

7. Жаков Ю.А., Стрельникова А.С., Ляпина З.Е. и др. Радиационная обстановка в районе размещения Калининской АЭС до начала ее работы. Отчет ИБФ и НПО «Энергия». Гос. регистрация ОЭ-1625/83. М., 1983. 54 с.

Поступила в Редакцию 23.12.05

УДК 614.8.084

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

*Радаев Н.Н. (Военная академия РВСН им. Петра Великого),
Боридько С.И. (Федеральная служба безопасности России)*

Непрерывный рост ущерба от чрезвычайных ситуаций в мире и стране [1] требует принятия мер по их сокращению в интересах стабильного функционирования и устойчивого развития социально-экономических систем. Реализация мер защиты связана с немалыми затратами, что требует их соразмерять с предотвращаемым ущербом. Для редких событий речь идет о предотвращаемом риске. Поэтому при управлении риском чрезвычайных ситуаций необходимо оценивать эффективность мер по их снижению, а для этого нужны обоснованные показатели эффективности. Для редких событий с тяжелыми последствиями, какими являются аварии (катастрофы) на потенциально опасных объектах, например, радиационные аварии на объектах ядерной энергетики, эти показатели должны основываться на показателях риска. Условие редкости чрезвычайных ситуаций выполняется для отдельного человека на объектовом и местном уровнях Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, для чрезвычайных ситуаций отдельных видов, например, террористического характера, вследствие радиационных аварий — на территориальном уровне и уровне функциональных (отраслевых) подсистем Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, например, отраслевой подсистемы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Росатома, предназначенной для реагирования на радиационные аварии.

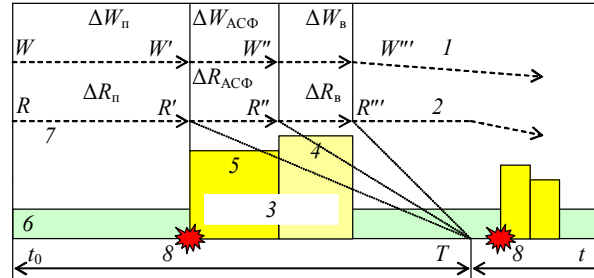
Традиционные показатели эффективности, рассматриваемые в технической [2] и экономической литературе [3], не учитывают особенностей задач снижения риска. Не исследована также внутренняя структура показателей эффективности, которая позволила бы оценить их по частным показателям.

Целью статьи является разработка адаптированных к сложившейся структуре мер по снижению риска и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций показателей эффективности этих мер применительно к потенциально опасным, в частности, ядерно- и радиационно опасным объектам.

Структурные элементы защиты населения от чрезвычайных ситуаций и затрат на защиту. В общем случае риск чрезвычайных ситуаций определяется как произведение вероятности чрезвычайных ситуаций на их последствия [4]. В соответствии с этим строятся и меры защиты населения от чрезвычайных ситуаций. В качестве составляющих защиты во времени относительно момента наступления чрезвычайных ситуаций будем рассматривать (рис. 1) [5]:

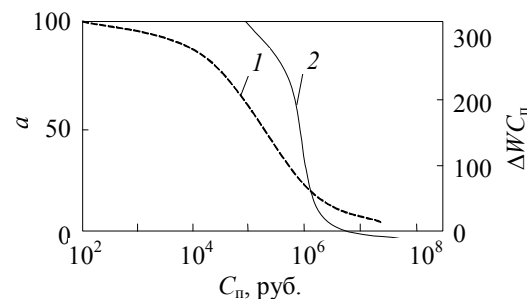
до каждой чрезвычайной ситуации — затраты на меры по их предупреждению (разработке, внедрению и поддержанию);

после каждой очередной чрезвычайной ситуации — затраты на реагирование, т.е. смягчение последствий и (или) финансирование риска (возмещение ущерба, включая затраты на реабилитацию пострадавшего населения и территорий, покрытие убытков).

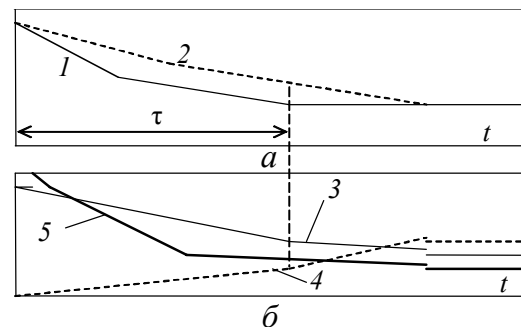


Р и с. 1. Составляющие мер защиты относительно момента наступления чрезвычайных ситуаций и эволюция ущерба (1) (риска в случае редких событий (2)) в процессе их реализации: 3 — реагирование; 4 — возмещение; 5 — смягчение; 6 — превентивные меры; 7 — уровень затрат; 8 — чрезвычайная ситуация

структуры) и эффективности затрат на предупреждение чрезвычайных ситуаций от их размера приведены на рис. 2 по данным работы [6]. Так как затраты распределены во времени, то характер временной зависимости рассматриваемых показателей для объекта сохраняется, при этом интенсивность изменения показателей зависит от объема ежегодно выделяемых ресурсов (рис. 3, а). При равномерном выделении средств



Р и с. 2. Зависимость угрозы для жизнедеятельности a (1) и эффективности затрат на предупреждение чрезвычайных ситуаций $\Delta W/C_p$ (2) от их размера C_p



Р и с. 3. Динамика частоты чрезвычайных ситуаций (a) во времени при $c_{п1}$ (1), $c_{п2}$ ($c_{п1} > c_{п2}$) (2) и остаточный риск (б): 3 — доля α_p затрат на превентивные меры; 4 — доля α_p затрат на реагирование; 5 — абсолютные затраты

Тогда объем и структуру выделяемых ресурсов на защиту представим в виде

$$C = C_p + C_r,$$

где C_p , C_r — объем выделяемых ресурсов соответственно на предупреждение чрезвычайных ситуаций и реагирование (ликвидацию последствий).

Зависимости угрозы для жизнедеятельности на некоторой территории (характеризуется математическим ожиданием числа a разрушенных элементов инфра-

$$C = nc,$$

где c — объем выделяемых ресурсов за единичный интервал времени T (принимая его равным 1 году); n — число лет реализации проектов защиты.

Пусть

$$c = c_p + c_r,$$

где c_p , c_r — затраты в год на предупреждение чрезвычайных ситуаций и реагирование на них соответственно. Полагая поток чрезвычайных ситуаций во времени пуассоновским [7], получим

$$c_p = a(T) \bar{c}_p,$$

где $a(T) = \lambda T$ — математическое ожидание числа чрезвычайных ситуаций за интервал времени T (их вероятность для редких чрезвычайных ситуаций $Q(T) \approx a(T)$); λ — частота, или интенсивность чрезвычайных ситуаций;

$\bar{c}_p$ — средние затраты по реагированию на одну чрезвычайную ситуацию.

Интенсивность снижения частоты чрезвычайных ситуаций во времени в результате реализации превентивных мер постепенно замедляется, и последняя в конце концов выходит на асимптоту. Это означает достижение предельного объема ресурсов на предупреждение чрезвычайных ситуаций. В дальнейшем целесообразно поддерживать достигнутый объем финансирования предупредительных мер и внедрять по мере разработки экономически обоснованные новые технические решения. Остаточный риск необходимо компенсировать финансированием реагирования на чрезвычайные ситуации, не стремясь любой ценой не допустить реализации риска (рис. 3, б).

Структура показателей эффективности. Объективная реальность функционирования социально-экономической системы, в том числе в масштабе государства, субъектов федерации, муниципальных образований, эксплуатирующих потенциально опасные объекты организаций, — это эпизодически возникающие чрезвычайные ситуации, сопровождающиеся разрушениями элементов инфраструктуры, ущербом, требующим восстановления (возмещения), нарушением процесса нормальной хозяйственной деятельности. Для сохранения устойчивости функционирования социально-экономической системы необходимо приспособиться к этой действительности, что требует определенных мер и затрат. Причем для стабильного функционирования и устойчивого развития социально-экономической системы необходимо, чтобы эти меры приводили к возможно большему сокращению в среднем закономерного, но внезапно проявляющегося в случайном месте ущерба.

Будем различать эффективность защиты и эффективность затрат на защиту или экономическую эффективность (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Показатели эффективности защиты от чрезвычайных ситуаций

Задача	Объем финансирования в год	Достижимый результат в год	Целевой ориентир, степень достижения цели Э (эффективность)	Экономическая эффективность затрат η на защиту
Предупреждение	c_n	$\Delta R_n = R - R'$	$\Delta R_n \rightarrow R;$ $\Theta_n = \Delta R_n / R \rightarrow 1$	$\eta_n = \Delta R_n / c_n$
Реагирование:	$c_p = c_{ACF} + c_b$	$\Delta R_{ACF} + \Delta R_b$	$\Delta R_{ACF} + \Delta R_b \rightarrow R';$ $\Theta_p = \frac{\Delta R_{ACF} + \Delta R_b}{R'} = \Theta_{ACF} +$ $+ (1 - \Theta_{ACF})\Theta_b \rightarrow 1$	$\eta_p = \frac{\Delta R_{ACF} + \Delta R_b}{c_p}$
смягчение последствий	c_{ACF}	$\Delta R_{ACF} = R' - R''$	$\Delta W_{ACF} \rightarrow W';$ $\Theta_{ACF} = \Delta W_{ACF} / W' \rightarrow 1$	$\eta_{ACF} = \Delta R_{ACF} / c_{ACF}$
финансирование (возмещение, покрытие)	c_b	$\Delta R_b = R'' - R'''$	$\Delta R_b \rightarrow R'';$ $\Theta_b = \Delta R_b / R'' \rightarrow 1$	$\eta_b = \Delta R_b / c_b$
В целом защита от чрезвычайных ситуаций	$c = c_n + c_p$	$\Delta R = \Delta R_n + \Delta R_{ACF} + \Delta R_b$	$\Delta R \rightarrow R;$ $\Theta = \frac{\Delta R}{R} = \Theta_n + (1 - \Theta_n)\Theta_p =$ $= \Theta_n + (1 - \Theta_n)[\Theta_{ACF} + (1 - \Theta_{ACF})\Theta_b] \rightarrow 1$	$\eta = \frac{\Delta R}{c} = \alpha_n \eta_n + \alpha_{ACF} \eta_{ACF} + \alpha_b \eta_b$

Вначале рассмотрим показатели эффективности превентивных мер, затем показатели эффективности реагирования. Показатели эффективности реагирования вво-

дятся при условии, что реализованы превентивные меры (если превентивные меры не реализовывались, то в расчетные соотношения вводятся соответствующие коррективы). Показатели эффективности комплекса мер вычисляются при условии, что превентивные меры могут не достичь цели.

Эффективность превентивных мер защиты. Превентивные меры приводят к снижению риска в расчете на некоторый интервал времени (обычно на год), т.е. снижению вероятности чрезвычайных ситуаций и сокращению возможного ущерба. Степень достижения цели (эффективность) превентивных мер оценивается отношением

$$\Theta_{\pi} = \Delta R_{\pi} / R,$$

где целевой ориентир $\Theta_{\pi} \rightarrow 1$, $\Delta R_{\pi} = R - R'$ — предотвращенный риск (т.е. снижение вероятного ущерба в результате принятия мер); $R = a(T)W$, $R' = a'(T)W'$ — риск, т.е. вероятный ущерб, или математические ожидания ущерба в расчете на рассматриваемый интервал времени до и после принятия превентивных мер; $a'(T) = \lambda'T$ — математическое ожидание числа чрезвычайных ситуаций за интервал времени T после принятия превентивных мер; λ' — частота (интенсивность) чрезвычайных ситуаций после принятия превентивных мер; W , W' — ущерб от чрезвычайных ситуаций до и после принятия превентивных мер. Для редких чрезвычайных ситуаций их вероятность после осуществления превентивных мер $Q'(T) \approx \lambda'T$.

Эффективность мер, как и безопасность населения, имеет относительный характер, т.е. рассматривается по отношению к уровню риска на определенный момент времени, в частности, на момент начала внедрения новой технологии или эксплуатации объекта, начало очередного года.

Особенностью превентивных мер является необходимость осуществления реальных затрат сегодня в обмен на сокращение ущерба в будущем. Поэтому принимаемые решения по реализации превентивных мер должны быть экономически обоснованными. Условие экономической обоснованности превентивных мер защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в расчете на интервал времени T записывается в виде

$$\Delta R_{\pi} - c_{\pi} > 0, \quad (1)$$

где c_{π} — затраты на превентивные меры. То, что на основе уравнения (1) определяются затраты, предъявляет определенные требования к точности оценки R и прогноза R' .

Экономическая эффективность затрат на превентивные меры с учетом уравнения (1) определяется отношением $\eta_{\pi} = \Delta R_{\pi} / c_{\pi}$ и для экономически обоснованных мер должна быть больше 1.

Однако затраты (инвестиции) делаются сегодня, а отдача от них (предотвращаемый ущерб) наступит в будущем. Для учета происходящих за время реализации превентивных мер изменений (инфляции) приведем конечный результат превентивных мер к началу их реализации с помощью дисконтирующего множителя. Полагая, что инвестиции осуществляются одномоментно, реальная экономическая эффективность превентивных мер с учетом инфляции составит

$$\eta'_{\pi} = \frac{\Delta R_{\pi}}{(1+r)c_{\pi}}, \quad (2)$$

где r — уровень инфляции за время реализации превентивных мер, т.е. инфляция снижает экономическую эффективность затрат в $1 + r$ раз. Если меры реализовывались на интервале $[0, t] \neq [0, T]$ и имели эффективность $\eta_n(t)$, вычисленную по уравнению (2), то из равенства

$$[\eta_n(T)]^t = \eta_n(t)$$

получим экономическую эффективность в пересчете на единичный интервал времени ($T = 1$):

$$\eta_n(T) = [\eta_n(t)]^{1/t}, \text{ или } \eta_n(T) = [\eta_n(t)]^{T/t} = \left[\frac{\Delta R(t)}{(1+r)c_n(t)} \right]^{T/t}.$$

Эффективность инвестиций на проекты по разработке и внедрению мер защиты оценивают также показателем типа доходность [3] (полезен при сравнении вариантов защиты):

$$d_n = \frac{\Delta R_n - c_n}{c_n} 100\% = (\eta_n - 1) 100\%.$$

Тогда доходность в процентах годовых при реализации проекта на интервале $[0, t]$ вычисляется по формуле

$$i_n = [\eta_n(t)]^{T/t} - 1.$$

С увеличением объема предпринимаемых мер защиты присущий рассматриваемому объекту риск снижается (степень защищенности персонала и населения прилегающих территорий повышается), но уменьшается и эффективность η_n затрат на защиту (см. рис. 2). При $\eta_n < 1$ дальнейшее вложение средств в превентивные меры защиты становится экономически необоснованным. Иногда, правда, вследствие влияния психологических факторов неприятия обществом некоторых видов риска, например, радиационного [8] осуществляются и экономически необоснованные меры.

Несмотря на превентивные меры, в каждой сфере деятельности сохраняется определенный уровень чрезвычайных ситуаций (см. рис. 3, а), обусловленный остаточным риском R' , который еще не успели или не смогли предотвратить. Остаточный (после принятия предупредительных мер) риск R' обусловлен следующими факторами:

в неустановившемся режиме на интервале τ (см. рис. 3, а) недостаточным финансированием предупредительных мер;

в установившемся режиме технической невозможностью предотвратить в полном объеме некоторые виды риска на данном этапе развития науки и техники. В частности, невозможно предотвратить либо снизить силу многих опасных явлений, инициирующих аварии на потенциально опасных объектах, например, землетрясений, ураганов, невозможно создать достаточные запасы стойкости по отношению к реализующимся с малой вероятностью экстремально высоким уровням негативных воздействий, интенсивность отказов технических устройств по мере устранения их причин (отработки конструкции) снижается и по окончании периода приработки стабилизируется на некотором уровне, обусловленном внезапными отказами по неконтролируемым причинам [2]. Действительно, при наличии значительного раз-

броса силы опасных явлений и уязвимости объектов создание достаточного запаса по стойкости связано со значительными затратами. При этом некоторая вероятность превышения действующей нагрузкой уровня стойкости объектов все равно останется.

Пример. Пусть повторяемость опасных явлений $T_{ОЯ} = 1$ год, их частота $\lambda_{ОЯ} = 1/T_{ОЯ}$. Если разрушение объекта определяется условием $U > U_{кр}$, то частоту чрезвычайных ситуаций можно оценить по соотношению

$$\lambda_{ЧС} = P(U > U_{кр})\lambda_{ОЯ},$$

их повторяемость —

$$T_{ЧС} = 1/\lambda_{ЧС}.$$

Предположим, что действующая со стороны опасных явлений U и критическая $U_{кр}$ для объектов рассматриваемого типа нагрузки являются независимыми случайными величинами и распределены по нормальному закону с коэффициентом вариации v и $v_{кр}$ соответственно. Тогда при коэффициенте запаса стойкости к внешним воздействиям со стороны опасных явлений $k = M[U_{кр}]/M[U]$ вероятность разрушения объекта $P(U \leq U_{кр}) = 1 - P(U > U_{кр})$ определится выражением

$$P(U \leq U_{кр}) = \Phi \left(\frac{k-1}{\sqrt{v^2 + v_{кр}^2}} \right),$$

где $\Phi[\cdot]$ — функция Лапласа.

Оценки повторяемости чрезвычайных ситуаций для этого случая при $v = 0,3$ и $v_{кр} = 0,3$ (почти максимальный разброс для нормального закона) приведены в табл. 2. Отметим, что повышение уровня защищенности объектов требует больших усилий в научно-технической сфере. Затраты на повышение стойкости с ростом коэффициента запаса возрастают по степенному закону. Имеются и физические ограничения по повышению стойкости, т.е. повышение стойкости даже теоретически не может быть безграничным. Поэтому нужны огромные затраты для создания запаса стойкости, что, снизив повторяемость чрезвычайных ситуаций, все же их полностью не исключит, ведь повторяемость и 1 раз в 100 лет вовсе не исключает того, что такая чрезвычайная ситуация не произойдет уже на следующей неделе.

Т а б л и ц а 2. Повторяемость чрезвычайных ситуаций при различных коэффициентах запаса стойкости

Коэффициент запаса стойкости	Вероятность разрушения $P(U > U_{кр})$	Повторяемость чрезвычайных ситуаций T , лет
1	0,5	2
2	0,01	100
3	10^{-5}	100 000

Эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации. Способом повышения защищенности населения от остаточного (непредупрежденного) риска является реагирование на чрезвычайные ситуации (ликвидация их последствий), включающее:

смягчение последствий (снижение масштаба и ущерба от чрезвычайных ситуаций), выполняемое аварийно-спасательными формированиями;

возмещение обусловленного непредотвращенным в результате предупредительных мер и несмягченным действиями аварийно-спасательных формирований ущерба.

При условии, что аварийно-спасательные формирования реагируют на все чрезвычайные ситуации (вероятность реагирования равна 1), эффективность мер по смягчению последствий (или эффективность аварийно-спасательных формирований), предпринимаемых при условии, что чрезвычайная ситуация произошла, оценивается показателем

$$\Theta_{\text{АСФ}} = \frac{\Delta R_{\text{АСФ}}}{R'} = \frac{Q'W' - Q'W''}{Q'W'} = \frac{\Delta W_{\text{АСФ}}}{W'}, \quad (3)$$

где $\Delta R_{\text{АСФ}} = R' - R''$ — смягченный в результате действий аварийно-спасательных формирований риск (или вероятный ущерб) в расчете на интервал времени T ; $R' = Q'W'$, $R'' = Q'W''$ — оставшийся непредупрежденным и несмягченным риск соответственно; $\Delta W_{\text{АСФ}} = W' - W''$ — смягченный действиями аварийно-спасательных формирований ущерб; W' , W'' — средний ущерб от чрезвычайных ситуаций без и с учетом действий аварийно-спасательных формирований.

Пример 1. При разрушении зданий в завалах было погребено $N' = 100$ чел. Действиями аварийно-спасательных формирований извлечено из-под завалов (спасено) $\Delta N_{\text{АСФ}} = 28$ чел. Следовательно, эффективность действий аварийно-спасательных формирований в данной операции составила $\Theta_{\text{АСФ}} = 28/100 = 0,28$.

Пример 2. Несмотря на предпринятые предупредительные меры, террористами захвачено в заложники $N' = 50$ чел. В ходе операции по их освобождению погибли 5 чел. Какова эффективность действий спецподразделений? Учитывая, что действиями спецподразделений спасено $\Delta N_{\text{АСФ}} = 50 - 5 = 45$ чел., эффективность их действий составила $\Theta_{\text{АСФ}} = 45/50 = 0,9$.

Затраты на аварийно-спасательные формирования осуществляются ежегодно, а ущерб их действиями смягчается только в случае наступления чрезвычайных ситуаций. Поэтому экономическая эффективность затрат на смягчение последствий (содержание аварийно-спасательных формирований) определяется показателем

$$\eta_{\text{АСФ}} = \frac{\Delta R_{\text{АСФ}}}{C_{\text{АСФ}}} = \frac{Q'\Delta W_{\text{АСФ}}}{C_{\text{АСФ}}},$$

где $C_{\text{АСФ}}$ — затраты на подготовку, оснащение, содержание и действия аварийно-спасательных формирований по смягчению (ликвидации) последствий произошедшей чрезвычайной ситуации в расчете на интервал времени T .

Учитывая, что одним из методов определения цены риска являются затраты на его предотвращение, в качестве среднего значения $\eta_{\text{АСФ}}$ можно принять 1. Действительно, необходимость смягчения последствий обуславливается социальными факторами — предпочтениями населения. Идя на затраты $C_{\text{АСФ}}$ во имя предотвращения риска $\Delta R_{\text{АСФ}}$, общество именно так оценивает объекты смягчения последствий (по крайней мере в момент создания аварийно-спасательных формирований).

Эффективность реализации задач предупреждения и смягчения вычисляется по формуле

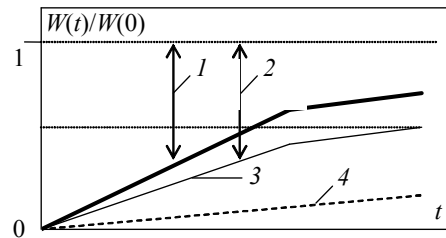
$$\Theta_{\text{п+с}} = \Theta_{\text{п}} + (1 - \Theta_{\text{п}})\Theta_{\text{АСФ}}.$$

Возмещение ущерба после того, как чрезвычайная ситуация произошла, является одним из важных элементов защиты населения. Реализация остаточного риска приводит к ущербу для физических и юридических лиц. Размер возмещения определяется исходя из следующих положений:

финансирование остаточного риска проводится вынужденно в интересах сохранения устойчивости рассматриваемой социально-экономической системы, стабильности общественного воспроизводства;

возмещение ущерба от чрезвычайных ситуаций не обуславливается требованием экономической эффективности (является планово-убыточным мероприятием);

для повышения защищенности населения и устойчивости социально-экономической системы необходимо стремиться к возможно более полному возмещению обусловленного непредотвращенным и несмягченным риском ущерба. Степень возмещения ущерба от чрезвычайных ситуаций зависит от развитости системы возмещения: в США достигает 50%, в странах Западной Европы — 25%, в нашей стране — 3%.



Р и с. 4. Динамика ущерба во времени после внедрения новой технологии (ввода в эксплуатацию объекта): 1 — непредупрежденный и невозмещенный ущерб; 2 — непредупрежденный ущерб; 3 — предупрежденный ущерб; 4 — возмещенный ущерб

Зависимость ущерба при эксплуатации объекта, внедрении новой технологии, нормированная на момент начала эксплуатации, от времени приведена на рис. 4.

Возмещение ущерба, как и смягчение чрезвычайных ситуаций действиями аварийно-спасательных формирований, происходит при условии, что чрезвычайная ситуация произошла.

Пусть $\Delta R_b = R'' - R'''$ — сумма возмещенного ущерба в год с учетом вероятности его появления за счет всех источников финансирования, $R''' = Q'W'''$, W''' — средний ущерб от чрезвычайных ситуаций, оставшийся не-

возмещенным. Так как целевым ориентиром является $\Delta R_b \rightarrow R''$, то степень (эффективность) возмещения ущерба оценивается отношением

$$\Theta_b = \frac{\Delta R_b}{R''} = \frac{R'' - R'''}{R''} = \frac{Q'W'' - Q'W'''}{Q'W''} = \frac{\Delta W_b}{W''},$$

где ΔW_b — средний возмещаемый ущерб от чрезвычайных ситуаций. Таким образом, эффективность некоторой территориальной системы возмещения ущерба от чрезвычайных ситуаций оценивается средней по произошедшим чрезвычайным ситуациям долей возмещаемого ущерба.

Результирующая эффективность реагирования определяется по формуле

$$\Theta_p = \frac{\Delta R_{ACF} + \Delta R_b}{R'} = \Theta_{ACF} + (1 - \Theta_{ACF})\Theta_b. \quad (4)$$

Учитывая, что ущерб в соответствии с одним из способов оценивается затратами на его возмещение, экономическая эффективность возмещения

$$\eta_b = \Delta R_b / c_b \quad (5)$$

в идеале равна 1, фактически всегда меньше 1. Это связано с тем, что реализация способов финансирования риска [4] для хозяйствующих субъектов вследствие действия факторов времени и неопределенности связана с дополнительными расходами или недополученными доходами.

Рассмотрим несколько примеров.

1. Передача риска, например, страхование является платной услугой. Экономический результат страхования для страхователя (владельца объекта) определяется соотношением $V_c = \Delta R_b - c_b$, где c_b — предусмотренные договором страховые платежи в год; $\Delta R_b = Qw$ — страховое возмещение при наступлении страховых случаев в расчете на год; Q — вероятность страхового случая в год; w — средний размер страхового возмещения при наступлении страхового случая.

Поскольку целью страховщика является получение прибыли, то для него экономический результат V'_c в среднем для больших интервалов времени должен быть положительным $V'_c > 0$, экономическая эффективность $\eta'_c > 1$. Поэтому для противоположной стороны (страхователя) в первом приближении экономический результат передачи риска за большой интервал времени является отрицательным $V_c < 0$, т.е. экономическая эффективность $\eta_c < 1$. Но его целью при передаче риска является повышение финансовой устойчивости — снижение риска внезапного разорения из-за появления значительного ущерба. Благодаря регулярно производимым платежам страхователь обеспечивает возмещение редкого, но большого ущерба и тем самым возможность продолжения деятельности в долгосрочной перспективе.

Тем не менее в соответствии с мировой практикой страховая компания отдает все, что собирает, за вычетом своих расходов (комиссионные на оформление договора и др.), механизмом извлечения ею прибыли является не разница между накопленными страховыми взносами и страховыми выплатами. В соответствии с принципами организации суть страхования заключается в том, что страховщик, исходя из актуарных расчетов, собирает взносы, равные по сумме выплатам в расчете на временной период, в рамках которого вероятность возникновения страхового случая является стабильной величиной, а прибыль извлекает за счет доходного инвестирования больших объемов временно свободных денежных средств. Поэтому в идеале эффективность страхования приближается к единице, оставаясь все же меньше ее.

2. Займ на покрытие ущерба предоставляется под проценты, т.е. $\Delta R_b = c_b/(1+r)$, где r — годовая процентная ставка. Тогда экономическая эффективность возмещения за счет заимствования в соответствии с уравнением (5) $\eta_3 = 1/(1+r)$. Так, если $r = 10\%$, то $\eta_3 = 0,9$.

3. Создание финансовых резервов в организации на покрытие возможного ущерба приводит к недополучению доходов от возможного их альтернативного применения, так как, будучи положенными в банк на депозит, они принесли бы проценты. Поэтому в первом приближении экономическая эффективность возмещения за счет резервов составит $1/(1+r) < 1$.

В реальности создаваемые резервы организация может держать в любых высоколиквидных (быстрореализуемых) активах (государственные бумаги, депозиты и др.), не теряя на возможном альтернативном вложении средств вовне. Тем не менее предприятию надо отвлекать большие средства, например, резервируя 100% суммы

для возможного покрытия аварии, в то время как большинство предприятий финансируют свою деятельность (оборотный капитал и, возможно, часть основного) за счет привлеченных средств. Следовательно, резервируя деньги в других активах, предприятие как минимум теряет на разнице ставок получения и предоставления кредита. Поэтому проще заплатить небольшую часть средств, например, 1% в качестве страховой премии, чтобы разделить свой риск с другими хозяйствующими субъектами. В этом отношении страхование представляет собой механизм перераспределения риска, который позволяет избежать создания больших финансовых резервов в рамках отдельных организаций.

4. Исключение, казалось бы, составляет безвозмездная помощь, оказываемая из бюджета, а также спонсорская помощь. Однако и в этом случае закон сохранения не нарушается, так как дополнительные расходы появляются у осуществляющей эту помощь социально-экономической системы: более высокого уровня или параллельной.

Взаимосвязь между показателями эффективности. Учитывая, что целевой функцией защиты от чрезвычайных ситуаций является повышение степени предотвращения, смягчения и возмещения ущерба, то степень (эффективность) защиты населения принятыми мерами оценивается отношением

$$\Xi = \Delta R / R,$$

где $\Delta R = \Delta R_{\text{п}} + \Delta R_{\text{АСФ}} + \Delta R_{\text{в}}$.

Так как реагирование на чрезвычайные ситуации осуществляется при условии, что последняя произошла (не предотвращена), то

$$\Xi = \Xi_{\text{п}} + (1 - \Xi_{\text{п}})\Xi_{\text{р}},$$

с учетом выражения (4)

$$\Xi = \Xi_{\text{п}} + (1 - \Xi_{\text{п}})[\Xi_{\text{АСФ}} + (1 - \Xi_{\text{АСФ}})\Xi_{\text{в}}]. \quad (6)$$

Результирующая экономическая эффективность затрат на защиту от чрезвычайных ситуаций оценивается соотношением

$$\eta = \frac{\Delta R_{\text{п}} + \Delta R_{\text{АСФ}} + \Delta R_{\text{в}}}{c}.$$

Соотношение для оценки η по частным эффективности с учетом доли произведенных соответствующих затрат имеет вид

$$\eta = \alpha_{\text{п}} \eta_{\text{п}} + \alpha_{\text{АСФ}} \eta_{\text{АСФ}} + \alpha_{\text{в}} \eta_{\text{в}}, \quad (7)$$

где $\alpha_{\text{п}} = c_{\text{п}}/c$, $\alpha_{\text{АСФ}} = c_{\text{АСФ}}/c$; $\alpha_{\text{в}} = c_{\text{в}}/c$.

Пример. Средняя эффективность затрат на превентивные меры составляет $\eta_{\text{п}} = 2$, экономическая эффективность действий аварийно-спасательных формирований $\eta_{\text{АСФ}} = 1$, эффективность возмещения $\eta_{\text{в}} = 0,8$. Доли затрат на предотвращение и реагирование соотносятся как 20:80%, при этом доли затрат на смягчение и возмещение одинаковы. Как изменится эффективность затрат на защиту от чрезвычайных ситуаций, если долю выделяемых ресурсов на превентивные меры увеличить до 80%?

Решение. Взвешенная эффективность затрат первого варианта защиты составляет

$$\eta_1 = 2 \cdot 0,2 + 0,4 \cdot 1 + 0,4 \cdot 0,8 = 1,12;$$

второго —

$$\eta_2 = 2 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,8 = 1,78.$$

Таким образом, эффективность затрат на защиту от чрезвычайных ситуаций за счет увеличения доли затрат на превентивные меры в общей структуре затрат увеличилась на $(\eta_2 - \eta_1)/\eta_1 \cdot 100 = 59\%$.

В связи с этим для выработки мер по совершенствованию Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и ее подсистем необходимо оценивать их эффективность. Целесообразно различать эффективность защиты от чрезвычайных ситуаций как степень достижения ее цели и экономическую эффективность затрат на защиту, осуществляемых в рамках соответствующих подсистем. Показатели эффективности и экономической эффективности защиты от чрезвычайных ситуаций имеют внутреннюю структуру, включающую взаимосвязанные показатели предупреждения чрезвычайных ситуаций и реагирования на уже произошедшие чрезвычайные ситуации. В последних в свою очередь целесообразно выделять показатели смягчения последствий и возмещения причиненного ущерба.

Оценки эффективности и экономической эффективности защиты от чрезвычайных ситуаций полезны для сравнительной оценки результатов работы близких по условиям функционирования подсистем Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и конкретной подсистемы в динамике во времени.

На основе предложенных показателей могут быть решены задачи оптимизации затрат на защиту, в частности, их рационального распределения на предупреждение чрезвычайных ситуаций и реагирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций. М., Деловой экспресс, 2000. 248 с.
2. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. М., Машиностроение, 1990.
3. Кочетыгов А.А. Финансовая математика. Ростов-на-Дону, Феникс, 2004. 480 с.
4. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М., Деловой экспресс, 2004.
5. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М., Деловой экспресс, 2004. 352 с.
6. Радаев Н.Н., Потапов Б.В. Распределение ресурсов территорий, направляемых на снижение рисков ЧС. — Управление риском, 2002, № 3, с. 23—26.
7. Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. М., Деловой экспресс, 2001.
8. Агапов А.М., Новиков Г.А., Макухин Д.В., Радаев Н.Н. Актуальные вопросы экологической политики Минатома России. Саров, ВНИИЭФ, 2003.

Поступила в Редакцию 23.01.06