

**Т.В. БОЙКО**, канд. техн. наук, НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ОСНОВЕ ИНДЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

В статті розглянуто особливості отримання кількісних оцінок екологічного ризику на основі розробки системи індексів, які відповідають етапу проектування техногенного об'єкта. Представлений приклад доводить можливість використання розробленого алгоритму трансформації отриманих індексних оцінок у імовірнісні.

In the article the features of receipt of quantitative estimations of ecological risk are considered on the basis of development of the system of indexes which answer the stage of planning of technical object. The presented example is proved by possibility of the use of the developed algorithm of transformation of the got index estimations in probabilistic.

### **Введение.**

Стратегия устойчивого развития общества предполагает оценку безопасности промышленных предприятий с целью предотвращения возможных аварий и минимизации вреда для окружающей природной среды и человека в случае их возникновения.

Значительное место в проблеме обеспечения промышленной и экологической безопасности занимает оценка безопасности.

Для этого используются количественные показатели, которые предоставляют возможность проводить обоснованный анализ и принимать решение относительно техногенной безопасности промышленного объекта.

Риск, в общем случае, определяется как многомерный вектор, или, многокомпонентный фактор, включающий в себя несколько показателей, которые оценивают категории и вероятности последствий [1].

Экологический риск, в свою очередь, является оценкой нарушения динамического равновесия в экологических системах, которое приводит к изменению параметров характеристик их абиотических и биотических составляющих в результате природных процессов или техногенной деятельности.

Определение экологического риска включает функционально связанные части такие, как информационный ресурс и возможность сопоставления с оценками, полученными другими способами.

Поскольку экологический риск своим происхождением обязан хозяйст-

венной деятельности человека, то он напрямую связан с условиями функционирования и состоянием техногенных объектов.

Учитывая особенности жизненного цикла техногенного объекта принципиальное значение имеет этап, на котором он находится: проектирование; регламентная эксплуатация; аварийная ситуация; утилизация.

При этом необходимо выделять следующие этапы формирования количественных оценок экологических рисков: определение структуры экологического риска; формирование эталонов состояния природной среды; составление системы количественных показателей; разработка формы агрегированной информации для принятия управленческих решений; формирование алгоритмов трансформации полученной количественной оценки в другие системы показателей.

Непосредственно количественный показатель определяется методом, который выбирается для применения.

Для решения этих проблем используют методы математической статистики, теории вероятности, экспертные системы, индексные показатели, методы и модели искусственного интеллекта.

Определяющим является то, какая исходная информация имеется (количественная или качественная), и какая неопределенность ей присуща.

Преимуществами индексных методов являются использования безразмерных индексных оценок, которые значительно упрощает использование таких методов и уменьшает сложность вычислений.

Использование индексного подхода позволяет оценивать вклад того или другого аспекта деятельности предприятия в опасное влияние на окружающую среду в целом или по отдельным компонентам природной окружающей среды [2 – 5].

**Алгоритм применения индексного метода для оценки экологического риска при проектировании объекта.** Если рассматривать индекс не как цель расчета показателей, а меру отклонения от уровня, принятого за эталон (или базовый), то можно получить довольно стройную систему количественных оценок [2 – 5].

Основой системы количественных оценок были приняты индексы.

Так на этапе проектирования основной концепцией, реализуемой на практике, является ОВОС (оценка воздействий на окружающую среду).

Как показано в [3] структура экологического риска при проектировании объектов хозяйственной деятельности включает: оценку риска планируемой деятельности относительно природной среды; оценку риска относительно здоровья человека; оценку социального риска.

При оценке риска планируемой деятельности относительно природной среды использовался принцип формирования эталонов состояния в соответствии с действующими нормативами.

Следует отметить, что по уровню опасности различают: неприемлемый – уровень риска  $> 10^{-6}$ ; приемлемый –  $10^{-6} \geq \text{уровень риска} \geq 10^{-8}$ ; безусловно приемлемый – уровень риска  $< 10^{-8}$  [1].

Можно предложить следующую последовательность системы количественных оценок для принятия решения о приемлемости проекта и управлением безопасностью как завершающую стадию ОВОС, обоснованную в работах [2 – 4].

Практика настоящего относительно проведения оценки влияния техногенного объекта на окружающую среду – это определение интегральных показателей, таких как: кратность превышения показателей загрязнения атмосферы к нормативному значению; индекс загрязнения вод; суммарный показатель загрязнения почвы.

По этим показателям определяется экологическая опасность объекта, который проектируется, но прогнозный уровень экологического риска остается неопределенным.

Нужно заметить, поскольку интегральные показатели чаще аддитивные функции, то индексным оценкам (комплексным показателям) присуща зависимость от выбранных единиц [3].

Удобным способом построения обобщенного критерия является функция желательности.

Функция желательности удобна тем, что имеет такие свойства как непрерывность, монотонность и гладкость.

В основе построения этой обобщенной функции заключается идея преобразования натуральных значений отдельных критериев (показателей) в безразмерную шкалу желательности или преимущества.

Ее назначение – установление соответствия субъективных оценок некоторым числовым отметкам единой шкалы желательности.

Шкала желательности имеет интервал от нуля до единицы.

Перерасчет отдельного показателя качества в функцию желательности выполняется по соответствующим зависимостям.

В расчетах функции желательности использовалась следующая зависимость:

$$d_j = e^{-(e^{-y_j})}, \quad (1)$$

где  $d_j$  – функция желательности для  $j$ -го индекса загрязнения окружающей природной среды;  $y_j$  – некоторая безразмерная величина, которая связана с особенностями техногенного объекта и определяется по формуле (2):

$$y_j = \frac{2 \cdot I_j - \left[ \max\left(\frac{P_{fi}}{P_{ni}}\right) + \min\left(\frac{P_{fi}}{P_{ni}}\right) \right]}{\left[ \max\left(\frac{P_{fi}}{P_{ni}}\right) - \min\left(\frac{P_{fi}}{P_{ni}}\right) \right]}, \quad (2)$$

где  $I_j = F_j(P_{fi}/P_{ni})$  – значение индекса загрязнения  $j$ -го компонента окружающей природной среды, который определяется как функция  $F_j$  отношения фактического значения  $P_{fi}$  показателя  $i$ -го загрязняющего вещества (например, фактическое содержание оксида углерода в атмосфере) к нормативному значению  $P_{ni}$  (предельно допустимой концентрации).

Для установления связи индексов с уровнем экологического риска в вероятностном измерении, который определяется для объекта хозяйственной деятельности при проектировании, использовался регрессионный анализ, как показано в [3, 4], а именно, фактические значения рассчитывались по функциональной зависимости (3):

$$risk_i = a \cdot e^{b \cdot d_i}, \quad (3)$$

где определенные  $a = 4,99 \cdot 10^{-6}$ ,  $b = -7,557$ .

На основе полученного значения принимается решение в приемлемости проектного решения по данному компоненту окружающей природной среды.

**Определение экологического риска при проектировании процесса конверсии оксида углерода.** При проектировании объектов в химической промышленности необходимо провести оценку возможного их влияния на окружающую природную среду.

Рассматривался процесс конверсии оксида углерода в агрегате с каталитической конверсией природного газа под давлением 2,0 МПа (по схеме: конвертор оксида углерода I ступени; испаритель; конвертор оксида углерода II ступени), для которого характерно присутствие оксидов углерода и метана как загрязнителей атмосферы.

Так, как показано в работе [5], для оценки экологической безопасности процесса использование различных методик [6, 7] дает различный результат, переход к безразмерной единой шкалы на основе функции желательности позволяет исключить противоречие, а применение выше представленного алгоритма позволяет получить и вероятностные оценки экологического риска.

Основные результаты представлены в таблице.

Таблица

Сопоставление результатов расчета при оценке экологического риска процесса конверсии оксида углерода

Исследуемый процесс, этап жизненного цикла	Результаты оценки по [6]	Результаты оценки по [7]
Конверсия оксида углерода, проектирование	Основные показатели	
	суммарный показатель загрязнения составляет 326,64; предельно допустимое загрязнение равно 100 кратность превышения равно 3,26	индекс загрязнения атмосферы составляет 4,99
	Степень опасности:	
	умеренно опасный объект	ниже среднего
	Уровень загрязнения:	
	Недопустимый	Не оценивается
Значение функции желательности на основе обобщенного показателя по формуле (1)	0,34	0,39
Оценка риска воздействия на атмосферу по формуле (3)	$3,821 \cdot 10^{-7}$ Уровень риска приемлемый	$2,619 \cdot 10^{-7}$ Уровень риска приемлемый

Исследуемый процесс по степени опасности и уровню риска относится к такому, к которому должны быть применены мероприятия, направленные на снижение концентраций загрязняющих веществ.

### **Выводы.**

Анализ экологического риска как системы качественных и количественных показателей техногенного объекта, которая характеризует его влияние на компоненты окружающей среды, позволило применить индексные оценки как меру отклонения от эталона или нормы соответствующей характеристики.

Преимуществом применения индексов является наличие исходных данных, простота расчетов, а также возможность использования уже существующих методик с приведением к единой шкале и обеспечение достаточного уровня агрегирования информации для принятия решения, а также установление связи с показателями, полученными другими методами.

Разработанный алгоритм трансформации индексных оценок в вероятностные дает непротиворечивые результаты.

**Список литературы:** 1. Алымов, В.Т. Техногенный риск. Анализ и оценка / В.Т. Алымов, Н.П. Тарасова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 118 с. 2. Бойко Т.В. К вопросу определения рисков при оценке воздействий техногенных объектов на окружающую среду / Т.В. Бойко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Технология неорганических и органических веществ и экология. – 2008. – № 4/6 (34) – С. 37 – 41. 3. Бойко Т.В. Кількісні показники оцінки техногенної безпеки об'єктів / Т.В. Бойко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии. – 2009. – № 1/2 (37). – С. 14 – 17. 4. Бойко Т.В. Особливості використання метода «індекс-ризик» для оцінки техногенної безпеки об'єктів / Т.В. Бойко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии. – 2009. – № 6/5 (42). – С. 44 – 47. 5. Статюха Г.А К вопросу оценки экологической безопасности объектов химической технологии при проектировании / Г.А. Статюха, Т.В. Бойко, А.А. Иццишина // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного університету (технічні науки). «Тематичний випуск. Сучасні проблеми технології неорганічних речовин». – 2008. – С. 121 – 124. 6. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я № 30 (v 0030282-00) від 23.02.2000): ДСП-201-97. – Офіц. вид. – К.: М-во охорони здоров'я України, 2000. – 104 с. 7. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186-89. – М.: Госкомгидромет СССР. – 1991. – 683 с.

*Поступила в редколлегию 22.03.10*