

- провести корректировку исходных целей и стратегии решения задач анализа риска;
- провести сравнение опасностей различной природы и механизмов действия;
- провести классификацию и ранжирование потенциальных источников опасности (технологических объектов) по их вкладу в интегральные показатели риска предприятия (региона), а также анализ пространственно-временного распределения риска по территории вокруг объекта для различных субъектов;
- изучить механизм и исследовать (увидеть «изнутри») причинно-следственную логику возникновения и развития аварий, а также влияние на показатели риска различных факторов технологического, природного и социального характера;
- обеспечить направленное снижение рисков за счет оптимального управления технологическими (техническими) и организационно-методическими факторами воздействия (снижение вероятности, уменьшение величины ущерба) с учетом ограничений по ресурсам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий РФ от ЧС природного и техногенного характера. – М.: МЧС России, 2002.
2. Хенли Э., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
3. Евстафьев И.Б., Холстов В.И., Григорьев С.Г. Методические основы оценки аварийной опасности объектов по хранению и уничтожению химического оружия // В сб.: Проблемы безопасности ЧС. – 1992. – Вып. 3. – С. 2–15.
4. Харисов Г.Х. Обоснование затрат, выделяемых на предотвращение гибели людей при несчастных случаях, авариях, катастрофах, стихийных бедствиях // В сб.: Проблемы безопасности ЧС. – 1993. – Вып. 8. – С. 73.

Поступила 28.03.2008 г.

#### Ключевые слова:

Технологические объекты, оптимизация управления риском.

УДК 338.2:614.8

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Г.Н. Беляев

*Оценка риска на некоторой территории, включая расчеты возможного числа погибших (пострадавших) людей и экономических потерь, которые могут быть вызваны опасными явлениями, осуществляется на основе анализа опасности территории, угроз для людей и объектов, их уязвимости и возможного ущерба. В статье раскрываются понятие ущерба и методы его оценки от гипотетической и реальной аварии.*

Угроза для жизнедеятельности человека от техногенных опасностей реализуется в виде негативных воздействий [1, 2], возникающих в результате аварий и катастроф на объектах техносферы. Эти события непосредственно связаны с ущербом.

Согласно установившимся на настоящий момент времени представлениям *ущерб* – это результат негативного изменения состояния объектов вследствие каких-то событий, явлений, действий, выражающийся в нарушении их целостности или ухудшении других свойств, т. е. под ущербом понимаются фактические или возможные социальные и экономические потери (отклонение здоровья человека от среднестатистического значения: его болезнь или даже смерть, нарушение процесса нормальной хозяйственной деятельности, утрата того или иного вида собственности, других материальных или природных ценностей и т. д.), а также ухудшение окружающей человека среды [3, 4]. Понятие «последствия аварии» носит обобщенный, неэкономический характер, в то время как понятие ущерба – есть экономическая количественная величина,

которая должна представляться в стоимостном выражении. Иными словами, *ущерб* – это оцененные последствия. Оценка ущерба заключается в определении его величины в натуральном или денежном выражении (экономическая оценка ущерба).

Будем различать методы оценки ущерба от гипотетической и реальной аварии. Если рассматривается гипотетическая авария, то об этих видах ущерба говорят как о предполагаемых.

Для различных сценариев развития чрезвычайной ситуации (ЧС) расчетным методом получаются различные значения ущерба. В силу влияния на размер ущерба большого числа случайных факторов в задачах прогноза следует рассматривать случайную величину ущерба  $W$ , описываемую функцией распределения  $F(w) = P(W < w)$ .

Определение  $F(w)$  проводится стандартными методами математической статистики [5–9]. Статистические данные об ущербе в реальных ЧС на некотором временном интервале образуют выборку из некоторой генеральной совокупности и описываются статистической функцией распределе-

ния. Вследствие пока недостаточного объема зафиксированных статистических данных по ущербу в ЧС вид функций распределения  $F(w)$  пока не установлен.

Если речь идет о мерах защиты и оценке эффективности затрат на защиту, то все виды ущерба называются *предотвращенными*.

Математически предотвращенный ущерб определяется соотношением:

$$\Delta W = W_0 - W_1,$$

где  $W_0$  и  $W_1$  — ущерб до и после принятия мер защиты, соответственно.

При рассмотрении последствий аварии будем различать прямой, косвенный, полный и общий ущерб [10]. В первом приближении (верхняя оценка) ущерб от стихийного бедствия или аварии равен затратам на восстановление положения, существовавшего до их наступления.

Последствия аварии представляют собой цепь последовательных взаимосвязанных событий. Число звеньев в этой цепи может быть весьма велико. К прямым потерям (ущербу) относят разрушения, повреждения, негативные последствия воздействия поражающих и вредных факторов на объекты природы и народного хозяйства (земля, люди, растительный и животный мир, здания, сооружения, оборудование, сырье, посевы, скот и т. п.). Влияние этих же последствий на состояние и функционирование других объектов природы и народного хозяйства (не подвергшихся прямому воздействию поражающих факторов) относят к косвенному ущербу (потерям).

Таким образом, под *прямым ущербом* в результате аварии понимаются потери и убытки всех представляющих интерес для жизнедеятельности человека объектов, которые попали в зону действия поражающих и вредных факторов опасного явления. Они складываются из ущерба здоровью людей, невозвратных потерь основных фондов, оцененных природных ресурсов в сфере интересов человека и убытков, вызванных этими потерями, т.е. недобора предприятиями прибыли, государством — различных налогов и страховых выплат и пр.

*Косвенный ущерб* от стихийного бедствия или аварии — это потери, убытки и дополнительные затраты, которые понесут объекты, не попавшие в зону действия негативных факторов опасного явления и вызванные нарушениями и изменениями в сложившейся структуре хозяйственных связей, инфраструктуре, а также потери (дополнительные затраты), вызванные необходимостью проведения мероприятий по ликвидации последствий аварии. Чаще всего в циклах генерирования косвенного ущерба проявляются все группы последствий. На уровне государства, регионов и производств проявляется цепочечный косвенный риск, изображаемый как «дерево рисков» с количеством циклов  $m \rightarrow \infty$ . Практически целесообразен учет не более 6–10 ци-

клов [11], т. к. анализ последовательности взаимосвязанных событий при возникновении ЧС показывает, что по мере продвижения по их цепочке, во-первых, ослабевает влияние исходного события, и, во-вторых, возрастают трудности оценки косвенного ущерба. Исходя из этих соображений в качестве оценки косвенного ущерба часто используется экспертная оценка в долях от прямого ущерба без детализации и анализа отдельных составляющих.

*Полный ущерб* является суммой прямого и косвенного ущербов. Полный ущерб определяется на конкретный момент времени и является промежуточным по сравнению с *общим ущербом*, который определится количественно в отдаленной перспективе [12]. Необходимость рассмотрения распределенных во времени или отдаленных проявлений ущерба особенно важна для аварий, связанных с воздействием на компоненты окружающей среды.

По объекту воздействия негативных факторов различают следующие виды ущерба:

- жизни и здоровью конкретных людей (медико-биологический), который определяется конкретными нарушениями для их здоровья, приводящими для некоторой их общности к социальным потерям и, в итоге, сокращению средней ожидаемой продолжительности предстоящей жизни [13];
- социально-экономической системе (социально-экономический), который состоит в утрате того или иного вида собственности, затратах на переселение людей, выплате компенсаций пострадавшим, упущенной выгоде от незаключенных и расторгнутых контрактов, нарушении процесса нормальной хозяйственной деятельности, ухудшении условий жизнедеятельности людей и т. д.;
- природной среде (экологический) — ухудшение природной среды или затраты на ее восстановление, потеря народнохозяйственной ценности территорий или затраты на ее реабилитацию и другие.

Сложность расчета ущерба требует учета специфики решаемых с его помощью задач. Наиболее часто решаются две задачи обоснования:

- предпринимаемых мер защиты;
- размеров возмещаемого ущерба.

Средний ущерб от ЧС можно установить по статистическим данным [14]. Например, средний ущерб от одной ЧС техногенного характера составил в 2000 г. 27,8 млн р. [16]. Для редких событий средний ущерб можно оценить по расчетным данным для различных сценариев инициирования и развития ЧС и последующего усреднения с учетом весов сценариев.

Оценка риска возникновения ущерба на некоторой территории обычно включает расчеты возможного числа погибших (пострадавших) людей и экономических потерь, которые могут быть вызва-

ны опасными явлениями. Она осуществляется на основе анализа опасности территории, угроз для людей и объектов, их уязвимости и возможного ущерба. Вначале проводится сбор данных и составляются каталоги опасных явлений, встречающихся на изучаемой территории. Определяются их наиболее опасные типы, частоты проявления, физические параметры. Затем составляют карты природных и техносферных опасностей, отражающие частоты реализации опасных явлений фиксированной силы. В зависимости от целей и задач карты могут иметь масштаб от глобального до локального. Далее анализируется относительное положение источников опасности и объектов воздействия их поражающих и вредных факторов, а затем уязвимость среды к опасным явлениям разной разрушительной силы. На уязвимость среды влияют защищенность и стойкость элементов техносферы (гражданских, промышленных объектов, жилых зданий, транспортных магистралей и т. д.).

Анализ [16] показывает, что риск оценивается по показателям опасности, угрозы, уязвимости среды при авариях и возможных последствий стихийных бедствий (катастроф). Перечисленные частные показатели и риск как их интегральное выражение являются характеристикой рассматриваемой территории и могут быть отражены на картографической основе, отражающей территории (участки) различной степени риска. Карты инди-

видуального риска для населения представляют в виде изолиний, соединяющих точки с равными значениями индивидуального риска. В заключение отметим, что с помощью карт риска можно решать ряд практически важных задач управления риском и планирования социально-экономического развития региона (области, района, города):

- определения риска от отдельных опасностей и интегрального риска для населения рассматриваемой территории;
- сравнения территорий по безопасности жизнедеятельности в интересах рационального распределения ресурсов на снижение рисков и смягчение последствий ЧС;
- выявления территориальных зон, находящихся в области чрезмерного риска для первоочередного принятия мер защиты;
- отнесения объектов – источников техногенной опасности к числу объектов, подлежащих лицензированию и декларированию промышленной безопасности;
- анализа структуры риска и выделения наиболее критичных составляющих;
- распределения и нормирования требований к основным влияющим факторам, в частности, уровням стойкости и защищенности объектов, обеспечивающих снижение уровня риска до приемлемого уровня и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Н.А. Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты. – М.: Мысль, 1988.
2. Арнольд В.И. Теория катастроф. – М.: Наука, 1990.
3. Воробьев Ю.В. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков ЧС. – М.: ФИД «Деловой экспресс», 2000. – 248 с.
4. Кузнецов И.В., Писаренко В.Ф., Родкин М.В. К проблеме классификации катастроф: параметризация воздействий и ущерба // Геоэкология. – 1998. – № 1. – С. 6.
5. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1981. – 351 с.
6. Вопросы математической теории надежности / Под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Радио и связь, 1993. – 376 с.
7. Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. Малая выборка. – М.: Статистика, 1978. – 248 с.
8. Кокс Д., Хинкли Д. Теоретическая статистика: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 560 с.
9. Современные математические методы анализа и синтеза сложных систем. Под ред. В.В. Блаженкова. – М.: МО СССР, 1984. – 397 с.
10. Воробьев Ю.Л. Россия на пути к устойчивому развитию: состояние природно-техногенной безопасности, способы ее

обеспечения // В сб.: НПК «Совершенствование защиты населения и территорий от ЧС». – Новосибирск, 2003.

11. Котик М.А., Емельянов А.М. Ошибки управления. Психологические причины. Метод автоматизированного анализа. – Таллин: Vagus, 1985. – 391 с.
12. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: Теория и практика. – М.: Лукойл, 2000. – 185 с.
13. Tengs C.L., Adams M.E., Pliskin et al. Five Hundred Life Saving Interventions and the Cost Effectiveness. Harvard Center for Risk Analysis, Garvard School of Public Health, Boston, MA, July 1994.
14. Ежегодный государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий РФ от ЧС природного и техногенного характера. – М.: МЧС России, 1996–2005 гг.
15. Положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Утверждено Постановлением Правительства РФ № 1094 от 13.9.1996 г.

*Поступила 28.03.2008 г.*

#### Ключевые слова:

Техногенные чрезвычайные ситуации, оценка ущерба.