

## СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФОНДОВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ РЕГИОНОВ (РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е.В. Бутько

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

В статье предпринята попытка апробации модели среднесрочного прогнозирования объема резервов финансовых ресурсов региона на ликвидацию чрезвычайных ситуаций (природных пожаров), на примере статистических данных Воронежской области.

Оптимизацию выделения и распределения бюджетных средств, выделяемых на мероприятия по ликвидации природных (лесных) пожаров можно рассматривать с точки зрения стохастической неопределенности – неопределенности погодно-экономического риска. Впервые понятие погодно-экономического риска было введено Кардашем В.А., и применено его последователями (Ильченко А.Н. и др.) в сфере АПК. В случаях возникновения лесных пожаров погодные условия могут сыграть ключевую роль и оказать огромное и неопределенное влияние, как на сам факт возникновения, так и на масштабы стихийного бедствия. Для построения модели погодные условия предлагается рассматривать с точки зрения «типовых». Предполагается, что достаточно выделить три основных типа погодных условия – «благоприятные», «средние», и «неблагоприятные». Затраты на ликвидацию лесных пожаров можно рассматривать с точки зрения погодно-экономического риска. Поскольку соответственно, затраты на ликвидацию лесных пожаров будут варьироваться в зависимости и в пределах для каждого типа складывающихся погодных условий. В качестве критерия оптимизации будет выступать поиск оптимального объема резервируемых запасов финансовых ресурсов (на плановый период – 5-10 лет).

**Ключевые слова:** стохастическая модель, модель управления запасами, запас финансовых ресурсов, региональный финансовый резерв, погодно-экономический риск.

В статье предпринята попытка апробации модели среднесрочного прогнозирования объема резервов финансовых ресурсов региона на ликвидацию чрезвычайных ситуаций (природных пожаров), на примере статистических данных Воронежской области.

Оптимизацию выделения и распределения бюджетных средств, выделяемых на мероприятия по ликвидации природных (лесных) пожаров можно рассматривать с точки зрения стохастической неопределенности – неопределенности погодно-экономического риска. Впервые понятие погодно-экономического риска было введено Кардашем В.А., и применено его последователями (Ильченко А.Н. и др.) в сфере АПК. В случаях возникновения лесных пожаров погодные условия могут сыграть ключевую роль и оказать огромное и неопределенное влияние, как на

сам факт возникновения, так и на масштабы стихийного бедствия. Для построения модели погодные условия предлагается рассматривать с точки зрения «типовых». Предполагается, что достаточно выделить три основных типа погодных условия – «благоприятные», «средние», и «неблагоприятные». Затраты на ликвидацию лесных пожаров можно рассматривать с точки зрения погодно-экономического риска. Поскольку соответственно, затраты на ликвидацию лесных пожаров будут варьироваться в зависимости и в пределах для каждого типа складывающихся погодных условий.

В качестве критерия оптимизации будет выступать поиск оптимального объема резервируемых запасов финансовых ресурсов (на плановый период – 5-10 лет).

**Постановка проблемы.**

Финансовые резервы на ликвидацию и устранение стихийных бедствий создаются в каждом субъекте РФ, эта деятельность регламентируется различными нормативными документами [2]. Однако, методика определения объема резервируемых (запасаемых) финансовых ресурсов стала бы более совершенной, если бы в ней использовались методы математической оптимизации, поскольку при расчетах и определении объемов резервируемых средств, можно было бы учесть неопределенность погодно-экономического риска. Предполагается оптимизировать (и опробовать на статистических данных Воронежской области) данное направление исследуемой проблемы путем применения разработанной стохастической модели. На основании разработанной модели анализа статистических данных уже были получены первые результаты исследования для Ивановской и Иркутской областей [9,10]. Под оптимизацией в разработанной стохастической модели (учитывающей фактор погодно-экономического риска) понимается определение такого количества резервируемых (запасаемых) финансовых ресурсов, которое было бы необходимым и достаточным для ликвидации и устранения последствий природных пожаров субъекта РФ.

**Материалы и методы.** Для получения результатов исследования проведен анализ временных рядов, и использо-

ваны методы математической статистики, которые применены к статистическим данным о произошедших природных (лесных) пожарах на территории Воронежской области за 2000-2017 г.г.[1]. Также, рассмотрены различные экономические модели и методы в управлении экономикой в различных отраслях (например, в отрасли управления АПК), с целью оценки возможности их применения к сфере управления бюджетными процессами, и к оценке показателей их эффективности [5,7,10,11,12].

**Апробация модели и результаты исследования.** Недостаточный уровень плано-экономической работы по определению резервов финансовых ресурсов для ликвидации ЧС может привести к неблагоприятным экономическим последствиям от ЧС и стихийных бедствий. На основании разработанной модели (1), авторами был проведен модельный эксперимент на базе статистических данных Воронежской области [1,3]. Для построения модели был использован подход В.А. Кардаша для сферы моделирования процессов АПК [11,12]. Так же был проанализирован и использован подход последователей Кардаша В.А. в сфере исследования рисков АПК (А.Н.Ильченко и др.) [10].

Модельный эксперимент проведен для Воронежской области, на основании имеющихся статистических данных.

$$F(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{v=1}^N / X_i - (M(Z_v)) / \cdot p_v \rightarrow \min \quad \begin{array}{l} X_i \leq b_i \\ \sum_{v=1}^N p_v = 1 \end{array} \quad (1)$$

$$i = \overline{1, m}$$

$$X_i \geq 0$$

где

$m$  - период среднесрочного планирования;

$N$  - количество типов погодной ситуации;

$X_i \leq b_i$  - ограничение по бюджету региона на год;

$M(Z_\nu)$  - математическое ожидание затрат в  $\nu$ -ой типовой погодной ситуации;

$X_i$  - искомое управленческое решение о сумме выделенных средств, для резервирования на ликвидацию природных ЧС (на финансовый год), будет являться оптимальным управленческим решением, оптимальным всему набору годовых погодных условий. В связи с отсутствием официальных данных за 30 летний период, воспользуемся данными

17-летнего периода наблюдений. На рисунке 1 представлена динамика лесных пожаров Воронежской области по количеству случаев с 2000 по 2017 г.г.

На рисунке 2 представлена динамика лесных пожаров Воронежской области по площади прохождения лесов пожаром в период 2000-2017 года.

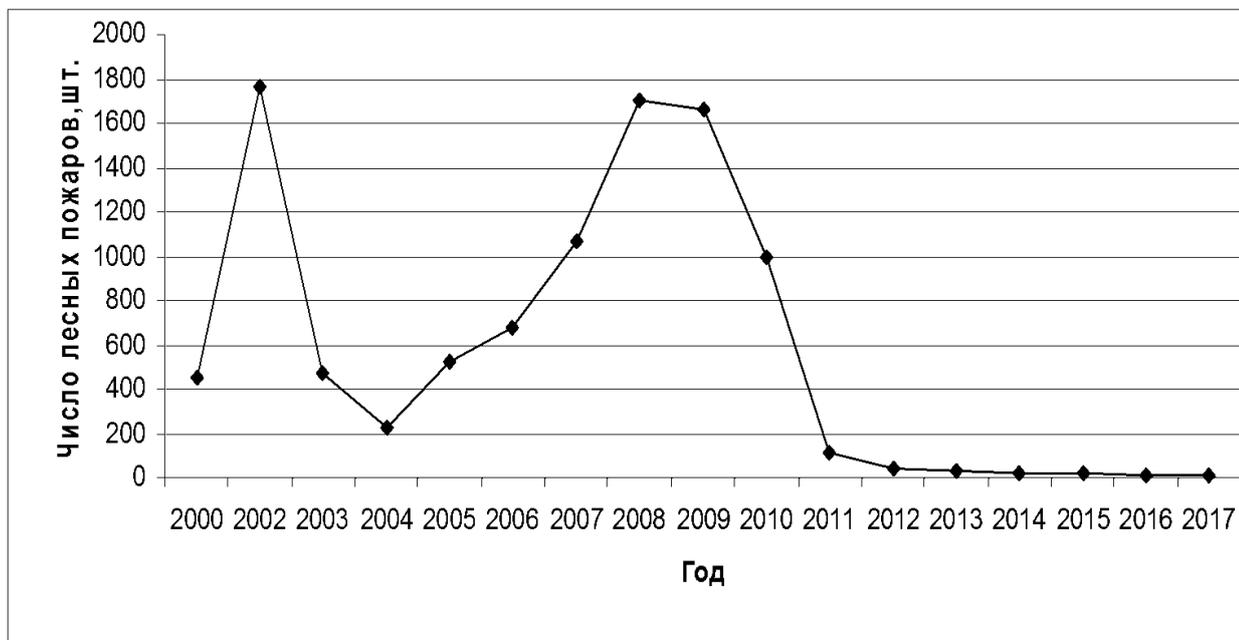
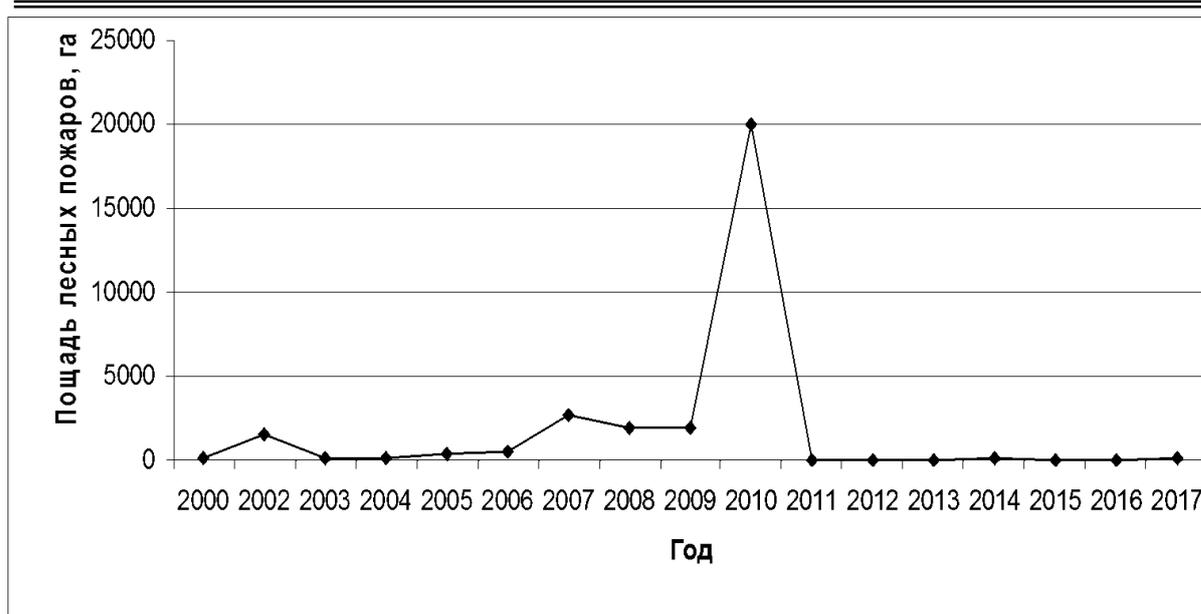


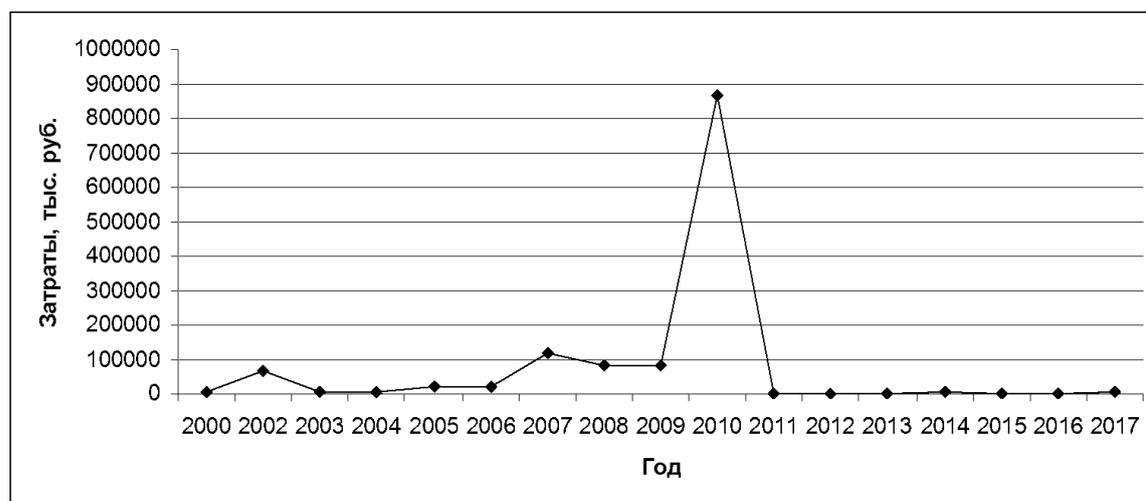
Рис. 1. Динамика лесных пожаров Воронежской области по количеству случаев, 2000-2017 г.г.

**Источник:** Составлено авторами по данным статистического источника (Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140094699578](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578) (дата обращения 10.04.2019)).



**Рис.2.** Динамика лесных пожаров Воронежской области по площади прохождения пожарами, 2000-2017 г.г

*Источник:* Составлено авторами по данным статистического источника (Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140094699578](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578) (дата обращения 10.04.2019))



**Рис. 3.** Динамика затрат на ликвидацию лесных пожаров Воронежской области.

*Источник:* Составлено авторами по данным статистического источника (Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140094699578](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578) (дата обращения 10.04.2019))

Динамику затрат на ликвидацию лесных пожаров Воронежской области представим на рисунке 3.

Годовые типовые исходы погодных ситуаций Воронежской области определим в таблице 2. По отношению

числа лет каждого исхода к общему числу лет периода, определяем относительные частоты для каждой группы лет ( $p$ ) (таблица 3).

Таблица 2

**Годовые исходы погодных ситуаций Воронежской области за 2000-2017 г.г.**

Год	Годовая погодная ситуация
2000	благоприятная
2001	средняя
2002	благоприятная
2003	благоприятная
2004	благоприятная
2005	благоприятная
2006	средняя
2007	средняя
2008	средняя
2009	неблагоприятная
2010	благоприятная
2011	благоприятная
2012	благоприятная
2013	благоприятная
2014	благоприятная
2015	благоприятная
2016	благоприятная
2017	благоприятная

**Источник:** Составлено авторами на основе анализа статистической литературы (Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140094699578](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578) (дата обращения 10.04.2019.)

Решив задачу (1), можно найти оптимальное набору погодных условий управленческое решение, и определить общий объем резерва финансовых ресурсов на период среднесрочного планирования  $m$  лет.

Математическое ожидание затрат и их интервальные оценки на ликвидацию ЧС Воронежской области (природных пожаров) для каждой группы лет приведены в таблице 4.

**Относительные частоты типовых погодных ситуаций Воронежской области  
(2000-2017г.г.)**

Частота ( $P$ )	Ситуация ( $V$ )
0,06	Неблагоприятная ( $V_1$ )
0,24	Средняя ( $V_2$ )
0,7	Благоприятная ( $V_3$ )

*Источник:* составлено авторами на основе анализа данных статистической литературы (Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140094699578](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578) (дата обращения 10.04.2019.)

Таблица 4

**Математическое ожидание затрат на ликвидацию чрезвычайных ситуаций  
для каждой группы лет**

$M(v_1)$	$M(v_2)$	$M(v_3)$
865740,2	86199,48	5932,1
Нижняя граница		
865740,2	61509,22	2705,528
Верхняя граница		
865740,2	110889,7	9158,672

*Источник:* составлено авторами на основе анализа данных статистической литературы (Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140094699578](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578) (дата обращения 10.04.2019.)

Математическое ожидание эффекта будет определяться согласно экономико-математической модели (1), при рассчитанных показателях относительных частот повторения типовых погодных ситуаций (табл.3) и математического ожидания затрат для каждой типовой погодной ситуации (табл. 4).

**Заключение и выводы.** Анализ результатов, полученный на основании статистически обработанных данных, и данных, полученных путем применения разработанной модели, можно интерпретировать следующим образом: если рассматривать перспективу среднесрочного прогноза, то по результатам разработанной модели на 5 лет для Воронежской

области, было бы оптимальным зарезервировать сумму в пределах от 336,542 до 417,412 млн. руб. на затраты по ликвидации природных пожаров, расходование которых, в каждом конкретном году, будет наилучшим, если распределение будет соответствовать вероятностям появления погодных ситуаций из табл. 3. Предлагаемая стохастическая экономико-математическая модель поможет оптимизировать направление работы по определению объемов резервных средств, предусмотренных бюджетом Воронежской области, что поможет уменьшить долю дефицита финансов региона.

Необходимо так же отметить, что модель может быть применима для раз-

личных субъектов РФ. Следовательно, разработанная модель открывает большие перспективы использования современных методов для принятия управленческих решений о размере выделенных и зарезервированных средств в бюджете

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rossstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140094699578](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rossstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578) (дата обращения 10.04.2019))
2. Методические рекомендации по созданию и использованию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций органов местного самоуправления (утв. МЧС России 21.12.2007)
3. Росстат. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rossstat](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rossstat)
4. Батуро А.Н., Мартинович Н.В., Мельник А.А. Разработка регламента выполнения противопожарных мероприятий в зависимости от прогнозируемой пожарной опасности // Материалы научно-практического семинара, июнь 2011, Железногорск, с.113 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://cniokr.igps.ru/pages/mat\\_konf/06-11.pdf](http://cniokr.igps.ru/pages/mat_konf/06-11.pdf) (дата обращения 18.06.2015)
5. Балдин К.В., Воробьев С.Н. Управление рисками. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012.
6. Берсегян А. А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining.- СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
7. Воробьев Ю.Л. Бюджетное финансирование деятельности по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Электронное учебное пособие. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.obzh.ru/eco/3-1.html> (дата обращения 18.06.2015)
8. Ильченко А.Н., Бутько Е.В. Стохастическая модель среднесрочного прогнозирования финансовых резервов субъекта РФ на ликвидацию чрезвычайных ситуаций // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. - 2015. - № 1.- с.32-38
9. Ильченко А.Н., Бутько, Е.В. Стохастическая модель определения региональной потребности в финансовых ресурсах для ликвидации природных чрезвычайных ситуаций с учетом фактора погодного риска // РЕГИОНОЛОГИЯ REGIONOLOGY. – 2107. - №1. – с. 52-62
10. Ильченко А.Н., Бутько Е.В. Проблема прогнозирования объема резервов финансовых ресурсов на ликвидацию природных пожаров (Иркутская область) // РЕГИОНОЛОГИЯ REGIONOLOGY. – 2108. - №4. – с.113-119
11. Ильченко А.Н. Моделирование внутрорегиональных экономических взаимоотношений в АПК. - М.: МСХА., 1993.
12. Кардаш В.А. Стохастические объективно-обусловленные оценки производственных факторов (на примере сельскохозяйственного производства) // Оптимизация. - 1984. - № 34 (51) - с. 101 - 122.
13. Кардаш В.А. Экономика оптимального погодного риска в АПК (теория и методы). - М.: Агропромиздат, 1989.
14. Леньков И.И. Экономико-математические методы в обосновании специализации и сочетания отраслей сельскохозяйственного предприятия в условиях кооперирования.- Белорус. с.-х. акад. - Горки : БСХА, 1987. - 30,[2].
15. Подрезов Ю.В. Методологические основы прогнозирования динамики и последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://earthpapers.net/metodologicheskie-osnovy-prognozirovaniya-dinamiki-i-posledstviy-chrezvychaynyh-lesopozharnyh-situatsiy> (дата обращения 18.06.2015)
16. Сидоренков В. М., Аваков Я. А., Сидоренкова Е.М., Жафяров А. В, Степанова С. К. Оценка рисков возникновения лесных пожаров в природном заповеднике «Буриенский» на основе геоинформационного анализа региональных особенностей территории и природных комплексов [Электронный ресурс] Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 4. – С. 102–110. URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения 18.06.2018)).

*Рукопись поступила в редакцию 10.07.2019*

JEL code: L59

STOCHASTIC MODEL OF INVENTORY MANAGEMENT FOR FORECASTING FUNDS OF FIRE  
AND RESCUE MEASURES OF REGIONS  
(IMPLEMENTATION ON THE EXAMPLE OF THE VORONEZH REGION)

E.V. Butko

Ivanovo state chemical and technological university

The article attempts to test the model of medium-term forecasting of the volume of reserves of financial resources of the region for the elimination of emergency situations (wildfires), on the example of statistical data of the Voronezh region.

Optimization of allocation and allocation of budget funds allocated for measures to eliminate natural (forest) fires can be considered from the point of view of stochastic uncertainty – uncertainty of weather and economic risk. For the first time, the concept of weather-economic risk was introduced by Kardash V. A., and applied by his followers (Ilchenko A. N., etc.) in the field of agriculture. In cases of forest fires, weather conditions can play a key role and have a huge and uncertain impact on both the occurrence and the magnitude of a disaster. To build the model, the weather conditions are proposed to be considered from the point of view of "typical". It is assumed that it is enough to distinguish three main types of weather conditions- "favorable", "average", and "unfavorable". The costs of eliminating forest fires can be considered in terms of weather and economic risk. Since, accordingly, the costs of forest fire elimination will vary depending on and within the limits for each type of evolving weather conditions. The search criteria for optimization will be the search for the optimal amount of reserves of financial resources (for the planning period-5-10 years)

Key words: stochastic model, inventory management model, financial resources reserve, regional financial reserve, weather and economic risk

References

1. Rosstat. Key indicators of environmental protection [Electronic resource]. - Access mode: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat\\_at/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140094699578](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat_at/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140094699578) (date of the address 10.04.2019)
2. Methodical recommendations about creation and use of reserves of financial and material resources for emergency response of local governments (утв. Emercom of Russia 21.12.2007)
3. Rosstat. Regions of Russia. Main characteristics of territorial subjects of the Russian Federation. [Electronic resource]. - Access mode: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat)
4. Baturo A.N., Martinovich N.V., Melnik A.A. Development of regulations of performance of fire-prevention actions depending on the predicted fire hazard//Materials of a scientific and practical seminar, June, 2011, Zheleznogorsk, page 113 [An electronic resource]. – Access mode: [http://cniokr.igps.ru/pages/mat\\_konf/06-11.pdf](http://cniokr.igps.ru/pages/mat_konf/06-11.pdf) (date of the address 18.06.2015)
5. Baldin K.V., Vorobey S.N. Risk management. - M.: UNITY-DANA, 2012.
6. Bersegyan A. A. Methods and models of the analysis of data: OLAP and Data Mining. - SPb.: BHV-St. Petersburg, 2004.
7. Vorobyov Yu.L. Budgetary financing of activities for prevention and emergency response. Electronic manual. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.obzh.ru/eco/3-1.html> (date of the address 18.06.2015)
8. Ilchenko A.N., Butko E.V. Stochastic model of medium-term forecasting of financial reserves of the territorial subject of the Russian Federation for emergency response//Modern high technologies. Regional supplement. - 2015. - No. 1. - page 32-38
9. Ilchenko A.N., Butko, E.V. Stochastic model of definition of regional need for financial resources for elimination of natural emergency situations taking into account a factor of weather risk//REGIONOLOGIYA of REGIONOLOGY. – 2107. - No. 1. – page 52-62
10. Ilchenko A.N., Butko E.V. Problem of forecasting of volume of reserves of financial resources for elimination of the natural fires (Irkutsk region)//REGIONOLOGIYA REGIONOLOGY. – 2108. - No. 4. – page 113-119
11. Ilchenko A.N. Modeling of intraregional economic relationship in agrarian and industrial complex. - M.: MCXA., 1993.
12. Kardash V. A. The stochastic objective caused estimates of production factors (on the example of agricultural production)//Optimization. - 1984. - No. 34 (51) - page 101 - 122.

---

13. Kardash V. A. Economy of optimum weather risk in agrarian and industrial complex (the theory and methods). - M.: Agropromizdat, 1989.

14. Lenkov I.I. Economic-mathematical methods in justification of specialization and a combination of the industries of the agricultural enterprise in the conditions of cooperation. - Belarusian. the agricultural academician - Gorky: BSHA, 1987. - 30,[2].

15. Podrezov Yu.V. Methodological bases of forecasting of dynamics and consequences of emergency forest fire situations. [Electronic resource]. – Access mode: <http://earthpapers.net/metodologicheskie-osnovy-prognozirovaniya-dinamiki-i-posledstviy-chrezvychaynyh-lesopozharnyh-situatsiy> (date of the address 18.06.2015)

16. Sidorenkov V. M., Avakov Ya. A., Sidorenkova E.M. Zhafyarov A. In, Stepanova S.K. Risk assessment of emergence of wildfires in the Buriyensky nature reserve on the basis of the geoinformation analysis of regional features of the territory and natural complexes [An electronic resource] Lesokhoz. inform.: electron. network журн. – 2017. – No. 4. – Page 102-110. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>(date of the address 18.06.2018)).