

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-3.237>

УДК 614.841.31:311.4::004.942::004.62

## **О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОБСТАНОВКИ С ПОЖАРАМИ, ОТНОСЯЩИМИСЯ К ЧС ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА, В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: ПОДХОДЫ И ПРОБЛЕМЫ**

**Татур М.М., Иваницкий А.Г., Проровский В.М.**

*Цель.* Определить состав основных факторов, влияющих на обстановку с пожарами в населенных пунктах, для прогнозирования их возникновения на территориях административно-территориальных единиц Республики Беларусь, оценить возможность использования результатов, полученных ранее другими исследователями.

*Методы.* Разведочный анализ, синтез, моделирование, системный подход, наблюдение, сравнение, измерение.

*Результаты.* Сформирована база основных исходных данных, проведен первоначальный разведочный анализ, проведена оценка возможности применения некоторых известных моделей прогноза.

*Область применения исследований.* Полученные результаты необходимы для решения задачи прогнозирования возникновения пожаров, вычисления величин пожарных рисков.

*Ключевые слова:* техногенная чрезвычайная ситуация, пожар, прогнозирование, разведочный анализ, многофакторная модель, статистика пожаров.

(Поступила в редакцию 1 июля 2020 г.)

### **Введение**

Система мониторинга и прогнозирования в Республике Беларусь представляет собой совокупность систем наблюдения, анализа и оценки состояния и изменения выявленных и потенциальных источников чрезвычайных ситуаций (ЧС) и прогнозирования ЧС, влияющих на безопасность населения, организаций и окружающей среды, в целях разработки и реализации мер по предупреждению и ликвидации ЧС, минимизации их социально-экономических и экологических последствий. Система мониторинга и прогнозирования функционирует в рамках Государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС<sup>1</sup>.

Управление любым объектом или процессом в деятельности аварийно-спасательных служб и надзорных органов предполагает постоянное принятие решений, касающихся выбора последующих действий управляющего субъекта относительно этого объекта или процесса. Постоянно наращиваемые массивы специализированной информации требуют непрерывного совершенствования методов прогнозирования для принятия управленческих решений. В 2018 г. в МЧС Беларуси внедрен программный комплекс учета и анализа ЧС, который обеспечил агрегацию уже накопленных статистических данных, автоматизацию сбора новых показателей и возможность получения аналитической информации [1].

Пожары, относящиеся к ЧС техногенного характера<sup>2</sup> (далее – техногенные пожары), наиболее часто возникают в городах и сельских населенных пунктах республики. Они составляют более 99 % от общего числа ЧС и наносят наибольший ущерб. По данным ве-

<sup>1</sup> Об утверждении Положения о системе мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 нояб. 2004 г., № 1466 [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: [https://pravo.by/document/?guid=2012&oldDoc=2004-188/2004-188\(065-104\).pdf&oldDocPage=9](https://pravo.by/document/?guid=2012&oldDoc=2004-188/2004-188(065-104).pdf&oldDocPage=9). – Дата доступа: 01.06.2020.

<sup>2</sup> О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: постановление М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, 19 февр. 2003 г., № 17 // Законодательство Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://zakonrb.com/npa/o-klassifikacii-chrezvychaynyh-situaciy-prirodnogo>. – Дата доступа: 01.06.2020.

домственного учета МЧС, за 10 лет (2010–2019 гг.) в стране зарегистрировано 67,6 тыс. пожаров, вследствие которых погибло около 7,2 тыс. и травмировано более 3,8 тыс. человек [1].

Необходимость прогнозирования обстановки с пожарами возникает из потребности выработки управленческих решений, направленных на предупреждение их возникновения. Очевидно, что обстановка с пожарами динамична и имеет как антропогенную составляющую, так и природные (сезонные) факторы [2; 3].

### Основная часть

Большая часть пожаров в населенных пунктах возникает на объектах жилого сектора: в жилых домах, дачах и надворных постройках. Их доля в общем числе составляет примерно 80 %, а гибель людей на них – 92–98 % (рис. 1).

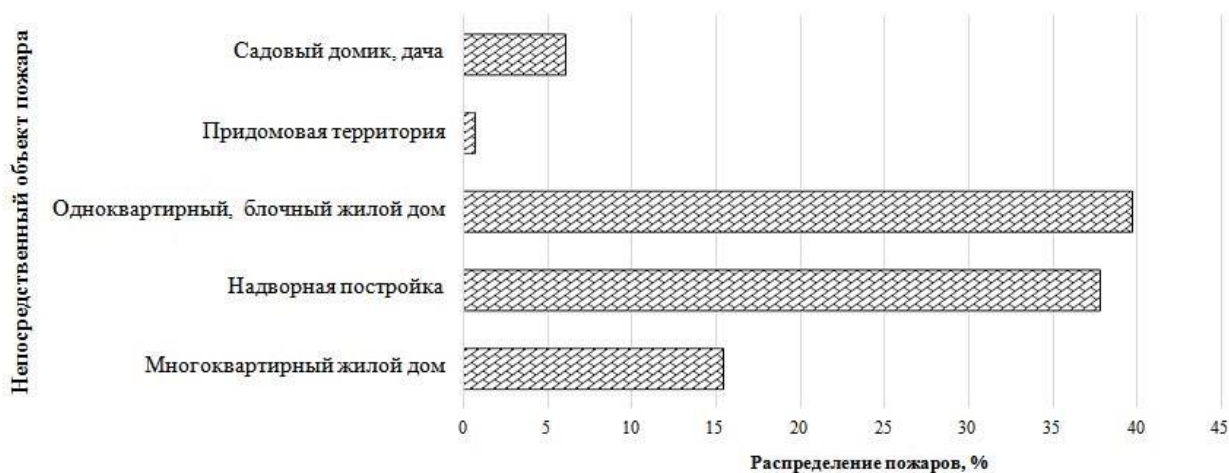


Рисунок 1. – Распределение пожаров по объектам жилого сектора (по данным [1])

Проведенный анализ статистических данных обстановки с пожарами на территории Беларуси за 2015–2019 гг. показал, что частота возникновения пожаров в течение года изменяется в зависимости от сезона и при этом имеет выраженные отличия для городских и сельских населенных пунктов (рис. 2). Например, в сельской местности наблюдаются пиковые показатели в марте-апреле и августе – из-за неосторожного обращения с огнем при сжигании сухой растительности, в октябре – в связи с началом отопительного сезона. Таким образом, определение возможного влияния температуры окружающей среды (динамики ее изменения) на обстановку с пожарами в Республике Беларусь является актуальной задачей.

В работах А.Н. Батуру [2] и М.В. Ходина<sup>3</sup> отдельно рассматривается однофакторная зависимость количества пожаров в населенных пунктах от числа проживающих. Рассмотрим результаты их моделирования. Зависимость, построенная для населенных пунктов, выражена следующим уравнением [2]:

$$N = 2,6P + 116,6, \quad (1)$$

где  $N$  – количество пожаров за год;  $P$  – численность населения, тыс. чел.

Зависимость, построенная на основании численности жителей по 118 районам и 8 городам областного подчинения, имеет вид<sup>4</sup>:

$$N = 0,0121P + 347,13. \quad (2)$$

<sup>3</sup> Ходин, М.В. Построение модели прогноза возникновения пожаров на территории Республики Беларусь на основании кратковременных климатических показателей: дис. ... магистра техн. наук: 1-94 80 01 / М.В. Ходин. – Минск: Ун-т гражд. защиты МЧС Беларуси, 2017. – 48 л.

<sup>4</sup> Там же.

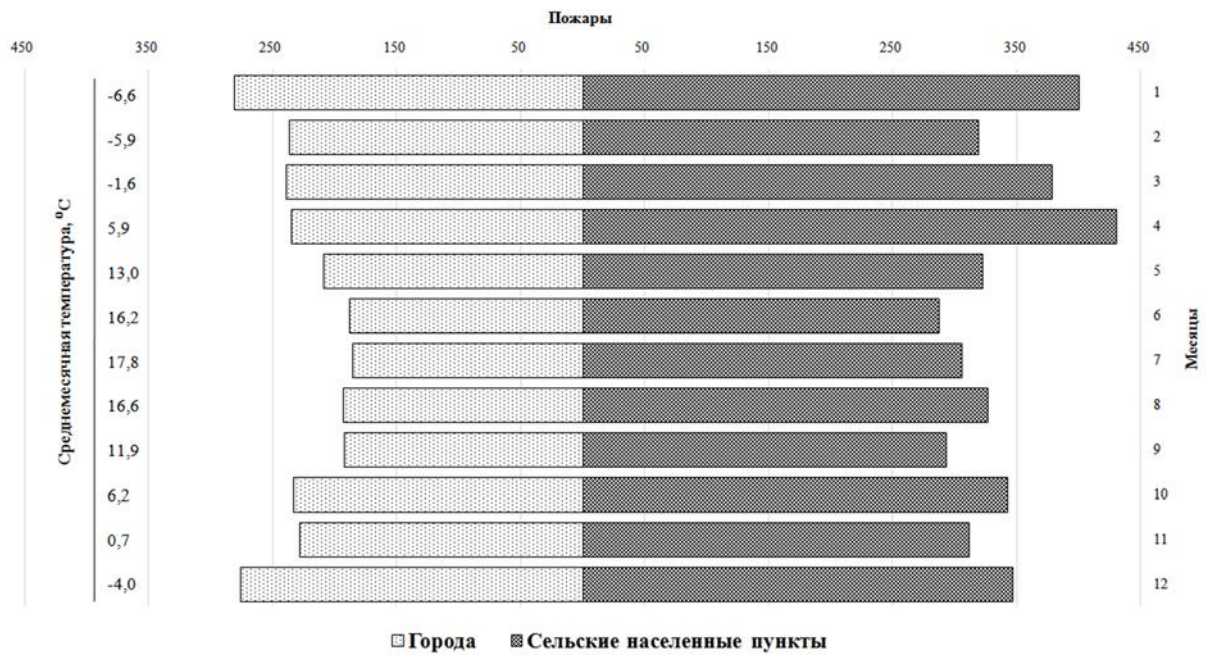


Рисунок 2. – Распределение пожаров по месяцам года и типу населенных пунктов (по данным [1])

Представить обстановку с пожарами в Республики Беларусь в виде однофакторной регрессионной модели (рис. 3) можно, приняв в качестве независимой переменной численность жителей по 200 наиболее населенным пунктам, в виде уравнения:

$$N = -0,6P^2 \cdot 10^{-4} + 0,29P + 1,68. \quad (3)$$

Значение коэффициента детерминации  $R^2$  при этом составит 0,96, что в данном случае означает высокую степень зависимости переменной  $N$ .

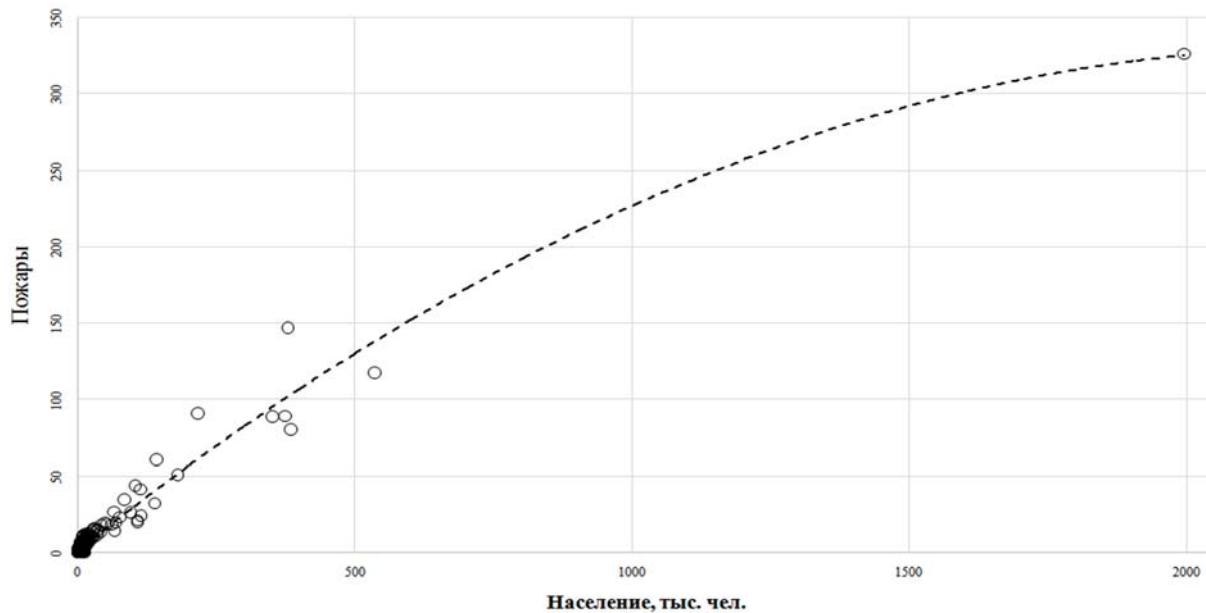


Рисунок 3. – Распределение пожаров в зависимости от числа жителей

Перечисленные функции показывают, что однофакторная модель может быть построена различными способами и сильно зависит от набора исходных данных.

Численность населения играет важную роль при прогнозировании, вместе с тем тот факт, что в республике 78,6 % населения проживает в городах, а число пожаров в них составляет 39,9 % (рис. 2), говорит о необходимости дополнительного исследования и, возможно, детализации этого показателя.

С учетом того что рассматриваемые пожары – явление, как правило, антропогенного происхождения, необходимо рассмотреть количество возникающих пожаров в зависимости от продолжительности пребывания людей на объекте, которая в первом приближении может быть выражена через тип дня (рабочий, нерабочий). Распределение общего количества пожаров по дням недели показало наличие выраженных пиковых значений в субботу и воскресенье (рис. 4). Анализ распределения частоты возникновения пожаров по рабочим и выходным дням (с учетом праздничных и перенесенных рабочих дней) выявил значительное расхождение величины этих показателей – 14,7 и 19,1 соответственно.

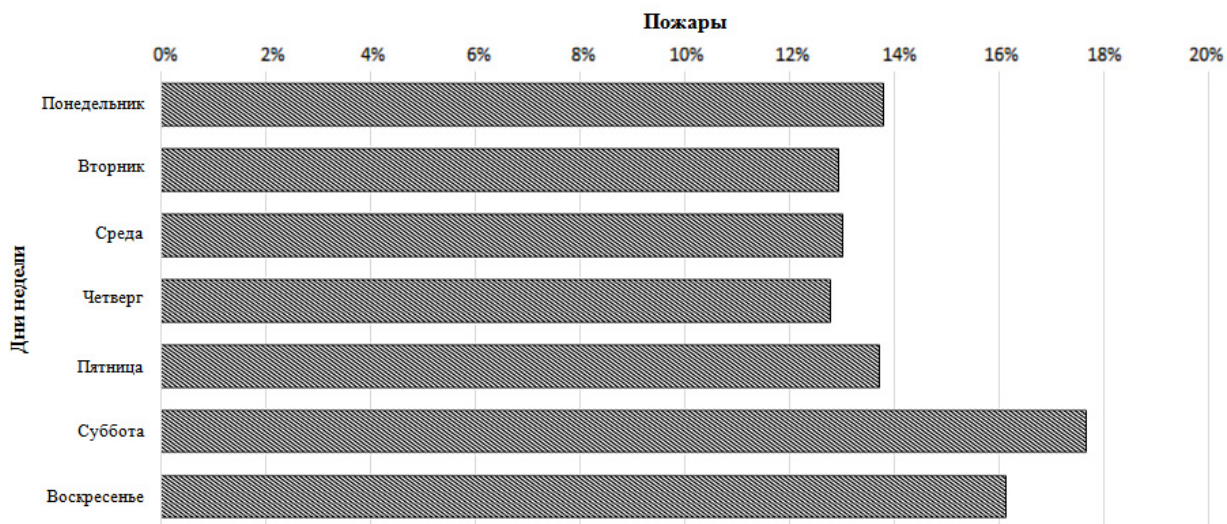


Рисунок 4. – Среднегодовое распределение пожаров по дням недели (по данным [1])

Проведенные ранее исследования показали, что существует зависимость параметров обстановки с пожарами от природно-климатических характеристик рассматриваемой территории<sup>5</sup> [2–6]. Отдельно указано, что наибольшее влияние на обстановку с пожарами оказывает температура окружающей среды и ее изменение [4].

С учетом того что природно-климатические параметры территории Республики Беларусь существенно отличаются от климата территорий, рассматриваемых в работах [2; 3], проведение таких исследований для Республики Беларусь представляет научный и практический интерес.

В ряде работ<sup>6</sup> [2; 4] при разработке моделей прогнозирования ожидаемого количества пожаров в качестве независимых переменных использовались значения среднесуточных температур воздуха. Кроме того, ряд исследователей [5; 6] использовали климатические и другие характеристики, включая температуру окружающего воздуха, для определения вероятности возникновения пожаров (пожарного риска). Обзор проведенных исследований о влиянии метеорологических факторов на обстановку с пожарами показал, что в данном направлении существует ряд публикаций, подтверждающих их связь.

Например, в [4] приводится зависимость, полученная в результате обработки данных за 2006–2012 гг. для всей территории Беларуси, при  $R^2 = 0,91$ :

$$N = 128,3T - 0,543. \quad (4)$$

В работах А.Н. Батура [2] и М.В. Ходина<sup>7</sup> анализ влияния температуры окружающей среды проводился на основании разделения причин всех пожаров на три основные группы:

<sup>5</sup> См. сноску 3.

<sup>6</sup> См. сноску 3.

<sup>7</sup> Ходин, М.В. Построение модели прогноза возникновения пожаров на территории Республики Беларусь на основании кратковременных климатических показателей: дис. ... магистра техн. наук: 1-94 80 01 / М.В. Ходин. – Минск: Ун-т гражд. защиты МЧС Беларуси, 2017. – 48 л.

техногенные, социальные и прочие. Социальная группа включает такие причины, как неосторожное обращение с огнем, курение и детская шалость с огнем. Техногенная – неисправность и неправильная эксплуатация печей, недостатки конструкций, нарушение правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов. Прочие причины – нарушение технологических работ, поджоги и т. п. Согласно исследованию [2] количество пожаров техногенной группы при повышении температуры воздуха уменьшается, а количество пожаров по социальной группе причин, наоборот, увеличивается:

$$N_{\text{тех}} = -0,015T + 0,73, \quad (5)$$

$$N_{\text{соц}} = 0,013T + 1,77, \quad (6)$$

где  $N_{\text{тех}}$  – частота пожаров по техногенным причинам, случаев на 100 тыс. человек в сутки;  $N_{\text{соц}}$  – частота пожаров по социальным причинам, случаев на 100 тыс. человек в сутки;  $T$  – температура воздуха, °С.

Количество пожаров по прочим причинам с динамикой температуры практически не связано.

Аналогичные зависимости<sup>8</sup> для всей территории Беларуси с населением численностью 9 468 154 человек, построенные по данным за период с 2002 по 2014 г., имеют вид:

$$N_{\text{тех}} = 125,26T^{-0,767}, \quad (7)$$

$$N_{\text{соц}} = 21,033T^{-0,138}. \quad (8)$$

Как и при представлении однофакторной модели числа пожаров от количества населения, в данном случае нет единого подхода, и в каждом конкретном случае выбирается свой вариант, со временем требующий корректировки.

Вместе с тем методик и детальных материалов, позволяющих использовать для территории Республики Беларусь готовые прогнозные модели обстановки с пожарами, в открытом доступе нет.

Приведенная информация позволяет сделать вывод о возможном существовании многофакторных зависимостей, когда значение результирующих показателей обусловлено влиянием сразу нескольких факторов. Если рассмотреть любой из показателей обстановки с пожарами (количество, гибель и травмирование людей, материальный ущерб и т. д.) и оценить, какие факторы оказывают на него влияние, то заметно различное воздействие множества причин и условий. Например, на число пожаров оказывают влияние погодные условия, день недели, тип населенного пункта, число жителей и т. д. На материальный ущерб влияет экономическая обстановка, удаленность объекта пожара от пожарных аварийно-спасательных подразделений, численность личного состава этих подразделений и другие факторы.

При построении однофакторной модели происходит большее упрощение моделируемого представления действительности – вместо влияния нескольких факторов на прогнозируемый показатель приходится выбирать один, наиболее значимый. Однофакторная модель в этой ситуации настолько примитивна и груба, что ее применение при прогнозе может давать очень приблизительные значения. Для повышения точности прогноза на базе математической модели необходимо подобрать такой вариант, который бы лучше всего отражал описание и суть происходящих процессов. Так как показатели обстановки с пожарами формируются под воздействием множества факторов, модель, прогнозирующая их, также должна учитывать это, т. е. быть многофакторной. От многофакторной прогнозной модели можно ожидать большей точности, чем от однофакторной, поскольку она вскрывает особенности и моделирует обстановку более детально [7].

<sup>13</sup> См. сноску 11.

Одна из многофакторных моделей, устанавливающая закономерности возникновения пожаров от численности населения и температуры окружающей среды, отражена в исследовании [2]. В этой работе зависимость количества прогнозируемых пожаров выражена алгебраическим уравнением второго порядка с тремя переменными (численность населения  $x$ , температура окружающей среды  $y$ , количество пожаров  $z$ ) следующего вида:

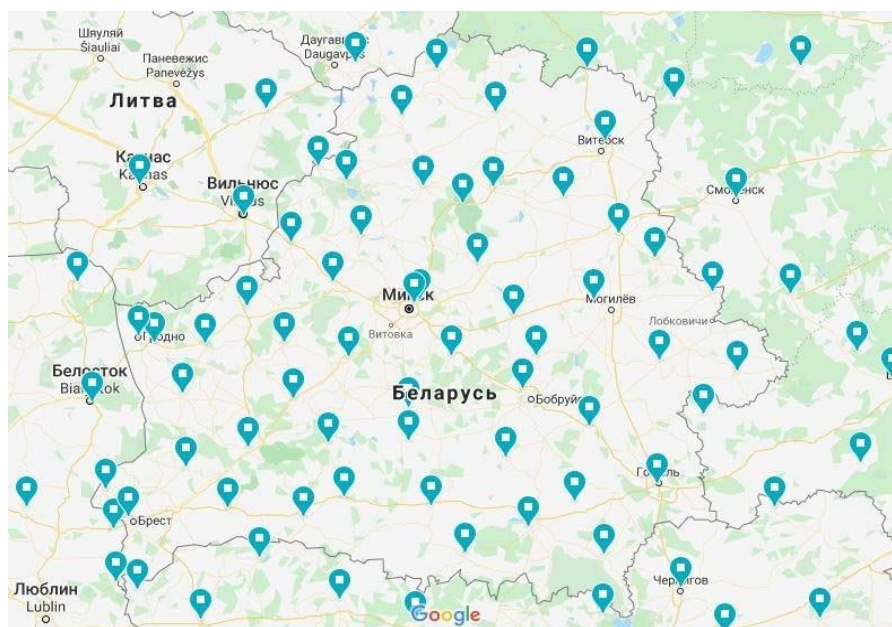
$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fzx + Gx + Hy + Kz + L = 0. \quad (9)$$

По данным о пожарах в Красноярском крае Российской Федерации для групп причин пожаров получены коэффициенты [2], приведенные в таблице 1.

**Таблица 1. – Коэффициенты для определения прогнозируемого количества пожаров в зависимости от групп причин**

Группа причин пожаров	Коэффициенты									
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L
Социальные	$-2,07 \cdot 10^{-6}$	$1,05 \cdot 10^{-4}$	0	$-3,55 \cdot 10^{-5}$	0	0	-0,004	$-9,16 \cdot 10^{-5}$	1	-0,05
Техногенных	$4,31 \cdot 10^{-6}$	$-1,97 \cdot 10^{-4}$	0	$3,43 \cdot 10^{-5}$	0	0	-0,006	0,002	1	0,083
Прочие	0	0	0	0	0	0	-0,001	0	1	-0,005

Для оценки применимости указанной модели для прогнозирования возникновения пожаров в населенных пунктах республики проведен анализ расположения станций метеорологического наблюдения и собираемых данных. Информация о наблюдениях имеется в открытом доступе<sup>9</sup>. На текущий момент на указанном ресурсе публикуются данные по 354 станциям, 54 из которых расположены в Беларуси (рис. 5)<sup>10</sup>. Информация, как правило, публикуется с шагом в 3 часа, с 00:00 каждых суток. Перечень размещаемых данных содержит: дату, время, индекс станции по списку Всемирной метеорологической организации, код страны, населенный пункт, температуру наружного воздуха, направление и силу ветра, облачность, дальность видимости, влажность и давление. На момент подготовки публикации размещены данные за период с 1 августа 2017 г.



**Рисунок 5. – Расположение метеорологических станций**

<sup>9</sup> Фактическая погода за последний срок наблюдения [Электронный ресурс] / Белгидромет. – Режим доступа: <http://www.pogoda.by/meteoarchive/>. – Дата доступа: 01.06.2020.

<sup>10</sup> Сервис Карты Google [Электронный ресурс] / Google. – Режим доступа: [https://www.google.by/maps/@53.3924132,25.2482264,6z/data=!3m1!4m3!1m2!2sP2hr2IS\\_nkrgSeTWqCGaeaHksZx9jg!3e3?hl=ru](https://www.google.by/maps/@53.3924132,25.2482264,6z/data=!3m1!4m3!1m2!2sP2hr2IS_nkrgSeTWqCGaeaHksZx9jg!3e3?hl=ru). – Дата доступа: 01.06.2020.

С использованием возможности языка программирования Python и библиотек Requests, BeautifulSoup, Pandas, Openpyxl, информация собрана в локальную СУБД Sqlite, что позволило автоматизировать процесс обработки результатов метеорологических наблюдений.

Анализ распределения дней в году по среднесуточным температурам наружного воздуха на станциях наблюдения показал, что 84,7 % всех дней приходится на температурный диапазон от  $-1$  до  $+20$  °C (рис. 6).

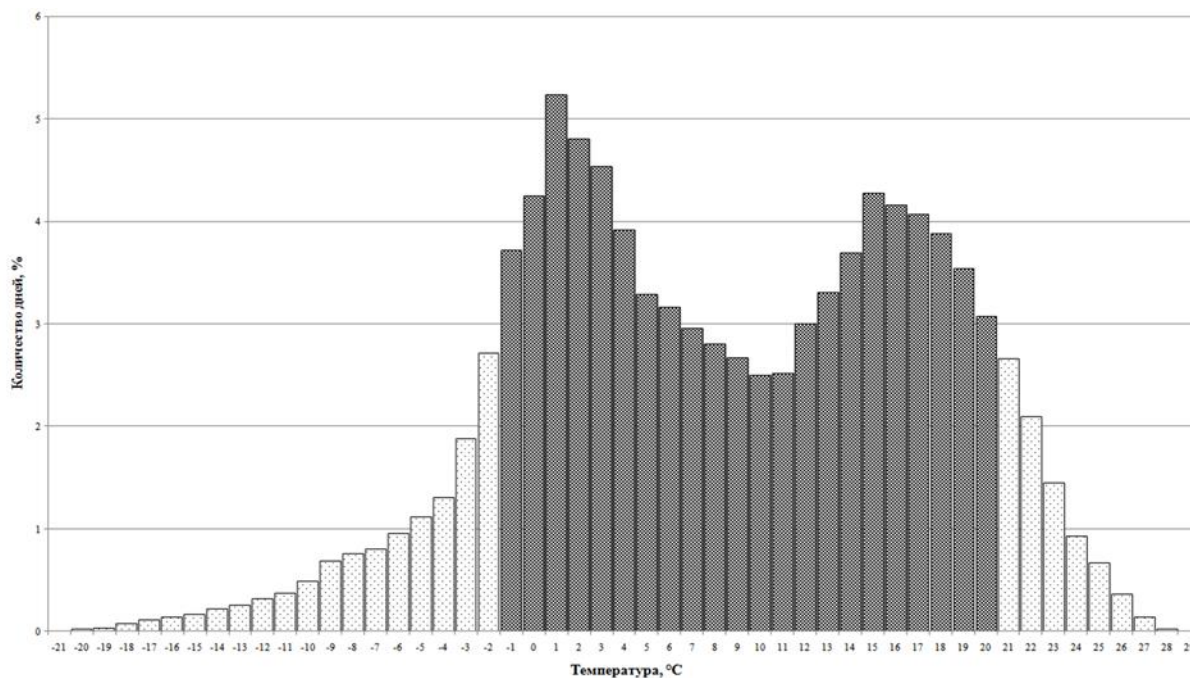


Рисунок 6. – Распределение количества дней в году по значениям средних температур наружного воздуха

Вместе с тем среднесуточная температура наружного воздуха может значительно отличаться от дневной и ночной, что с учетом особенностей режима пребывания людей на объектах различного функционального назначения может потребовать дополнительного исследования влияющих на обстановку факторов.

Для определения применимости модели [2] выполнен расчет прогнозируемого ежесуточного возникновения пожаров для 42 населенных пунктов, в которых расположены метеостанции, обеспечивающие регулярные измерения температур, что обеспечило возможность прямого использования имеющихся результатов измерений. В качестве исходных данных использованы количество населения<sup>11</sup> и ежедневная среднесуточная температура за 2019 г.<sup>12</sup>

По результатам расчета установлено, что для 29 населенных пунктов с населением от 1,1 до 84,1 тыс. жителей использование модели и коэффициентов [2] для фактически зарегистрированных среднесуточных температур привело к прогнозируемому нулевому количеству пожаров (рис. 7)<sup>13</sup>. Вместе с тем в этих населенных пунктах регистрировалось до 177 пожаров в год.

Сравнение прогноза с зарегистрированным количеством пожаров по остальным 13 населенным пунктам показало значительные расхождения с реальными данными.

<sup>11</sup> Половозрастная структура среднегодовой численности населения по Республике Беларусь за 2019 год [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – 92 с. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/e0b/e0bfb73bd525d9aeec938444d99cd346.pdf>. – Дата доступа: 01.06.2010.

<sup>12</sup> См. сноску 2.

<sup>13</sup> См. сноску 11.

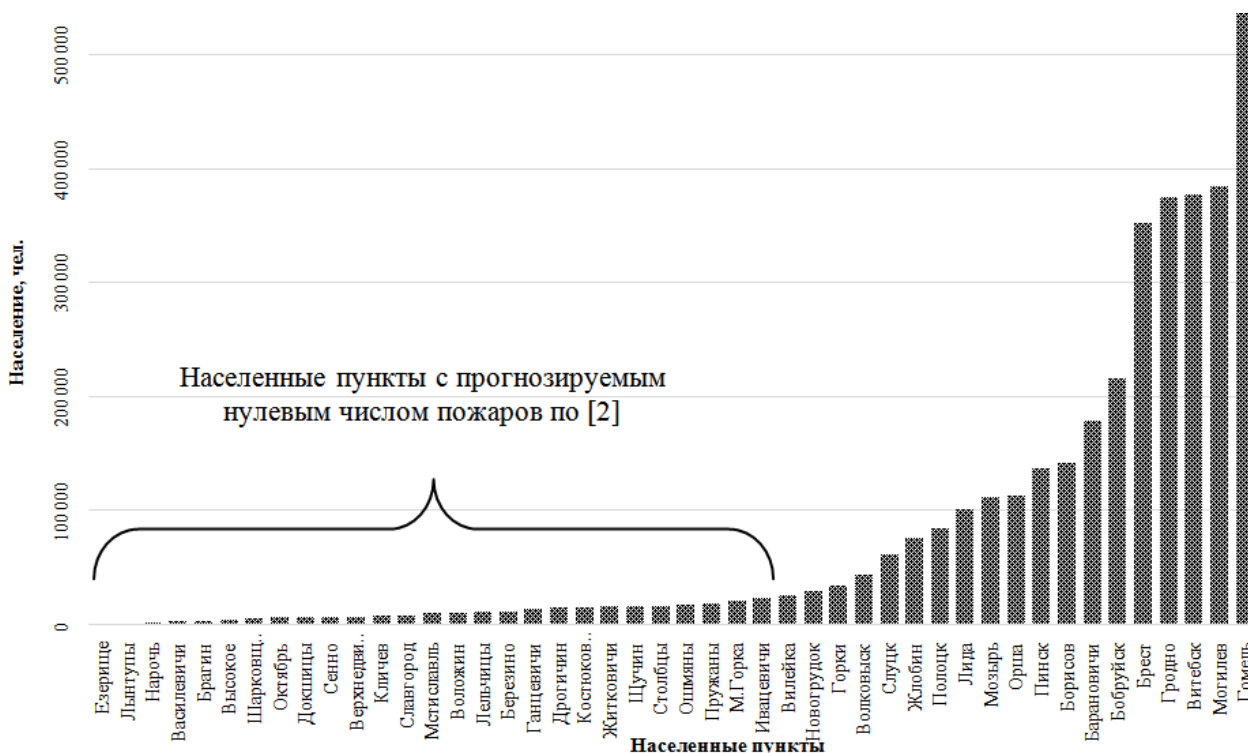


Рисунок 7. – Распределение населенных пунктов в местах расположения метеостанций в зависимости от числа жителей (без учета Минска)

Для изучения применимости модели на более широком диапазоне температур<sup>14</sup> были проведены дополнительные расчеты по модели [2], деталиные результаты которых представлены в таблицах 2–5.

Таблица 2. – Прогнозируемое количество пожаров по социальным причинам

Населенный пункт	Население, тыс. чел.	Температура, °С															
		-40	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	40	
Езерище	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
...																	
Полоцк	84,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Лида	102,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	
Мозырь	112,4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Орша	113,8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Пинск	137,9	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Борисов	142,4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Барановичи	178,9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Бобруйск	216,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Брест	352,3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Гродно	374,6	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Витебск	378,2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Могилев	384,5	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Гомель	536,6	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Минск	1996,3	13	14	14	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	

Примечание. В данной таблице и далее пустая строка означает пропущенные населенные пункты, для которых все прогнозные показатели равны нулю.

<sup>14</sup> Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Строительная климатология: СНБ 2.04.02-2000. – Введ. 08.12.00. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2001. – 37 с.



**Таблица 3. – Прогнозируемое количество пожаров по техногенным причинам**

Населенный пункт	Население, тыс. чел.	Температура, °С															
		-40	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	40	
Езерище	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ивацевичи	23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Вилейка	26,6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Новогрудок	29,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Горки	34,3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Волковыск	43,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Слуцк	61,4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Жлобин	76,3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Полоцк	84,1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Лида	102,0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Мозырь	112,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
Орша	113,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
Пинск	137,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Борисов	142,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Барановичи	178,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Бобруйск	216,7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Брест	352,3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
Гродно	374,6	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
Витебск	378,2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
Могилев	384,5	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
Гомель	536,6	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	
Минск	1996,3	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-8	

**Таблица 4. – Прогнозируемое количество пожаров по прочим причинам**

Населенный пункт	Население, тыс. чел.	Температура, °С															
		-40	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	40	
Езерище	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Могилев	384,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Гомель	536,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Минск	1996,3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

**Таблица 5. – Прогнозируемое общее количество пожаров**

Населенный пункт	Население, тыс. чел.	Температура, °С															
		-40	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	40	
Езерище	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ивацевичи	23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Вилейка	26,6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Новогрудок	29,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Горки	34,3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Волковыск	43,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Слуцк	61,4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Жлобин	76,3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Полоцк	84,1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Лида	102,0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	
Мозырь	112,4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	
Орша	113,8	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	
Пинск	137,9	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Борисов	142,4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Барановичи	178,9	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Бобруйск	216,7	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Брест	352,3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	
Гродно	374,6	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	
Витебск	378,2	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	
Могилев	384,5	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	
Гомель	536,6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	
Минск	1996,3	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	

Проведенный расчет по модели [2] показал слабое влияние температуры внешней среды на прогнозируемый показатель, выразившееся в следующем:

– для населенных пунктов с числом жителей менее 26 тыс. человек прогнозируемое количество пожаров всегда будет составлять 0;

– для крупных городов (Минск) постоянно будет прогнозироваться завышенное количество пожаров. При прогнозировании пожаров по техногенным причинам возникают аномальные отрицательные значения;

– для остальных населенных пунктов прогнозируемые значения составляют практически постоянную величину с изменениями в  $\pm 1$  пожар.

Перечисленные особенности, полученные в результате приведенных расчетов, могут возникать по ряду объективных причин, таких как:

– значения показателей обстановки с пожарами распределяются неравномерно даже при сходных технико-экономических и социально-демографических условиях и зависят от климатических районов [4];

– различные подходы к сбору и агрегированию сведений о пожарах и, как следствие, использование различных исходных данных в разных государствах<sup>15</sup>. Например, с 2009 г. на законодательном уровне в Российской Федерации велся отдельный учет загораний и пожаров, который был отменен с 2019 г.<sup>16</sup>

Отсутствие детализированной информации по алгоритму построения модели и подбору коэффициентов в работе [2] не позволяет провести ее корректировку на основании исходных данных по Республике Беларусь. Таким образом, указанная модель с конкретными коэффициентами не может быть использована для прогнозирования возникновения пожаров на территории Беларуси.

Принимая во внимание, что взаимное влияние приведенных в настоящей статье и других литературных источниках [8] параметров, определяющих обстановку с пожарами в Республике Беларусь, пока изучено слабо, для разработки многофакторной модели в дальнейшем может потребоваться дополнительное исследование метеорологических, экономических и других показателей. Наличие возможного большого количества переменных требует использования вычислительных мощностей компьютерной техники с задействованием современных программных библиотек, реализующих методы интеллектуального анализа данных при построении многофакторной прогнозной модели [9].

### Заключение

В результате проведенной работы установлено, что основными факторами, влияющими на обстановку с техногенными пожарами, являются: количество жителей и вид населенного пункта, климатическая зона, в которой находится населенный пункт, температура воздуха окружающей среды, характеристики дня календарной недели. При изучении дополнительных показателей, влияющих на обстановку с пожарами на территории Беларуси, установлены однофакторные зависимости и особенности, с использованием которых возможно построение многофакторной модели.

Возникновение пожаров в населенных пунктах целесообразно рассматривать не только с точки зрения количества проживающих, но и с учетом других факторов (вида населенных пунктов, типа жилых строений и др.). Распределение причин пожаров в частных одно- и двухквартирных домах и в многоквартирных зданиях значительно различается [10].

<sup>15</sup> Об учете пожаров и последствий от них в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь: приказ М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, 19 сент. 2019 г., № 282. – Минск: МЧС Респ. Беларусь, 2019. – 70 с.

<sup>16</sup> Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий: приказ М-ва Рос. Федерации по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий (МЧС России), 21 нояб. 2008 г., № 714 [Электронный ресурс] / МЧС России. – М., 2020. – Режим доступа: [https://static.mchs.ru/upload/site/document\\_file/ex21fcgk2p\\_d1.rtf](https://static.mchs.ru/upload/site/document_file/ex21fcgk2p_d1.rtf). – Дата доступа: 01.06.2020.

При разработке прогнозной модели кроме значений независимых переменных должны учитываться их метаданные, которые описывают условия их сбора и обработки. В данном случае такими метаданными являются нормативные документы по организации сбора и агрегирования сведений о пожарах и их последствиях. В связи с наличием явных зависимостей при распределении возникших пожаров по дням недели этот показатель может быть рассмотрен в качестве независимой переменной многофакторной модели.

Использование модели [2], учитывающей среднесуточную температуру воздуха и количество населения, для населенных пунктов Беларуси дает прогнозные показатели, на порядок отличающиеся от фактической обстановки. В процессе моделирования возможно получение отрицательных значений прогнозируемого числа пожаров по техногенной группе причин для населенных пунктов с большим числом жителей.

При построении многофакторной прогнозной модели необходимо использовать современные программные библиотеки, реализующие методы интеллектуального анализа данных.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Разработать программный комплекс сбора и анализа информации о чрезвычайных ситуациях и их последствиях: отчет о НИР (заключ.) / Науч.-исслед. ин-т пожар. безопасности и проблем чрезвычайн. ситуаций МЧС Респ. Беларусь; В.М. Проровский [и др.]. – Минск, 2017. – 54 с. – № ГР 20163551. – Деп. в БелИСА 04.07.2018, № Д201828.
2. Батуро, А.Н. Управление регламентом противопожарных мероприятий в регионе на основе прогнозирования количества пожаров с учетом климатических факторов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / А.Н. Батуро – СПб., 2014. – 119 л.
3. Фирсов, А.Г. Влияние природно-климатических факторов на формирование обстановки с пожарами в Российской Федерации / А.Г. Фирсов [и др.] // Пожар. безопасность. – 2018. – № 3. – С. 154–161.
4. Новиков, Г.Ф. Проведение пожарно-профилактической работы в жилом секторе в зависимости от сезонов года / Г.Ф. Новиков [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2013. – № 2 (34). – С. 52–56.
5. Lehna, C. Development of a Fire Risk Model to Identify Areas of Increased Potential for Fire Occurrences / C. Lehna [et al.] // Journal of Burn Care & Research. – 2016. – Vol. 37, Iss. 1. – P. 12–19. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000297.
6. An NFIRS Analysis: Investigating City Characteristics and Residential Fire Rates // Homeland Security Digital Library [Electronic resource]. – FEMA, USFA, Nat. Fire Data Center, April 1998. – Mode of access: <https://www.hsdl.org/?view&did=10004>. – Date of access: 01.06.2020.
7. Светульников, И.С. Методы социально-экономического прогнозирования: в 2 т. / И.С. Светульников, С.Г. Светульников. – М.: Юрайт, 2014. – Т. 1: Теория и методология прогнозирования. – 351 с.
8. Проровский, В.М. Влияние социально-экономических факторов в Республике Беларусь на обстановку с пожарами и гибелью людей от них / В.М. Проровский, А.Н. Яцукевич // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2011. – № 2 (30). – С. 66–67.
9. Татур, М.М. Перспективы применения технологий Data Mining и Knowledge Discovery в деятельности МЧС Республики Беларусь / М.М. Татур, В.М. Проровский // Материалы XXIX Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Москва, 5 июля 2017 г.: в 2 ч. / М-во Рос. Федерации по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий; редкол.: Е.Ю. Сушкина (отв. ред.) [и др.]. – М.: ВНИИПО, 2017. – Ч. 2. – С. 741–744.
10. Иванов, Ю.С. Исследование влияния среднесуточной температуры внешней среды на обстановку с пожарами в разрезе причин на основании данных за 2006–2012 гг. / Ю.С. Иванов [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2013. – № 1 (33). – С. 23–26.

**О прогнозировании обстановки с пожарами, относящимися к ЧС техногенного характера, в Республике Беларусь: подходы и проблемы**  
**On forecasting fire situation related to technogenic emergencies in the Republic of Belarus: approaches and problems**

***Татур Михаил Михайлович***

доктор технических наук, профессор  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, кафедра электронных вычислительных машин, профессор

Адрес: ул. П. Бровки, 6,  
220013, г. Минск, Беларусь  
e-mail: tatur@bsuir.by

***Mikhail M. Tatur***

Grand PhD in Technical Sciences, Professor  
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Chair of Electronic Computing Machines, Professor

Address: ul. P. Brovki, 6,  
220013, Minsk, Belarus  
e-mail: tatur@bsuir.by

***Иваницкий Александр Григорьевич***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра пожарной безопасности, старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
e-mail: A.Ivanitski@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1219-962X

***Aleksandr G. Ivanitskiy***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Fire Safety, Senior Lecturer

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus  
e-mail: A.Ivanitski@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1219-962X

***Проровский Вячеслав Михайлович***

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, отдел статистики и анализа, начальник отдела

Адрес: ул. Солтыса, 183а,  
220046, г. Минск, Беларусь  
ORCID: 0000-0002-6819-1611

***Vyacheslav M. Prorovskiy***

Institution «Scientific and Research Institute of Fire Safety and Emergency Situations» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Department of Statistics and Analysis, Head of Department

Address: ul. Soltysa, 183a ,  
220046, Minsk, Belarus  
ORCID: 0000-0002-6819-1611

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-3.237>

## ON FORECASTING FIRE SITUATION RELATED TO TECHNOGENIC EMERGENCIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS: APPROACHES AND PROBLEMS

Tatur M.M., Ivanitskiy A.G., Prorovskiy V.M.

*Purpose.* To determine the structure of the main factors affecting the situation with fires in settlements, to forecast their occurrence in the territories of the administrative-territorial units of the Republic of Belarus, to assess the possibility of using the results obtained earlier by other researchers.

*Methods.* Exploration analysis, synthesis, modeling, systems approach, monitoring, matching, measurement.

*Findings.* A base of basic input data has been assembled, an initial exploration analysis has been carried out, and the applicability of some published forecast models has been evaluated.

*Application field of research.* The obtained results are necessary to solve the problem of forecasting the occurrence of fires and calculating the values of fire risks.

*Keywords:* technogenic emergency situation, fire, forecast, exploration analysis, multifactor model, fire statistic.

(The date of submitting: July 1, 2020)

### REFERENCES

1. Prorovskiy V.M. [et al]. *Razrabotat' programmy kompleks sbora i analiza informatsii o chrezvychaynykh situatsiyakh i ikh posledstviyakh* [To develop a software package for collecting and analyzing information about emergency situations and their consequences]: report (final). Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus. Minsk, 2017. 54 p. State registration No. 20163551. Deposited in BellSA 04.07.2018, D201828. (rus)
2. Batur A.N. *Upravlenie reglamentom protivopozharnykh meropriyatiy v regione na osnove prognozirovaniya kolichestva pozharov s uchetom klimaticheskikh faktorov* [Management of regulation of fire prevention measures in the region based on forecasting the number of fires taking into account climatic factors]. PhD tech. sci. diss.: 05.13.10. St. Petersburg, 2014. 119 p. (rus)
3. Firsov A.G., Poroshin A.A., Arslanov A.M., Malemina E.N., Zagumenova A.V. *Vliyanie prirodno-klimaticheskikh faktorov na formirovanie obstanovki s pozharami v Rossiyskoy Federatsii* [Influence of climatic factors on forming of situation with the fires in the Russian Federation]. *Fire Safety*, 2018. No. 3. Pp. 154–161. (rus)
4. Novikov G.F., Ivanov Yu.S., Prorovskiy V.M., Khodin M.V., Sebrovskiy A.S. *Provedenie pozharnoprofilakticheskoy raboty v zhilom sektore v zavisimosti ot sezonov goda* [Implementation of fire-prevention work in the residential sector, depending on the seasons]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2013. No. 2 (34). Pp. 52–56. (rus)
5. Lehna C., Speller A., Hanchette C., Fahey E., Coty M.-B. Development of a fire risk model to identify areas of increased potential for fire occurrences. *Journal of Burn Care & Research*, 2016. Vol. 37, iss. 1. Pp. 12–19. DOI: 10.1097/BCR. 0000000000000297.
6. *An NFIRS Analysis: Investigating City Characteristics and Residential Fire Rates*. FEMA, USFA, Nat. Fire Data Center, April 1998, available at: <https://www.hsdl.org/?view&did=10004> (accessed: June 1, 2020).
7. Svetun'kov I.S., Svetun'kov S.G. *Metody sotsial'no-ekonomicheskogo prognozirovaniya* [Methods of socio-economic forecasting]: in 2 parts. Moscow: Yurayt, 2014. Part 1. 351 p. (rus)
8. Prorovskiy V.M., Yatsukevich A.N. *Vliyanie sotsial'no-ekonomicheskikh faktorov v Respublike Belarus' na obstanovku s pozharami i gibel'yu lyudey ot nikh* [The influence of socio-economic factors in the Republic of Belarus on the situation with fires and loss of life from them]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2011. No. 2 (30). Pp. 66–67. (rus)
9. Tatur M.M., Prorovskiy V.M. *Perspektivy primeneniya tekhnologiy Data Mining i Knowledge Discovery v deyatelnosti MChS Respubliki Belarus'* [Prospects for the application of Data Mining and Knowledge Discovery technologies in the activities of the Ministry of Emergencies of the Republic of Belarus]. *Proc. XXIX Intern. scientific-practical conf., dedicated to the 80th anniversary of FSBE VNIPO MES of Russia, Moscow, 5 July 2017*: in 2 parts. Ed. by E.U. Sushkina [et al.]. Moscow: VNIPO, 2017. Part 2. Pp. 741–744. (rus)

10. Ivanov Yu.S., Prorovskiy V.M., Kucheyko S.M., Khodin M.V. Issledovanie vliyaniya srednesutochnoy temperatury vneshney sredy na obstanovku s pozharemi v razreze prichin na osnovanii dannykh za 2006–2012 gg. [The investigation of daily average temperature influence of the environment on the situation with fires in the context of the causes based on data for 2006 until 2012]. *Chrezvychnyye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2013. No. 1 (33). Pp. 23–26. (rus)