

# ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

А.Ю. Каретникова,  
Е.С. Терехина, Н.В. Шляпников,  
А.А. Войтович

ФГБОУ ВО Саратовский  
государственный медицинский  
университет им. В.И. Разумовского  
Минздрава РФ, 410012, г. Саратов,  
Российская Федерация

**Д**анная статья посвящена гигиенической оценке потенциального риска общетоксических эффектов для здоровья населения Саратовской области вследствие действия загрязняющих веществ (оксид углерода, моно- и диоксид азота, аммиак, пыль, формальдегид) в период лесных пожаров. Актуальность данной работы обусловлена значительной ролью лесных пожаров в загрязнении атмосферы и особой уязвимости Саратовской области к лесным возгораниям. Результаты исследования позволяют судить о значительной роли лесных пожаров в загрязнении воздуха Саратовской области. В регионе наблюдается значительное превышение гигиенически допустимого уровня максимально-разовых и среднесуточных концентраций загрязняющих веществ (моно- и диоксид азота, аммиак, пыль, формальдегид), что создает неблагоприятную экологическую обстановку, способствует развитию и прогрессированию множества заболеваний человека.

**Ключевые слова:** лесные пожары, атмосферное загрязнение, воздух, здоровье населения, поражение органов дыхания, токсическое воздействие веществ.

Цит: А.Ю. Каретникова, Е.С. Терехина, Н.В. Шляпников, А.А. Войтович. Оценка токсического воздействия загрязнителей атмосферного воздуха Саратовской области в период лесных пожаров. Токсикологический вестник. 2020; 5:16-20

**Введение.** Благоприятный состав воздушной среды является одним из ключевых составляющих здоровья и благополучия населения во всех странах мира. Загрязнение атмосферного воздуха, являясь фактором риска развития онкологических заболеваний, патологий дыхательной и сердечно-сосудистой систем, представляет собой одну из ключевых проблем современной экологии. При этом наиболее значительное ухудшение качества воздушной среды наблюдается при чрезвычайных ситуациях, одними из которых являются лесные пожары [1, 2].

Лесные пожары – это мощный источник загрязнения атмосферного воздуха, на долю которых, по литературным данным, приходится 20% от числа всех поллютантов [3]. Особую опасность для экологической обстановки представляют вещества, выделяющиеся при горении лесных массивов, 93-99% из них представлены различными газообразными веществами (оксиды углерода, метан, аммиак, оксиды азота, органические угле-

водороды). Многие газообразные вещества обладают раздражающим действием и относятся ко II (формальдегид), III (оксиды азота) и IV (оксиды углерода, аммиак) классам опасности. Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) данных соединений, обладающий высокой степенью токсичности, может привести к ухудшению здоровья населения и развитию общетоксических эффектов, вызвать повреждения слизистых оболочек глаз и дыхательных путей [4].

Основной причиной подавляющего большинства лесных возгораний является антропогенная деятельность человека, однако значительную роль в возникновении пожаров играют неблагоприятные лесорастительные условия, обусловленные малым среднегодовым количеством осадков и резко континентальным климатом, способствующие возникновению, распространению и увеличению площади возгораний [5, 6].

Современные исследователи уделяют значительное внимание влиянию лесных пожаров на

Каретникова Алена Юрьевна (Karetnikova Alena Yuryevna), студент СГМУ им. В.И. Разумовского, г. Саратов, alyona.karetnikova@mail.ru;  
Терехина Елена Сергеевна (Terekhina Elena Sergeevna), студент СГМУ им. В.И. Разумовского, г. Саратов, terehinalena2000@gmail.com;  
Шляпников Никита Викторович (Shlyapnikov Nikita Viktorovich), студент СГМУ им. В.И. Разумовского, г. Саратов, shlyap.nikita@gmail.com;  
Войтович Анна Александровна (Voitovich Anna Aleksandrovna), старший преподаватель кафедры общей гигиены и экологии СГМУ им. В.И. Разумовского, г. Саратов, voitovich.88@mail.ru

здоровье населения различных регионов Российской Федерации [7,8,9], изучая последствия воздействия химических и радиационно опасных веществ [10]. Зарубежными исследователями проводятся аналогичные исследования [11,12]. Однако, риски изменения здоровья населения Саратовской области от воздействия лесных пожаров изучены недостаточно, что определило актуальность и необходимость данного исследования.

Таким образом, целью исследования явилась гигиеническая оценка потенциального риска общетоксических эффектов для здоровья населения Саратовской области вследствие действия загрязняющих веществ в период лесных пожаров.

**Материалы и методы исследования.** При проведении исследования были проанализированы данные отчетов Федерального агентства лесного хозяйства РФ и Министерства природных ресурсов и экологии Саратовской области, представленные на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики, а также показания Приволжского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в период с апреля по октябрь 2018 года по Саратовской области.

Оценивали площадь, пройденную пожарами по каждому месяцу, предельно допустимые среднесуточные концентрации (ПДКс.с.) и предельно допустимые максимально-разовые концентрации (ПДКм.р.) ряда поллютантов в соответствии с требованиями ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

Произведена оценка потенциального риска развития общетоксических эффектов при кратковременном ингаляционном поступлении поллютантов по коэффициенту опасности (HQ<sub>acute</sub>) и индексу опасности (HI<sub>acute</sub>) с учетом безопасных референтных величин (ARfC) по методике и значениям, изложенным в методических рекомендациях Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Если коэффициент опасности (HQ) более единицы, то вероятность возникновения неблагоприятных последствий у человека возрастает пропорционально увеличению данного коэффициента [13,14]. Расчет данных показателей проводили с учётом максимально-разовых концентраций поллютантов в мае 2018 года, так как именно на этот месяц приходится максимальная площадь лесных пожаров и превышение уровня ПДК за весь рассматриваемый период.

Статистическая обработка данных и расчеты производились с использованием пакета электронных таблиц сервиса Microsoft Office Excel.

Для оценки тесноты и формы связи между случаями возгораний за весенне-осенний период и степенью загрязнения воздуха высчитывался коэффициент корреляции по методу Пирсона ( $r$ ) с проверкой достоверности по  $t$ -критерию Стьюдента. При положительных значениях  $r$  выявляли прямую связь, при отрицательных – обратную, при  $r = 0$  – отсутствие связи. Сила связи оценивалась по значениям коэффициента, при  $r$  от 0 до 0,3 связь считалась слабой, от 0,3 до 0,5 – умеренная, 0,5 – 0,7 средняя и выше 0,7 – сильная. Статистически значимыми считались результаты при значении  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** В период с апреля по октябрь 2018 года были отмечены следующие показатели горимости в Саратовском регионе: общая площадь, пораженная огнем, имела наибольшее значение в мае (670,6 га) и наименьшее в октябре (2,2 га) (табл. 1).

При анализе значений максимально-разовых концентраций выявлено превышение ПДКм.р. по ряду поллютантов за весь рассматриваемый период: монооксид азота, диоксид азота, аммиак, пыль, формальдегид. Выявлено наличие статистически достоверной связи ( $p < 0,05$ ) между площадью пожаров и максимально-разовыми концентрациями веществ: диоксид азота ( $r = 0,58$ , средняя связь), аммиак ( $r = 0,60$ , средняя связь), пыль ( $r = 0,57$ , средняя связь).

Оценка среднесуточных концентраций загрязняющих веществ в период лесных пожаров позволила выявить превышение ПДКс.с. по ряду соединений: диоксид азота, аммиак, формальдегид (апрель – октябрь 2018 г.), пыль (май - сентябрь 2018 г.). Отмечено наличие статистически значимой связи ( $p < 0,05$ ) между площадью, пройденной пожарами, и среднесуточными концентрациями диоксида азота ( $r = 0,47$ , слабая связь) и нитрида водорода ( $r = 0,55$ , средняя связь).

Следует отметить, что отсутствие достоверной корреляции между площадью пожаров и уровнем содержания ряда исследуемых веществ в атмосфере объясняется тем, что их уровень в значительно большей степени зависит от антропогенной деятельности, такой как автотранспорт, работа предприятий, заводов, электростанций. Тем не менее, нельзя исключать влияния лесных возгораний на их концентрацию [13,14,15].

При оценке потенциального риска общетоксических эффектов при кратковременной ингаляционной экспозиции было выявлено превышение безопасного уровня HQ по следующим показателям: оксид азота, аммиак, пыль, формальдегид (табл. 2). Суммарный индекс опасности (HI) за май 2018 года составил 26,07, что в 26 раз больше безопасного значения. При этом полученные в эпидемиологическом исследовании данные позволили определить риск ухудшения здоровья от

Таблица 1

**Значения коэффициентов корреляции площади возгораний, ПДКс.с. и ПДКм.р. загрязнителей в Саратовской области (апрель-октябрь 2018 г.)**

Месяц Показатели	апрель	май	июнь	июль	Август	сентябрь	октябрь	ПДК (мг/м <sup>3</sup> )	Коэффициент корреляции с площадью пожаров
Площадь пожаров (га)	62,3	670,6	489,23	71,78	6,36	151,704	2,2		
с <sub>с.с.</sub> (оксид углерода) (мг/м <sup>3</sup> )	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,50	0,50	3,00	0,16 (p=0,07)
с <sub>м.р.</sub> (оксид углерода) (мг/м <sup>3</sup> )	1,10	0,90	1,30	1,60	1,00	1,20	0,70	5,00	-0,01 (p=0,07)
с <sub>с.с.</sub> (монооксид азота) (мг/м <sup>3</sup> )	0,40	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,06	-0,39 (p=0,05)
с <sub>м.р.</sub> (монооксидазота) (мг/м <sup>3</sup> )	0,30	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,36 (p=0,06)
с <sub>с.с.</sub> (диоксид азота) (мг/м <sup>3</sup> )	2,00	2,10	1,90	1,80	2,00	1,60	1,60	0,04	0,47 (p=0,05)
с <sub>м.р.</sub> (диоксид азота) (мг/м <sup>3</sup> )	1,90	2,20	2,30	2,30	2,00	2,10	1,70	0,20	0,58 (p=0,03)
с <sub>с.с.</sub> (аммиак) (мг/м <sup>3</sup> )	0,80	1,40	1,30	1,50	1,10	1,00	0,50	0,04	0,55 (p=0,04)
с <sub>м.р.</sub> (аммиак) (мг/м <sup>3</sup> )	0,60	1,60	1,00	1,50	0,90	0,90	0,40	0,20	0,6 (p=0,03)
с <sub>с.с.</sub> (пыль) (мг/м <sup>3</sup> )	0,30	0,70	0,90	0,60	1,00	0,70	0,50	0,15	0,29 (p=0,06)
с <sub>м.р.</sub> (пыль) (мг/м <sup>3</sup> )	0,40	0,60	0,80	0,60	0,60	0,60	0,40	0,50	0,57 (p=0,04)
с <sub>с.с.</sub> (формальдегид) (мг/м <sup>3</sup> )	1,50	1,70	1,90	2,10	2,00	1,90	1,70	0,01	-0,12 (p=0,07)
с <sub>м.р.</sub> (формальдегид) (мг/м <sup>3</sup> )	0,66	0,60	1,40	1,30	0,80	0,80	0,60	0,05	0,13 (p=0,07)

воздействия загрязняющих веществ. При анализе данных выявлено, что наибольший риск общетоксического воздействия на органы дыхания имели такие вещества, как формальдегид, диоксид азота и аммиак. В частности, значительное увеличение концентрации диоксида углерода будет связано с увеличением частоты случаев появления симптомов со стороны дыхательной системы у детей; увеличением частоты и продолжительности заболеваний верхних дыхательных путей [13,14]. Преобладающую роль в риске развития патологий сердечно сосудистой системы и системы крови при ингаляционной экспозиции играл диоксид азота, наименьшую роль – оксид углерода и оксид азота.

Наиболее значимое влияние на формирование риска расстройств органа зрения играло такое соединение, как формальдегид. При этом воздействие аммиака в значительно меньшей степени влияет на суммарный риск по зрительному аппарату.

Важно отметить, что HQ<sub>acute</sub> для оксида углерода и монооксида углерода меньше единицы, что свидетельствует о незначительной вероятности развития вредных эффектов при хроническом поступлении вещества и такое воздействие характеризуется как допустимое.

Обозначенные превышения по коэффициенту и индексу опасности позволяют свидетельствовать о высоком риске общетоксического

Таблица 2

**Оценка потенциального риска неспецифических и системных эффектов при комбинированном поступлении загрязнителей для населения Саратовской области (май, 2018 г.)**

Показатель	Максимальная разовая концентрация (мг/м <sup>3</sup> )	ПДК <sub>м.р.</sub> (мг/м <sup>3</sup> )	ARfC	HQ <sub>acute</sub>	Критический орган (система)
CO	0,90	3,00	23	0,04	сердечно-сосудистая система (кровь)
NO	0,20	0,06	0,72	0,28	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
NO <sub>2</sub>	2,20	0,04	0,47	4,68	органы дыхания, кровь (образование MetHb)
Nh <sub>3</sub>	1,60	0,04	0,35	4,57	органы дыхания, глаза
Формальдегид	0,60	0,01	0,048	12,50	органы дыхания, глаза
Пыль	0,60	0,15	0,15	4,00	органы дыхания
HI органов дыхания				26,03	
HI сердечно-сосудистой системы и системы крови				5	
HI глаза				17,07	
TNI				26,07	

воздействия при кратковременной ингаляционной экспозиции загрязнителей лесных пожаров.

**Заключение.** Выявленная статистически достоверная связь позволяет судить о значительной роли лесных пожаров в загрязнении воздуха Саратовской области. В регионе наблюдается превышение гигиенически допустимого уровня загрязнителей, большая часть которых относится к II, III и VI классу опасности, а также превышение безопасного уровня индекса опасности HI. Все это создает неблагоприятную экологическую обстановку, способствует развитию общетоксических эффектов, прогрессированию многих заболеваний человека, в частности

дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также обострению заболеваний у лиц, находящихся в группе риска (лица с хронической патологией, дети, пожилые люди).

Для решения сложившейся гигиенической обстановки в Саратовской области рекомендовано проведение комплекса мер, направленных как на предотвращение пожаров и максимальное снижение ущерба от последствий возгораний, так и на уменьшение пагубного воздействия загрязнителей. В особенности нужно уделить внимание работе с населением, поскольку подавляющее большинство случаев пожаров случаются по причине пренебрежения людьми техники противопожарной безопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Елфимова Т.А. Изучение риска здоровья при кратковременной ингаляционной экспозиции в условиях лесных пожаров. Гигиена и санитария. 2013; 1: 50-52.
2. Самсонов Ю.Н., Беленко О.А., Иванов В.А. Дымовая аэрозольная эмиссия при лесных пожарах в центральной Сибири. Интерэкспо Гео-Сибирь. 2010; 4 (2): 114-118.
3. Чепрасов С.А. Вредные вещества, поступающие в атмосферу при пожарах. Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016; 1 (7): 360-363.
4. Точилкина Н.В. Оценка влияния индекса загрязнения атмосферы на медико-демографические показатели жителей города Саратова. Самарский научный вестник. 2016; 4 (17): С. 65-70.
5. Жилибовская А.Н., Козаченко М.А. Последствия лесных пожаров в дубовых древостоях Вязовского лесничества Саратовской области в части огневых повреждений деревьев. Вавилонские чтения - 2016. 2016; 279-281.
6. Козаченко М.А., Кицаева Н.С. Анализ лесовосстановления на гарях в различных почвенных условиях на территории саратовской области. Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014; 2:10-15.
7. Рябкова В.А., Брылева И.Н. Состояние здоровья населения Хабаровского края в условиях воздействия лесных пожаров. Дальневосточный медицинский журнал. 2002; 3: 41-44.
8. Мухоморова Е.А. Оценка экологического риска территории Иркутской области. Успехи современного естествознания. 2012; 2: 26-30.
9. Сидоров А.А., Санжиева С.Е. Влияние лесных пожаров республики Бурятия на окружающую среду и здоровье человека. Вестник КрасГАУ. 2018; 1 (136): 188-193.
10. Дворник А.А., Дворник А.М., Король Р.А., Гапоненко С.О. Радиоактивное загрязнение воздуха в результате лесных пожаров и его опасность для здоровья человека. Радиация и риск (Бюллетень

Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2016; 2: 100-108.

11. Finlay S., Moffat A., Gazzard R., Baker D., Murray V. Health impact of wildfires. PLoS Current. 2012; 2: 4.

12. Black C., Tesfaigzi Y., Bassein E., Miller L. Wildfire smoke exposure and human

health: significant gaps in research for a growing public health issue. HHS public access. 2017; 5: 186-195.

13. Хотько Н.И., Дмитриев А.П. Санитарное состояние атмосферного воздуха и здоровье населения. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские

науки. 2012; 2 (22): 125-135.

14. Хотько Н.И. К методологии критериальной оценки экологического благополучия и медико-биологического состояния здоровья населения. Химическая безопасность РФ в современных условиях: Материалы научно-практической конференции. 27-28 мая 2010 г.

Санкт-Петербург. СПб; 2010; 145-148.

15. Ларионов М.В., Ларионов Н.В. Влияние степени загрязнения окружающей среды на здоровье населения в Саратовской области. Вестник Оренбургского государственного университета. 2009; 4: 122-125.

## REFERENCES:

1. Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Efimova T.A. Studying the health risk during short-term inhalation exposure in the conditions of forest fires. Hygiene and sanitation. 2013; 1: 50-52 (in Russian).

2. Samsonov Yu.N., Belenko O.A., Ivanov V.A. Smoke aerosol emissions from forest fires in central Siberia. Interekspo Geo-Sibir'. 2010; 4 (2): 114-118 (in Russian)

3. Cheprasov S.A. Harmful substances entering the atmosphere during fires.

Modern technologies for civil defense and emergency response. 2016; 1 (7): 360-363 (in Russian).

4. Tochilkina N.V. Assessment of the impact of the air pollution index on the medical and demographic indicators of residents of the city of Saratov. Samara Scientific Bulletin. 2016; 4 (17): S. 65-70 (in Russian).

5. Zhilibovskaya A.N., Kozachenko M.A. The consequences of forest fires in oak stands of the Vyazovsky forestry in the Saratov region in terms of fire damage to trees. Vavilov s readings. 2016. 2016; 279-281 (in Russian).

6. Kozachenko M.A., Kitsaeva N.S. Analysis of reforestation in burned areas in various soil conditions in the Saratov region. Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov. 2014; 2:10-15 (in Russian).

7. Ryabkova V.A., Bryleva I.N. Health state of population in the Khabarovsk region under the influence of forest fires. Far Eastern Medical Journal. 2002; 3: 41-44 (in Russian).

8. Musikhina E.A. Ecological risk assessment in Irkutsk region territory. Advances in Modern Natural Science. 2012; 2: 26-30 (in Russian).

9. Sidorov A.A., Sanzhieva S.E. Influence of forest fires in the republic of Buryatia on the environment and human health. Vestnik KrasGAU. 2018; 1 (136): 188-193 (in Russian).

10. Dvornic A.A., Dvornic A.M., Korol R.A., Gaponenco S.O. Radioactive contamination of air as a result of forest fires and its threat to a human health. Radiation and risk (Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Register). 2016; 2: 100-108 (in Russian).

11. Finlay S., Moffat A., Gazzard R., Baker D., Murray V. Health impact of wildfires. PLoS Current. 2012; 2: 4.

12. Black C., Tesfaigzi Y., Bassein E., Miller L. Wildfire smoke exposure and human health: significant gaps in research for a growing public health issue. HHS public access. 2017; 5: 186-195.

13. Khot'ko N.I., Dmitriev A.P. Sanitary condition of atmospheric air and public health. News of higher educational institutions. Volga region. Medical Sciences. 2012; 2 (22): 125-135 (in Russian).

14. Khot'ko N.I. To the methodology of criteria-based assessment of environmental well-being and the biomedical state of public health. Chemical safety in the Russian Federation in modern conditions: Materials of the scientific and practical conference. 27-28 May 2010. Sankt Peterburg. SPb; 2010; 145-148 (in Russian).

15. Lariонов M.V., Lariонов N.V. The impact of environmental pollution on public health in the Saratov region. Bulletin of the Orenburg State University. 2009; 4: 122-125 (in Russian).

A.Yu. Karetnikova, E.S. Terekhina, N.V. Shlyapnikov, A.A. Voitovich

## ASSESSMENT OF THE TOXIC INFLUENCE OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTANTS IN THE SARATOV REGION DURING THE FOREST FIRES

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, 410012, Saratov, Russian Federation

The article is devoted to the hygienic assessment of the potential risk of general toxic effects for the health of the population in the Saratov region as a result of action of pollutants (carbon monoxide, nitrogen mono- and dioxides, ammonia, dust, formaldehyde) during forest fires. The relevance of this work is due to the significant role of forest fires in air pollution and the special vulnerability of the Saratov region to forest fires. The results of the study allow to judge the significant role of forest fires in air pollution in the Saratov region: there are significant excesses of the hygienic permissible levels of maximum single and average daily concentrations of pollutants (nitrogen mono- and dioxides, ammonia, dust, formaldehyde), which create an unfavorable environmental situation, contribute to the development and progression of many human diseases.

**Keywords:** forest fires, atmospheric pollution, air, public health, respiratory damage, toxic effects of substances.

Quote: A.Yu. Karetnikova, E.S. Terekhina, N.V. Shlyapnikov, A.A. Voitovich. Assessment of the toxic influence of atmospheric air pollutants in the Saratov region during the forest fires. Toxicological Review. 2020; 5:16-20

Переработанный материал поступил в редакцию 27.03.2020 г.

