

УДК 504.064.36:004.02

И. С. СКАРГА-БАНДУРОВА, А. И. РЯЗАНЦЕВ*Технологический институт Восточноевропейского национального университета им. В. Даля (г. Северодонецк), Украина***МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА**

В статье представлена формализация моделей оценки региональных экологических рисков, вызванных превышением допустимых норм загрязнения окружающей среды. Обоснована необходимость учета стохастической и детерминированной компонент угроз экологической безопасности, связанных с функционированием на территории региона техногенных объектов. Предложена модель оценки экологической безопасности региона, обеспечивающая определение основных показателей экологического риска. Представлена последовательность рискового мониторинга и принятия решений по управлению экологической безопасностью региона.

Ключевые слова: экологическая безопасность, риск, регион, модель, окружающая среда, технология.

Введение

Региональная безопасность – системное свойство региона, позволяющее ему сохранять устойчивость состояния и развития в условиях столкновения экологических и экономических интересов, возникновения противоречий между промышленностью региона и природой, в условиях неопределенности. Устойчивость характеризуется способностью эффективно использовать, автономно видоизменять ресурсы своего развития, непрерывно наращивать показатели своего положительного изменения, не увеличивая или минимизируя затраты базовых, невозобновляемых ресурсов [1]. В соответствии с приведенными определениями, региональный мониторинг включает два основных направления деятельности: сбор данных, оценку фактического состояния окружающей природной среды и расследование причин возникновения неблагоприятных ситуаций. Однако в столь узком подходе к проблеме экологического мониторинга региона кроется причина принципиальной невозможности решения задач генезиса и прогнозирования состояния неблагоприятных ситуаций регионального уровня в перспективе их развития. Расширение горизонтов проблемы на оценку экологической безопасности промышленного региона дало бы возможность решать задачи не только расследования причин возникновения неблагоприятных ситуаций или аварий, прогнозировать состояние объекта в будущем, но и оперативно оптимизировать параметры объектов с учетом многочисленных особенностей каждого из предприятий региона.

Оценка риска является эффективным механизмом обоснования защитных мероприятий на уровне

предприятия, но не позволяет обосновать использование отдельных решений на региональном уровне, что в свою очередь, вызывает необходимость учета как рисков, так и постоянной составляющей опасности. Основными задачами такой оценки на региональном уровне является установление:

- наиболее опасных, с точки зрения техногенного влияния, территорий;
- источников финансирования для снижения существующего и потенциального ущерба;
- последовательности реализации мероприятий по защите населения и объектов региона.

1. Детерминированная составляющая

Детерминированная составляющая D_n учитывает убытки, наносимые региону в результате хозяйственной деятельности предприятий в пределах допустимых лимитов, и представлена в виде отображения суммарного экономического ущерба региона U^D ($\Psi: D_n \rightarrow U^D$).

Детерминированными потерями, которые отражают характерную негативную нагрузку региона от существующих на территории источников загрязнения можно считать сумму ущерба по всем источникам загрязнения, выявленным в период t_s (период времени, в течение которого проводится анализ):

$$U^D = \sum U_{se} \cdot K + \sum U_{in} \cdot R_{in} + \sum U_{tr} \cdot S_{tr}, \quad (1)$$

где U_{se} – удельные убытки промышленности;

K – стоимость основных промышленных фондов;

U_{in} – удельный ущерб, нанесенный здоровью населения, проживающего на территории региона;

R_{in} – численность населения в зоне влияния предприятия;

U_{tr} – удельный ущерб природно-ресурсной среде;
 S_{tr} – площадь территории находящейся под постоянным воздействием негативной техногенной нагрузки.

Для последующего сравнения с показателями стохастического техногенного риска, необходимо согласовать период t_s со временем, используемым при определении показателей техногенного риска.

С этой целью использован коэффициент $r = \frac{T_n}{t_s}$, где T_n – период нормирования для параметров

техногенного риска (обычно используется период в один год). Тогда нормированная величина негативной нагрузки региона может быть записана в виде:

$$U_n^D = r \cdot U^D. \quad (2)$$

2. Стохастическая составляющая

При управлении безопасностью промышленного региона необходимо учитывать опасные явления, реализация которых маловероятна, но последствия значительны. С точки зрения вышеизложенного, стохастическая составляющая характеризуется экстремальными событиями и представлена следующим образом.

Пусть A_j ($j = 1, \dots, m$) – опасные техногенные процессы в регионе, $P(A_j)$ – их вероятности. При хозяйственной деятельности производства в исследуемом регионе возможны n опасных ситуаций $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_n$ ($i = 1, \dots, n$) с различными последствиями и вероятностью их реализации $q_i = P(\Theta_i)$. Тогда условная вероятность наступления неблагоприятного события с такими последствиями $P(\Theta_i/A_j)$ при реализации j -го опасного техногенного процесса может быть вычислена с помощью модели непревышений [2]:

$$q_j(U_j^p) = P(U_{krj}^p < U_j^p), \quad (3)$$

где U_{krj}^p – случайная величина предельной (или критической) нагрузки, при которой еще не наступает рассматриваемый вид ущерба, характеризующей устойчивость (или уязвимость) региона к j -й нагрузке.

Для оценки стохастической составляющей угрозы экологической безопасности используется количественная мера, которая представляет собой риск аварий для каждого объекта повышенной опасности с вероятностью их реализации q_j :

$$R = \sum_{j=1}^m q_j \cdot U_j^p, \quad (4)$$

Суммарные потери стохастических событий характеризуются таким показателем как ожидаемый ущерб, или математическим ожиданием потерь, определяемым как произведение возможного ущерба от элементарного события на вероятность того, что такое событие произойдет. Вероятность событий определяется на основе анализа риска (например, методом ФТА – деревьев неисправностей).

3. Последовательность рискового мониторинга

Последовательность рискового мониторинга и принятия решений по управлению риском представлена на рисунке 1. Сопоставление ожидаемого ущерба с допустимым уровнем ущерба, который устанавливается на основании экспертных оценок, позволяет делать вывод о приемлемости текущего экологического риска региона. Суммарные ожидаемые потери не должны превышать допустимого значения.

В результате сортировки показателей возможного и произведенного ущербов выделяются списки ущербов, суммарное значение которых приводит к неприемлемому итоговому риску [3]. Списки сортируются по убыванию коэффициента влияния (определяются на основании коэффициентов значимости (Бирнбаума и др.)).

Методы определения коэффициентов выбираются экспертом на основании методик, изложенных в [4]. Для всех выделенных ущербов создаются списки событий и объектов, для которых получены неприемлемые риски.

Далее реализуется процедура минимизации затрат на реализацию решений. Для реализации алгоритма минимизации в качестве входных данных используется функция решений:

$$De = \langle \vec{S}_j, \vec{P}_j^*, \vec{E}_j \rangle \quad (5)$$

где \vec{S}_j – список технических предложений, направленных на снижение техногенного риска или выбросов j -го техногенного процесса;

\vec{P}_j^* – вектор вероятностей реализации отрицательных результатов при использовании принятых решений;

\vec{E}_j – вектор затрат (в денежных единицах), необходимых на реализацию решений.

Любой набор сочетаний таких предложений должен выбираться таким образом, чтобы параметры не превышали предельно допустимых значений и сравнительные характеристики выбранных решений соответствовали критериям минимизации затрат.

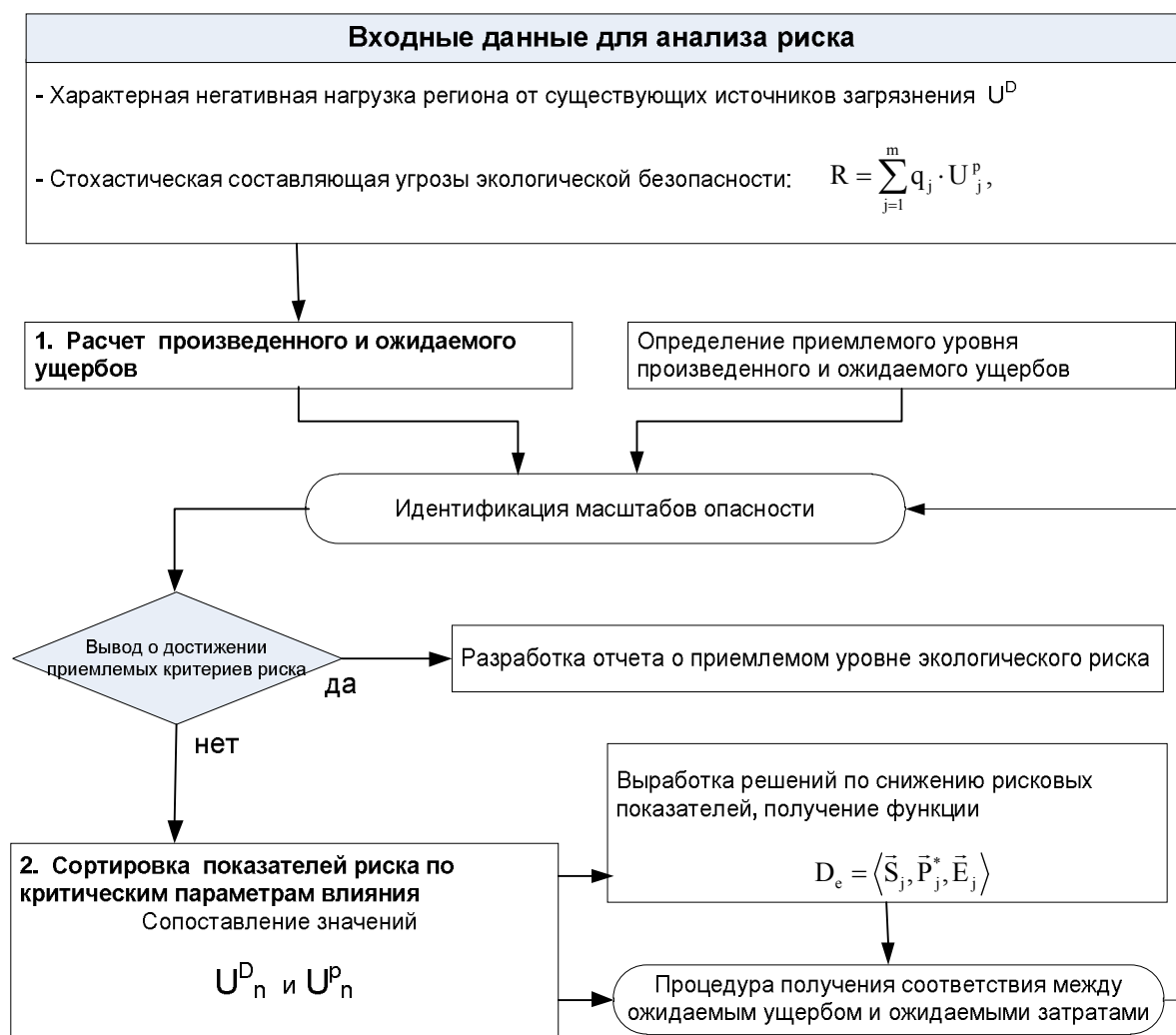


Рис.1. Последовательность оценки регионального экологического риска

Функция решений D_e представлена множеством технических предложений \bar{S}_j , имеющим собственную стоимость \bar{E}_j и изменяющих вероятность негативных исходов до уровня \bar{P}_j^* . Любой набор сочетаний таких предложений должен выбираться таким образом, чтобы:

- параметры функций не превышали предельно допустимых значений;
- сравнительные характеристики выбранных решений соответствовали критериям минимизации затрат.

Последовательный перебор всех возможных исходов, вызванных реализацией решений, дает итоговое предполагаемое значение ожидаемого ущерба. В связи с тем, что набор предлагаемых решений невелик (несмотря на множество рассматриваемых источников опасности), можно не использовать более сложные методы поиска оптимального набора (например, навигация по множеству Парето).

В качестве ограничений для оптимизации принятия решений, возможно использование следующих условий:

1. Все i -е компоненты вектора \bar{P}_j^* (значение вероятности реализации негативных исходов с учетом предлагаемых решений) не должны превышать предельно допустимое значение вероятности реализации негативных последствий P_{md} :

$$\max P_{ji} < P_{md}. \quad (6)$$

Величина P_{md} может устанавливаться на основе действующего законодательства и существующих нормативных документов [5] или получаться в результате согласования действующих субъектов региона и местных властей;

2. Суммарный детерминированный и ожидаемый ущерб не должен превышать допустимый ущерб в течение времени нормирования T_n :

$$(U_n^D + U^P) < G_{md}. \quad (7)$$

Значение G_{md} определяется экспертами с использованием нормативных показателей государственного стандарта и экономически обоснованной экспертизы [6], а также актуарных расчетов, отображающих надежный уровень финансового обеспечения восстановительных мероприятий в случае реализации анализируемых стохастических и детерминированных негативных техногенных ситуаций.

3. В пределах выполнения вышеизложенных условий, основной целью минимизации затрат при принятии решений является достижение минимального по стоимости набора решений, достаточного для удовлетворения вышеизложенных ограничений.

4. Необходимые суммарные затраты, связанные с внедрением набора решений не должны превышать приемлемого уровня ущерба G_{md} . Иначе затраты на достижение безопасной эксплуатации производственных объектов региона могут превышать экономический ущерб, обусловленный хозяйственной деятельностью. Такая ситуация экономически нецелесообразна.

Очевидным является то, что превышение затрат на повышение безопасности над уровнем ожидаемого ущерба не является рациональным. Поэтому, в частном случае, при котором возможно превышение стоимости набора решений, направленных на повышение региональной безопасности, принятие решений может быть пересмотрено в пользу усиления ликвидационных мер и штрафов за превышение загрязнения окружающей среды.

В силу сказанного следует отметить, что наиболее трудная методологическая и технико-технологическая проблема – это разработка и оценивание коллективом экспертов различных сценариев повышения безопасности региона.

Представленный выше метод позволяет ограничить набор предлагаемых решений функции D_c областью мер, стоимость которых удовлетворяет условиям экономической целесообразности. Однако полученный ограниченный список решений может являться предметом дальнейшей более углубленной оптимизации при необходимости существенной экономии средств. Основными показателями предлагаемых элементов решений являются стоимость, надежность и эффективность.

Метод поиска удовлетворительного решения содержит следующие этапы:

1. Для решений \vec{S}_j проверяется выполнение условий ограничения по надежности оборудования ($P_{в}^{об} \geq P_{в.задан.}^{об}$) и эффективности средств защиты.

2. Каждому верхнему событию дерева отказов устанавливается предельно допустимое значение

критерия надежности – вероятность реализации верхнего события $P_{ав}^{задан.}$. Превышение этого значения является недопустимым и ограничивает выбор по критерию надежности.

3. Для каждого дерева отказов, в котором присутствуют анализируемые предложения по средствам защиты и управления, проводится сортировка матрицы элементов, представляющей собой массив альтернативных решений, по возрастанию вероятности отказа элементов. Верхняя строка матрицы содержит набор элементов, обладающих наибольшей надежностью. Подстановка данного набора в соответствующее ему дерево отказов позволяет вычислить вероятность верхнего события дерева и сравнить его с предельно допустимым.

Если значение вероятности верхнего события меньше допустимого, то решение задачи существует. В противном случае – отсутствует и необходима дополнительная проработка технических решений.

4. В полученном на предыдущем этапе наборе решений выбирается минимальный по стоимости.

Заключение

Найденное решение не является безальтернативным, однако на практике отклонение итогового значения целевой функции от оптимального решения, как правило, несущественно. Обычно стоимость предлагаемых решений, направленных на выполнение приблизительно одинаковых функций и имеющих близкие показатели надежности, мало отличается друг от друга. Поэтому применение описанного метода позволяет в автоматическом режиме принять решение о выборе средств защиты и управления.

Литература

1. Шовгенов, Т. М. Основные аспекты устойчивости региональных социально-экономических систем [Электронный ресурс] / Т.М. Шовгенов // Региональная экономика и управление: электр. науч. журн. – 2007. – №3 (11). – Режим доступа: <http://region.mcnip.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=129> – 25.02.2014.
2. Минаев, В. А. Оценка геоэкологических рисков [Текст] / В. А. Минаев, А. О. Фадеев. – М. : Финансы и стат., ИНФРА-М. – 2009. – 336 с.
3. Рязанцев, А. И. Метод оценки техногенного риска в информационной системе экологической безопасности региона [Текст] / А. И. Рязанцев, И. С. Скарга-Бандурова, М. В. Нестеров // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2013. – № 5(64). – С. 88-95.

4. Владимиров, В. А. Оценка риска и управление техногенной безопасностью. Монография [Текст] / В. А. Владимиров, В. И. Измалков, А. В. Измалков. – М. : ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 184 с.

5. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [Електронний ресурс] / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 15, ст. 73. – Ре-

жим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2245-14> – 25.02.2014.

6. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [Текст] / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст. 546 : Верховна Рада України. – Офіц. вид-во. – К. : Парлам. вид-во. 2009. – 32 с.

Поступила в редакцію 25.02.2014, рассмотрена на редколлегии 25.03.2014

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Е. В. Брежнев, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ

І. С. Скарґа-Бандурова, О. І. Рязанцев

У статті представлена формалізація методів оцінки регіональних екологічних ризиків, викликаних перевищенням допустимих норм забруднення навколишнього середовища. Обґрунтовано необхідність врахування стохастичною і детермінованою компонент загроз екологічної безпеки, пов'язаних з функціонуванням на території регіону техногенних об'єктів. Запропоновано модель оцінки екологічної безпеки регіону, що забезпечує визначення основних показників екологічного ризику. Представлена послідовність ризикового моніторингу та прийняття рішень з управління екологічною безпекою регіону.

Ключові слова: екологічна безпека, ризик, регіон, модель, навколишнє середовище, технологія.

THE MODELS FOR EVALUATING ENVIRONMENTAL SECURITY OF REGION

I. S. Skarga-Bandurova, A. I. Ryazantsev

The article presents the formalization of methods to assess regional environmental risks caused by excessive pollution standards environment. The necessity of taking into account the stochastic and deterministic components of environmental security threats associated with operating in the region of man-made objects. We propose a model for assessing the ecological security of the region which provides the definition of the main indicators of environmental risk. The sequence of risk monitoring and management decision-making ecological security of the region is presented.

Key words: environmental security, risk, region, model, environment, technology.

Скарґа-Бандурова Інна Сергеевна – канд. техн. наук, доцент, доц. кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інститута Восточноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк, Україна, email: skarga_bandurova@ukr.net.

Рязанцев Александр Иванович – д-р техн. наук, професор, зав. кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інститута Восточноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк, Україна, email: a_ryazantsev@mail.ru.