

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫБРОСОВ ПРИОРИТЕТНЫХ КАНЦЕРОГЕНОВ СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ РАЙОНОВ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

© А.А. Дементьев, А.А. Ляпкало, А.М. Цурган, Г.Н. Булычева, Е.П. Коршунова

ФГБОУ ВО Рязанский государственный медицинский университет
им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Рязань, Россия

Цель. Оценка динамики выброса приоритетных канцерогенов от стационарных источников в районах Рязанской области в 2009 и 2016 гг. **Материалы и методы.** Для анализа использовались официальные статистические данные об объемах загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников. Приоритетность определялась путем расчета приведенного выброса с учетом фактора наклона канцерогенного потенциала при ингаляционном пути поступления. Динамика выбросов канцерогенов оценивалась по темпу прироста. **Результаты.** Исследование показало, что к приоритетным химическим канцерогенам, поступающим в атмосферный воздух муниципальных образований Рязанской области от стационарных источников, были отнесены: хром (Cr) (VI), углерод (сажа), бензол, бензин (нефтяной) и формальдегид. С 2009 по 2016 гг. регистрировалось сокращение суммарного приведенного выброса канцерогенов на 39,4%, особенно бензола, сажи и формальдегида, что привело к существенному изменению его структуры – значительному увеличению удельного веса Cr (VI) (до 55,7%, в 1,5 раза) и почти двукратном снижении доли бензола (до 23,3%). В указанные годы более 90% суммарного приведенного выброса канцерогенов в Рязанской обл. формировалось стационарными источниками городов Рязани и Скопина, Рязанского и Скопинского районов. **Заключение.** Для большинства муниципальных образований Рязанской области было характерно снижение суммарного приведенного выброса канцерогенов, кроме Александрово-Невского, Милославского, Пронского, Захаровского и Шиловского районов, в которых, наоборот, отмечалось его увеличение. В г. Рязани на фоне выраженного снижения эмиссии сажи и бензола, соответственно на 81,7 и 69,4%, регистрировалось увеличение выброса в атмосферный воздух формальдегида на 37,4%.

Ключевые слова: атмосферный воздух; выбросы; стационарные источники; канцерогены.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF EMISSIONS PRIORITY CARCINOGENS BY STATIONARY SOURCES INTO THE AIR ATMOSPHERE OF AREAS OF THE RYAZAN REGION

A.A. Dementyev, A.A. Lyapkalo, A.M. Tsurgan, G.N. Bulychova, E.P. Korshunova

Ryazan State Medial University, Ryazan, Russia

Aim. Evaluation of dynamics of emission of priority carcinogens by stationary sources in the regions of the Ryazan region in 2009 and 2016. **Materials and Methods.** For analysis, official statistical data about volumes of pollutants emitted by stationary sources into the atmospheric air, were used. The priority was determined by calculation of equivalent emission with taking into account the slope factor of carcinogenic potential in inhalation entry (SFi). The dynamics of emissions of carcinogens was evaluated by the growth rate. **Results.** The study showed that priority chemical carcinogens released into the atmospheric air of municipal units by stationary sources included: chromium (Cr) (VI), carbon (soot), benzol, petrol and formaldehyde. From 2009 to



2016 a 39.4% decline in the total equivalent emission of carcinogens was reported, especially of benzol, soot and formaldehyde which considerably changed the structure of emission – a significant increase in the share of Cr (VI) (up to 55.7%, 1.5 – fold) and almost twice reduction in the share of benzol (to 23.3%). In the reported years more than 90% of the total equivalent emission of carcinogens in the Ryazan district were formed by stationary sources of Ryazan and Skopin towns, of Ryazan and Skopin districts. **Conclusion.** In most municipal units of the Ryazan district a reduction of the total equivalent emission was noted except in Aleksandro-Nevsky, Miloslavskoye, Pronsk, Zakharovo and Shilovo districts where emission increased. In Ryazan, against the background significant reduction of emission of soot and benzol by 81.7 and 69.4%, respectively, a 37.4% increase in the emission of formaldehyde into the atmosphere was recorded.

Keywords: *atmospheric air; emissions; stationary sources; carcinogens.*

Атмосферный воздух является одним из наиболее значимых факторов окружающей среды, при этом наибольшее антропогенное воздействие на него оказывают промышленные предприятия, теплоэнергетика и транспорт [1,3,4]. По данным Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (ФИФ СГМ), ведущими загрязнителями атмосферного воздуха в нашей стране в 2004-2008 гг. являлись азота диоксид, взвешенные вещества, углерода диоксид, серы диоксид, а также такие химические канцерогены как: формальдегид, свинец и его неорганические соединения, бенз(а)пи-рен, соединения Cr (VI) и фенола [2]. Под их воздействием находится около 50 млн человек [5], поэтому при оценке реальной канцерогенной опасности загрязнения атмосферного воздуха необходимо, учитывать состав присутствующих в нем соединений, а также возможность их комбинированного действия. Наибольшей канцерогенной опасности подвергается часть населения, проживающая в зоне влияния выбросов канцерогенных веществ от промышленных предприятий [6]. Так, по данным Роспотребнадзора в пределах санитарно-защитных зон промышленных предприятий России проживает свыше 3,2 млн человек, или более 2% всего населения России. Имеются данные о возможном увеличении онкологической заболеваемости населения, проживающего в непосредственной близости от предприятий, загрязняющих атмосферный воздух химическими канцерогенами [2,5].

Таким образом, сравнительная оценка структуры выбросов токсикантов в атмосферный воздух и их динамика, с учетом канцерогенного потенциала, является важной задачей для разработки мероприятий по обеспечению экологической безопасности.

Цель – оценка динамики выброса приоритетных канцерогенов в районах Рязанской области.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- составлены списки приоритетных химических канцерогенов, загрязняющих атмосферный воздух в муниципальных образованиях Рязанской области;
- проведена сравнительная оценка изменения структуры выбросов приоритетных химических канцерогенов, поступающих в атмосферный воздух муниципальных образований Рязанской области от стационарных источников загрязнения;
- сравнительная оценка и ранжирование районов Рязанской области по динамике выбросов приоритетных химических канцерогенов, поступающих в атмосферный воздух.

Данные о выбросах канцерогенов были взяты из сборников «Охрана атмосферного воздуха, текущие затраты на охрану окружающей среды и экологические платежи» за 2009 и 2016 гг. Федеральной службы государственной статистики [7,8]. Приоритетность канцерогенов определялась путем расчета приведенных выбросов (произведение величины эмиссии химиче-

ского канцерогена в атмосферный воздух на коэффициент SF_i – фактор наклона канцерогенного потенциала при ингаляционном пути поступления) с последующим их ранжированием [9]. В список приоритетных были отнесены вещества из ранжированного списка канцерогенов суммарный вклад, которых в величину валового приведенного выброса канцерогенов составлял 97%. Статистическая обработка проводилась методами χ^2 и корреляцион-

ного анализа.

Результаты и их обсуждение

Исследование показало, что в 2016 г. к приоритетным химическим канцерогенам, поступающим в атмосферный воздух районов Рязанской области от стационарных источников, были отнесены в порядке убывания вклада в валовой приведенный выброс такие загрязняющие вещества как: Cr (VI), углерод (сажа), бензол, бензин (нефтяной) и формальдегид (табл. 1).

Таблица 1

Приоритетные канцерогены, поступающие в атмосферный воздух муниципальных районов Рязанской области с выбросами стационарных источников

Вещество	M_i , тонны	SF_i	$M_i \times SF_i$, условные тонны	Структура приведенного выброса, %
Cr (VI)	0,413	42	17,346	58,4
Сажа	377,14	0,0155	5,84567	19,7
Бензол	146,993	0,027	3,968811	13,4
Бензин (нефтяной)	33,652	0,035	1,17782	4,0
Формальдегид	10,467	0,046	0,481482	1,6
Итого				97,1

Примечание: SF_i – фактор наклона канцерогенного потенциала при ингаляционном пути поступления; M_i – выброс (поступление загрязняющего вещества в атмосферу); $M_i \times SF_i$ – приведенный выброс (выброс с учетом выраженности канцерогенного действия).

В 2009 г. на первом месте по величине вклада в структуру суммарного приведенного выброса канцерогенов, поступающих в атмосферный воздух Рязанской области, находился бензол, доля которого составляла 44,2% (рис. 1). Более трети в структуре приходилось на Cr (VI), который занимал второе ранговое место, далее в порядке убывания вклада находились сажа, бензин и формальдегид.

Семнадцатилетний период истории России, сопровождавшийся значительными изменениями производственных сил, привел к существенному изменению структуры приведенного выброса канцерогенов, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников Рязанской области. Так, в 2016 г. по сравнению с 2009 г. вклад Cr (VI) в суммарный приведенный выброс канцерогенов увеличился в 1,5 раза и достиг 55,7%, что позволило вышеназванному

поллютанту выйти на первое ранговое место в области среди выявленных канцерогенов. Кроме того, в структуре выбросов отмечалось почти двукратное снижение доли бензола и увеличение удельного веса бензина, тогда как доли сажи и формальдегида существенно не изменились.

В таблице 2 представлена динамика выбросов приоритетных канцерогенов в Рязанской области и её отдельных муниципальных образованиях. Исследования показали, что за 8 лет суммарный приведенный выброс канцерогенов, поступающих в атмосферный воздух Рязанской области, сократился на 39,4% и в 2016 г. составил 16,9 условных тонн (усл. тонн). При этом имело место выраженное снижение поступления в атмосферный воздух почти всех приоритетных канцерогенов, особенно бензола (на 68,8%), сажи и формальдегида (соответственно на 47,6 и 43,0%).

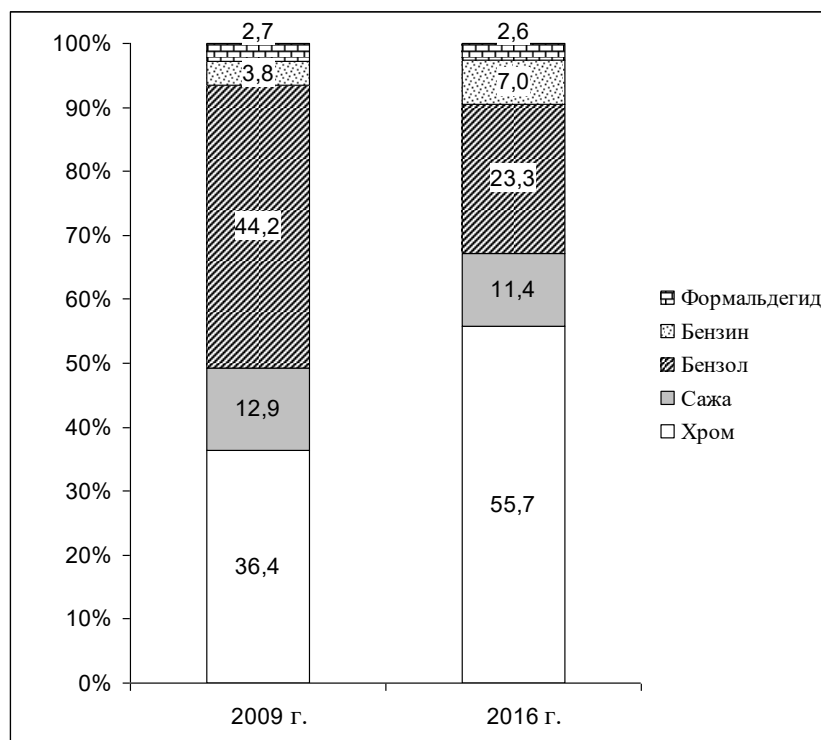


Рис. 1. Структура суммарного приведенного выброса канцерогенов

В 2009 и 2016 гг. основной вклад в формирование суммарного приведенного выброса канцерогенов, поступающих в атмосферный воздух Рязанской области, вносили стационарные источники г. Рязани, на долю которых приходилось соответственно 74,7 и 61,3% выбросов, хотя за этот период, выброс канцерогенов в атмосферный воздух областного центра снизился на 50,3% и в 2016 г. составил 10,4 усл. тонны. Это уменьшение, в основном, было обусловлено снижением эмиссии сажи и бензола (соответственно на 81,7 и 69,4%). При этом, поступление в атмосферный воздух формальдегида увеличилось на 37,4%, а его приведенный выброс в 2016 г. составил 0,24 усл. тонны.

Исследованием установлено, что Скопинский район занимает второе ранговое место по величине консолидированного приведенного выброса канцерогенов в атмосферный воздух, хотя на конец рассматриваемого периода его объем сократился на 19,9% и составил 1,57 усл. тонны. Выявленное снижение выбросов было, в основном, обусловлено значительным уменьшением поступления в атмосферный воздух

сажи и бензола (соответственно на 97,9 и 99,7%) и полным прекращением поступления в атмосферный воздух формальдегида.

В период с 2009 по 2016 гг. суммарный приведенный выброс канцерогенов в атмосферный воздух г. Скопин сократился на 26,6%, составил 0,94 усл. тонны или 5,5% от такового в целом по Рязанской области, в основном, за счет прекращения выбросов Cr (VI), бензола и формальдегида, хотя имело место незначительное увеличение поступления в атмосферный воздух бензина (на 12,3%). На территории Рязанского района приведенный выброс канцерогенов увеличился на 126,1% и к 2016 г. составил 2,42 усл. тонны, а его вклад в аналогичный показатель в целом по области увеличился с 3,8% до 14,2%, и был обусловлен значительным увеличением выбросов Cr (VI) – на 323,1%, бензина – на 96,3%, сажи – на 72% и бензола – на 15,4%. Следует отметить, что стационарные источники четырех вышеописанных муниципальных образований формируют не менее 90% суммарного приведенного выброса канцерогенов в Рязанской области.

Таблица 2

Выбросы приоритетных канцерогенов в Рязанской области и её отдельных муниципальных образованиях в 2009 и 2016 гг.

Районы и города	Суммарный приведенный выброс, усл. тонны*		Структура суммарного приведенного выброса, %		Темп прироста (сокращения), %
	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.	
г. Рязань	20,965	10,422	74,7	61,3	-50,3
Скопинский район	1,961	1,571	7,0	9,2	-19,9
г. Скопин	1,275	0,936	4,5	5,5	-26,6
Рязанский район	1,069	2,417	3,8	14,2	126,1
г. Сасово	0,831	0,296	3,0	1,7	-64,4
г. Касимов	0,390	0,334	1,4	2,0	-14,4
Касимовский район	0,328	0,211	1,2	1,2	-35,5
Клепиковский район	0,247	0,224	0,9	1,3	-9,5
Ряжский район	0,188	0,033	0,7	0,2	-82,3
Спасский район	0,184	0,022	0,7	0,1	-87,9
Рыбновский район	0,180	0,022	0,6	0,1	-87,7
Шиловский район	0,125	0,165	0,4	1,0	32,4
Михайловский район	0,091	0,047	0,3	0,3	-48,0
Пронский район	0,071	0,184	0,3	1,1	160,5
Шацкий район	0,059	0,009	0,2	0,1	-84,9
Чучковский район	0,053	0,027	0,2	0,2	-49,5
Кораблинский район	0,022	0,022	0,1	0,1	-0,4
Ермишинский район	0,007	0,013	0,02	0,1	91,9
Захаровский район	0,006	0,013	0,02	0,1	111,1
Милославский район	0,004	0,014	0,01	0,1	249,4
Александров-Невский район	0,002	0,009	0,01	0,1	328,2
В целом, по Рязанской обл.	28,057	16,991	100,0	100,0	-39,4
$\chi^2 = 2,4$ при $p = 0,9$; $r_{xy} = 0,982$ при $p < 0,01$					

Примечание: * – суммарный приведенный выброс – $\sum_{i=1}^n M_i \times SF_i$.

Для большинства остальных муниципальных образований Рязанской обл. характерно снижение суммарного приведенного выброса канцерогенов, а наиболее выраженные темпы его снижения регистрировались в Спасском, Рыбновском, Шацком и Ряжском районах и находилось в пределах 87,9 – 82,3%. В Александров-Невском, Милославском, Пронском, Захаровском и Шиловском районах отмечалось увеличение суммарного приведенного выброса канцерогенов, при этом наибольший темп

прироста был характерен для Александров-Невского района (328,2%), а наименьший – для Шиловского (32,4%).

Сравнение распределений значений суммарных приведенных выбросов канцерогенов в муниципальных образованиях Рязанской области по критерию χ^2 не выявил статистически значимых отличий ($\chi^2=2,4$ при $p=0,9$), что позволяет предположить наличие единой тенденции к сокращению выбросов канцерогенов в атмосферный воздух, характерной для районов Рязанской

области. Выдвинутое предположение подтверждается результатами корреляционного анализа, свидетельствующего и выраженной прямой связи суммарных приведенных выбросов канцерогенов в атмосферный воздух муниципальных образований в сравниваемые годы ($r_{xy}=0,982$ при $p<0,01$).

Заключение

К приоритетным химическим канцерогенам, поступающим в атмосферный воздух муниципальных образований Рязанской области от стационарных источников, были отнесены Cr (VI), углерод (сажа), бензол, бензин (нефтяной) и формальдегид. С 2009 по 2016 гг. регистрировалось сокращение суммарного приведенного выброса канцерогенов на 39,4%, особенно бензола, сажи и формальдегида, что привело к существенному изменению его

структуры – значительному увеличению удельного веса Cr (VI) (до 55,7%, в 1,5 раза) и почти двукратному снижению доли бензола (до 23,3%). Более 90% суммарного приведенного выброса канцерогенов в Рязанской области формировалось стационарными источниками г. Рязани и Скопина, Рязанского и Скопинского районов.

Для большинства муниципальных образований характерно снижение суммарного приведенного выброса канцерогенов, тогда как в Александро-Невском, Милославском, Пронском, Захаровском и Шиловском районах отмечалось его увеличение. В г. Рязани на фоне выраженного снижения эмиссии сажи и бензола в атмосферный воздух, соответственно на 81,7 и 69,4%, регистрировалось увеличение выброса формальдегида на 37,4%.

Литература

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году. Государственный доклад. М.; 2016. Доступно по: <http://www.priroda.ru/lib/detail.php?ID=11585>. Ссылка активна на 25 июля 2019.
2. Ляпкало А.А., Дементьев А.А., Цурган А.М. Влияние направления ветра на качество атмосферного воздуха в историческом центре г. Рязани в теплое время года // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2015. №1. С. 35-42.
3. Ганцев Ш.Х. Онкология. 2-е изд. М.; 2006.
4. Дементьев А.А. Загрязнение атмосферного воздуха областного центра веществами, обладающими канцерогенным действием // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2014. №2. С. 78-83.
5. Информационно-методическое письмо №01/8981-1-34 от 18 июля 2011 г. «О некоторых канцерогенных факторах в среде обитания человека и профилактике их воздействия». Доступно по: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293799/4293799626.htm>. Ссылка активна на 25 июля 2019.
6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году. Государственный доклад. М.; 2016.
7. Охрана атмосферного воздуха, текущие затраты на охрану окружающей среды и экологические платежи в 2009 году. Рязань; 2010.
8. Охрана атмосферного воздуха, текущие затраты на охрану окружающей среды и экологические платежи в 2016 году. Рязань; 2017.
9. Руководство по оценке риска для здоровья на-

селения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р.2.1.10.1920-04. М.; 2004.

References

1. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2015 godu. Gosudarstvennyy doklad*. Moscow; 2016. Available at: <http://www.priroda.ru/lib/detail.php?ID=11585>. Accessed: 2019 July 25. (In Russ).
2. Lyapkalo AA, Dementev AA, Tsurgan AM. The influence of wind direction on quality of atmospheric air in the historic centre of Ryazan in the warmer months. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2015;(1):35-42. (In Russ).
3. Gantsev ShKh. *Onkologiya*. 2nd ed. Moscow; 2006. (In Russ).
4. Dementiev A.A. Air pollution of the central city of the region by carcinogens. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2014;(2):78-83. (In Russ).
5. *Informatsionno-metodicheskoye pis'mo №01/8981-1-34 ot 18 Iul 2011 «O nekotorykh kantserogennykh faktorakh v srede obitaniya cheloveka i profilaktike ikh vozdeystviya»*. Available at: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293799/4293799626.htm>. Accessed: 2019 July 25. (In Russ).
6. *O sostoyanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2015 godu. Gosudarstvennyy doklad*. Moscow; 2016. (In Russ).
7. *Okhrana atmosfernogo vozdukh, tekushchiye zatraty na okhranu okruzhayushchey sredy i ekologicheskiye platezhi v 2009 godu*. Ryazan'; 2010. (In Russ).

8. *Okhrana atmosfernogo vozdukh, tekushchiye zatraty na okhranu okruzhayushchey sredy i ekologicheskiye platezhi v 2016 godu*. Ryazan'; 2017. (In Russ).

9. *Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu. R.2.1.10.1920-04*. Moscow; 2004. (In Russ).

Дополнительная информация [Additional Info]

Источник финансирования. Бюджет ФГБОУ ВО Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова Минздрава России. [Financing of study. Budget of Ryazan State Medical University.]

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи. [Conflict of interests. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.]

Участие авторов. Дементьев А.А. – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста, редактирование, Ляпкало А.А. – редактирование, Цурган А.М. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, Булычева Г.Н., Коршунова Е.П. – сбор и обработка материала. [Participation of authors. A.A. Dementyev – concept and design of the study, statistical processing, writing the text, editing, A.A. Lyapkalo – editing, A.M. Tsurgan – concept and design of the study, collection and processing of the material, G.N. Bulychova, E.P. Korshunova – collection and processing of the material.]

Информация об авторах [Authors Info]

*Дементьев Алексей Александрович – к.м.н., доцент, заведующий кафедрой общей гигиены, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Рязань, Россия. [Aleksiej A. Dementyev – MD, PhD, Associate Professor, Head of the Department of General Hygiene, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia.]
SPIN: 3797-9108, ORCID ID: 0000-0003-3038-5530, Researcher ID: T-2168-2018. E-mail: dementiev_a@mail.ru

Ляпкало Александр Андреевич – д.м.н., профессор, профессор кафедры общей гигиены, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Рязань, Россия. [Aleksandr A. Lyapkalo – MD, PhD, Professor, Professor of the Department of General Hygiene, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia.]
SPIN: 3014-9250, ORCID ID: 0000-0002-3956-5514, Researcher ID: T-2220-2018.

Цурган Александр Михайлович – к.м.н., старший преподаватель кафедры общей гигиены, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Рязань, Россия. [Aleksandr M. Tsurgan – MD, PhD, Senior Lecturer of the Department of General Hygiene, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia.]
SPIN: 1456-6779, ORCID ID: 0000-0002-3742-2018, Researcher ID: T-2238-2018.

Булычева Галина Николаевна – к.м.н., старший преподаватель кафедры общей гигиены, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Рязань, Россия. [Galina N. Bulychova – MD, PhD, Senior Lecturer of the Department of General Hygiene, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia.]
SPIN: 7569-3325, ORCID ID: 0000-0003-0277-6657, Researcher ID: T-2872-2018.

Коршунова Елена Петровна – к.м.н., ассистент кафедры общей гигиены, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, Рязань, Россия. [Elena P. Korshunova – MD, PhD, Assistant Lecturer of the Department of General Hygiene, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia.]
SPIN: 5445-8991, ORCID ID: 0000-0002-9042-3888, Researcher ID: T-2297-2018.

Цитировать: Дементьев А.А., Ляпкало А.А., Цурган А.М., Булычева Г.Н., Коршунова Е.П. Сравнительная характеристика выбросов приоритетных канцерогенов стационарными источниками в атмосферный воздух районов Рязанской области // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27, №3. С. 353-359. doi:10.23888/PAVLOVJ2019273353-359

To cite this article: Dementyev AA, Lyapkalo AA, Tsurgan AM, Bulychova GN, Korshunova EP. Comparative characteristics of emissions priority carcinogens stationary sources into the air atmosphere of areas of the Ryazan region. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2019;27(3):353-9. doi:10.23888/PAVLOVJ2019273353-359

Поступила/Received: 16.01.2019
Принята в печать/Accepted: 16.09.2019