

Е. В. БУТЬКО,  
А. Н. ИЛЬЧЕНКО

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ  
МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
РЕГИОНАЛЬНОЙ ПОТРЕБНОСТИ  
В ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСАХ  
ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПРИРОДНЫХ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ  
С УЧЕТОМ ФАКТОРА  
ПОГОДНОГО РИСКА**

*Статья подготовлена по материалам исследований, поддержанных грантом РФФИ №15-46-03180.*

*Ключевые слова:* регион, экономико-математическая модель, региональный финансовый резерв, погодно-экономический риск, чрезвычайная ситуация

*Аннотация.* В статье приведена экономико-математическая модель определения потребности региона в финансовых ресурсах на очередной финансовый период (год) для ликвидации природных чрезвычайных ситуаций. Модельный эксперимент проведен на основе региональных показателей Ивановской области для такой группы чрезвычайных ситуаций, как природные пожары. Проведен анализ возможности применения разработанной модели для регионов со схожими погодными условиями и для регионов с различными погодными условиями.

*Реферат. Введение:* в настоящее время из-за ограниченности регионов в финансовых ресурсах необходима разработка математических методов и моделей при принятии управленческих решений в сфере финансирования деятельности региональных структур МЧС и оценка их роли и возможности применения. Нет конкретной методики проведения расчетов, связанных с определением размера резервных средств на ликвидацию природных чрезвычайных ситуаций. Предполагается, что экономико-математическое моделирование сможет восполнить этот пробел.

БУТЬКО Елена Валерьевна, аспирант кафедры управления и экономико-математического моделирования Ивановского государственного химико-технологического университета (Россия, г. Иваново) (*e-mail*: lena210292@mail.ru). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3068-2781>

ИЛЬЧЕНКО Ангелина Николаевна, директор Центра инновационных и антикризисных технологий Ивановского государственного химико-технологического университета, доктор экономических наук, профессор (Россия, г. Иваново) (*e-mail*: ciat@isuct.ru).

© Бутько Е. В., Ильченко А. Н., 2017

**Материалы и методы:** в статье использованы методы математической статистики, проведен анализ временных рядов, которые применены к статистическим данным о произошедших природных чрезвычайных ситуаций на территории Ивановской области за 2000—2015 гг. Используются существующие подходы к построению экономико-математических моделей с учетом фактора погодно-экономического риска.

**Результаты исследования:** разработана экономико-математическая модель определения региональной потребности в финансовых ресурсах на ликвидацию чрезвычайных ситуаций природного характера, наиболее характерных для Ивановской области. Проведены модельный эксперимент и апробирование разработанной модели на основании статистических данных региона для группы природных чрезвычайных ситуаций — лесных пожаров.

**Обсуждение и заключения:** на основе модельного эксперимента можно сделать вывод о возможности применения экономико-математических моделей для оптимизации управленческих решений в сфере финансирования территориальных структур МЧС. Основные положения статьи могут быть использованы при построении экономико-математических моделей принятия управленческих решений о размере зарезервированных средств в бюджете для других регионов.

**Введение.** В условиях ограниченности регионов в финансовых ресурсах для стабилизации экономики региона необходимым условием является своевременное и грамотное распределение выделенных бюджетных средств. На сегодняшний день не существует методики определения бюджетной потребности на ликвидацию природных чрезвычайных ситуаций. Поэтому необходимо проведение модельного эксперимента применения экономико-математических моделей в сфере планирования региональных резервов финансовых ресурсов на ликвидацию природных чрезвычайных ситуаций региона с учетом фактора погодной неопределенности. Модельный эксперимент разработанной нами модели проведен на официальных статистических данных Ивановской области.

**Обзор литературы.** При анализе существующих подходов к определению потребности субъекта Федерации в финансовых ресурсах на ликвидацию природных чрезвычайных ситуаций и устранению их последствий отечественных литературных источников не обнаружено. Изучению проблемы погодного и, как следствие, финансового риска посвятил свои работы В. А. Кардаш [1]. Его работы содержат фундаментальные основы экономики погодного риска, используемые в исследовании. Его подход не может быть в чистом виде применен для решения рассматриваемой

нами проблемы, так как в значительной части его исследования охватывают сферу АПК, не учитывая оптимизацию резервов территориальных структур МЧС, но может быть применен подход выделения типовых погодных условий. Для разработки модели могут быть применены некоторые положения исследований С. Л. Блюмина и Л. А. Шуйковой, которые рассматривают модели и методы принятия решений в условиях неопределенности и риска, типовые методы решения проблемных ситуаций — выбор наилучшей альтернативы<sup>1</sup>.

**Материалы и методы.** Для построения экономико-математической модели планирования региональных резервов на ликвидацию природных чрезвычайных ситуаций использовались данные ежегодных статистических сборников о количестве и масштабах произошедших природных чрезвычайных ситуаций (для Ивановской области — о лесных пожарах). Также были изучены материалы ежегодных региональных отчетов о состоянии защиты окружающей среды, доклады областного правительства. Для построения модели применялись методы математической статистики, анализ временных рядов и построение экономико-математических моделей.

**Результаты исследования.** Дефицит бюджета Ивановской области за последние несколько лет составляет около 10,0 % ежегодно<sup>2</sup>. Рассчитанные на основе статистических данных показатели дефицита даны в табл. 1. Бюджет Ивановской области можно считать дефицитным, в связи с этим актуальна задача оптимизации распределения бюджетных средств региона, в том числе определения оптимального объема резервируемых бюджетных ресурсов на ликвидацию и устранение последствий региональных природных чрезвычайных ситуаций.

Доля резервных средств Ивановской области составляет 0,3 % от общего объема бюджетных средств (табл. 2), что составляет 3,0—4,0 % от общего объема дефицита ресурсов<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> См.: Блюмин С.Л., Шуйкова И.А. Модели и методы принятия решения в условиях неопределенности. Липецк: ЛЭГИ, 2000. 138 с.

<sup>2</sup> См.: Закон Ивановской области «Об областном бюджете Ивановской области на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов» от 26 дек. 2014 г. № 116-ОЗ // Информ.-прав. обеспечение ГАРАНТ (дата обращения: 22.08.2016).

<sup>3</sup> Там же.

Таблица 1  
Дефицит бюджета Ивановской области в 2014—2017 гг., %\*

Год	Доля дефицита бюджета, %
2014	10,04
2015	8,47
2016	10,36
2017 (план)	7,82

\* Сост. по: Закон Ивановской области «Об областном бюджете Ивановской области на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов».

Таблица 2  
Доля резервных финансовых средств Ивановской области в общем объеме бюджетных средств в 2014—2017 гг., %\*

Год	Доля резервных финансовых средств, %
2014	0,310
2015	0,312
2016	0,320
2017 (план)	0,314

\* Сост. по: Закон Ивановской области «Об областном бюджете Ивановской области на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов».

Недостаточный уровень планово-экономической работы по определению резервов финансовых ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций может привести к неблагоприятным экономическим последствиям от чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий. Размер резервных фондов региона определяется в соответствии с п. 3 ст. 81 Бюджетного кодекса Российской Федерации. В соответствии с законом размер резервных фондов исполнительных органов государственной власти (местных администраций) устанавливается законами (решениями) о соответствующих бюджетах и не может превышать 3,0 % утвержденного указанными законами (решениями) общего объема расходов. Однако нет методики расчета размера резервируемых средств на ликвидацию стихийных бедствий (природных чрезвычайных ситуаций). На наш взгляд, конкретные объемы резервов финансовых ресурсов для ликвидации природных чрезвычайных ситуаций должны определяться исходя из прогнозируемых средних затрат на ликвидацию чрезвычайных ситуаций, а затраты в свою очередь — исходя из прогнозируемых видов, масштабов и характера чрезвычайных ситуаций, анализа прошедших за несколько лет чрезвычайных ситуаций, их повторяемости, предполагаемого объема работ по их ликвидации, природных,

экономических и иных особенностей территории. Также необходим учет заданных законом ограничений. Это позволит избежать в бюджете дефицита запасов ресурсов или образования «излишне» зарезервированных средств и таким образом снизить экономические потери от необоснованно зарезервированных средств.

Следует усовершенствовать то направление работы, которое позволит оптимизировать номенклатуру, объемы и меры по накоплению финансовых и материальных ресурсов в резервах для ликвидации чрезвычайных ситуаций. Предлагаемая экономико-математическая модель предположительно поможет оптимизировать работу по определению объемов резервных средств на ликвидацию природных чрезвычайных ситуаций, предусмотренных бюджетом Ивановской области, что поможет уменьшить долю дефицита финансов региона.

По статистическим данным, на территории Ивановской области в среднем (за анализируемый период) в течение года происходит около одной редкой чрезвычайной ситуации<sup>4</sup>, согласно классификации приведенной в табл. 3.

Характерными природными бедствиями Ивановской области являются лесные и торфяные пожары. В соответствии с целью и задачей исследования сосредоточим свое внимание именно на такой группе природных чрезвычайных ситуаций, как природные пожары. Можно считать, что погода оказывает главное влияние на риск возникновения данной группы природных чрезвычайных ситуаций.

В погодно-климатических условиях региона вероятность возникновения природных пожаров связана с возможностью установления сухой и жаркой погоды, отсюда и возникает вероятность возгорания лесов и торфяников в регионе. Есть случаи возникновения лесных пожаров от молнии во время грозы. Поскольку сводные данные за 30-летний период в официальной статистике Российской Федерации отсутствуют, воспользуемся 15-летним периодом наблюдений. В Ивановской области с 2000 по 2015 г. отчетливо прослеживается

<sup>4</sup> Информация о состоянии защиты населения и территории Ивановской области от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (материалы в государственный доклад «О состоянии защиты населения и территории Ивановской области от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» за 2011—2014 гг.). URL: <http://www.ivanovoobl.ru/materials.aspx?part=698> (дата обращения 28.10.2016).

неоднородная динамика природных пожаров: наибольшее количество лесных пожаров за 15-летний период наблюдения возникло в 2002 и 2010 гг. — 240 и 105 соответственно, на площади 500 га в 2002 г. и 1 000 га в 2010 г.<sup>5</sup>

Таблица 3

Классификация чрезвычайных ситуаций по частоте появления

Вид чрезвычайной ситуации	Вероятность возникновения чрезвычайной ситуации	Характеристика чрезвычайной ситуации
Частые	При рассмотрении на территориальном уровне они могут быть охарактеризованы высокой частотой возникновения в течение одного периода, например финансового года	Значительные совокупные затраты на их ликвидацию возникают в результате высокой частоты возникновения. Как правило, затраты на их ликвидацию малые
Редкие	При рассмотрении на территориальном уровне они могут быть охарактеризованы невысокой частотой возникновения в течение одного периода, например несколько случаев в год	Как правило, значительные совокупные затраты на их ликвидацию возникают в результате сочетания частоты их возникновения и затрат на каждую чрезвычайную ситуацию. Затраты на их ликвидацию могут быть значительными
Уникальные	Вероятность их возникновения может быть определена теоретически. Они имеют низкую частоту возникновения в течение финансового года	Затраты на их ликвидацию характеризуются как очень высокие

При решении задачи определения регионального объема ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций можно использовать подход, предложенный В. А. Кардашем применительно к сфере АПК [1].

Адаптированный для указанной задачи подход заключается в выделении типовых для региона погодных условий возникновения чрезвычайных ситуаций. При экономическом планировании используются дифференцированные,

<sup>5</sup> См.: Охрана окружающей среды в России: стат. сб. / Федер. служба гос. статистики. М., 2002; 2004; 2006; 2008; 2010; 2012; 2014; 2016. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1139919459344](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139919459344) (дата обращения: 18.09.2016).

привязанные к типовым погодным ситуациям показатели. Экономическая оценка тактических управленческих решений, учитывающих складывающуюся погодную ситуацию, производится с помощью показателей, характерных именно для этой ситуации. Экономическая оценка стратегических управленческих решений, при выработке которых невозможно учесть конкретную погодную ситуацию в период их действия, производится по усредненным (по всем возможным типовым ситуациям) показателям. Погодно-экономический риск поддается оптимизации. Каждому риску соответствуют стратегические и тактические управленческие решения. Можно построить экономический механизм управления, реализующий оптимальный риск [1].

Нашей задачей (определения регионального объема резерва финансовых ресурсов на ликвидацию погодозависимой чрезвычайной ситуации на финансовый год) является нахождение такого управленческого решения  $X$ , которое будет соответствовать оптимальному набору погодных исходов, при котором экономический эффект от выделенных средств будет максимальным. Последний будет достигаться в случае, когда величина отклонения между зарезервированными на финансовый период для ликвидации конкретной группы чрезвычайных ситуаций средствами и фактически затраченными (за финансовый год) будет минимальна:

$$E_{\max} = |C_p - C_\phi| \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C_p$  — зарезервированные на финансовый год средства,  $C_\phi$  — фактически затраченные в финансовом году средства.

При планировании резерва финансового ресурса на погодозависимые чрезвычайные ситуации зарезервированные средства определяются величиной  $X$  — управляющим решением (оптимальным всей совокупности погодных исходов), а фактически затраченные средства — оценочным значением, т. е. функцией:

$$F(X) = |X - Z_p| \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $Z_p$  — оценочное значение затрат на ликвидацию чрезвычайной ситуации на финансовый год,  $X$  — тактическое управленческое решение о сумме выделенных (зарезервированных) средств.

Для принятия решения о количестве выделенных средств необходимо дать оценку величины затрат на будущий период (финансовый год). Делается это на основе статистических данных как математическое ожидание затрат для каждого вида погодных исходов.

В конкретной погодной ситуации  $v_n$  экономический эффект от конкретного принятого решения  $X_i$  может определяться как

$$E = |X_i - M(Z_v)|, \quad (3)$$

где  $M(Z_v)$  — математическое ожидание затрат в погодной ситуации  $v_n$ ,  $X_i$  — управленческое решение о сумме выделенных средств.

Необходимо найти такое решение  $X_i$ , которое будет оптимально всему набору годовых погодных исходов. Следовательно, целевую функцию для поиска решения можно записать следующим образом:

$$F(X) = \sum_{v=1}^N |X_i - M(Z_v)| p_v \rightarrow \min. \quad (4)$$

Для принятия решения о сумме резервных средств необходимо оценить математическое ожидание затрат. Поскольку риск возникновения природных чрезвычайных ситуаций непосредственно связан с погодными условиями, необходимо выделить возможное количество погодных исходов.

Возможное количество исходов погодных ситуаций  $N$  рассматривается для трех случаев: благоприятных, средних и неблагоприятных ( $v_1, v_2, v_3$  соответственно). Для них определяется совокупность частот повторения:

$$p_1, p_2, p_3, \text{ где } 0 \leq p_v \leq 1, \sum_{v=1}^N p_v = 1. \quad (5)$$

Для определения частоты повторения следует проанализировать статистические данные о величине затрат  $Z$ . Частота годовых погодных исходов ( $N$ ) устанавливается посредством интервальной оценки математического ожидания затрат  $[M_1(Z); M_2(Z)]$ . В случае если затраты на ликвидацию чрезвычайной ситуации попадают в интервал, годовой исход считается средним, если значение затрат ниже нижней границы интервала — годовой исход считается благоприятным, если выше верхней границы интервала — неблагоприятным. Математически запишем это так:



$Z > M_2(Z)$  — неблагоприятная погодная ситуация;  
 $M_1(Z) \leq Z \leq M_2(Z)$  — средняя погодная ситуация;  
 $Z < M_1(Z)$  — благоприятная погодная ситуация.

Математически в общем виде задачу определения оптимального ввиду погодно-экономического риска управленческого решения определения объема резерва на ликвидацию погодозависимых чрезвычайных ситуаций запишем так:

$$F(X) = \sum_{v=1}^N / X_i - (M(Z_v)) / p_v \rightarrow \min .$$

$$\begin{aligned} X_i &\leq b \\ \sum_{v=1}^N p_v &= 1 \\ X_i &\geq 0 \\ i &= \overline{1, m} , \end{aligned} \quad (6)$$

где  $X_i \leq b$  — ограничение по бюджету региона,  $X_i$  — искомое управленческое решение о сумме выделенных средств для резервирования на ликвидацию природных чрезвычайных ситуаций (на финансовый год) будет оптимальным управленческим решением для всего набора погодных условий.

Решив задачу (6) для каждого вида природных чрезвычайных ситуаций, можно найти все оптимальные набору погодных условий управленческие решения и определить общий годовой объем резерва финансовых ресурсов.

**Обсуждение и заключения.** На основе разработанной экономико-математической модели проведен численный эксперимент в соответствии с данными о природных пожарах Ивановской области. По результатам эксперимента определено, что можно найти оптимум искомой функции при заданных ограничениях и рассчитанных параметрах для региона. На основе разработанной модели можно получить соответствующее (в силу минимального погодно-экономического риска) всей совокупности погодных условий управленческое решение о размере выделенных средств на ликвидацию природных пожаров Ивановской области на следующий плановый период, например пять лет. По результатам верификации модели можно сделать вывод, что модель может быть использована для технологии плановых расчетов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кардаш В.А. Экономика оптимального погодного риска в АПК. М.: АПИ, 1989. 167 с. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21652626> (дата обращения: 15.06.2016).

*Для цитирования:* Бутько Е.В., Ильченко А.Н. Экономико-математическая модель определения региональной потребности в финансовых ресурсах для ликвидации природных чрезвычайных ситуаций с учетом фактора погодного риска // РЕГИОНОЛОГИЯ REGIONOLOGY. 2017. № 1(98). С. 56—66.

*Заявленный вклад авторов:*

БУТЬКО Елена Валерьевна — подготовка начального проекта текста статьи, его доработка.

ИЛЬЧЕНКО Ангелина Николаевна — научное руководство, определение замысла и методологии статьи.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

#### E. V. BUTKO, A. N. ILCHENKO. THE ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL OF IDENTIFYING REGIONAL FINANCIAL RESOURCES REQUIREMENTS FOR HANDLING NATURAL DISASTERS TAKING INTO ACCOUNT THE WEATHER RISK FACTOR

*The article is based on the materials of research supported by grant No. 15-46-03180 from the Russian Foundation for Basic Research.*

*Key words:* region, economic and mathematical model, regional financial reserve, weather and economic risk, emergency

*Abstract.* The paper presents the developed economic and mathematical model of identifying a region's needs for financial resources for the next financial period (year) to handle natural disasters. A model experiment was carried out on the basis of the Ivanovo Region's indicators related to the wildfires, a type of emergency situations. An analysis of possibilities of application of the developed model for regions with similar weather conditions and those with different weather conditions was performed.

*Synopsis. Introduction:* currently, because of the limited financial resources of the regions, there is a need to develop and assess the role and possibilities of application of mathematical methods and models in making managerial decisions in the sphere of financing activities of the regional structures of the Russian Emergency Ministry. There are no specific methods of calculations related to identification of the amount of reserve funds for handling natural disasters. It is assumed that mathematical modeling may fill this gap.

**Materials and Methods:** the authors used the methods of mathematical statistics and carried out the time series analysis applied to the statistical data on the past natural disasters on the territory of the Ivanovo Region in 2000—2015. The existing approaches to the construction of economic and mathematical models taking into account the factor of the weather and economic risk were adopted.

**Results:** an economic and mathematical model to identify regional needs for financial resources for handling natural disasters most characteristic for the Ivanovo Region was developed. A simulation experiment and testing of the developed model was carried out on the basis of the statistical data of the region for a group of natural disasters (forest fires).

**Discussion and Conclusions:** on the basis of a model experiment, it may be concluded that it is possible to use mathematical models to optimize administrative decisions in the sphere of funding the territorial structures of the Russian Emergency Ministry. The main provisions of the article may be used when constructing economic and mathematical models of administrative decision-making concerning the amounts of the reserved funds in the budget for other regions.

#### REFERENCES

1. Kardash V.A. Jekonomika optimal'nogo pogodnogo riska v APK [Optimum weather risk economy in agriculture]. Moscow: API; 1989. 167 p. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21652626> (accessed 15.06.2016). (In Russ.)

BUTKO Elena Valerievna, Postgraduate at the Department of Administration and Economic and Mathematical Modeling, Ivanovo State University of Chemistry and Technology (Ivanovo, Russian Federation) (*e-mail*: lena210292@mail.ru). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3068-2781>

ILCHENKO Angelina Nikolaevna, Doctor of Economic Sciences, Director of the Center for Innovation and Antirecessionary Technologies, Ivanovo State University of Chemistry and Technology (Ivanovo, Russian Federation) (*e-mail*: ciat@isuct.ru).

*For citation:* Butko E.V., Ilchenko A.N. The Economic and Mathematical Model of Identifying Regional Financial Resources Requirements for Handling Natural Disasters Taking Into Account the Weather Risk Factor. REGIONOLOGIYA = REGIONOLOGY. 2017; 1(98):56—66.

#### *Contribution of the authors:*

BUTKO Elena Valerievna — preparation of the initial draft text of the article, its revision.

ILCHENKO Angelina Nikolaevna — academic advising, specification of the concept and methodology of the article.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

Поступила/Submitted 23.12.2016.