
РЕГИОНАЛЬНЫЕ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 911.8:630:614.8

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2018 г. С. Н. Жаринов*, Е. И. Голубева**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра рационального природопользования, Москва, Россия*

**e-mail: snzharinov@mail.ru*

***e-mail: egolubeva@gmail.com*

Поступила в редакцию 22.05.2017 г.

Принята в печать 22.03.2018 г.

На примере Тверской области показана возможность получения количественной оценки преждевременной смертности населения, возникшей в результате непосредственного и отсроченного воздействия дыма от лесных пожаров. В основу оценки положен анализ смертности населения, данные о длительности воздействия токсичных веществ, содержащихся в дыме от лесных пожаров, и их концентрациях. Проанализированы материалы космической съемки по площадям задымления, объемы поступления в окружающую среду продуктов пиролиза и статистические данные о смертности населения за 2007–2015 гг. Выявлена зависимость между смертностью населения, возникающей от заболеваний органов систем кровообращения и дыхания, и пожарами на лесных территориях. Повышенная смертность регистрируется как в годы с наблюдавшимся задымлением, спровоцированным лесными пожарами, так и на следующий год, что может быть связано с непосредственным и отсроченным воздействием дыма. Определено, что повышение смертности от патологии функционирования органов кровообращения происходит непосредственно в период действия лесных пожаров, а от болезни органов дыхания — в последующий год.

Ключевые слова: лесные пожары, количественная оценка эмиссий, космические снимки, смертность населения, острое и отсроченное воздействие дыма, Тверская область

DOI: 10.1134/S2587556618040179

Постановка проблемы. В настоящее время лесные пожары остаются глобальной проблемой, поскольку их губительное воздействие испытывают многие страны мира независимо от уровня их социального и экономического развития. Наиболее подвержены пожарам леса Чада, Австралии, США, России, Индии и Канады [1]. Лесные пожары оказывают значительное влияние на жизнь и здоровье населения. Основным поражающим фактором при этом является дым. Продукты пиролиза, образующиеся при сгорании биомассы, представляют собой аэрозольную смесь, содержащую опасные для здоровья человека вещества [3].

Исследования [14] показывают, что с 1997 по 2006 г. смертность в мире, связанная с воздействием дыма от природных пожаров, составила от 260 тыс. до 600 тыс. чел. в год. Наибольшие ее показатели отмечаются в Африке к югу от Сахары (157 тыс. чел. в год) и в Юго-Восточной Азии (110 тыс. чел. в год). В России к регионам, на территории которых наблюдаются высокие показатели смертности от дыма лесных пожаров, отнесены юг Восточной Сибири и Дальний Восток.

Согласно Доклада Всемирной метеорологической организации за 1970–2012 гг. лесные пожары 2010 г. на Европейской части России заняли восьмое место в мире в ряду неблагоприятных и опасных природных явлений по количеству жертв среди населения — 55 736 чел. [16]. Близкие значения были получены исследованиями Б.А. Ревича [8], показавшими, что дополнительная смертность в России в результате погодных аномалий 2010 г. составила 54 тыс. чел.

Цель исследования — оценить влияние лесных пожаров на показатели смертности населения Тверской области. В соответствии с целью были поставлены следующие задачи: найти подходы, позволяющие идентифицировать смертность, связанную с лесными пожарами; установить пространственно-временную связь смертности населения с задымлением; определить возможную численность населения области, смерть которых спровоцирована лесными пожарами.

Методика исследований. В основу исследования положены статистические данные о лесных пожарах, смертности населения, расчетные дан-

ные объемов загрязняющих веществ, образующихся вследствие лесных пожаров, результаты дешифрирования космических снимков и картографирования пространственных данных.

В процессе дыхания продукты горения поступают в организм человека и обуславливают отклонения в его функционировании, что может привести к смерти. Как показали результаты отечественных и зарубежных исследований, основной мишенью воздействия патогенных компонентов дыма являются системы кровообращения и дыхания человека [2, 13, 15]. Поэтому для получения более точных оценок влияния лесных пожаров на жизнь и здоровье населения целесообразнее проводить анализ связи по двум различным категориям смертности: смертность от заболеваний системы кровообращения и смертность от заболеваний органов дыхания. Неблагоприятное воздействие лесных пожаров на организм человека разделяется на непосредственное и отсроченное. Непосредственное воздействие приводит к гипоксии, раздражению дыхательного центра и дыхательных путей, затруднению дыхания, а отсроченное воздействие обусловлено токсическими, мутагенными и канцерогенными эффектами [3].

Очевидно, для того чтобы наступила смерть абсолютно здорового человека, необходимо единовременное воздействие загрязняющих веществ, концентрация которых во много раз превышает предельно допустимые (ПДК). Степень проявления негативного воздействия зависит от концентрации загрязняющих веществ во вдыхаемом воздухе, длительности контакта, а также состояния здоровья человека. Компоненты дыма, образующиеся от лесных пожаров, способны превысить ПДК только при единовременном действии огня на обширных территориях. Так, задымление длительностью 2–3 и более суток формирует клиническую симптоматику патологических изменений органов человека [3].

В настоящем исследовании для получения более полных оценок нами проводился анализ смертности, возникшей как в период задымления, так и в последующие годы. В связи с неоднозначностью разделения воздействия на непосредственное и отсроченное, считалось, что смертность, зарегистрированная в период действия пожаров, а также по прошествии 2–3 месяцев считалась следствием непосредственного воздействия. Следствием же отсроченного воздействия считалась смертность, возникшая в последующий год. Отметим, что такой подход может использоваться только при отсутствии ежегодных катастрофических пожаров.

Одним из методов количественного определения смертности населения от того или иного негативного воздействия является анализ повы-

шенной смертности [10], который использовался в нашем исследовании. Он заключается в сравнении показателей смертности в рассматриваемый период с их среднемноголетними значениями. На корректность идентификации связи лесных пожаров со смертностью населения может влиять ряд факторов: влияние других негативных воздействий, вызывающих повышение смертности населения; задымленность от природных пожаров, произошедших вне территории исследования; миграционные процессы, в том числе маятниковая миграция; возможность населения минимизировать контакт с продуктами пиролиза; наличие своевременной квалифицированной медицинской помощи при выявлении и лечении соответствующих болезней. Поэтому проведенная нами оценка будет показывать возможное число жертв от рассматриваемого негативного воздействия.

На основе изучения современной динамики лесных пожаров за 2002–2015 гг., зарегистрированных на территории земель лесного фонда Тверской области, можно выделить четырехлетний период повторяемости пиковых значений (рис. 1). Поэтому для получения средних значений смертности и выявления ее взаимосвязи с лесными пожарами в исследовании анализируются данные за период с 2007 по 2014 г., охватывающие два цикла.

Известно, что при низовых пожарах масса сгорающего вещества составляет 12 т/га, при верховых – 30 т/га, при подземных (торфяных) – 120 т/га [7]. Таким образом, воздействие подземного пожара площадью 100 га эквивалентно воздействию низового пожара площадью 1000 га или верхового площадью 400 га. Лесные пожары, прошедшие на территории области в 2007–2014 гг., представлены всеми перечисленными видами. Поэтому для исследуемой территории показатель “площадь, пройденная огнем” не будет полностью отражать степень отрицательного воздействия, тогда как определение массы образующихся вредных веществ позволит сделать это более корректно. В соответствии с методикой расчета выбросов поллютантов, образующихся в результате действия огня на лесных территориях [9], вычислены их объемы с учетом видов лесных пожаров в отношении каждого продукта пиролиза. Определено, что основными составляющими веществами являются CO (35%), CO₂ (25%), CH₄ (20%), а общий объем выбросов по лесничествам определялся как сумма масс веществ, образующихся в результате горения лесных территорий (табл. 1). За рассматриваемый период в результате действия лесных пожаров на территории Тверской области в окружающую среду поступило около 46 тыс. т продуктов горения. Временной диапазон образования поллютантов динамичен: от нескольких сотен до десятков тысяч т за год.

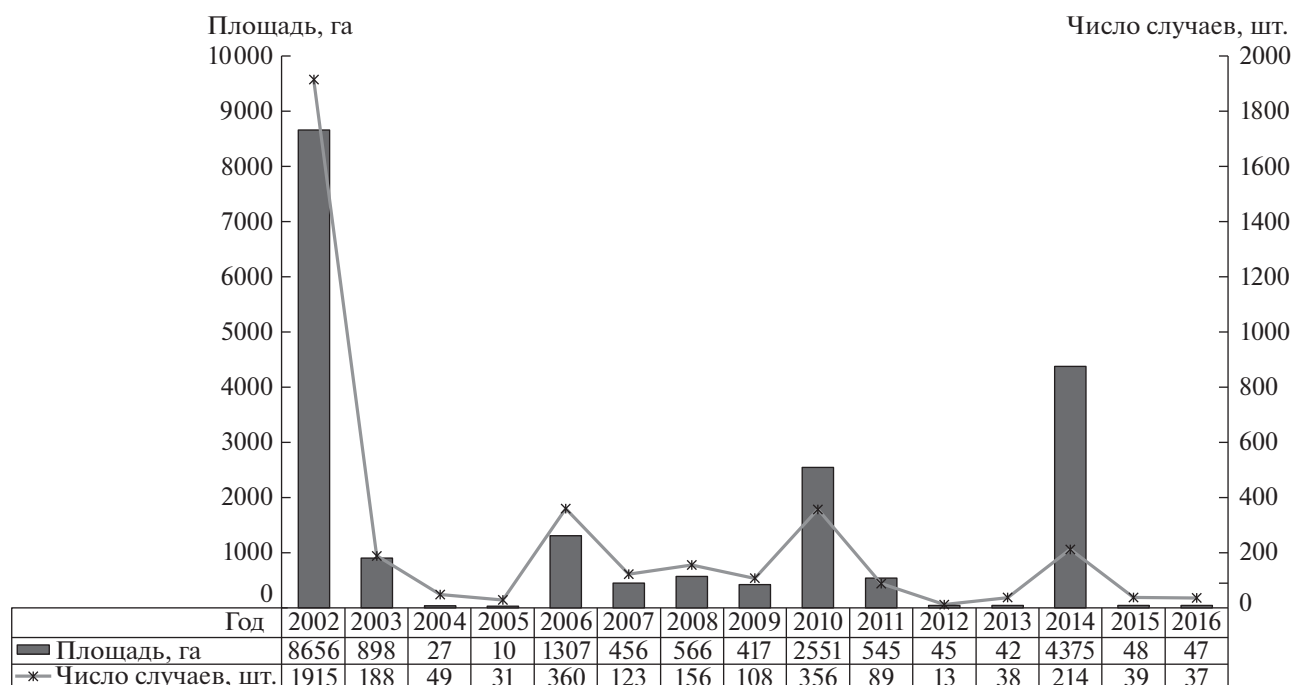


Рис. 1. Динамика площадей и числа лесных пожаров в Тверской области с 2002 по 2016 г. (по данным [4, 12]).

Расчеты показали, что максимальные значения выбросов были в 2010 и 2014 г., что обусловлено не только большими площадями пожаров, но и наличием в эти периоды как верховых, так и подземных их типов.

В связи с тем, что дым от лесных пожаров может распространяться на обширные территории, определение массы образовавшихся веществ в конкретном районе в большей степени фиксирует лишь место их образования, причем без учета

временного фактора. Пожары, возникающие равномерно в течение всего пожароопасного периода на небольших площадях, не вызывают задымлений в населенных пунктах. Для того чтобы образовавшийся дым распространился на территории проживания населения, необходимо выполнение важного условия — горение должно происходить одновременно на обширной территории. Как показали результаты расчетов массы образовавшихся поллютантов (см. табл. 1), такие ситуации наблюдались в 2010 и 2014 г.

Таблица 1. Динамика образования поллютантов от лесных пожаров в Тверской области

Лесничество	Объем выбросов вредных веществ при пожарах, тонн							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Бежецкое	5.1	90.4	0.0	321.8	51.4	0.0	0.0	498.5
Западновинское	90.4	75.0	664.2	461.8	160.9	74.1	1.6	519.0
Кашинское	329.3	11.6	15.9	498.0	1723.7	0.0	9.0	485.8
Краснохолмское	17.3	18.0	2.4	38.2	2.2	8.3	137.7	3.8
Осташковское	46.3	0.0	94.3	1702.5	12.9	0.0	0.0	115.1
Старицкое	30.0	241.7	78.8	454.7	1.7	0.0	0.0	157.9
Тверское	2771.4	666.4	464.7	12354.8	537.4	0.0	31.1	11804.9
Торжокское	96.0	130.7	203.1	844.4	0.0	0.0	6.0	48.9
Торопецкое	23.1	19.0	26.8	294.7	15.0	0.0	0.0	23.0
Удомельское	18.3	329.3	1.5	229.0	2.3	2.1	0.0	114.8
Фировское	161.6	1978.1	235.0	2555.0	250.2	110.7	89.7	206.3
ИТОГО	3588.9	3560.2	1786.8	19754.9	2757.6	195.3	275.2	13978.0

Для определения продолжительности и площади задымления были использованы данные дистанционного зондирования Земли — архив ежедневно публикуемых данных с приборов MODIS, установленных на спутниках Terra и Aqua пространственного разрешения 250 м [11]. Территория задымления определялась при дешифрировании снимков, при этом учитывалось, что дым от лесных пожаров, хорошо распознаваемый в видимой зоне, почти исчезает в инфракрасной зоне, в то время как атмосферные облака определяются на изображениях, полученных в той и другой зонах. Анализ разновременных космических снимков показал, что непрерывное задымление территории Тверской области в 2010 г. продолжалось 32 дня, а в 2014 г. — 16 дней. Причем задымление, вызванное лесными пожарами в 2014 г., носило локальный характер и затрагивало территорию десяти муниципальных районов (31% от общей площади области).

Для анализа пространственного распространения негативного воздействия лесных пожаров составлены карты (рис. 2), на которых выделено три категории задымления: кратковременное (менее 10 дней), среднее по продолжительности (10—19 дней) и долговременное (более 20 дней). Для их сопоставления с данными о смертности населения границы зон воздействия определены в соответствии с административным делением региона. Определено, что в 2010 г. кратковременное и среднее по продолжительности воздействие дыма сказывалось на 24 и 44% территории соответственно, долговременное — 32%. В 2014 г. кратковременному и среднему по продолжительности воздействию дыма подверглось 15 и 16% территории области, а долговременное задымление не наблюдалось.

В 2010 г. при горении лесных территорий в зоне долговременного воздействия дыма образовалось 13.5 тыс. т поллютантов, в зоне среднего по продолжительности воздействия — 3.7 тыс. т, а в зоне кратковременного воздействия — 2.5 тыс. т. В 2014 г. в зоне среднего по продолжительности воздействия образовалось 12.7 тыс. т поллютантов, в зоне кратковременного воздействия — 0.2 тыс. т.

Отметим, что в 2014 г. объем образовавшихся веществ в зоне среднего по продолжительности воздействия эквивалентен объему поллютантов, образовавшихся в зоне долговременного задымления, наблюдавшегося в 2010 г. Это объясняется тем, что задымление Тверской области в 2010 г. вызвано в том числе пожарами, возникшими и действовавшими на сопредельных территориях, что определяется по космическим снимкам.

Результаты исследований и их обсуждение. В период с 2007 по 2015 г. динамика численности умершего населения Тверской области имела от-

рицательный тренд, однако в 2010 г. регистрируется ее заметное увеличение по отношению к предшествующему и последующему годам, а в 2014 г. отмечается незначительное ее повышение. Отметим, что согласно расчетам в данные годы фиксировались пиковые значения образования загрязняющих веществ (см. таблицу), а также детектируемые по космическим снимкам площади задымления по территории области [11]. Эти факты легли в основу подробного пространственно-временного анализа показателей смертности за исследуемый период.

При сопоставлении годовой динамики числа умерших по различным причинам [5, 6] за 2010 и 2014 г. с объемами образовавшихся поллютантов наблюдается их синхронность (рис. 3). Так, в 2010 г. период повышенной численности умершего населения от заболеваний системы кровообращения, определенный относительно среднеемноголетних значений, приходится на июль и август месяц, что совпадает с периодом максимальных выбросов в окружающую среду продуктов горения и соответствующего задымления, определенного по космическим снимкам (см. рис. 3а). Аномально высокое число умерших от заболеваний органов дыхания в этот год регистрируется в сентябре и октябре, что соответствует последующему периоду после задымления (см. рис. 3б).

Число умерших от заболеваний системы кровообращения в 2014 г. в течение всего пожароопасного периода ниже среднеемноголетних значений (см. рис. 3в). Однако число умерших от заболеваний органов дыхания демонстрирует аномально высокое значение в июле-августе (см. рис. 3г), которое совпадает с периодом максимальных выбросов в окружающую среду продуктов горения и соответствующего задымления, определенного по космическим снимкам.

Пространственный анализ данных производился в отношении каждого муниципального района, который заключался в сравнении численности умершего населения по рассматриваемым причинам за 2010 и 2014 г. с их среднеемноголетними показателями, полученными усреднением соответствующих данных за период с 2007 по 2014 г. В результате определено, что повышенное число умерших в 2010 г. от заболеваний системы кровообращения наблюдалось в 30 из 36 муниципальных районов, по причине заболеваний органов дыхания — в 18. Как уже отмечалось, роста числа умерших в 2014 г. от заболеваний системы кровообращения не наблюдалось, в то время как от заболеваний органов дыхания фиксировалось в 6 районах.

Всего повышенное число умерших по рассматриваемым причинам в 2010 г. составило 1163 чел., а в 2014 г. — 126.

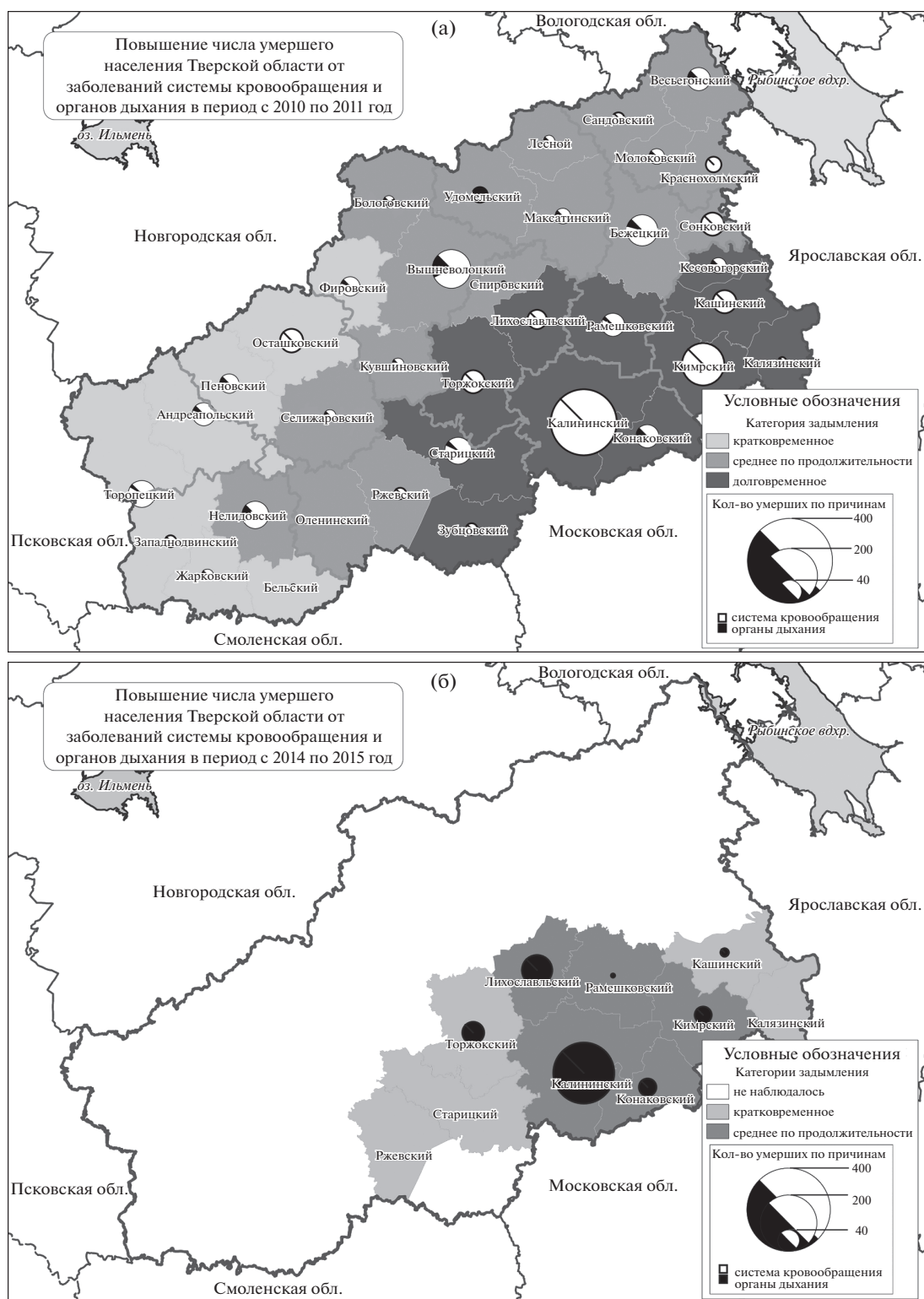
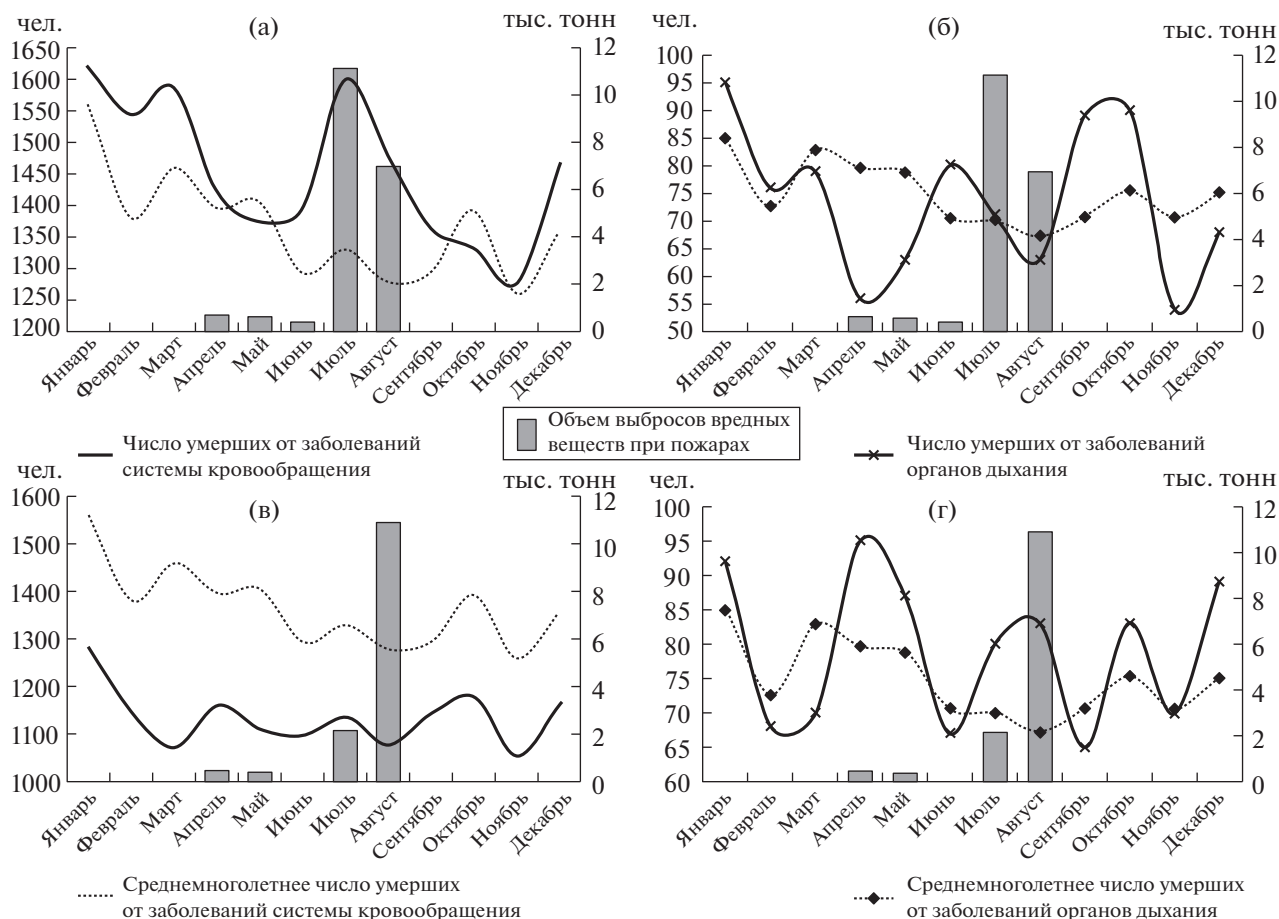


Рис. 2. Повышение числа умершего населения Тверской области от заболеваний системы кровообращения и органов дыхания за период с 2010 по 2011 г. (а) и с 2014 по 2015 г. (б).

В 2010 г. самые высокие показатели повышенного числа умерших от заболеваний системы кровообращения регистрируются в Калининском, Вышневолоцком, Кимрском районах, а по при-

чине заболеваний органов дыхания — в Бологовском, Конаковском, Удомельском. В 2014 г. самые высокие показатели повышенного числа умерших от заболеваний органов дыхания отме-



(а) Число умерших от заболеваний системы кровообращения в 2010 г.

(б) Число умерших от заболеваний органов дыхания в 2010 г.

(в) Число умерших от заболеваний системы кровообращения в 2014 г.

(г) Число умерших от заболеваний органов дыхания в 2014 г.

Рис. 3. Годовая динамика числа умерших от заболеваний системы кровообращения и органов дыхания в 2010 и 2014 гг.

чаются в Калининском, Торжокском, Кимрском районах.

Для оценки влияния отсроченного воздействия задымления был проведен анализ численности умершего населения за 2011 и 2015 г., который показал, что ее повышение в 2011 г. от заболеваний системы кровообращения наблюдалось в 10 муниципальных районах, а от заболеваний органов дыхания — в 11. Повышенное же число умерших в 2015 г. от заболеваний системы кровообращения в районах не наблюдалось, а от заболеваний органов дыхания фиксировалось в 5 районах.

Всего повышенная численность умерших по рассматриваемым причинам в 2011 г. составила 215 чел., а в 2015 г. — 271.

В 2011 г. самые высокие показатели повышенного числа умерших от заболеваний системы кровообращения регистрируются в Торжокском,

Старицком, Кимрском районах, а от заболеваний органов дыхания — в Вышневолоцком и Удомельском. В 2015 г. высокие показатели повышенного числа умерших от заболеваний органов дыхания отмечаются в Калининском, Лихославльском, Конаковском районах.

Сопоставление пространственных данных повышенного числа умерших за период с 2010 по 2011 г. с зонами задымления 2010 г. показывает, что на территории с кратковременным воздействием такая численность составила 229 чел., на территории со средним по продолжительности задымлением — 465 чел., в зоне долговременного воздействия — 684 чел. (см. рис. 2а). Аналогичное сопоставление данных повышенного числа умерших за 2014–2015 г. с зонами задымления 2014 г. показало, что на территории с кратковременным воздействием число жертв составило 42 чел., на

территории со средним по продолжительности задымлением – 355 чел. (см. рис. 26).

Таким образом, пространственный анализ указывает на связь между территориальным распределением повышенного числа умершего населения и зонами задымления. Так, наибольшее число умерших фиксируется на территории с долгосрочным воздействием дыма, а наименьшее – с кратковременным.

Выводы.

1. Расчеты объемов выбросов, обусловленных лесными пожарами, и данные космической съемки показали, что воздействие, которое способно создать условия для повышения смертности населения, наблюдалось на территории Тверской области в 2010 и 2014 г.

2. Анализ численности умершего населения от заболеваний системы кровообращения и органов дыхания выявил пространственно-временную их взаимосвязь с лесными пожарами:

– в 2010 и 2014 г. пиковые показатели смертности наблюдались непосредственно в период действия огня на лесных территориях;

– зонирование задымления 2010 г. показало, что в зоне кратковременного воздействия дыма повышенное число умерших было в 1.5 раза ниже, чем в зоне со средним по продолжительности воздействием дыма, и в 3 раза ниже, чем в зоне с долгосрочным воздействием. Зонирование задымления 2014 г. показало, что повышенное число умерших в зоне с кратковременным воздействием дыма было в 8 раз ниже, чем в зоне со средним по продолжительности задымлением.

3. Повышенная численность умершего населения Тверской области от заболеваний органов систем кровообращения и дыхания, наблюдавшаяся непосредственно в период задымления, составила в 2010 г. 1163 чел., а в 2014 г. – 126, в последующие после задымлений годы (2011 г. и 2015 г.) – 215 и 271 чел. соответственно. При этом повышенное число умерших от заболеваний системы кровообращения в основном регистрировалось непосредственно в периоды задымления, в то время как повышенное число умерших от заболеваний органов дыхания регистрировалось в последующий после задымления год. Таким образом, численность умершего населения в 2010 г. повысилась на 4%, а в остальные годы на 1%, причиной этого могли служить лесные пожары.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальная оценка лесных ресурсов 2010 года. Основной отчет. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. Рим, 2011. 371 с.

2. Добрых В.А., Гонохова Л.Г., Тарасевич В.Ю., Пичугина С.В. Влияние дыма лесных пожаров на течение болезней органов дыхания // Пульмонология. 2000. № 3. С. 25–29.
3. Добрых В.А., Захарычева Т.А. Дым лесных пожаров и здоровье. Хабаровск: Изд-во ГОУ ВПО Дальневосточный гос. мед. ун-т, 2009. 201 с.
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). URL. <https://www.fedstat.ru> (дата обращения: 22.10.2016).
5. Естественное движение населения Тверской области. Тверь: Изд. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Тверской области, 2011. 101 с.
6. Естественное движение населения Тверской области. Тверь: Изд. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Тверской области, 2015. 100 с.
7. Исаев А.С., Коровин Г.Н. Депонирование углерода в лесах России / Доклады на XV ежегодных чтениях памяти академика В.Н. Сукачева. М., 1997. С. 59–98.
8. Методические рекомендации по оценке и внедрению системы платежей за экосистемные услуги на ООПТ / сост. С.Н. Бобылев, Р.А. Перелет, С.В. Соловьева. М., 2011. 219 с.
9. Приказ Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 05.03.1997 № 90 “Об утверждении методик расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу”.
10. Ревич Б.А., Сидоренко В.Н. Экономические последствия воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения. Пособие по региональной экологической политике / под ред. В.М. Захарова, С.Н. Бобылева. М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. 56 с.
11. Снимки MODIS спутников Terra и Aqua. URL. <https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/> (дата обращения: 11.12.2016).
12. Фондовые материалы Министерства лесного хозяйства Тверской области: Книги учетов лесных пожаров на территории Тверской области с 2007 по 2014 год Министерства лесного хозяйства Тверской области (электронный ресурс).
13. Dossing M., Khan J., Rabiah F. Risk factors for chronic obstructive lung disease in Saudi Arabia // Respir. Med. 1994. V. 88. P. 519–522.
14. Johnston F.H., Henderson S.B., Chen Y., Randerson J.T., Marlier M., DeFries R.S. et al. Estimated Global Mortality Attributable to Smoke from Landscape Fires / Environmental Health Perspectives. 2012. № 5. P. 695–701.
15. Koenig J.Q., Pierson W.E. Air pollutants and the respiratory system: toxicity and pharmacologic interventions // J. Toxicol. Clin. Toxicol. 1991. V. 29. P. 401–411.
16. The Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2012). World Meteorological Organization, 2014. 44 p.

Influence of forest fire on mortality rates of population: a case study of Tver oblast

S. N. Zharinov* and E. I. Golubeva**

Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*e-mail: snzharinov@mail.ru

**e-mail: egolubeva@gmail.com

Received May 22, 2017

Accepted March 22, 2018

The case study of Tver oblast of the Russian Federation shows the possibility of obtaining a quantitative estimation of premature mortality caused by direct and delayed exposure to smoke from forest fires. It is based on an analysis of the mortality of the population, data on the duration of exposure to toxic substances contained in smoke from forest fires, and their concentrations. The materials of the space survey for smoke areas, the volumes of pyrolysis products released into the environment and statistical data on the death rate of the population for the period from 2007 to 2015 are analyzed. The dependence between the mortality of the population arising from diseases of the organs of the circulatory and respiratory systems and fires in forest territories has been revealed. Increased mortality is recorded both in years with the observed smoke caused by forest fires, and the following year, which may be due to direct and delayed exposure to smoke. It is determined that the increase in mortality from the pathology of the functioning of the circulatory system occurs directly during the period of forest fires, and from the respiratory disease in the following year.

Keywords: forest fires, quantitative estimation of emissions, satellite images, mortality of population, direct and delayed exposure to smoke, Tver oblast.

REFERENCES

1. *Global'naya otsenka lesnykh resursov 2010 goda. Osnovnoi otchet*. [Global Forest Resources Assessment 2010. Basic Report.]. Rome: FAO Publ., 2011. 371 p.
2. Dobrykh V.A., Gonohova L.G., Tarasevich V.Yu., Pichugina S.V. *Vliyanie dyma lesnykh pozharov na techenie boleznei organov dykhaniya* [Influence of Smoke of Forest Fires on the Course of Respiratory Diseases]. *Pul'monologiya*, 2000, no. 3, pp. 25–29. (In Russ.).
3. Dobrykh V.A., Zakharycheva T.A. *Dym lesnykh pozharov i zdorove* [Smoke of Forest Fires and Health]. Far Eastern St. Medical Univ., 2009. 201 p.
4. *Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS)* [Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS)]. Available at: <https://www.fedstat.ru> (accessed 22.10.2016).
5. *Estestvennoe dvizhenie naseleniya Tverskoi oblasti* [Natural Movement of the Population of the Tver Region]. Tver: Tverstat Publ., 2011. 101 p.
6. *Estestvennoe dvizhenie naseleniya Tverskoi oblasti* [Natural Movement of the Population of the Tver Region]. Tver: Tverstat Publ., 2015. 100 p.
7. Isaev A.S., Korovin G.N. Carbon Deposition in the Forests of Russia. In *Doklady na XV ezhegodnykh chteniyakh pamyati akademika V.N. Sukacheva* [Reports on the XVth Annual Readings of the memory of Academician V.N. Sukachev]. Moscow, 1997, pp. 59–98. (In Russ.).
8. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke i vnedreniyu sistemy platezhei za ekosistemnye uslugi na OOP T* [Methodological Recommendations on the Assessment and Implementation of the System of Payments for Ecosystem Services in Protected Areas]. Bobylev S.N., Perlet R.A., Solovyova S.V., Eds. Moscow, 2011. 219 p.
9. *Prikaz Gosudarstvennogo komiteta Rossiiskoi Federatsii po okhrane okruzhayushchei sredy ot 05.03.1997 № 90 "Ob utverzhdenii metodik rascheta vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu"* [Order of the State Committee of the Russian Federation for environmental protection of 05.03.1997 no 90 "On approval of methods for calculating emissions of pollutants into the atmosphere"].
10. Revich B.A., Sidorenko V.N. *Ekonomicheskie posledstviya vozdeistviya zagryaznennoi okruzhayushchei sredy na zdorov'e naseleniya. Posobie po regional'noi ekologicheskoi politike* [Economic Consequences of the Impact of Polluted Environment on Public Health. A Handbook on Regional Environmental Policy]. Zakharova V.M., Bobyleva S.N., Ed. Moscow: Acropolis Publ., TSEPR, 2007. 56 p.
11. MODIS Images of Terra and Aqua Satellites. Available at: <https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/> (accessed 11.12.2016).
12. *Fondovye materialy Ministerstva lesnogo khozyaistva Tverskoi oblasti: Knigi ucheta lesnykh pozharov na territorii Tverskoi oblasti s 2007 po 2014 god Ministerstva lesnogo khozyaistva Tverskoi oblasti* [Fund Materials of the Ministry of Forestry of the Tver Region: Books of Forest Fire Counts on the Territory of the Tver Region from 2007 to 2014 of the Ministry of Forestry of the Tver Region].
13. Dossing M., Khan J., Rabiah F. Risk factors for chronic obstructive lung disease in Saudi Arabia. *Respir. Med.*, 1994, vol. 88, pp. 519–522.
14. Johnston F.H., Henderson S.B., Chen Y., Randerston J.T., Marlier M., DeFries R.S., et al. 2012. Estimated Global Mortality Attributable to Smoke from Landscape Fires. *Environ. Health Perspect.*, 2012, no. 5, pp. 695–701.
15. Koenig J.Q., Pierson W.E. Air pollutants and the respiratory system: toxicity and pharmacologic interventions. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*, 1991, vol. 29, pp. 401–411.
16. *The Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2012)*. World Meteorological Organization, 2014. 44 p.