

АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЭКСПОНИРОВАННОГО НАСЕЛЕНИЯ

Елфимова Т.А., Ефимова Н.В.

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», Ангарск, e-mail: medecolab@inbox.ru

Цель исследования – разработать и апробировать методику оценки изменений качества атмосферного воздуха и заболеваемости населения, которые происходят под влиянием эмиссий от массовых лесных пожаров. В статье представлены расчетные данные, дающие прогноз изменений качества атмосферного воздуха и здоровья населения, происходящих под воздействием эмиссий от лесных пожаров, которые прошли на территории г. Братска осенью 2011 г. По проведенным расчетам установлено, что за время горения лесного горючего материала на территории г. Братск в атмосферный воздух были выделены следующие поллютанты: оксид углерода – 2637 т, взвешенные вещества – 1290 т, PM_{2,5} – 645 т, сажа – 206 т, ацетальдегид – 184 т. Расчет прогностического коэффициента, который учитывает площадь пожара, направление и скорость ветра, расстояние от очага лесного пожара, коэффициент, отражающий обращаемость населения за скорой медицинской помощью, позволяет ожидать прироста обращаемости населения за скорой медицинской помощью по поводу болезней органов дыхания на 15–30% относительно фоновых уровней. Ретроспективный анализ фактических данных показал прирост обращаемости населения на 41–64 %. Оперативная оценка последствий лесных пожаров представляется необходимым мероприятием, особенно когда лесные пожары достигают масштабов чрезвычайной ситуации, требующей оперативных решений.

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, риски для здоровья населения, обращаемость за скорой медицинской помощью, лесные пожары

APPROBATION OF THE METHOD FOR RAPID ASSESSMENT OF EFFECTS OF FOREST FIRES HEALTH EXPOSED POPULATION

Elfimova T.A., Efimova N.V.

East-Siberian Institute Medical-Ecological Researches, Angarsk, e-mail: medecolab@inbox.ru

The purpose of research - to develop and test a methodology to assess changes in air quality and morbidity that occur under the influence of emissions from massive forest fires. The paper presents design data, giving the forecast changes in air quality and human health due to the impact of emissions from forest fires, which have been in the city of Bratsk in autumn 2011. It found that during the combustion of forest fuel, the following pollutants were identified in the air: carbon monoxide — 2637, total particulate matter — 1290, PM_{2.5} – 645, carbon black - 206, acetaldehyde - 184 tonnes. Calculation prognostic factor of appealability of the population for emergency medical care, can be expected to increase public appealability of emergency medical care for respiratory diseases at 15–30% relative to the original levels. These retrospective analysis showed real appealability increase uptake by 41–64%. Rapid assessment of the effects of forest fires is an essential event in emergencies.

Keywords: air quality, public health risks, uptake of emergency medical care, forest fires

На качество среды обитания населения оказывают влияние не только факторы антропогенного происхождения, но и различного рода стихийные бедствия. Лесные пожары в России являются одним из наиболее распространенных опасных природных явлений, стоящих в одном ряду с такими стихийными бедствиями, как наводнение, штормовой ветер, землетрясение.

В России высокая горимость лесов определяется преобладанием в их составе хвойных пород (75% лесного фонда) и благоприятными условиями для возникновения лесных

пожаров. Наряду с высокой горимостью лесов в РФ, обусловленной их породным составом, в последние десятилетия отмечается стойкая тенденция к увеличению количества и интенсивности лесных пожаров, продолжительности пожароопасных сезонов. Недавние исследования динамики лесных пожаров на юге Сибири за период с 1950 по 2014 гг. показали, что на данных лесных территориях горимость имеет тенденцию к увеличению. В большой степени это связано с усилением влияния антропогенного фактора и установлением засушливых периодов, приводящих к возрастанию пожарной опасности [1].

Повышенная горимость не только является опасностью для существования самих лесных экосистем, но и становится причиной серьезных экологических последствий, к числу которых относится прежде всего изменение качества атмосферного воздуха [5]. Исследованиями показано, что при загрязнении атмосферного воздуха на селитебных территориях происходит ухудшение здоровья населения [2, 3]. В исследованиях С.М. Новикова, А.В. Иваненко и иных по оценке ущерба здоровью населения г. Москва от воздействия взвешенных веществ было показано, что при среднегодовой концентрации мелкодисперсных фракций взвешенных веществ ($PM_{2,5}$) $0,0252 \text{ мг/м}^3$ общая смертность, связанная с концентрацией мелкодисперсных частиц, была зафиксирована на уровне 219 случаев на 100 тыс. населения, что оценивалось в 134 495 недожитых лет. В исследованиях Н.А. Тараненко, В.Б. Дороговой и иных [6] по оценке химического фактора при пожарах показано, что пожарные, находящиеся в очаге пожара, подвергаются воздействию значительной дозы комплекса токсичных веществ, и при длительной работе на пожарах без средств индивидуальной защиты могут возникнуть отравления, раздражение верхних дыхательных путей, нарушения сердечной деятельности.

Цель исследования – разработать и апробировать методику оценки изменений качества атмосферного воздуха и показателей здоровья населения, которые происходят под влиянием эмиссий от массовых лесных пожаров.

Материалы и методы

Иркутская область относится к числу наиболее пожароопасных территорий Российской Федерации. Федеральным агентством лесного хозяйства для исследований были представлены данные о лесных пожарах, прошедших на территории Иркутской области за одиннадцатилетний период (2003–2011 гг.). В ходе работы была дана гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха и оценка рисков потерь здоровья населения в период воздействия эмиссий от лесных пожаров расчетными способами. Исследование проведено на примере лесных пожаров, которые прошли на территории города Братска (Иркутская область) и его пригородов осенью 2011 г.

Для определения масс и концентраций поллютантов, выделившихся при горении лесного материала, были использованы данные Федерального агентства лесного хозяйства о лесных пожарах, прошедших на территории Иркутской области в период с 2003 по 2011 гг. и территории Братского района (Падунское лесничество и городское лесничество г. Братск) в период с 17 сентября по 6 октября 2011 г. Данные о лесных пожарах включали в себя информацию о площади возгорания, продолжительности горения, виде пожара.

Оценка воздействия веществ, выделившихся при горении, на качество атмосферного воздуха проводилась в два этапа. На первом этапе был произведен расчет итоговой массы веществ, выделившихся от лесных пожаров. Массы веществ определяли по «Методике определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров», включающей: площадь лесных пожаров (га), коэффициент полноты сгорания, коэффициент эмиссии, запас горючего материала (кг/м²). Второй этап включал расчет концентраций загрязняющих веществ и построение карт рассеивания. Концентрации вредных веществ определялись на основе расчетных данных о массах выделившихся веществ при помощи программы УПРЗА «Эколог – 3.0» (ОНД-86). В ходе определения концентраций поллютантов очаги лесных пожаров были приняты за неорганизованные площадные источники выброса веществ.

Оценка возможных неблагоприятных эффектов на здоровье населения также проводилась в два этапа. Первый этап включал оценку риска для здоровья населения по коэффициентам (HQ) и индексам (HI) опасности в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». При расчете HQ сажи использована референтная концентрация хронического воздействия, так как для данного вещества референтная концентрация острого воздействия не определена. Второй этап сопровождался прогнозом уровней обращаемости населения за скорой медицинской помощью (СМП) по поводу болезней органов дыхания (БОД). На данном этапе был применен способ экспресс-прогноза обращаемости населения за СМП в период массовых лесных пожаров [4]. Был вычислен прогностический индекс (Z), по которому в зависимости от его величины определен возможный прирост обращаемости за СМП. Так, если рассчитанный индекс Z входит в интервал от 1 до 50, то возможный прирост обращаемости населения по поводу болезней органов дыхания (БОД) за скорой медицинской помощью составит 15–30% относительно фонового уровня обращаемости; если Z будет равным 51–100, то прирост составит 31–70%; если Z войдет в интервал 101–180, то прирост обращаемости относительно фонового уровня составит 71–110%; если Z будет равен 181–300, прирост составит 111–200%; если Z составит значения больше 300, то ожидаемый прирост обращаемости составит более 200%. При расчете Z использовались данные о площади пожара, коэффициент отклонения ветра от оси «очаг лесного пожара – селитебная

зона», расстояние от очага пожара до селитебной зоны, скорость ветра, коэффициент, учитывающий обращаемость населения за медицинской помощью. Поскольку детское население является наиболее экосенситивной группой населения, расчет индекса Z ориентирован на прогноз изменения уровня обращаемости среди лиц в возрасте 0–18 лет.

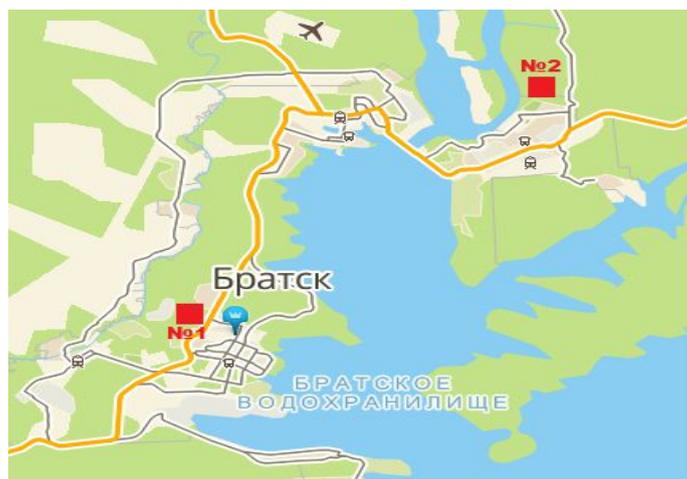
В заключение полученные расчетные данные сравнивались с результатами «натурных» исследований, проведенных в г. Братск в этот же пожароопасный период 2011 г.: расчетные концентрации загрязняющих веществ сравнивались с данными мониторинга за состоянием атмосферного воздуха; прогноз потерь здоровья населения — с результатами анализа потерь здоровья населения г. Братска в «критический период» лесных пожаров с применением среднего квадратического отклонения (σ).

Результаты

За рассматриваемый период в Иркутской области лесные пожары повреждали от 7214 до 194 000 га лесных территорий. В среднем ежегодно в данный период лесными пожарами была охвачена площадь в 61 000 га. Ежегодно в результате лесных пожаров в атмосферный воздух Иркутской области выделялись оксид углерода – 11 230 т, оксид азота – 33,6 т, сажа – 915 т, взвешенные вещества – 4 575 т.

Одним из наиболее пожароопасных периодов был 2011 г. В этот год в Иркутской области лесные пожары покрыли площадь в 142 000 га. Самый продолжительный и массовый лесной пожар (МЛП) зафиксирован в Братском районе в г. Братск (с 17 сентября по 6 октября 2011 г.), в результате чего на данной территории с 30 сентября был введен режим чрезвычайной ситуации. В рассматриваемый период было зарегистрировано 99 МЛП на общей площади 6 928 га, которые затронули земли как лесного, так и городского фонда. Площадь горения лесных земель составила 73,3% от общей площади, пройденной лесными пожарами, на не лесных землях – 18,7%, городских лесов – 7,9%. По проведенным расчетам установлено, что за время горения лесного горючего материала (ЛГМ) на территории Братского района и г. Братск в атмосферный воздух были выделены следующие поллютанты: оксид углерода – 2 637, взвешенные вещества – 1 290, $PM_{2,5}$ – 645 т, сажа – 206, ацетальдегид – 184 т.

Поскольку период повышенной горимости лесных территорий длился 20 дней и площади очагов лесных пожаров колебались от 10 га до тысяч гектаров, был подробно рассмотрен модельный случай лесного пожара на территории г. Братск с двумя очагами площадью по 24 га и длительностью горения 1 сутки. Первый очаг ЛП располагался на территории Центрального района, на землях городского лесничества. Второй очаг располагался на территории лесного фонда Падунского лесничества (рисунок).



Расположение очагов лесного пожара на территории г. Братска

В результате горения лесной растительности на обозначенной территории в атмосферный воздух были выделены следующие загрязняющие вещества: ацетальдегид – 0,6, взвешенные вещества – 4,5, оксид углерода – 9,1, взвешенные частицы, с размерами менее 2,5 мкм (PM_{2,5}) – 2,2, сажа – 0,7 т. Полученные итоговые массы веществ позволили установить мощность источника, рассчитать концентрации и построить карты рассеивания веществ. В зоне очага лесного пожара концентрации были максимальными, в среднем кратности превышения ПДК_{м.р.} составляли: ацетальдегид — 80,3±10,7, PM_{2,5} – 15,2±1,8, взвешенные вещества — 9,7±1,2, сажа — 5,1±0,6, оксид углерода — 1,9±0,24 раз. Максимальные превышения ПДК_{м.р.} в зоне очага достигали следующих величин: ацетальдегид — 327, PM_{2,5} — 54, взвешенные вещества — 34, сажа — 18, оксид углерода – 7 раз.

Селитебные территории Центрального района и п. Гидростроитель, находящиеся на расстоянии 3–17 км от очагов лесных пожаров, вошли в экспонированную зону с повышенным содержанием поллютантов. Среднее значение кратности превышения ПДК_{м.р.} в экспонированной зоне составляло от 0,17 до 6,6 раз. Максимальные превышения достигали: ацетальдегида — 159, PM_{2,5} – 35, взвешенных веществ — 22, сажи — 11, оксида углерода — 4 раза (табл. 1). Относительно зоны очага лесного пожара на селитебных территориях содержание поллютантов в атмосферном воздухе снизилось в 11–12 раз.

Таблица 1

Концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, выделившихся от лесного пожара, на экспонированной территории г. Братск

Вещество	Концентрация вещества, мг/м ³		Кратность превышения ПДК _{м.р.}	
	Среднее значение	Максимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение
Ацетальдегид	0,1±0,005	1,6	6,6±0,5	159

PM _{2,5}	0,2±0,02	5,7	1,3±0,1	35,6
Взвешенные вещества	0,4±0,03	11,4	0,8±0,07	22,8
Сажа	0,1±0,006	1,7	0,4±0,04	11,9
Оксид углерода	0,8±0,07	23,3	0,17±0,01	4,6

Веществом, характеризующимся наибольшими концентрациями, по расчетным данным являлся ацетальдегид. В силу своих физико-химических свойств ацетальдегид распространился от очагов лесных пожаров более чем на 20 км. Взвешенные вещества и PM_{2,5} рассеивались в повышенных концентрациях в радиусе 5–10 км. Доказано, что взвешенные вещества и особенно их мелкодисперсные фракции негативно влияют на респираторную систему [2, 7].

Для определения соответствия проведенных расчетов концентраций поллютантов были проанализированы результаты замеров на постах гидрометеорологической службы (ГМС) г. Братска. В период с 30 сентября по 6 октября 2011 г. в городе был объявлен режим чрезвычайной ситуации в связи с горением лесных материалов, и на постах ГМС основное внимание было уделено определению содержания в атмосферном воздухе оксида углерода. По результатам инструментальных замеров установлено, что концентрация оксида углерода превышала максимально разовую ПДК в 5 раз в Центральном районе; в 1,2 — в Гидростроителе. Полученные нами по расчетным точкам превышения ПДК_{м.р.} оксида углерода в экспонированной зоне находились в пределах: Центральный район 0,9–4,6, п. Гидростроитель 0,7–4,0.

Оценка потенциального риска для здоровья населения при воздействии химических веществ свидетельствует, что в зоне очага лесного пожара коэффициенты опасности находились в диапазоне от 0,4 до 37. В экспонированной зоне на жилой территории города коэффициенты опасности были меньше в десятки раз, но тем не менее превышали 1, что свидетельствовало о повышенном риске для здоровья населения г. Братск (табл. 2).

Таблица 2

Средние коэффициенты опасности (NQ_{Ac}) и общетоксические индексы опасности (HI_{Ac}) в период лесного пожара в г. Братск

Вещества	NQ _{Ac}	
	Зона очага лесного пожара	Зона повышенного содержания поллютантов
Ацетальдегид	6,9±0,9	0,61±0,06
PM _{2,5}	37,4±4,6	3,3±0,3
Взвешенные вещества	16,2±2,0	1,4±0,1
Сажа	15,3±1,9	1,4±0,1
Оксид углерода	0,4±0,05	0,04±0,003
HI общетоксический	76,2±8,4	6,7±0,6

Результаты проведенных расчетов ожидаемых уровней обращаемости населения за скорой медицинской помощью по поводу БОД в период лесных пожаров показали вероятность увеличения заболеваемости населения. Прогнозный коэффициент Z рассчитан для трех вариантов метеорологических условий: штиль, скорость ветра 4 м/с, скорость ветра 2 м/с. Полученные значения Z на территории Центрального района колебались в пределах значений 12,8–34,2, на территории п. Гидростроитель — 3,4–38,9. Прогнозный коэффициент для обеих селитебных территорий г. Братска позволяет ожидать прироста обращаемости населения за скорой медицинской помощью по поводу БОД на 15–30% относительно изначальных уровней.

Полученный прогноз был сравнен с результатами ретроспективного анализа уровней обращаемости населения г. Братск в период массовых лесных пожаров 2011 г. Установлено, что в период МЛП на территории Центрального района произошел прирост обращаемости за СМП на 41% относительно фоновых уровней, на территории п. Гидростроитель на 64%. Прогнозный уровень прироста обращаемости несколько ниже реальных уровней обращаемости за СМП, но не выходит за пределы $\pm 1,5 \sigma$. Наши результаты отражают негативные эффекты, характерные при воздействии на человека химических веществ, образовавшихся при МЛП, что совпадает с данными исследований, выполненных на других территориях [2, 3].

Таким образом, предложенный методический подход, включающий расчетные методы оценки загрязнения атмосферного воздуха и заболеваемости населения в период массовых лесных пожаров, при сравнении с реальными данными показал достаточную точность прогнозных результатов и может быть использован при экспресс-оценке в период чрезвычайных ситуаций для оптимизации деятельности органов практического здравоохранения.

Список литературы

1. Маленко А.А. Динамика горимости лесов юга Западной Сибири / А.А. Маленко, А.А. Малиновских, А.С. Чиканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (128). – С. 68–72.
2. Новиков С.М., Иваненко А.В., Волкова И.Ф. Оценка ущерба здоровью населения Москвы от воздействия взвешенных веществ в атмосферном воздухе / С. М. Новиков, А. В. Иваненко, И.Ф. Волкова, А.П. Корниенко, Н.С. Скворцова // Гигиена и санитария – 2009. – № 6. – С. 41–43.

3. Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Елфимова Т.А. Изучение риска здоровью при кратковременной ингаляционной экспозиции в условиях лесных пожаров / В.С. Рукавишников, Н.В. Ефимова, Т.А. Елфимова // Гигиена и санитария – 2013. — №1. – С. 50–52.
4. Рукавишников В.С., Елфимова Т.А., Ефимова Н.В., Забуга Г.А. Патент на изобретение «Способ экспресс-прогноза обращаемости населения за скорой медицинской помощью по поводу болезней органов дыхания в период массовых пожаров сосновых лесов» // Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2016. — № 9. – С. 1–8.
5. Ситнов С. А. Анализ спутниковых наблюдений аэрозольных оптических характеристик и газовых примесей атмосферы над центральным районом Российской Федерации в период аномально высоких летних температур и массовых лесных пожаров 2010 г. / С. А. Ситнов // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. № 7. – С. 572–581.
6. Тараненко Н.А., Дорогова В.Б., Колычева И.В. Оценка химического фактора при пожарах / Н.А. Тараненко, В.Б. Дорогова, И.В. Колычева, В.А. Верзунов // Гигиена и санитария. – 2004. — № 1. – С. 37–39.
7. Dockery, D. Particles in our air. Concentrations and health effects / D. Dockery, A. Pope ; ed. by R. Wilson, J. Spengler. – Boston, 1996. – P. 123–148.