что эта проблема актуальна и значима для Беларуси ввиду ее географического положения. С одной стороны страна является транзитным регионом, с другой – регионом-акцептором чужеродных видов. Внедрение чужеродных видов представляет собой угрозу нативному биологическому разнообразию.

В Беларуси насчитывается 65 видов рыб, 18 из которых являются чужеродными [1]. Американский сомик *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819), семейства иctalуровых (Ictaluridae) – яркий представитель несанкционированной интродукции пресноводных видов рыб. Историческим ареалом данного вида являются пресные водоемы (озера, пруды, мелиоративные каналы, болота) от района Великих озер до водоемов Флориды на юге США. Во второй половине 19 века *A. nebulosus* был представлен в ряде европейских стран (Испания, Германия, Франция, Нидерланды, Бельгия, Болгария, Польша, Словакия, Австрия). В настоящее время, согласно многим литературным источникам, зарегистрирован в 37 европейских странах [2].

В 1935 г. американский сомик был завезен в отдельные водоемы Западной Белоруссии из Германии в качестве объекта рыборазведения, где был успешно акклиматизирован. Первые сведения об американском сомике в водоемах Беларуси содержатся в статье В.С. Ивлева и А.А. Протасова [3]. Специальное исследование, посвященное биологическим особенностям и хозяйственному значению американского (карликового) сомика в озерах Беларуси проведено М.Е. Макушом в 1951 г. [4]. Это данные 70-летней давности и в настоящее время есть информация о его появлении в других регионах, которую следует зафиксировать и систематизировать, предсказывая дальнейшее распространение вида.

Благодаря своей неприхотливости к среде обитания, хищничеству и заботе о потомстве американский сомик постоянно расширяет ареал своего обитания. В настоящее время на территории Беларуси распространен в большинстве водоемов Брестской области [5].