

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

А. Н. Ильченко

докт. экон. наук, профессор, засл. деятель науки РФ, зав. кафедрой управления и экономико-математического моделирования Ивановского государственного химико-технологического университета

Е. В. Бутько

аспирант кафедры управления и экономико-математического моделирования Ивановского государственного химико-технологического университета

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНОГО РИСКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ: МОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД¹

Вводные положения

Прежде всего следует определиться с основным объектом исследования: это чрезвычайные ситуации (ЧС) и материально-финансовые ресурсы государства, необходимые на ликвидацию последствий ЧС.

Чрезвычайную ситуацию можно определить как обстановку, сложившуюся на определенной территории или акватории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Причины, вызывающие ЧС, принято подразделять на природные, техногенные и антропогенные. От причин возникновения ЧС зависят формы их проявления, масштаб и характер влияния на экономику окружающей территории.

Природные ЧС естественным образом привязаны к природно-климатическому и географическому месторасположению территории. Например, цунами характерно для прибрежных зон, наводнения возможны в бассейнах полноводных рек, пожары возникают в густых лесных массивах (Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ; постановление Правительства Российской Федерации от 26 октября 2000 г. № 810; постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304).

Для российских регионов, расположенных в средней полосе, наиболее частым бедствием являются пожары, приносящие значительный ущерб экономике и населению густонаселенных и промышленно развитых территорий. Характерным примером является Ивановская область, территориальные подразделения МЧС которой в основном специализируются на пожарно-спасательных операциях.

Природно-неопределенный характер возникновения пожарных ЧС влечет за собой неопределенность в определении планово-прогнозных объемов материально-финансовых ресурсов, необходимых для основной деятельности территориальных организаций МЧС (по крайней мере, в той ее части, которая диктуется неопределенной пожарно-опасной ситуацией).

Авторы статьи сосредоточили свое внимание на анализе случайного характера погодных колебаний, характерных для нашей местности, и его влиянии

¹ Статья подготовлена по материалам исследования, поддержанного грантом РФФИ № 15-46-03180.

на формирование объемов финансовых резервов (ЧС) региона на среднесрочную перспективу. Очевидно, что данная проблематика предполагает использование методов математической статистики и стохастической оптимизации.

В. А. Кардаш (Кардаш, 1972; 1989) впервые предложил экономико-математический инструментарий, необходимый для получения М-оптимальных решений в условиях погодной неопределенности АПК. Инструментарий разработан на основе достижений стохастического программирования, теории управления марковскими процессами, экономической кибернетики, теории двойственности. Подход В. А. Кардаша при всей его специфичности может быть распространен и на другую погодную-зависимую сферу деятельности: ликвидацию пожаров. В настоящей статье выдвигается гипотеза, что современные приемы моделирования и модельные конструкции позволят построить численно реализуемые модели процессов финансирования деятельности региональных организаций МЧС и на их основе определить оптимальные объемы выделяемых финансовых ресурсов. Эти процессы описываются в рамках динамических стохастических моделей, реализация которых возможна в эпоху ИТ.

Для задачи оптимизации финансовых ресурсов региональной организации МЧС (в дальнейшем — РОЧС) принципиальным является обсуждение содержания «экономического эффекта». Для специфических условий основной деятельности РОЧС как экономического субъекта хозяйствования экономический эффект будет заключаться в минимизации разности между запланированными объемами финансирования и фактически потребляемыми. С учетом случайного характера влияния ежегодных погодных условий на указанные объемы речь может идти об оптимизации среднего значения (математического ожидания) за ряд лет регистрируемого отклонения плановых и фактических объемов финансовых ресурсов РОЧС (в части варьирующей компоненты).

Подход В. А. Кардаша (и затем А. Н. Ильченко (Ильченко, 1993) и других последователей (Рогачев, 2010; Лобанова, 2015а; 2015б; Ткаченко, Ткаченко, 2014)) заключается в следующем: все управляющие решения разделяются на стратегические, принимаемые с ориентацией на всю совокупность возможных исходов условий, и тактические, принимаемые с ориентацией на конкретную реализацию этих условий. Оптимизационные условия описываются в виде решающих правил, наиболее полно и обоснованно учитывающих информацию о процессе развития стохастической системы. При этом информация за прошедший период учитывается через различные характеристики системы на данный момент, а информация о будущих условиях развития (в том числе всевозможных случайных ситуаций) — через математическое ожидание эффекта за время, остающееся до конца планового периода. Для стохастических условий этот принцип реализуется в рамках теории управляемых марковских процессов. Таким образом, принципы и методы принятия управляющих решений, при учете случайного характера погодных колебаний, очень специфичны. Погодный риск порождает специфические проблемы при создании экономического механизма финансирования деятельности МЧС в целом, что должно обязательно учитываться для достижения максимальной эффективности управления системой финансирования через прогнозирование средних значений искомых показателей (Единая межведомственная методика; Материалы в государственный доклад...; Методические рекомендации...).

1. Специфика финансирования резервов на ликвидацию ЧС в условиях погодного риска

Обратимся к такой группе природных ЧС, как природные пожары. Можно считать, что погода является определяющим фактором риска возникновения данной группы природных ЧС.

В Ивановской области вероятность возникновения природных пожаров связана с возможностью установления сухой и жаркой погоды, отсюда и возникает вероятность возгорания лесов и торфяников. Бывают случаи возникновения лесных пожаров от молнии во время грозы. Поскольку сводные данные за 30-летний период в официальной статистике РФ отсутствуют, воспользуемся 15-летним периодом наблюдений.

Статистика лесных пожаров в Ивановской области за 2000–2015 гг. показана на рис. 1 и 2. Кроме того, для наглядности динамика лесных пожаров по количеству случаев возникновения и площади природных пожаров показана на одном рисунке (рис. 3).

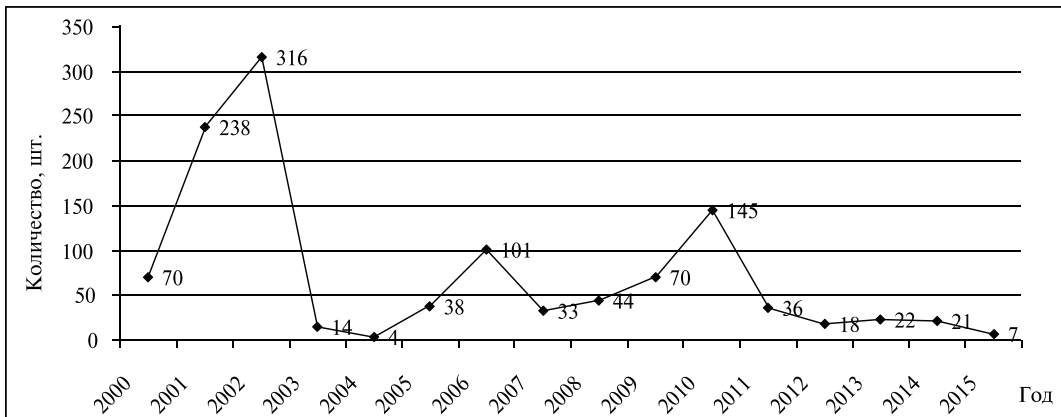


Рис. 1. Количество лесных пожаров в Ивановской области в 2000–2015 гг.

Источник: Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды.

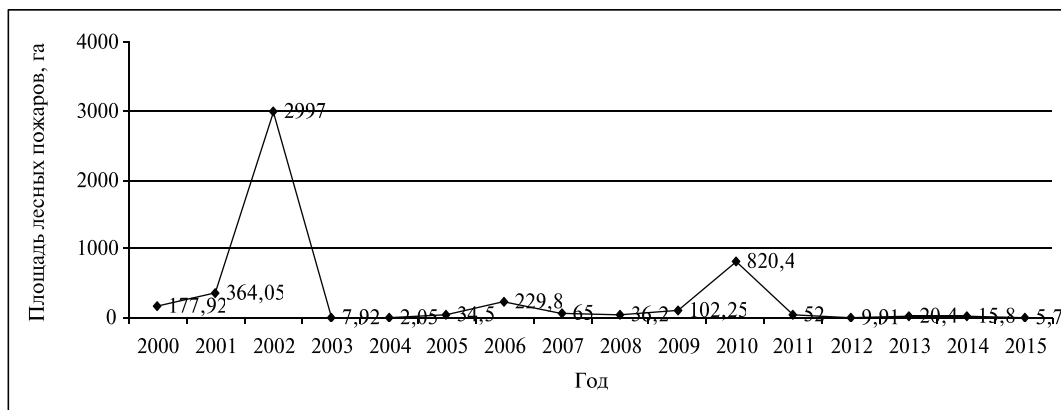


Рис. 2. Площадь лесных пожаров в Ивановской области, га

Источник: Росстат. Основные показатели охраны окружающей среды.

На рис. 3 отчетливо прослеживается неоднородная динамика природных пожаров: наибольшее количество лесных пожаров за 15-летний период наблюдения возникало в 2002 и 2010 гг. — 316 и 145, соответственно, на площади 2,9 тыс. га в 2002 г. и 0,8 тыс. га в 2010 г. Исходя из приведенных статистических данных можно выделить несколько погодных периодов (исходов): благоприятный, средний, неблагоприятный. Поскольку, в зависимости от погодных условий, колеблются затраты финансовых ресурсов для выполнения работ по ликвидации ЧС, возможные природные исходы могут быть определены через затраты на устранение и ликвидацию ЧС. Степень отклонения затрат от средних (установленных по статистическим данным) определяет содержание исхода. Возможное количество

исходов погодных ситуаций N ; конечно, будем рассматривать исходы для трех случаев ($N = 3$): благоприятный, средний и неблагоприятный, и для них можно определить совокупность частот повторения:

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

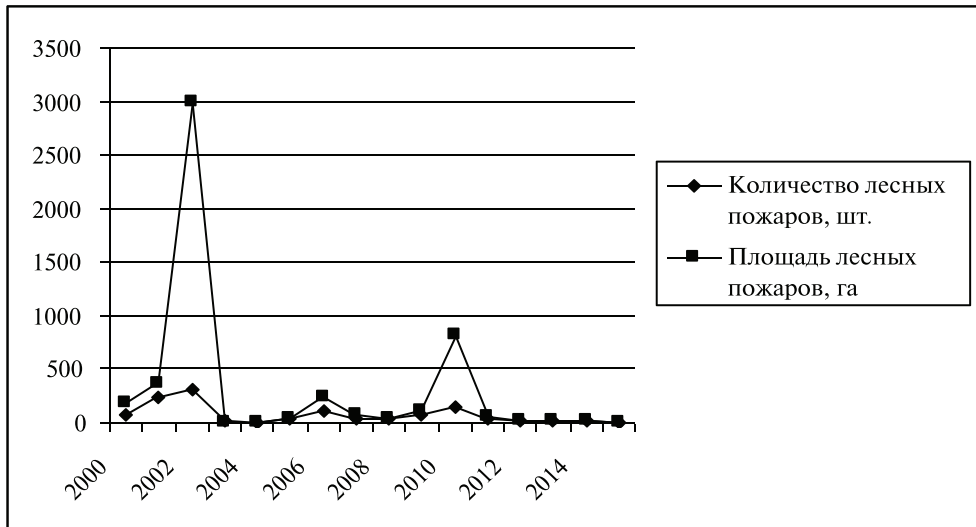


Рис. 3. Статистика лесных пожаров в Ивановской области (сводный рисунок)

Каждый из исходов характеризуется вектором затрат и использования ресурсов. Средние затраты на ЧС за год можно установить по статистическим данным. В условиях, когда необходимые затраты на ликвидацию ЧС в неблагоприятные годы существенно выше, чем в благоприятные, естественно, меняется сама стоимостная основа для объективной оценки и сопоставления затрат и их результатов. В силу влияния на размер затрат большого числа случайных факторов в задачах прогноза следует рассматривать случайную величину затрат W , описываемую функцией распределения $F(w) = P(W = w)$. Статистические данные о затратах в реально произошедших ЧС природного характера на данном временном интервале образуют выборку из генеральной совокупности и описываются статистической функцией распределения. Вследствие недостаточного объема зафиксированных статистических данных по затратам на ЧС природного характера вид функций распределения $F(w)$ можно эмпирически получить как результат обработки накопленных отчетных статистических данных, публикуемых Росстатом.

В нашей стране создана разветвленная система резервных фондов, включающая как материальные, так и финансовые резервы различного назначения и уровня: общегосударственные и ведомственные резервы; фонды государственного страхования и децентрализованные резервные фонды, создаваемые в отдельных организациях: резервные фонды, выполняющие социальные, политические, экономические или воспроизводственные функции. В муниципальных образованиях субъектов Российской Федерации создаются как целевые резервы финансовых ресурсов для предупреждения и ликвидации ЧС, так и общие резервные фонды. В этом случае в порядках об их использовании предусматривается выделение средств на финансирование мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС. При этом утверждается Положение (Порядок) о выделении средств из финансового резерва на предупреждение и ликвидацию ЧС, которым определено, кем дается разрешение на использование резерва, на какие цели выделяются средства, кому и какие

документы на оказание помощи направляются, порядок представления отчетности и т. д. В бюджете Ивановской области ежегодно предусматриваются денежные средства на осуществление целевых программ, направленных на финансирование деятельности органов МЧС, однако нет определенной методики резервирования средств на ликвидацию чрезвычайных ситуаций (Лобанова, 2015б, с. 35).

Если рассмотреть структуру годового объема финансовых ресурсов РОЧС, определяемую федеральным законодательством и региональными нормативами, то общий объем включает фиксированную (детерминированную) часть, прогнозно-плановую часть и неопределенную (стохастическую).

Фиксированная часть (точнее, доля) предназначена для содержания персонала, обслуживания техники и т. д. Прогнозно-плановая доля определяет финансирование будущего развития РОЧС: приобретение дополнительной техники и т. д. Неопределенная (стохастическая) доля — это финансовый резерв на устранение и ликвидацию последствий ЧС, который может расходоваться только на указанные мероприятия.

Нами была поставлена задача оптимизации планирования объема резервируемых средств, именно на ликвидацию природных ЧС (Ильченко, Бутько, 2015а). Содержательно нашу задачу оптимизации можно представить в виде разработанной блок-схемы, представленной на рис. 4.

Итак, в условиях погодного риска затраты на ликвидацию ЧС можно рассматривать как процесс, протекающий в системе конкретных погодных ситуаций (во множестве возможных, в том числе типовых, ситуаций). Экономический механизм, построенный только лишь на усредненных экономических нормативах и показателях, мы будем называть *детерминированным*, а построенный с применением системы дифференцированных по ситуациям экономических нормативов и показателей — *ситуационным* (Кардаш, 1989, с. 45).

Рассмотрим принципиальное различие этих двух типов экономического механизма. Детерминированный и ситуационный экономические механизмы имеют глубокие качественные различия. Очевидно, что оценки эффективности создания финансовых резервов на ликвидацию ЧС по средним нормативам и показателям, с одной стороны, и дифференцированным по погодным ситуациям, с другой, могут различаться принципиально.

Реальным основанием объективно необходимого процесса перераспределения затрат по погодным ситуациям является факт наличия симметрии между стоимостным резервом в благоприятных ситуациях и стоимостным дефицитом в неблагоприятных, по отношению к среднепогодным затратам. На практике этот процесс деформирован неэкономическими средствами его реализации.

Учитывая полные годовые циклы в сфере деятельности МЧС, целесообразно говорить об интегральной погодной ситуации, представляющей собою комбинацию из погодных условий по отдельным решающим периодам календарного горизонта планирования. Такую ситуацию мы назовем годовым исходом погодных условий. При соответствующем учете погодных характеристик каждому годовому исходу погодных условий и фиксированному набору технологических и организационных решений можно однозначно сопоставить годовые финансовые затраты. При этом можно говорить не только об уже реализовавшихся, но и о прогнозируемых исходах такого рода. Для достаточно крупных территорий (зон, регионов) можно считать, что почти вся зона подвергается влиянию одинаковых погодных явлений, т. е. попадает примерно в равные погодные условия.

Из этого следует, что прогнозируемые годовые исходы условий и результатов финансирования деятельности МЧС в целом поддаются количественному опре-

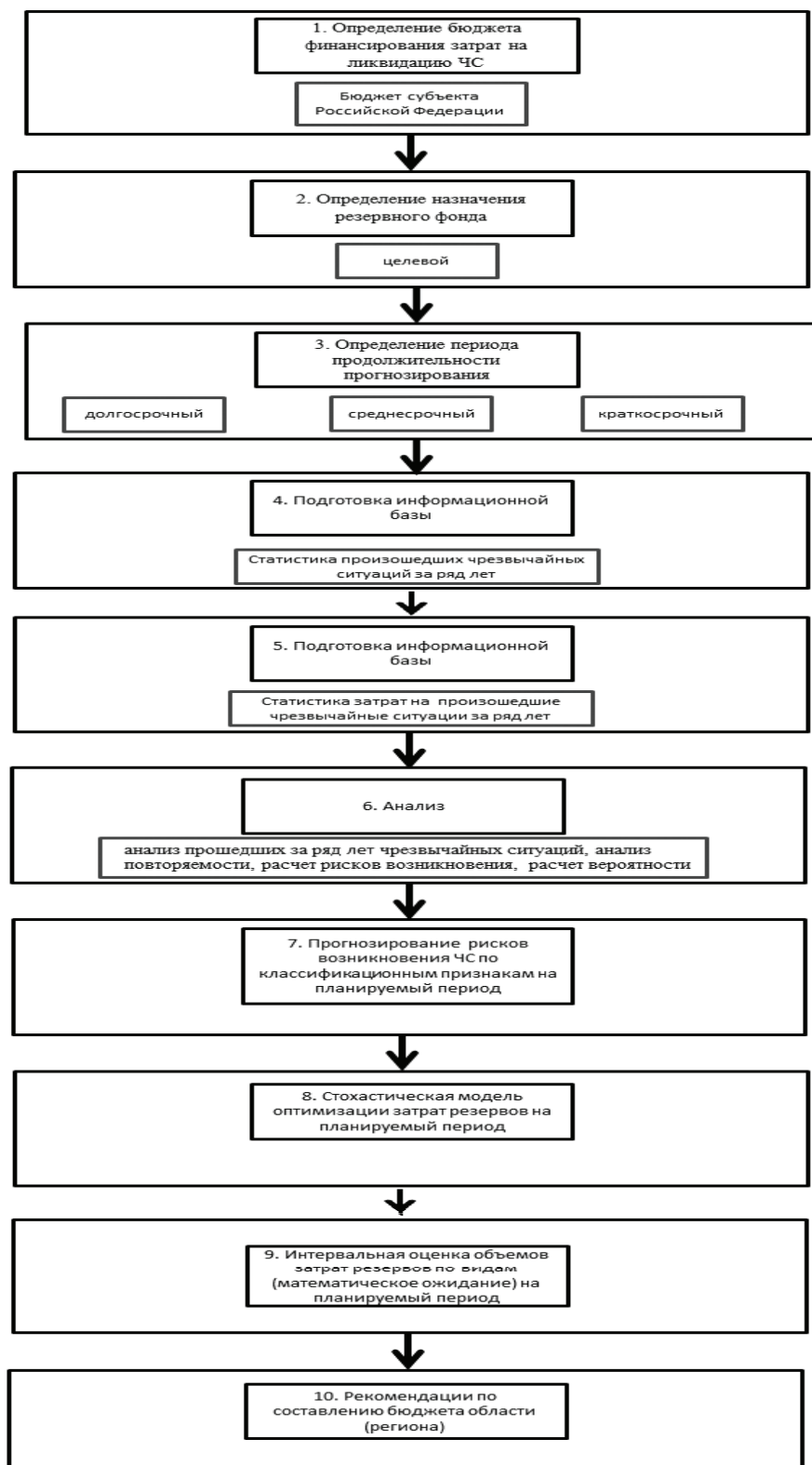


Рис. 4. Содержательная постановка задачи определения прогнозируемых затрат региона на ЧС (авторская разработка (Ильченко, Бутко, 2015б, с. 85))

делению и ранжированию. Определенному сочетанию количественных погодных характеристик при фиксированных технологиях можно однозначно сопоставить определенные объемы затрат ресурсов. После этого такие типовые для региона исходы, вообще говоря, можно ранжировать по степени вероятности возникновения ЧС относительно как их количественных характеристик, так и затрат.

Отметим еще один важный момент. При фиксированных затратах на ЧС принципиально возможно выделить такие сочетания интервалов погодных характеристик, в пределах которых их вариация не влияет на затраты.

Это означает, что для данной климатической зоны можно выделить конечное число N типовых дискретных годовых исходов погодных условий. Поскольку допускаются сколь угодно малые интервалы характеристик погодных условий и различные реализуемые их сочетания, N может быть довольно большим, но все же конечным числом.

Как показали исследования (Кардаш, Рапопорт, 1979), для плановых расчетов и анализа в качестве полного набора типовых годовых исходов достаточно взять небольшое их число (порядка трех-четырех). Это вносит известную степень погрешности в представление погодного и экономического процессов. Тем не менее такая модель получается несравненно более адекватной реальным процессам, чем при усреднении показателей по всему диапазону погодных характеристик. Уменьшение числа выделяемых типовых исходов N заметно облегчает расчеты, кроме того, большие значения N предъявляют и слишком большие требования к точности исходной информации о погодных и экономических процессах.

Систему финансирования, определяемую в конкретных погодно-климатических условиях, описываемую полной системой типовых погодных ситуаций, назовем погодно-финансовой системой (ПФС), процесс ее функционирования и развития — погодно-финансовым процессом (ПФП). ПФС считается полностью описанной, если каждому из полной совокупности N типовых годовых исходов погодных условий однозначно сопоставлены: 1) их вероятности (частоты); 2) затраты на ликвидацию по каждому виду ЧС; 3) объемы ресурсов с учетом влияния на них исхода погодных условий. Заметим, что для полной совокупности исходов сумма их вероятностей равна. Методический аспект описания (формирования) полной совокупности прогнозируемых типовых годовых исходов условий и результатов деятельности МЧС приведен в нашей предыдущей статье (Ильченко, Бутько, 2015а, с. 35).

Выделение типовых погодных исходов также связано с усреднением, в пределах известных интервалов, возможных погодных колебаний различных показателей. Тем не менее, в этом случае фактические реализации условий и результатов будут меньше отклоняться от одного из N исходов, чем при прогнозировании, исходя из одной-единственной ситуации. Вероятность реализации прогноза, естественно, возрастает при увеличении величины N .

В настоящее время, когда мы имеем развитую методологическую, научную и техническую базы плановых расчетов, полное осуществление идеи не представляет принципиальных сложностей.

2. Стохастическая экономико-математическая модель оптимизации планирования потребности региональных ресурсов ЧС. Программа освоения выделенных средств на финансирование деятельности по ликвидации ЧС региона зависит как от экономических, так и от внешних факторов, в том числе природных. Если экономические, производственные, социальные факторы являются (при

рассмотрении значительного временного отрезка) управляемыми, то природные, неуправляемые, придают характеристикам освоения бюджета неустойчивый характер. Наблюдаются колебания затрат на ликвидацию ЧС региона. Колебания параметров затрат на ликвидацию ЧС делает необходимым использование методов стохастического программирования в обосновании бюджета региона на плановый период.

Используя подход В. А. Караша, приведем математическую конкретизацию нашей задачи.

На основании величины W — накопленных статистических данных о фактических затратах на ликвидацию ЧС (выборка из генеральной совокупности) определяются выборочные оценки параметров: математическое ожидание $M(W)$, дисперсия $D(W)$ и σ среднеквадратическое отклонение.

Для определения годовых погодных исходов (N) определяется отклонение (Z) фактических затрат на ликвидацию ЧС от их математического ожидания

$$Z = M(W) - W. \quad (1)$$

Величина отклонения является основанием для отнесения года к неблагоприятному, среднему и благоприятному.

Возможное количество исходов погодных ситуаций, N , конечно и рассматривается для трех случаев: благоприятные, средние и неблагоприятные. Для них определяется совокупность частот повторения:

$$p_1, p_2, p_3, \text{ где } 0 \leq p_v \leq 1, \sum_{v=1}^N p_v = 1. \quad (2)$$

Экономический эффект от создания оптимальных финансовых резервов — случайная величина Φ , зависящая от погодных условий. Каждой погодной ситуации v при определенных прочих условиях соответствует реализация случайной величины эффекта Φ_v . Следовательно, можно считать, что при определенных прочих условиях всегда известно распределение частот реализации эффекта.

Экономический эффект в каждой погодной ситуации определяется стратегическими и тактическими управляющими решениями $\Phi_v(X, Y_v)$, где X — вектор параметров, описывающий стратегические решения; Y_v — вектор параметров, описывающий тактические решения в ситуации v . Стратегические решения выбираются из множества $G(X \in G)$, а тактические — из множества $H_v(X) [Y_v \in H_v(X)]$. Как видим, множество $H_v(X)$ зависит как от реализовавшейся погодной ситуации v , так и от принятого стратегического решения X .

Оптимальное тактическое решение будем определять только относительно конкретной реализуемой ситуации v_0 и конкретного стратегического решения X_0 .

Определение 1. Тактическое решение $Y_{v_0}^*$ называется оптимальным в ситуации v_0 при стратегическом решении X_0 , если:

$$a) Y_{v_0}^* \in H_{v_0}(X_0), \text{ б) } \Phi_{v_0}(X_0, Y_{v_0}^*) = \max \Phi(X_0, Y_{v_0}), \quad (3)$$

где $Y_{v_0}^* \in H_{v_0}(x_0)$.

Оптимальное стратегическое решение будем определять только относительно фиксированного набора из полной системы типовых погодных ситуаций. При этом порядок расположения ситуаций в наборе несущественен. Обозначим через \bar{N} и N' следующие наборы (множества) типовых погодных ситуаций: $\bar{N} = (v_1, v_2, \dots, v_N)$, $N' = (v_1, v_2, \dots, v_k)$, где $k \leq N$, то есть \bar{N} — полная совокупность типовых ситуаций, а N' — какой-либо произвольный набор из k типовых ситуаций.

Определение 2. Стратегическое решение $X_{N'}$ будем называть оптимальным относительно набора ситуаций N' если:

$$\sum_{v \in N} \Phi_v(X_N^*, Y_v^*) p_v \geq \sum_{v \in N} \Phi_v(X, \bar{Y}_v^*) p_v, \quad (4)$$

где $X_N^*, X \in G, Y_v^* \in H_v(X_N^*), \bar{Y}_v^* \in H_v(X), v \in N$.

Заметим, что в формуле (4) при сравнении стратегических решений $X_{N'}$ и X учтен вклад в функцию среднего эффекта лишь части возможных погодных ситуаций ($N \subseteq N'$). Поэтому стратегическое решение X_N^* , естественно, не является абсолютно лучшим. Даже как какое-либо из стратегических решений X из (4) с точки зрения адаптированности ко всей совокупности возможных ситуаций может оказаться лучше, чем $X_{N'}$. В самом деле, допускается, что

$$\sum_{v \in \bar{N}} \Phi_v(X_N^*, Y_v^*) p_v \leq \sum_{v \in \bar{N}} \Phi_v(X, Y_v^*) p_v \quad (5)$$

где $X_N^*, X \in G, Y_v^* \in H_v(X_N^*), \bar{Y}_v^* \in H_v(X), v \in \bar{N}$.

Тем не менее определение 2 полезно для теоретического анализа. Более того, оно имеет и реальный практический смысл, так как разрабатываемые в Министерстве ЧС планы зачастую ориентированы на множество средних по погодным условиям лет.

Определение 3. Стратегическое решение X^* будем называть М-оптимальным, если оно оптимально для всей совокупности типовых погодных ситуаций. Таким образом, X^* — М-оптимальное стратегическое решение, если имеет место

$$\sum_{v \in \bar{N}} \Phi_v(X^*, Y_v^*) p_v \geq \sum_{v \in \bar{N}} \Phi_v(X, \bar{Y}_v^*) p_v \quad (6)$$

где $X_N^*, X \in G, Y_v^* \in H_v(X_N^*), Y_v^* \in H_v(X)$.

Относительно М — оптимального стратегического решения, всю совокупность погодных ситуаций можно ранжировать по степени благоприятности для получения реализуемого экономического эффекта. Поскольку число реализаций конечно, такие погодные ситуации с номерами v_1 и v_N , что

$$\Phi_{v_1}(X^*, Y_{v_1}^*) \leq \Phi_{v_1}(X^*, Y_{v_1}^*) \leq \Phi_{v_N}(X^*, Y_{v_N}^*) \quad (7)$$

где $X^* \in G, Y_{v_1}^* \in H_{v_1}(X^*), Y_{v_N}^* \in H_{v_N}(X^*), v \in \bar{N}, Y_{v_N}^* \in H_{v_N}(X^*)$ — симметричны адекватным им стратегическим решениям.

Таким образом, ситуация v_1 является самой неблагоприятной, так что вероятность получить эффект Φ меньший, чем оптимальный эффект, в этой ситуации равна нулю. Ситуация v_N самая благоприятная, и вероятность того, что эффект будет меньше или равен оптимальному эффекту в этой ситуации, равна единице. Отсюда можно построить функцию распределения оптимальных значений эффектов $P_{X^*}(\Phi)$ и найти все вероятностные характеристики случайного эффекта Φ , в том числе и математическое ожидание $M_{X^*}(\Phi)$ и дисперсию $D_{X^*}(\Phi)$, характеризующую погодно-экономическую устойчивость планируемой финансовой системы.

Обратим внимание на то, что все рассуждения о возможности построения функции $P_{X^*}(\Phi)$ мы провели относительно фиксированного, а именно М-оптимального стратегического решения X^* и оптимальных тактических решений $\{Y_v^*\}$.

Для любого другого стратегического решения $X \in G$ можно провести те же рассуждения, что и для М-оптимального X^* . Тогда для каждого X мы получим свою

функцию распределения $P_X(\Phi)$, математическое ожидание $M_X(\Phi)$ и дисперсию $D_X(\Phi)$.

Отсюда ясно, что можно поставить задачу отыскать такое X^{**} , которое приводит к

$$D_{X^{**}} = \min_{X \in G} D_X(\Phi), \quad (8)$$

где $\{\Phi_v^* = \max_{Y_v} \Phi(X, Y_v)\} = \Phi$.

То есть требуется найти стратегическое решение, при котором дисперсия оптимального по ситуациям экономического эффекта будет минимальной. Однако при этом средний эффект будет не выше, чем при стратегическом решении, оптимальном в смысле определения 3:

$$M_{X^{**}}(\Phi) \leq M_{X^*}(\Phi).$$

Одновременно имеем

$$D_{X^{**}}(\Phi) \leq D_{X^*}(\Phi).$$

Определение 4. Стратегическое решение X^{**} будет называться D -оптимальным, если имеет место

$$\sum_{v \in N} [\Phi_v^*(X^{**}, Y_v^*) - M_{X^{**}}(\Phi)]^2 p_v \leq \sum_{v \in N} [\Phi_v^*(X, \bar{Y}_v^*) - M_X(\Phi)]^2 p_v \quad (9)$$

где $X^{**}, X \in G; Y_v^* \in H_v(X^{**}); \bar{Y}_v^* \in H_v(X)$.

Из предыдущего следует, что при постановке задачи выбора наилучших стратегических и тактических решений необходим компромисс между двумя важными характеристиками случайной величины экономического эффекта: математическим ожиданием и дисперсией.

Функция $P_X(\Phi)$, показывает, что при выборе стратегического решения для каждого фиксированного значения Φ известна вероятность того, что реализованный эффект при оптимальных тактических решениях будет не более, чем величина Φ . Допустим, что при выбранном X величина оптимального эффекта, в зависимости от ситуации, может колебаться в диапазоне $[\Phi^{(1)}, \Phi^{(2)}]$. Тогда вероятность того, что $\Phi_X \geq \Phi^{(1)}$, равна $1 - P_X(\Phi^{(1)} = 1)$, то есть $\Phi^{(1)}$ — это стопроцентно гарантированный эффект.

Отсюда ясно, что можно задаться целью с помощью выбора стратегического решения X максимизировать гарантированный эффект, то есть решить задачу:

$$\max_{X \in G} [\min \Phi(X, Y)] \quad (10)$$

Решение $\bar{X} = \arg\{\max_{X \in G} [\min \Phi_v^*(X, Y_v^*)]\}$ будет оптимальным стратегическим решением в смысле оптимального риска (Ильченко, Бутько, 2015б, с. 35–37).

Блок-схема алгоритма решения (модельный эксперимент) для реальной ситуации приведена на рис. 5.

Предполагается, что приведенная экономико-математическая модель поможет смягчить или устранить влияние случайных колебаний погоды на конечные суммарные затраты на устранение и ликвидацию чрезвычайных ситуаций.

3. Информационная база экспериментального моделирования с учетом погодного риска: расчетный пример.

Рассмотрим условный пример верификации модели из предыдущего параграфа, учитывая, что фактические данные по региону содержат информацию ограниченного доступа.

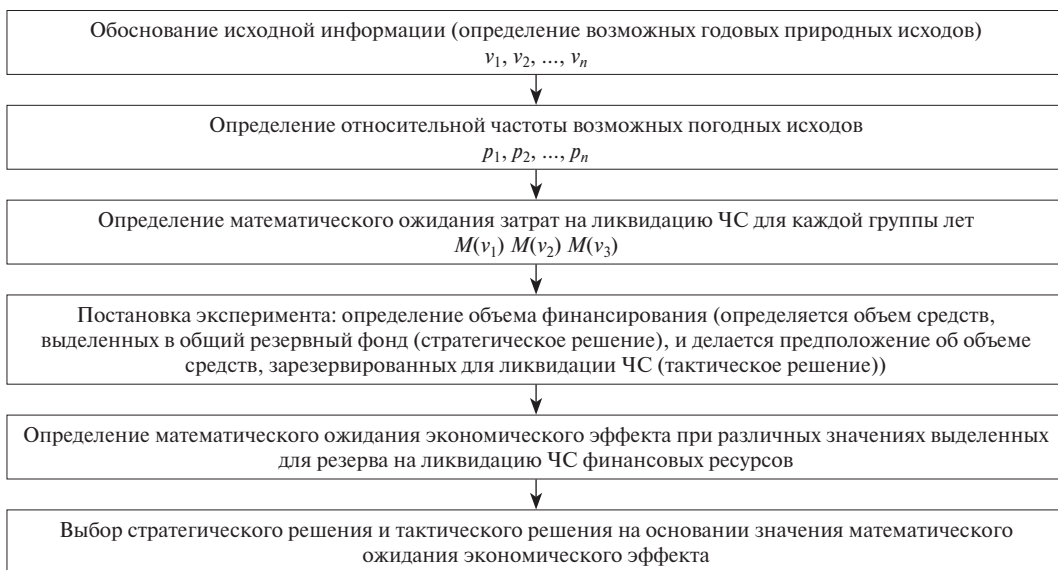


Рис. 5. Блок-схема алгоритма решения задачи — модельный эксперимент (авторская разработка)

Методика обоснования исходной информации

В отличие от детерминированной, обоснование исходной информации для стохастической модели имеет отличительные особенности. Приведем условный пример.

Прежде всего, необходимо выделить возможные природные исходы. Базой для выделения исходов служат данные о затратах на ликвидацию природных пожаров за последние 15 лет (табл. 1).

Таблица 1

Фактические затраты на ликвидацию чрезвычайных ситуаций

Год	Затраты фактические на ликвидацию ЧС (природные пожары), млн руб. (И)
2001	20
2002	20
2003	14
2004	17
2005	11
2006	17
2007	17
2008	10
2009	15
2010	5
2011	7
2012	5
2013	19
2014	13
2015	13

Данные о затратах на ликвидацию данных ЧС будут являться выборкой из генеральной совокупности. Данные о затратах являются случайной величиной W .

Найдем выборочные оценки параметров: математическое ожидание, дисперсию и среднееквадратическое отклонение. Для нахождения оценок будем использовать пакет прикладных программ MS Excel и Statistica.

Математическое ожидание $M(W) = 13,533$, $D(W) = 25,695$, $\sigma = 5,069$.

Для определения годовых погодных исходов определим отклонение фактических затрат от математического ожидания ($Z = M(W) - W$). Величина отклонения является основанием для отнесения года к неблагоприятному, среднему и благоприятному (табл. 2).

Таблица 2

Годовые исходы погодных ситуаций

Год	Величина отклонения	Погодная ситуация
2001	-6,46667	неблагоприятная
2002	-6,46667	неблагоприятная
2003	-0,46667	средняя
2004	-3,46667	средняя
2005	2,533333	средняя
2006	-3,46667	средняя
2007	-3,46667	средняя
2008	3,533333	средняя
2009	-1,46667	средняя
2010	8,533333	благоприятная
2011	6,533333	благоприятная
2012	8,533333	благоприятная
2013	-5,46667	неблагоприятная
2014	0,533333	средняя
2015	0,533333	средняя

Если фактические затраты превышают математическое ожидание больше, чем на величину σ — относим год к неблагоприятному. Если математическое ожидание затрат превышает фактически больше, чем на величину σ — к благоприятному. Все остальные годы (при значениях затрат, близких к математическому ожиданию) отнесем к средним. Рассчитав отношения числа лет каждого исхода к общему числу лет периода, определим относительные частоты для каждой группы лет (P) (табл. 3).

Таблица 3

Относительные частоты погодных ситуаций

Частота (p)	Ситуация (v)
0,2	Неблагоприятная (v_1)
0,6	Средняя (v_2)
0,2	Благоприятная (v_3)

Далее рассчитаем математическое ожидание затрат на ликвидацию ЧС (природных пожаров) для каждой группы лет (табл. 4).

Таблица 4

Математическое ожидание затрат на ликвидацию чрезвычайных ситуаций, млн руб.

$M(v_1)$	$M(v_2)$	$M(v_3)$
19,7	14,1	5,7

В качестве примера рассмотрим следующую ситуацию: допустим, всего планируется в бюджете выделить 20 млн руб. на создание общего резервного фонда. На основании статистических данных необходимо определить для региона такой объем резерва финансовых ресурсов (x) на ликвидацию природных пожаров (выделенных из общего резервного фонда), чтобы экономический эффект от выделенных и зарезервированных средств был максимальным.

Экономический эффект будет определяться разницей между зарезервированными средствами и математическим ожиданием затрат в каждой конкретной погодной ситуации v . Очевидно, что такая разница должна быть минимальной, чтобы не допустить дефицита либо профицита бюджета.

Пусть, например, $x = 15$ млн руб.

Математическое ожидание эффекта определим по формуле $|19,67 - 15| \cdot 0,2 + |14,11 - 15| \cdot 0,6 + |5,67 - 15| \cdot 0,2 = 3,33$ млн руб.

Определим математическое ожидание эффекта при различных x (табл. 5).

На основании приведенного условного примера можно сделать вывод, что при условии выбора стратегического решения о выделении 20 млн руб. на создание общего резервного фонда оптимальным резервом финансовых ресурсов на ликвидацию природных пожаров из общего объема средств (тактическим решением) будет являться создание резерва в размере 14 млн руб.

Таблица 5

Математическое ожидание экономического эффекта при различных значениях выделенных для резерва финансовых ресурсов

x	$v = 1$	$v = 2$	$v = 3$	Математическое ожидание
0	19,7	14,1	5,7	13,5
1	18,7	13,1	4,7	12,5
2	17,7	12,1	3,7	11,5
3	16,7	11,1	2,7	10,5
4	15,7	10,1	1,7	9,5
5	14,7	9,1	0,7	8,5
6	13,7	8,1	0,3	7,7
7	12,7	7,1	1,3	7,1
8	11,7	6,1	2,3	6,5
9	10,7	5,1	3,3	5,9
10	9,7	4,1	4,3	5,3
11	8,7	3,1	5,3	4,7
12	7,7	2,1	6,3	4,1
13	6,7	1,1	7,3	3,5

Окончание табл. 5

x	$\nu = 1$	$\nu = 2$	$\nu = 3$	Математическое ожидание
14	5,7	0,1	8,3	2,9
15	4,7	0,9	9,3	3,3
16	3,7	1,9	10,3	3,9
17	2,7	2,9	11,3	4,5
18	1,7	3,9	12,3	5,1
19	0,7	4,9	13,3	5,7
20	0,3	5,9	14,3	6,5

Заключение

Проведенное исследование можно рассматривать с позиций методических рекомендаций по применению модельного подхода в планировании резервов ЧС. В данной статье проведен многокритериальный анализ финансовых потребностей региона на мероприятия МЧС на основе экспертной информации, рассмотрены их преимущества и недостатки с системной точки зрения. Принятие окончательного решения учитывает весь набор критериев реализации мероприятий, даже, на первый взгляд, несущественных, что делает решение наиболее адекватным реальности. Основываясь на вышеизложенном, можно сделать следующие выводы: приведенные выше статистические данные позволяют провести численные расчеты с использованием распространенных пакетов прикладных программ MS Excel, Statistica, и итоговые значения могут быть получены в виде графиков либо таблиц с интервальными значениями. Источниками информации для расчетов могут служить официальные статистические сборники Росстата, а так же отчетные данные МЧС РФ, публикуемые в официальных источниках. Представленную модель можно использовать для среднесрочного прогнозирования резервируемых средств на ликвидацию ЧС как в Ивановской области, так и других регионах со схожими погодными условиями. Приведенная выше экономико-математическая модель прогнозирования оптимального объема финансовых резервов региональной организации МЧС на ликвидацию типичных стихийных бедствий в центральной России представляет собой научный инструментарий, предназначенный для совершенствования процесса планирования и рационального использования ограниченных финансовых ресурсов регионального бюджета. Расширение модельных экспериментов на базе реальной статистической информации конкретного субъекта Российской Федерации позволит создать методическую базу для внедрения теоретических разработок в технологию планирования и прогнозирования резервов РОЧС на среднесрочную перспективу.

Источники

Ильченко А. Н. Моделирование внутрирегиональных экономических взаимоотношений в АПК. М., 1993.

Ильченко А. Н., Бутько Е. В. Стохастическая модель среднесрочного прогнозирования финансовых резервов субъекта РФ на ликвидацию чрезвычайных ситуаций // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2015а. № 1.

Ильченко А. Н., Бутько Е. В. Информационно-методическое обеспечение задачи моделирования экономических рисков и оптимизации прогнозируемых затрат на ликвидацию чрезвычайных ситуаций // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2015б. № 3.

Кардаш В. А. Экономика оптимального погодного риска в АПК. М., 1989.

Кардаш В. А. Экономическая оптимизация в орошении // Вопросы анализа плановых решений в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1972.

Кардаш В. А., Рапопорт Э. О. Моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве, Новосибирск, 1979.

Лобанова Е. В. Проблема определения объема резервов финансовых ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций региона // Математическое моделирование и информационные технологии. 2015а. Т. 5.

Лобанова Е. В. Стохастическая оптимизационная модель финансирования деятельности МЧС региона на ликвидацию чрезвычайных ситуаций // Математическое моделирование и информационные технологии. 2015б. Т. 5.

Рогачев Д. А. Программное обеспечение обоснования и оптимизации структуры орошаемых земель с учетом стохастичности // Материалы научных чтений, посвященных 75-летию со дня рождения выдающегося экономиста-математика, д. э. н. профессора Кардаша Виктора Алексеевича. Кисловодск, 2010. С. 226–228.

Ткаченко И. В., Ткаченко Н. И. Экономико-стохастическое моделирование как аппарат системного подхода к управлению сельскохозяйственным предприятиями // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2014. № 2 (31).

Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://42.mchs.gov.ru/document/1466768> М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004 (дата обращения: 17.06.2015).

Материалы в государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2012 году по Ивановской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ivanovoobl.ru/materials.aspx?part=905&v=1> (дата обращения: 18.06.2015).

Методические рекомендации по созданию и использованию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://61.mchs.gov.ru/document/614557> (дата обращения: 18.06.2015).

Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» // Российская газета. Федеральный выпуск № 4374. 2007. № 10 (май).

Постановление Правительства Российской Федерации от 26 октября 2000 г. № 810 «О порядке выделения средств из резервного фонда Правительства Российской Федерации по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий» // Российская газета. Федеральный выпуск. № 4777. 2008. № 20 (окт.).

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 (дата обращения: 18.06.2015).

Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ (ред. от 2 мая 2015 г.) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» // Российская газета. Федеральный выпуск. № 377. 1994. № 5 (март).