

## О расчете риска задымления населенных пунктов в результате лесных и торфяных пожаров

А. В. ИПАТЬЕВ, А. С. СИЗИКОВ

### Введение

Опасные дымы являются одним из поражающих факторов лесных и торфяных пожаров [1, 12, 18], оказывают непосредственное негативное воздействие на жизнь и здоровье людей. По мнению специалистов [11, 14, 20] поражение организма человека продуктами дымообразования лесных горючих материалов и торфа считается наиболее негативной составляющей последствий этого опасного природного явления.

В зависимости от условий возникновения и распространения лесных и торфяных пожаров возможно как поражение небольших групп населения, проживающих на ограниченной территории, так и массовое поражение населения целых государств в случае образования смога в отдельные, экстремальные по условиям погоды, периоды [10].

Глобальное потепление климата, которое влечет за собой увеличение времени протекания пожароопасных периодов в природных экосистемах, ряд антропологических факторов [10] значительно увеличивают вероятность поражения населения опасными дымами.

### Материалы и методы исследования

Вероятность возникновения чрезвычайной ситуации с учетом величины ущерба от нее принято называть риском [3, 6, 17, 21]. В настоящее время не существует универсального, общепринятого определения термина «риск», особенно в сфере безопасности в чрезвычайных ситуациях природного характера. Авторы [17], анализируя ряд работ и документов, посвященных этой проблеме [2, 4, 8, 13, 19], приводят комбинированное определение компилятивного характера: «риск – это возможная опасность неудачи; вероятность или частота поражающих воздействий; ожидаемый ущерб; вероятность причинения вреда; количественная мера опасности; возможность нежелательных последствий; потенциальная опасность реализации событий с нанесением вреда; мера возможной опасности и последствий ее реализации; возможность (вероятность наступления опасного события». Авторы [5] под риском понимают «ожидаемую частоту или вероятность возникновения опасностей определенного класса, или же размера возможного ущерба (потерь, вреда) от нежелательного события, или же некоторую комбинацию этих величин». Под риском задымления конкретного населенного пункта (территории) (поражения населения смоговым облаком) мы условимся понимать вероятность задымления данного населенного пункта (территории) (поражения смоговым облаком).

Таким образом, население республики потенциально подвержено риску быть пораженным в результате нахождения на территории, подвергшейся задымлению (или смоговым облаком). Важно отметить, что этот риск различен в зависимости от местонахождения населенного пункта и ряда дополнительных факторов. Количественный расчет риска возникновения дыма и смога приобретает особую актуальность как средство предупреждения последствий ЧС и их минимизации. Зонирование территорий республики по уровням данного риска позволит выявить населенные пункты, находящиеся в зоне недопустимо высокого риска. Благодаря этому можно будет заблаговременно разработать и осуществить реализацию комплекса превентивных мер защиты от ЧС населения этих территорий и снижению риска до уровня допустимого.

К сожалению, в настоящее время практически отсутствуют методики, позволяющие провести количественную оценку риска возникновения дымового шлейфа или смога как

следствий лесных и торфяных пожаров. В нашей республике работы по созданию отечественной методологии оценки рисков от ЧС различного характера только ведутся. В российской «Методике комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [15], разработанной специалистами Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ВНИИ ГО ЧС), Центра исследований экстремальных ситуаций (ЦИЭКС) и Сейсмологического центра Института геоэкологии РАН (СЦ ИГЭ РАН) на данном виде риска внимание не акцентируется. Предлагается только оценка индивидуального риска от лесных пожаров непосредственно.

Нередко воздействию задымления и смога на человека непосредственно не придается должного значения. Так, например, в работе [16] авторы, раскрывая понятия прямого и косвенного ущерба лесных пожаров, умалчивают о смоге, а дым, относя к характеристикам прямого ущерба, наделяют такими негативными факторами, как снижение прозрачности атмосферы, замедление фотосинтеза, удлинение сроков созревания сельскохозяйственных культур и приостанавливание работы воздушного и наземного транспорта. Прямое воздействие на органы дыхания человека не рассматривается.

Поэтому необходимо концептуально обосновать математическую модель, позволяющую дать количественную оценку риска возникновения локального и глобального задымления (смога) как следствий лесных и торфяных пожаров.

### Результаты и их обсуждение

Как известно, распространение дымового шлейфа лесного или торфяного пожара возможно только при сочетании трех основных факторов пожарной опасности: наличия в одном и том же месте горючих материалов, источника огня и внешних условий, благоприятствующих распространению дыма. В лесу горючие материалы всегда есть. Вероятность появления источника огня также всегда больше нуля. Поэтому к условиям, благоприятствующим или препятствующим возникновению и распространению смога лесных и торфяных пожаров, относятся: гидрометеорологические, географические, климатические и сезонные [9].

Из них наиболее важными являются метеорологические условия (явления), поскольку именно в результате переноса дымовых шлейфов потоками воздуха на значительные расстояния население подвергается воздействию поражающих факторов смога лесных и торфяных пожаров, а с наступающим осенью обильным выпадением осадков, как правило, заканчивается пожароопасный период в лесах и на торфяниках, в том числе, и прекращается образование из дымовых шлейфов смогового облака.

К числу основных метеорологических факторов, способствующих распространению смога следует относить:

- периодичность выпадения атмосферных осадков;
- направление и скорость ветра;
- образование над крупными населенными пунктами зон с разреженной концентрацией кислорода.

Кроме этого, на распространение смога оказывают влияние:

- инверсия теплых воздушных масс;
- высота конвективной колонки над очагом пожара.

Под риском задымления (в том числе смоговым облаком) конкретного населенного пункта мы условились принимать вероятность задымления данного населенного пункта. Данный риск следует отличать от индивидуального риска (т.е. риска, которому подвергается конкретный человек непосредственно). Вероятность задымления будет определяться как произведение вероятностей независимых событий, каждое из которых способствует распространению смогового облака в конкретном направлении [7]. К числу этих событий следует отнести: возникновение пожара, непосредственно; отсутствие атмосферных осадков и соответствующее направление ветра.

Вероятность возникновения очага лесного (торфяного) пожара  $P_o$  будет определяться по формуле:

$$P_o = \frac{\sum_{i=1}^j n_i}{N * j}, \quad (1)$$

где  $n_i$  – количество пожаров, возникших за пожароопасный период (определяется на основании статистических данных);

$N_i$  – продолжительность пожароопасного периода, дней;

$i$  – целые числа, 1, 2, (...);

$j$  – величина выборки, лет.

Вероятность возникновения благоприятного для задымления (распространения дымового шлейфа) выпадения атмосферных осадков  $P_{\partial}$  будет определяться по формуле (2):

$$P_{\partial} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^j m_i}{N * j}, \quad (2)$$

где  $m_i$  – количество дождливых дней, возникших за пожароопасный период (определяется на основании статистических данных).

Вероятность возникновения направления ветра, благоприятного для распространения задымления  $P_v$ , будет определяться по формуле (3):

$$P_v = \frac{\sum_{i=1}^j v_i}{N * j}, \quad (3)$$

где  $v_i$  – количество ветреных дней, с заданным направлением ветра за пожароопасный период (определяется на основании статистических данных).

Вероятность возникновения благоприятной для задымления (распространения дымового шлейфа) синоптической ситуации  $P$  будет определяться с учетом вероятности возникновения благоприятного для распространения смогового облака выпадения атмосферных осадков и вероятности возникновения направления ветра, благоприятного для распространения смогового облака по формуле:

$$P = P_o * P_{\partial} * P_v. \quad (4)$$

Кроме вышеназванных факторов, на вероятность возникновения задымления (смогового облака) будут оказывать влияние следующие факторы:

- 1) образование над крупными населенными пунктами зон с разреженной концентрацией кислорода, благоприятных для распространения смогового облака;
- 2) скорость ветра;
- 3) инверсия теплых воздушных масс;
- 4) высота конвективной колонки над очагом пожара;
- 5) фракционный состав газоаэрозольного радиоактивного облака при пожарах на загрязненных радионуклидами территориях;
- 6) влажность почвенного покрова (при торфяном пожаре);
- 7) влажность атмосферного воздуха.

В качестве гипотезы примем, что учет каждого из данных критериев на числовое значение риска будет определяться соответствующим поправочным коэффициентом  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$  и  $K_7$ , причем очевидно, что значение каждого из коэффициентов  $K_1 - K_5$  больше

единицы, т.к. факторы (1-5) увеличивают вероятность задымления конкретного населенного пункта. Влажность почвенного покрова (при торфяном пожаре) и влажность атмосферного воздуха, напротив, снижают эту вероятность, поэтому значения коэффициентов  $K_6$  и  $K_7$  меньше единицы. Конкретные числовые значения поправочных коэффициентов определяются на основании статистических данных и уточняются по результатам апробации методики расчета риска возникновения задымления и смога.

Таким образом, риск задымления населенного пункта будет определяться с учетом поправочных коэффициентов, учитывающих скорость ветра, инверсию теплых воздушных масс, высоту конвективной колонки над очагом пожара, а также вероятность образования над крупными населенными пунктами зон с разреженной концентрацией кислорода по формуле (5):

$$R_3 = P \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7, \quad (5)$$

где  $R_3$  – количественное значение риска задымления населенного пункта (территории);

$P$  – вероятность возникновения благоприятной для задымления (распространения смогового облака) синоптической ситуации;

$K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий образование над крупными населенными пунктами зон с разреженной концентрацией кислорода, благоприятных для распространения смогового облака;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий скорость ветра;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий инверсию теплых воздушных масс;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий высота конвективной колонки над очагом пожара;

$K_5$  – поправочный коэффициент, учитывающий фракционный состав газоаэрозольного радиоактивного облака при пожарах на загрязненных радионуклидами территориях;

$K_6$  – поправочный коэффициент, учитывающий влажность почвенного покрова (при торфяном пожаре);

$K_7$  – поправочный коэффициент, учитывающий влажность атмосферного воздуха.

Кроме этого, необходимо отметить тот факт, что понятия задымления и смога далеко не тождественны. Задымления возникают кратковременно практически каждый год в течение пожароопасного периода и занимают незначительные территории. В отличие от задымлений, смоговое облако возникает раз в 8-10 лет, охватывает значительные по площади территории и держится в воздухе продолжительное время – от 10 дней до 1 месяца и более. Поэтому необходимо также определить риск поражения конкретной территории (населенного пункта) смоговым облаком.

Возникновению смогового облака всегда предшествует задымление. Поэтому количественное значение риска поражения конкретной территории (населенного пункта) смоговым облаком можно определить с учетом формулы (5) при введении поправочного коэффициента, учитывающего периодизацию возникновения смоговых облаков  $K_c$ . Тогда формула (5) преобразуется в формулу (6):

$$R_c = R_3 \times K_c \quad (6)$$

где  $R_c$  – риск поражения конкретной территории (населенного пункта) смоговым облаком;  $K_c$  – поправочный коэффициент, учитывающий периодизацию возникновения смоговых облаков (определяется с учетом статистических данных).

С другой стороны, значение  $R_c$  может быть приближенно определено как классическая вероятность возникновения смогового облака, т.е. как отношение количества лет, характеризующихся наличием лесных (торфяных) пожаров, приведших к возникновению смогового облака к общему количеству лет, за которые анализировались данные. Тогда количественное значение риска поражения конкретной территории (населенного пункта) смоговым облаком можно определить как:

$$Rc = \frac{Nc}{N}, \quad (7)$$

где  $Nc$  – число лет, характеризующихся наличием лесных (торфяных) пожаров приведших к возникновению смогового облака;

$N$  – величина выборки (общее количество лет, за которые анализировались данные).

Приравнивая правые части формул (6) и (7), можно получить (уточнить) значение поправочного коэффициента  $Kc$ .

### Заключение

Таким образом, для разработки и апробации методики расчета риска задымления населенных пунктов в результате лесных и торфяных пожаров необходимо решить следующие задачи:

- собрать и обобщить необходимые статистические данные, предполагаемые к используемые в предложенной модели;
- определить значения поправочных коэффициентов;
- апробировать модель на примере конкретной территории (населенного пункта);
- уточнить значение поправочных коэффициентов по результатам апробации;
- разработать шкалу количественных значений рисков «допустимый-недопустимый».

Предлагаемый подход к проблеме позволит рассчитать риск задымления населенных пунктов в результате лесных и торфяных пожаров и провести зонирование территорий республики по уровню риска.

**Abstract.** The paper considers dangerous smoke as one of affecting factors of forest and peat fires exerting direct negative influence on life and health of people.

### Литература

1. Абдурагимов, А.В. Опасности лесных пожаров /А.В. Абдурагимов, И.Н Однолько // Наука и жизнь. – 1993. – № 2. – С. 42-45.
2. Акимов, В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: Учебное пособие / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
3. Акимов, В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радаев. – М.: ЗАО ФИД “Деловой экспресс”, -2001.
4. Акимов, В.А. Кризисы и риск: к вопросу взаимосвязи категорий /В.А. Акимов, Б.Н. Порфирьев // Проблемы анализа риска. – М.: Деловой экспресс. – 2004. – Т. 1, № 1. – С. 38-49.
5. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: Учеб. пособие/В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев и др. – М.: Высш. шк., 2006 – 592 с.
6. Беляев, С.Т. Риск как точная наука / С.Т. Беляев [и др.] // Наука и жизнь, 1991, № 3, с.59-64.
7. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1986.- 544 с.
8. Гражданская защита: Понятийно-терминологический словарь / Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Изд-во «Флайст», Инф.-изд. центр «Геополитика», 2001. – 240 с.
9. Гусев, В.Г. О методах оценки пожарной опасности в лесу по условиям погоды. Проблемы лесоведения и лесоводства / В.Г. Гусев // Сборник научных трудов ИЛ НАНБ, Вып.56., Гомель.: 2003. С. 249-270.
10. Душа-Гудым, С.И. О минимизации последствий смога лесных и торфяных пожаров / С.И. Душа-Гудым, А.В. Ипатьев // Известия Белорусской инженерной академии, Вып.1(17). – 2004. С.24-31.

11. Иванов, А.В. Газоаэрозольные эмиссии при лесных пожарах (на примере сосняков лишайниковых зеленомошных Сымской равнины). / А.В. Иванов: автореферат канд.дисс. по спец. 03.00.16 «Экология». Красноярск, 2003.
12. Ипатьев, А.В. Поражающие факторы природных пожаров / А.В. Ипатьев // Природные ресурсы. – 2005, Вып.4. – Минск. – С.81-86.
13. Ковалевич, О.М. К вопросу об определении «степени риска» / О.М. Ковалевич // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ. – 2004. – Вып. 1. – С. 73-80.
14. Махинова, А.Ф. Оценка экотоксикологического риска в г. Хабаровске, обусловленного лесными пожарами и высокой степенью задымленности / А.Ф. Махинова [и др.] // Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы: Материалы международной конф. - Хабаровск, 1999.-Ч.2.-С.20-22.
15. Методика комплексной оценки индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. М.: ВНИИ ГО ЧС, 2002 г. – 34 с., прил.1.
16. Опасные природные процессы. Вводный курс: Учебник / И.И. Мазур, О.П. Иванов; Министерство РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий, Академия гражданской защиты МЧС России, кафедра устойчивости экономики и жизнеобеспечения. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. – 702 с.
17. Пожарные риски. Вып. 1. Основные понятия / Под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. – 57 с.
18. СТБ 1409-2003 (ГОСТ Р 22.1.09-99) Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования.
19. Федеральный закон Российской Федерации «О техническом регулировании» // Российская газета. – 2002. – 31 дек.
20. Уваров, А.Д. Образование и свойства аэрозольных продуктов пиролиза горючих материалов / А.Д. Уваров: автореферат канд. дисс. по специальностям: 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы» и 03.00.16 – «Экология», Обнинск 2004. – С.19.
21. Шахраманьян М.А. Новые информационные технологии в задачах обеспечения национальной безопасности России (природно-техногенные факторы) / М.А. Шахраманьян . – М., 2003.