

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-252-262

УДК 504.53:581.5(045)

Научная статья

## Загрязнение атмосферы Иркутской области в результате природных пожаров и оценка риска здоровью населения

Т.В. Ващалова<sup>1</sup>✉, В.В. Гармышев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

<sup>2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Российская Федерация, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83

✉ VTV\_53@mail.ru

**Аннотация.** Загрязнение веществами, поступающими в атмосферу в результате природных пожаров, достоверно влияет на уровень заболеваемости населения Иркутской области. Разработка мер по его снижению требует оценки уровня риска и анализа пространственных различий состава и количества основных эмитентов. Исследование основано на статистическом материале о природных пожарах в области в 2014–2019 гг. Выполнен сравнительный анализ состава и массы веществ от природных пожаров на землях трех категорий: земли лесного фонда; селитебные, пригородные, рекреационные земли; торф и торфопочвы. По весу и составу поллютантов наиболее опасными для здоровья представляются торфяные пожары. Уровень риска здоровью в результате природных пожаров варьирует по районам области в пределах двух порядков. На него влияют: доля площади задымления от общей площади района; неравномерность распределения населения в пределах района; малонаселенность и труднодоступность; экономическая специализация и другие.

**Ключевые слова:** природные пожары, загрязнение атмосферы, заболеваемость, риск, Иркутская область

### Введение

Природные (особенно лесные) пожары наряду с техносферным выбросами – наиболее значимые источники загрязнения атмосферы на региональном и локальном уровнях. Одним из их важных негативных воздействий является ухудшение самочувствия, рост острой и хронической заболеваемости населения – прежде всего органов дыхания.

Иркутская область – один из самых богатых лесом регионов России. По данным государственного лесного реестра на 1 января 2018 г., лесопокрываемые земли занимали 82,6 % территории области. Здесь сосредоточена

восьмая часть запасов российской древесины. А доля особо ценных хвойных пород (наиболее горимых) значительна даже в масштабах планеты [1].

Иркутская область – крупный промышленный регион, в котором представлены все основные отрасли, дающие высокую техногенную нагрузку на атмосферу. Лесная и деревообрабатывающая промышленность относится к ведущим, что определяет большой объем лесозаготовок и первичной обработки в разных районах области. На территориях Иркутского, Тайшетского, Усольского и Ангарского районов распространены торфяники, частично разрабатываемые.

Поскольку среди причин лесных пожаров лидирует неосторожное обращение людей с огнем (60 % в среднем за 2014–2019 гг.), важно отметить, что доступность лесных массивов достаточно высока как для заготовителей, так и для населения в целом. Для области характерны также природные пожары из-за грозных разрядов (в среднем 29 %), что является основной причиной масштабных выгораний леса в труднодоступных и необеспеченных наземной охраной территориях.

С каждым годом все большую тревогу вызывает увеличение площадей горения горючих растительных материалов (ГРМ) в селитебной, ландшафтно-рекреационной, лесопарковой зонах населенных пунктов. Площадь последних составляет 12 % от общей территории региона, и ежегодно на 10–15 дней она погружается в дым [1; 2].

Условиями, оказывающими прямое или опосредованное влияние на количество и площади природных пожаров, могут быть: а) плотность населения; б) величина лесопокрытой площади; в) характер ведущей отрасли хозяйства района; г) характер и плотность транспортной инфраструктуры; д) окраинно-периферийное положение района; е) рекреационная нагрузка.

По данным областного комитета по статистике, на протяжении ряда лет в период лесных пожаров в области наблюдались достоверные признаки ухудшения здоровья людей, находившихся в задымленной зоне. Это демонстрирует прирост значений следующих показателей: число обращений за медицинской помощью в связи с заболеваниями органов дыхания – на 6,5 %; число обострений хронических бронхитов – на 4,2 % и бронхиальной астмы – на 5,2 %. Ранее было показано [3], что риск столкнуться с природным пожаром на территории Иркутской области существует для 6 из каждых 10 000 человек населения.

Сказанное свидетельствует об актуальности проблемы загрязнения атмосферы в результате природных пожаров, ее сезонного и отсроченного негативного влияния на здоровье населения Иркутской области. Одним из необходимых условий разработки мер по снижению этого влияния является оценка риска заболеваемости по данной причине по районам области, чему и посвящена настоящая статья.

## **Материалы и методы**

Оценка величины залповых выбросов токсичных продуктов горения и площади задымления выполняется на основе информации о площади выгорания, массе сгоревших материалов [1; 2] и удельном значении эмиссии ими различных веществ и соединений.

Масса сгоревшего материала и свойственная ему эмиссия поллютантов изучались для трех различных категорий земель: 1) земли лесного фонда – лесные и нелесные; 2) земли селитебные, пригородные, рекреационные и т. п.; 3) торф и торфопочвы на землях разных категорий. Далее растительный материал, сгоревший на землях двух первых категорий, сокращенно обозначается «ГРМ» – горючий растительный материал. Он включает древесной, кустарники, опад, травы, мхи и лишайники, валежник и т. п.

Оценка риска заболеваемости дается на основе информации о плотности населения в зоне воздействия пожара (по материалам областного комитета по статистике). Все исходные расчетные данные осреднены за период 2014–2019 гг.

Многолетние натурные исследования последствий природных пожаров [3; 4] позволили апробировать и подтвердить достоверность оценок массы различных сгоревших ГРМ и торфа по следующим формулам.

Для деревьев и других ГРМ на землях лесного фонда:

$$m^D = \frac{1}{3} s^П \cdot a^D \cdot \kappa_H, \quad (1)$$

$$m^{ГРМ} = (s^П - s^D) \cdot a^{ГРМ} \cdot \kappa_H, \quad (2)$$

где  $s^П$  – площадь, пройденная пожаром, га;  $s^D$  – площадь, занимаемая деревьями, га;  $a^D$ ,  $a^{ГРМ}$  – масса древесины и ГРМ, сосредоточенная на единице лесной территории, т/га;  $\kappa_H$  – коэффициент недожога.

Для ГРМ, сгоревших на землях непокрытых лесом в пределах земель лесного фонда, на нелесных землях (в том числе – лесостепных), а также в селитебной, рекреационной, лесопарковой, пригородной зонах городов, населенных пунктов:

$$m^{ГРМ} = s^П \cdot a^{ГРМ} \cdot \kappa_H, \quad (3)$$

где  $a^{ГРМ}$  – масса ГРМ, сосредоточенная на единице площади подобных территорий, т/га.

Для сгоревшего торфа и торфопочв:

$$m^T = s^П \cdot \rho_T \cdot h_{\text{прог}} \cdot \kappa_H \cdot 10^4, \quad (4)$$

где  $\rho_T$  – плотность торфа, т/м<sup>3</sup>;  $h_{\text{прог}}$  – глубина прогорания торфа, м;  $10^4$  – коэффициент перевода из м<sup>2</sup> в га.

Усредненная масса для древесины на лесных территориях составляет 20 т/га, для иных ГРМ – 2,5 т/га, а для ГРМ на землях, непокрытых лесом, нелесных (в том числе лесостепных), а также в ландшафтно-рекреационной и пригородной зонах городов и населенных пунктов усредненная масса составляет 0,8 т/га, глубина прогорания торфопочв – 0,25 м, торфяных залежей – 1,5 м (в местах торфоразработок).

При лесных пожарах, как правило, выгорает 1/3 массы древесной (крона, кора, стволы деревьев). Коэффициент недожога принимается для деревьев равным 0,7; для торфа – 0,5; для иных ГРМ на всех типах территорий – 0,9.

Продукты химических преобразований групп органических веществ, входящих в состав древесной и иных ГРМ, при горении, тлении и других термических воздействиях в целом известны. На протяжении последних де-

сятилетий неоднократно проводились прямые замеры эмиссии разных веществ при природных пожарах (как на земле, так и в воздухе), а также лабораторные эксперименты. Были разработаны методики определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров, в том числе нормативные документы [5–10].

В настоящей работе использованы усредненные данные удельной эмиссии токсикантов, образующихся при пожарах на обозначенных выше типах территорий. Величина коэффициента дымообразования определена экспериментально [4]. Авторы осознают, что состав продуктов горения значительно шире [8], однако не по всем пока имеются количественные характеристики эмиссии. Тем не менее сделанная ниже оценка риска здоровью представляется объективной, поскольку в нее вошли вещества, составляющие основной объем загрязнения атмосферы при природных пожарах.

Оценка площади загрязнения в результате природного пожара и расчет риска заболеваемости при нарушении условий жизнедеятельности окрестного населения выполнены (по методу, апробированному в работе [10]) с использованием следующих формул:

$$S_{\text{загр}} = S_{\text{п}} \cdot 10, \quad (5)$$

$$R = S_{\text{загр}} \cdot 0,9 \cdot \text{Пл}_{\text{нас}}, \quad (6)$$

где  $S_{\text{загр}}$  – площадь загрязнения в га;  $S_{\text{п}}$  – выгоревшая площадь, га;  $R$  – риск заболеваемости в условиях нарушения условий жизнедеятельности;  $\text{Пл}_{\text{нас}}$  – плотность населения, чел./км<sup>2</sup>.

## Результаты и обсуждение

Обобщение данных удельной эмиссии различных веществ при горении ГРМ разных категорий показало следующее.

Из более чем сорока эмитентов в количествах, превышающих 1 кг на тонну сгоревшего материала, во всех категориях ГРМ выбрасывается около десяти. К ним относятся окислы углерода (СО и СО<sub>2</sub>) и кремния (дым), метан, метанол, метил хлорид, твердые аэрозоли (в том числе сажа), ацетон, уксусная кислота, алкены (по C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>). Остальные представлены почти исключительно различными ароматическими углеводородами (преимущественно полициклическими) а также алканами.

В величинах эмиссии ведущей группы загрязнителей наблюдаются различия, подчас весьма ощутимые, между тремя изученными категориями земель. Так, в пригородной, селитебной, ландшафтно-рекреационной, лесопарковой зонах и зонах населенных пунктов, в отличие от земель лесного фонда, не отмечено значимых выбросов метана и метанола, твердые аэрозоли присутствуют в следовых количествах, в 5 раз больше оксида углерода и в 2 раза меньше метил хлорида (табл. 1).

Удельная эмиссия лидирующей группы веществ, образующихся при сгорании торфа и торфопочв, по номенклатуре во многом совпадает с таковой двух других категорий земель, но имеет существенные различия по весу для некоторых соединений. Прежде все это касается окислов углерода, доля которых в общей сумме выбросов изменяется от 30 % в лесах, до 50 % в

пригородной зоне и 80 % при горении торфа. При этом эмиссия диоксида углерода возрастает на порядок, а оксида – на два при переходе от первой категории земель к третьей. Содержание уксусной кислоты уменьшается вдвое, а дыма – возрастает на 60 %. Снижается на порядок эмиссия ацетона и метил хлорида, но в той же пропорции возрастают выбросы акролеина. При горении торфа в атмосферу поступают различные ароматические углеводороды в количествах первые килограммы на тонну сгоревшего материала, которые незначительно представлены среди поллютантов ГРМ иных типов территорий.

Выполненные расчеты показали, что риск заболеваний (средний за период 2014–2019 гг.), связанных с негативными эффектами задымления атмосферы в результате природных пожаров по районам области изменяется в пределах двух порядков: от  $1 \cdot 10^{-3}$  в Нукутском районе до  $2,4 \cdot 10^{-1}$  в Ангарском районе (табл. 2).

В группе с минимальным значением уровня риска ( $n \cdot 10^{-3}$ ) его абсолютные значения различаются почти на порядок: по сравнению с Нукутским ( $1 \cdot 10^{-3}$ ) – в Усть-Илимском –  $9,3 \cdot 10^{-3}$ , в Братском –  $9,2 \cdot 10^{-3}$ . Аналогичная картина в промежуточной ( $n \cdot 10^{-2}$ ), наиболее представительной группе: от  $1,2 \cdot 10^{-2}$  в Куйтунском районе до  $9,7 \cdot 10^{-2}$  в Катангском районе. Среди наиболее неблагополучных также Заларинский, Казачинско-Ленский и Нижне-Илимский районы. В группе максимального риска ( $n \cdot 10^{-1}$ ) по сравнению с лидером, Ангарским районом, уровень риска в остальных районах группы снижается в 1,5–2 раза.

Таблица 1

**Эмиссия токсичных продуктов при сгорании различных природных материалов**

Вещество	Вид сгоревших природных материалов, кг/т		
	Деревья, ГРМ на землях лесного фонда	ГРМ в сельтебной ландшафтно-рекреационной лесопарковой, пригородной зонах населенных пунктов	Торф и торфопочвы на землях разных категорий
Диоксид углерода	90	90	810
Оксид углерода	1,8	9,45	171
Оксид кремния	33,8	33,8	54
Оксид азота	<1	<1	1,13
Твердые аэрозоли	14	<1	10,8
Метан	72	–	72
Уксусная кислота	31,5	31,5	18
Ацетон	19,8	19,8	1,35
Алкены (по $C_5H_8$ )	12,2	12,2	10,8
Метанол	9,45	–	1,35
Метил хлорид	2,21	1,17	<1
Акролеин	<1	<1	4,95
Озон	<1	<1	1,26
Цианистый водород	–	–	1,49
Нафталин	–	–	2,52
Акрилонитрил	–	–	2,97
Ацетонитрил	–	–	1,49
Этилен	–	–	13,5
Другие ароматические углеводороды	–	–	30,5

Table 1

**Toxic products emission during combustion of various natural materials**

Substance	Type of burnt natural materials, kg/t		
	Trees, combustible plant material on the lands of forest fund	Combustible plant material in residential, recreational, and suburban areas of localities	Peat and peat soils on different types of land
Carbon dioxide	90	90	810
Carbon oxide	1.8	9.45	171
Silicon oxide	33.8	33.8	54
Nitrogen oxide	<1	<1	1.13
Solid aerosols	14	<1	10.8
Methane	72	–	72
Acetic acid	31.5	31.5	18
Acetone	19.8	19.8	1.35
Alkenes (on C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> )	12.2	12.2	10.8
Methanol	9.45	–	1.35
Methyl chloride	2.21	1.17	<1
Akrolein	<1	<1	4.95
Ozone	<1	<1	1.26
Hydrogen cyanide	–	–	1.49
Naphthalene	–	–	2.52
Acrylonitrile	–	–	2.97
Acetonitrile	–	–	1.49
Ethylene	–	–	13.5
Other aromatic hydrocarbons	–	–	30.5

Таблица 2

**Характеристика районов Иркутской области по условиям возникновения и уровню риска заболеваемости в результате природных пожаров**

Районы	Площадь района, км <sup>2</sup>	Площадь природных пожаров, км <sup>2</sup>	Задымление территории района, %	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Риск заболевания, чел.
Аларский	2651	10,4	3,9	7,74	3,5·10 <sup>-2</sup>
Ангарский	1150	31,6	27,4	207,4	2,4·10 <sup>-1</sup>
Балаганский	6347	9,8	1,5	1,36	1,3·10 <sup>-2</sup>
Баяндаевский	3756	13,3	3,5	2,93	3,1·10 <sup>-2</sup>
Бодайбинский	91 987	56,2	0,6	0,21	5,4·10 <sup>-3</sup>
Боханский	3668	41,8	11,4	6,79	1·10 <sup>-1</sup>
Братский	33 024	184,9	5,5	1,58	9,2·10 <sup>-3</sup>
Жигаловский	22 822	101,3	11,9	0,37	2,5·10 <sup>-2</sup>
Заларинский	7617	65,6	8,6	3,67	7,7·10 <sup>-2</sup>
Зиминский	7019	14,3	2	1,88	2,9·10 <sup>-3</sup>
Иркутский	11 672	135,6	11,4	10,22	1,6·10 <sup>-2</sup>
Казачинско-Ленский	33 276	276	7,1	0,51	6,3·10 <sup>-2</sup>
Катангский	139 264	1965,1	14,3	0,02	9,7·10 <sup>-2</sup>
Качугский	31 395	397,2	12,6	0,54	1,1·10 <sup>-2</sup>
Киренский	43 905	108,7	2,6	0,41	2,2·10 <sup>-2</sup>
Куйтунский	11 147	68,5	6,1	2,56	1,2·10 <sup>-2</sup>
Мамско-Чуйский	43 362	21,4	0,5	0,09	4,2·10 <sup>-3</sup>
Нижнеилимский	36 823	226,3	11,9	1,33	5,5·10 <sup>-2</sup>

Окончание табл. 2

Районы	Площадь района, км <sup>2</sup>	Площадь природных пожаров, км <sup>2</sup>	Задымление территории района, %	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Риск заболевания, чел.
Нижнеудинский	49 977	80	1,6	1,28	1,4·10 <sup>-2</sup>
Нукутский	2473	2,7	1,1	6,35	1,0·10 <sup>-3</sup>
Ольхонский	13651	65,4	4,8	0,71	4,3·10 <sup>-2</sup>
Осинский	1542	49,7	11,3	4,83	4,5·10 <sup>-2</sup>
Слюдянский	6301	5,9	0,9	6,26	8,4·10 <sup>-3</sup>
Тайшетский	27 725	119,5	4,3	2,68	3,8·10 <sup>-2</sup>
Тулунский	13 561	80,3	5,9	1,88	2,0·10 <sup>-2</sup>
Усольский	6261	76,3	12	8,08	4,3·10 <sup>-2</sup>
Усть-Илимский	36 596	242,8	6,6	0,42	9,3·10 <sup>-3</sup>
Усть-Кутский	34 599	536,7	15,5	1,44	1,3·10 <sup>-1</sup>
Усть-Удинский	8281	145,9	7,2	1,64	1,5·10 <sup>-1</sup>
Чунский	25 757	127,7	4,9	1,29	4,4·10 <sup>-2</sup>
Черемховский	9887	28,1	2,8	2,9	7,8·10 <sup>-3</sup>
Шелеховский	1969	6,9	3,4	33,22	3,1·10 <sup>-2</sup>
Эхирит-Булагатский	5153	13,9	2,7	5,73	2,4·10 <sup>-2</sup>

Table 2

**The occurrence conditions and the disease risk level as a result of natural fires.  
Characteristics of the Irkutsk region districts**

Districts	Area of the district, km <sup>2</sup>	Area of natural fires, km <sup>2</sup>	Smoke in the district, %	Population density, person/km <sup>2</sup>	Risk of disease, person
Alarskii	2651	10.4	3.9	7.74	3.5·10 <sup>-2</sup>
Angarskii	1150	31.6	27.4	207.4	2.4·10 <sup>-1</sup>
Balaganskii	6347	9.8	1.5	1.36	1.3·10 <sup>-2</sup>
Bayandaevskii	3756	13.3	3.5	2.93	3.1·10 <sup>-2</sup>
Bodaibinskii	91 987	56.2	0.6	0.21	5.4·10 <sup>-3</sup>
Bokhanskii	3668	41.8	11.4	6.79	1·10 <sup>-1</sup>
Bratskii	33 024	184.9	5.5	1.58	9.2·10 <sup>-3</sup>
Zhigalovskii	22 822	101.3	11.9	0.37	2.5·10 <sup>-2</sup>
Zalarinskii	7617	65.6	8.6	3.67	7.7·10 <sup>-2</sup>
Ziminskii	7019	14.3	2	1.88	2.9·10 <sup>-3</sup>
Irkutskii	11 672	135.6	11.4	10.22	1.6·10 <sup>-2</sup>
Kazachinsko-Lenskii	33 276	276	7.1	0.51	6.3·10 <sup>-2</sup>
Katangskii	139 264	1965.1	14.3	0.02	9.7·10 <sup>-2</sup>
Kachugskii	31 395	397.2	12.6	0.54	1.1·10 <sup>-2</sup>
Kirenskii	43 905	108.7	2.6	0.41	2.2·10 <sup>-2</sup>
Kuitunskii	11 147	68.5	6.1	2.56	1.2·10 <sup>-2</sup>
Mamsko-Chuiskii	43 362	21.4	0.5	0.09	4.2·10 <sup>-3</sup>
Nizhneilimskii	36 823	226.3	11.9	1.33	5.5·10 <sup>-2</sup>
Nizhneudinskii	49 977	80	1.6	1.28	1.4·10 <sup>-2</sup>
Nukutskii	2473	2.7	1.1	6.35	1.0·10 <sup>-3</sup>
Ol'khonskii	13 651	65.4	4.8	0.71	4.3·10 <sup>-2</sup>
Osinskii	1542	49.7	11.3	4.83	4.5·10 <sup>-2</sup>
Slyudyanskii	6301	5.9	0.9	6.26	8.4·10 <sup>-3</sup>
Taishetskii	27 725	119.5	4.3	2.68	3.8·10 <sup>-2</sup>
Tulunskii	13 561	80.3	5.9	1.88	2.0·10 <sup>-2</sup>

Table 2, ending

Districts	Area of the district, km <sup>2</sup>	Area of natural fires, km <sup>2</sup>	Smoke in the district, %	Population density, person/km <sup>2</sup>	Risk of disease, person
Usol'skii	6261	76.3	12	8.08	$4.3 \cdot 10^{-2}$
Ust'-Ilimskii	36 596	242.8	6.6	0.42	$9.3 \cdot 10^{-3}$
Ust'-Kutskii	34 599	536.7	15.5	1.44	$1.3 \cdot 10^{-1}$
Ust'-Udinskii	8281	145.9	7.2	1.64	$1.5 \cdot 10^{-1}$
Chunskii	25 757	127.7	4.9	1.29	$4.4 \cdot 10^{-2}$
Cheremkhovskii	9887	28.1	2.8	2.9	$7.8 \cdot 10^{-3}$
Shelekhovskii	1969	6.9	3.4	33.22	$3.1 \cdot 10^{-2}$
Ekhkhirit-Bulagatskii	5153	13.9	2.7	5.73	$2.4 \cdot 10^{-2}$

На величину уровня риска по условиям расчета очевидным образом влияет площадь пожара ( $r = 0,77$ ) и плотность населения ( $r = 0,66$ ). Еще более тесная связь с той долей, которую площадь задымления составляет от общей площади района ( $r = 0,81$ ). Этот фактор особенно сказывается в административных единицах малой площади, таких как, например, Ангарский и Боханский районы.

Для массива данных, охватывающих все районы области, кроме Иркутского, Ангарского и Шелеховского (наиболее плотно заселенных), отмечается слабая ( $r = -0,35$ ) обратная корреляционная связь между плотностью населения и площадью пожаров. Это может означать, что большие площади выгорания в определенной степени связаны с поздним обнаружением пожара и/или сложностями в его ликвидации в малонаселенных труднодоступных районах, например в Катангском, расположенном на крайнем севере области, к тому же и самым большим по площади.

Сравнительно высокий уровень риска в районах невысокой средней плотности населения и аналогичных средних площадей выгорания может объясняться высокой концентрацией населения в одном-двух городах или поселках (например, в Качугском, Усть-Кутском, Усть-Удинском и некоторых других районах). Среди множества районов в средней по уровню риска группе есть преимущественно сельскохозяйственные средне населенные районы (Аларский, Баяндаевский, Осинский, Эхирит-Булагатский, Усольский, Куйтунский) и плотно населенные промышленные (Иркутский, Шелеховский). В группе с высоким уровнем риска четыре района (Ангарский, Боханский, Усть-Кутский, Усть-Удинский), существенно различающихся по ряду характеристик, создающих, по-видимому, в каждом случае свои уникальные для этого показателя сочетания.

### Заключение

Загрязнение атмосферы продуктами, образующимися в результате природных пожаров, оказывает ощутимое влияние на здоровье в среднем около 10 % населения области.

Особое значение для роста респираторной заболеваемости (в силу своего обилия) имеют окислы углерода. Их доля возрастает от 30 до 80 % при переходе от горения лесного древостоя к торфу и торфопочвам. В последнем случае отмечается заметный выброс ПАУ, что позволяет считать торфяные пожары наиболее опасными для здоровья.



Районы Иркутской области весьма существенно различаются по ряду характеристик, прямо или косвенно влияющих на подверженность среды обитания людей воздействиям природных пожаров. Наиболее значимы среди них размеры и распределение в пространстве района площадей выгорания и плотности населения.

Для наименьших по площади районов, имеющих, как правило, высокую или очень высокую (для этого субъекта РФ) плотность населения, определяющую роль будет играть доля задымленной территории по отношению ко всей площади района.

Для районов со средней плотностью населения и площадью пожаров актуальна степень концентрации первого в одном-двух муниципальных образованиях. Это значимо также и для крупных районов с минимальной средней плотностью населения. На рост риска заболеваемости в последних через площадь выгорания влияет их богатство лесными ресурсами при ограниченных (в силу труднодоступности) возможностях выявления и подавления пожаров.

Влияние таких факторов, как хозяйственная специализация района, плотность, характер транспортной инфраструктуры и рекреационная нагрузка, могут быть предметом дальнейшего изучения.

**Благодарности и финансирование.** Работа выполнена на географического факультета МГУ по теме 1.7 АААА-А16-116032810093-2 (ГЗ) и в Иркутском национальном техническом университете по заданию № 66-37-2336/15.

### Список литературы

- [1] Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Иркутской области в 2018 г.». Иркутск: Мегапринт, 2019. 307 с.
- [2] Лесные, торфяные пожары на территории земель лесного фонда за 2014–2019 гг. по лесничествам Иркутской области / Министерство лесного комплекса Иркутской области. Иркутск, 2019. 7 с.
- [3] *Гармышев В.В., Тимофеева С.С., Дубровин Д.В.* Загрязнение атмосферы Прибайкалья в результате горения лесных горючих материалов // Вестник ИРГСХА. 2018. № 86. С. 71–78.
- [4] *Дубровин Д.В., Гармышев В.В., Тимофеева С.С.* Загрязнение атмосферы в результате горения лесных горючих материалов в селитебной, ландшафтно-рекреационной, пригородной зонах городов и населенных пунктов Иркутской области // XXI век. Техносферная безопасность. 2018. Т. 3. № 2(10). С. 35–43.
- [5] *Тимофеева С.С., Гармышев В.В., Зырянов В.С.* Оценка экологической нагрузки на атмосферу при лесных пожарах в Иркутской области // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 10. С. 33–38.
- [6] *Болтнева Л.И., Быстрова В.И.* Региональные особенности лесных пожаров России и возможные экологические последствия // Использование и охрана лесных ресурсов в России. 2012. № 3. С. 15–25.
- [7] *Коган Р.М.* Пожарная эмиссия поллютантов на юге Дальнего Востока России // Региональные проблемы. 2013. Т. 16. № 1. С. 72–78.
- [8] Методика определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров. М.: ГК РФ по охране окружающей среды, 1997. 26 с.
- [9] ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006. 99 с.
- [10] *Соловьев С.В.* Экологические последствия лесных и торфяных пожаров: дис. ... к. т. н. М.: РГБ, 2006. 225 с. URL: <http://diss/rsl/ru/diss06/0455/060455032.pdf> (дата обращения: 15.04.2019).

### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 23.05.2020

Дата принятия к печати: 14.06.2020

### Для цитирования:

Вацалова Т.В., Гармышев В.В. Загрязнение атмосферы Иркутской области в результате природных пожаров и оценка риска здоровью населения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 3. С. 252–262. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-252-262>

### Сведения об авторах:

Вацалова Татьяна Владимировна, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории снежных лавин и селей географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5740-0959>, eLIBRARY SPIN-код: 9840-3522. E-mail: [VTV\\_53@mail.ru](mailto:VTV_53@mail.ru)

Гармышев Владимир Викторович, кандидат технических наук, докторант кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Иркутского национального исследовательского технического университета. eLIBRARY SPIN-код: 9577-9080. E-mail: [diamant1959@mail.ru](mailto:diamant1959@mail.ru)

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-252-262

Scientific article

## Atmospheric pollution of the Irkutsk region as a result of natural fires and public health risk assessment

Tatiana V. Vashchalova<sup>1</sup>✉, Vladimir V. Garmyshev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Lomonosov Moscow State University,  
1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontova St, Irkutsk, 664074, Russian Federation*

✉ [VTV\\_53@mail.ru](mailto:VTV_53@mail.ru)

**Abstract.** Pollution of substances entering the atmosphere as a result of natural fires significantly affects the morbidity level of the Irkutsk region population. The development of measures to reduce it requires an assessment of the risk level and analysis of spatial differences in the composition and number of major issuers. The study is based on statistical data on natural fires in the region in 2014–2019. The comparative analysis of the composition and mass of substances from natural fires on three categories of land have done. These are: forest lands; residential, suburban, recreational lands; peat and peat soils. Peat fires are the most dangerous for health according to the weight and composition of pollutants. The level of health risk as a result of natural fires varies by region within two orders of magnitude. It is affected by the proportion of the area of smoke from the total area of the district, nonuniform distribution of the population within the district, sparsely populated and difficult to access, economic specialization, and others.

**Keywords:** natural fires, atmospheric pollution, morbidity, risk, Irkutsk region

**Acknowledgements and Funding.** The work was carried out within the framework of the theme of state task No. 1.7 AAAA-A16-116032810093-2 (Geographical faculty of the Lomonosov Moscow State University) and by order No. 66-37-2336/15 (Irkutsk National Research Technical University).

## References

- [1] *Gosudarstvennyi doklad “O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy Irkutskoi oblasti v 2018 g.”* [State Report “On the state and protection of the environment of the Irkutsk region in 2018”]. Irkutsk: Megaprint; 2019. 2019 (In Russ.)
- [2] Ministry of Forestry of the Irkutsk region. *Lesnye, torfyanye pozhary na territorii zemel' lesnogo fonda za 2014–2019 gg. po lesnichestvam Irkutskoi oblasti* [Forest and peat fires on the territory of the Forest Fund lands for 2014–2019 in the Irkutsk region]. Irkutsk; 2019. (In Russ.)
- [3] Garmyshev VV, Timofeeva SS, Dubrovin DV. The pollution of the Baikal region as a result of combustion of forest combustible materials. *Vestnik IrGSHA*. 2018;86:71–78. (In Russ.)
- [4] Dubrovin DV, Garmyshev VV, Timofeeva SS. Air pollution as a result of burning of forest combustible materials in residential, landscape and recreational, suburban areas of cities and settlements of the Irkutsk region. *XXI century. Technosphere safety*. 2018;3(2):35–43. (In Russ.)
- [5] Timofeeva SS, Garmyshev VV, Zyryanov VS. Assessment of the environmental load on the atmosphere during forest fires in the Irkutsk region. *Life safety*. 2013;10:33–38. (In Russ.)
- [6] Boltneva LI, Bystrova VI. Regional features of Russian forest fires and possible environmental consequences. *Use and protection of forest resources in Russia*. 2012;3:15–25. (In Russ.)
- [7] Kogan RM. Fire emission of pollutants in the South of the Russian Far East. *Regional problems*. 2013;16(1):72–78. (In Russ.)
- [8] *Metodika opredeleniya i rascheta vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv ot lesnykh pozharov* [Methods for determining and calculating emissions of pollutants from forest fires]. Moscow: SC of the Russian Federation on environmental protection; 1997. (In Russ.)
- [9] GOST 12.1.044-89. *Pozharovzryvobezopasnost' veshchestv i materialov. Nomenklatura i metody ikh opredeleniya* [Fire and explosion safety of substances and materials. Nomenclature and methods of their determination]. Moscow: Standardinform Publ.; 2006. (In Russ.)
- [10] Soloviev SV. *Ekologicheskie posledstviya lesnykh i torfyanykh pozharov* [Ecological consequences of forest and peat fires] (Dissertation of the Doctor of Technical Sciences). Moscow: Russian State Library; 2006. Available from: <http://diss/rsl/ru/diss06/0455/060455032.pdf> (accessed: 15.04.2019). (In Russ.)

### Article history:

Received: 23.05.2020

Revised: 14.06.2020

### For citation:

Vashchalova TV, Garmyshev VV. Atmospheric pollution of the Irkutsk region as a result of natural fires and public health risk assessment. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(3):252–262. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-252-262>

### Bio notes:

*Tatiana V. Vashchalova*, PhD in Geography, Associated Professor, senior researcher of the Laboratory of Snow Avalanches and Debris Flows of the Geographical Faculty of the Lomonosov Moscow State University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5740-0959>, eLIBRARY SPIN-code: 9840-3522. E-mail: [VTV\\_53@mail.ru](mailto:VTV_53@mail.ru)

*Vladimir V. Garmyshev*, PhD in Engineering, doctoral student of the Department of Industrial Ecology and Life Safety of the Irkutsk National Research Technical University. eLIBRARY SPIN-code: 9577-9080. E-mail: [diamant1959@mail.ru](mailto:diamant1959@mail.ru)