



УДК 519.8:502.5 + 614.7:0.49.3:621.311.22

Г.Д. КОВАЛЕНКО, д-р ф.-м.н., профессор, **А.В. ПИВЕНЬ**, аспирант

Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем (УкрНИИЭП), г. Харьков

НОВЫЙ ПОДХОД К КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ЧЕЛОВЕКА*

Обосновано применение системного многокритериального анализа для комплексной оценки экологического риска как для человека, так и для окружающей природной среды при воздействии предприятий топливно-энергетического комплекса (в основном – тепловых электростанций). Предложена структурная модель реализации экологического риска. Усовершенствован метод «блок-схем» и использован метод анализа иерархий, что позволило выделить ранее недостаточно изученную эмерджентную составляющую при комплексном воздействии радиационных и химических факторов.

системный анализ, модель реализации экологического риска; радиационная, химическая и эмерджентная составляющие

При исследовании экологического риска от воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса выявлено ряд недостатков как в теоретическом, так и в методологическом плане [1]. Существуют противоречия и разночтения в интерпретации термина «экологический риск», а также разногласия в определении сущности экологического риска и методах его оценивания [2].

Термин «экологический риск» в исследованиях А.В. Яблокова [3] используется в более узком смысле – как риск для биоты экосистем и оценка риска потери генетического разнообразия. В работе В.Н. Жукинского [4] выделено два подхода к оценке экологического риска: экосистемный (объекты риска при воздействии неблагоприятных антропогенных и природных факторов – это

*Статья опубликована по материалам XVII Международной научно-практической конференции «Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов», г. Щелкино, АР Крым, 2009 г.

© Г.Д. Коваленко, А.В. Пивень

окружающая природная среда и естественные экологические системы с их абиотическими и биотическими компонентами); и санитарно-гигиенический, определяющий организм человека как главный объект риска от воздействия неблагоприятных факторов среды, чаще всего – антропогенного происхождения.

В публикации секретариата Европейской экологической комиссии ООН отмечено, что при оценке воздействия на окружающую среду необходимо учитывать потенциальный риск для экосистем [5]. В соответствии с Законом Украины «Об экологической экспертизе» [6], необходимым требованием является количественная и качественная оценка уровней экологического риска всех видов запланированной деятельности, которые могут воздействовать на окружающую природную среду. Следует отметить, что в настоящее время не существует утвержденной на законодательном уровне методологии комплексной оценки экологического риска. В данной работе представлен метод исследования, который реализует системный подход к комплексной оценке и прогнозированию экологического риска, а также учитывает радиационную, химическую и эмерджентную* составляющие при воздействии предприятий топливно-энергетического комплекса.

Авторами данного исследования предлагается новый подход к проведению комплексной оценки экологического риска при воздействии предприятий топливно-энергетического комплекса (в основном – тепловых электростанций) с использованием системного анализа [7, 8] и метода «блок-схем» [9, 10], которые впервые позволяют провести сравнительную оценку эффективности радиационной, химической и эмерджентной составляющих экологического риска.

Предложенный методологический подход к комплексной оценке экологического риска позволяет работать с неполной информацией, учитывая широкий круг количественных характеристик, и оценивать экологический риск по множеству критериев, исходя из качественных сторон проблемы (показателей, которые не имеют непосредственной численной оценки) и проводить вычисления взвешенных коэффициентов.

Основными этапами системного анализа экологического риска являются:

- анализ и структуризация проблемы оценки последствий воздействия [7];

* Эмерджентная составляющая характеризуется комплексной величиной, обусловленной определенным сочетанием химической и радиационной составляющих и возникновением между ними синергетических связей.

- определение комплексных показателей потенциальной опасности экологического риска для окружающей природной среды и человека;
- определение взвешенных коэффициентов радиационной, химической и эмерджентной составляющих экологического риска, степени их значимости и их сравнительный анализ.

Системный анализ предполагает исследования объектов посредством представления их в качестве отдельных элементов и анализа этих элементов [8]. Общая структура системного анализа включает [7]:

- описание проблемы;
- анализ альтернатив;
- моделирование возможных последствий реализации риска;
- оценку альтернатив;
- принятие решений;
- комплексную оценку результатов для прогнозирования возможных последствий.

В основу разработки методологии комплексной оценки и прогнозирования экологического риска положены усовершенствованный метод «блок-схем» [9, 10]

(качественный метод, который ориентирован на идентификацию связи между отдельными антропогенными воздействиями на среду и их возможными последствиями) и метод анализа иерархий [11], позволяющий с помощью декомпозиции и синтеза элементов структуры, а также жестких математических оценок распределить элементы структуры по степени их значимости (качественный и количественный метод). Таким образом, обеспечивается визуализация причинно-следственных связей. В работе М. Меркхофера в области теории принятия решений [12] показано, что последствия реализации риска проявлялись на разных уровнях системы в виде нарушений здоровья человека и состояния окружающей природной среды.

Целесообразно дать определение экологического риска при воздействии предприятий топливно-энергетического комплекса как вероятность возникновения неблагоприятных эффектов для существования экосистем и жизнедеятельности общества в результате производства электроэнергии в нормальном режиме работы предприятий.

Экологический риск при воздействии предприятий топливно-энергетического комплекса на окружающую природную среду и человека [2] возможен при условии наличия источника потенциальной опасности и действия факторов риска, обусловленных этим источником.

Структурная модель реализации экологического риска представлена на рис. 1.

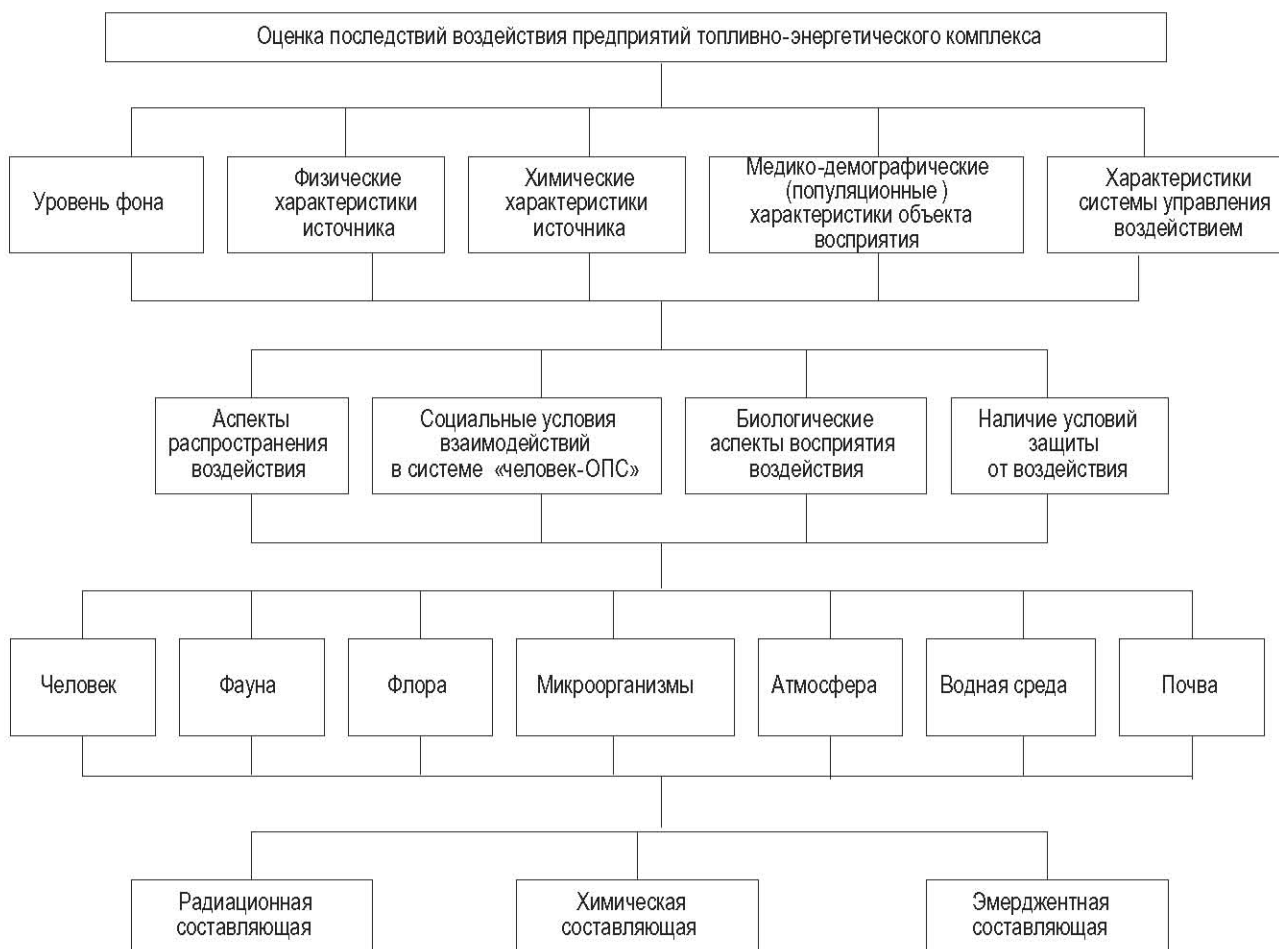


Рисунок 1 – Структурная модель реализации экологического риска при воздействии производственной деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса

Разработанная авторами структурная модель реализации экологического риска состоит из пяти уровней (рис. 1), каждый из которых состоит из множества элементов и установленных между ними взаимосвязей. В основе используемого авторами метода анализа иерархий лежит оценка их взаимодействия. На вершине представленной структурной модели (рис. 1) – основная цель исследования (оценка последствий воздействия, под которой понимается реализация экологического риска). Далее, на уровень ниже – подцели (критерии реализации экологического риска), еще ниже – критерии (факторы экологического риска), на предпоследнем уровне – подкритерии (оценка возможных последствий экологического риска на ассимилирующие среды) и на самом нижнем уровне – альтернативы, среди которых производится выбор и/или ранжирование. Цель, подцели, критерии, подкритерии и альтернативы далее названы объектами или элементами структуры.

Следующим этапом оценки являются попарные сравнения (далее – сравнения) всех пар объектов структуры по некоторому критерию с указанием более предпочтительного (по этому критерию) объекта. Сравнения

приводят к формированию обратно симметричной матрицы [6]. Поскольку вклад элементов неизвестен, то для определения парных сравнений элементов используется шкала относительной важности, разработанная Т. Саати [7], в которой значения шкалы изменяются в пределах от 1 до 9 баллов.

Если научная задача представляется иерархически (авторы используют именно такой подход), матрица составляется для сравнения относительной важности объектов структуры второго уровня по отношению к общей цели. Для каждого последующего уровня структуры строятся дополнительные матрицы [12]. При сравнении объектов используются только качественные характеристики, при этом в матрице сравнений отображаются соответствующие им количественные значения.

Из группы матриц сравнений формируется набор локальных приоритетов, которые выражают относительное влияние множества элементов на элемент примыкающего сверху уровня. Находим относительную величину или вероятность каждого отдельного объекта через решение матриц. Для этого вычисляется множество собственных векторов для каждой матрицы путем геометрического

среднего, затем результат нормализуется к единице и тем самым определяется вектор приоритетов [12], который ранжирует подцели реализации экологического риска с точки зрения его значимости с учетом критериев.

Применение системного анализа и метода анализа иерархий, который является методом решения многокритериальных задач с иерархической структурой [11] и экспертных суждений, позволяет определить приоритеты каждого компонента структуры, которые фактически определяют взвешивающий коэффициент каждого элемента структуры при достижении основной цели – оценки последствий воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса.

Приоритеты синтезируются, начиная со второго уровня, вниз. Локальные приоритеты перемножаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые воздействует этот элемент. Каждый элемент второго уровня умножается на величину, которая характеризует вклад (вес) основной цели самого верхнего уровня (оценка последствий воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса). Это дает глобальный приоритет тому элементу, который затем используется для взвешивания локальных приоритетов элементов, сравниваемых с ним как с критерием и расположенных уровнем ниже. Процедура продолжается до самого нижнего уровня [12].

Одним из наиболее приемлемых способов структурировать и решать поставленную научную задачу с помощью системного анализа и используемого метода анализа иерархий является использование программного продукта «MPRIOPITY 1.0».

На рис. 2 приведено распределение приоритетности критериев реализации экологического риска. По результатам исследования полученных весовых коэффициентов (рис. 2) определено, что наиболее приоритетным критерием в реализации экологического риска является характеристика системы управления воздействием, доля которого составляет 35,39 %. Доля экологического риска от источника воздействия, характеризующегося физическими и химическими параметрами (в данном случае объект исследования характеризуется именно этими параметрами), составляет 26,16 %. По результатам проведенной оценки, доля интенсивности влияния медико-демографических характеристик объекта восприятия и уровня фона в реализации экологического риска составляет 8,36 % и 3,92 % соответственно.

Распределение приоритетности факторов воздействия в реализации экологического риска представлено на рис. 3. Анализ полученных результатов показал, что наиболее приоритетным фактором воздействия в ре-



Рисунок 2 – Распределение приоритетности критериев реализации экологического риска

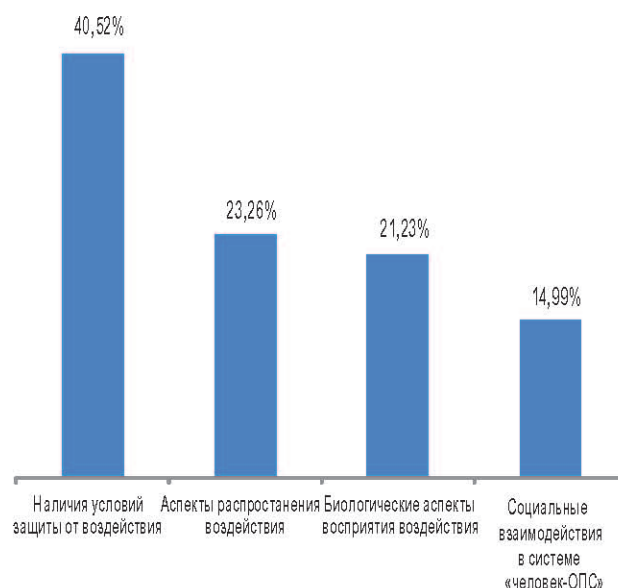


Рисунок 3 – Распределение приоритетности факторов воздействия в реализации экологического риска

лизации экологического риска является существующий уровень условий защиты от воздействия, доля которого составляет 40,52 %. Доля биологических аспектов восприятия объекта и аспектов распространения воздействия как факторов реализации экологического риска составляет 21,23 % и 23,26 % соответственно. Весомость социальных условий взаимодействия «человек – ОПС» в реализации экологического риска составляет 14,99 %.

На рис. 4 представлено распределение приоритетности возможных последствий от реализации экологического риска для ассимилирующих сред. Вероятность возможного ущерба от реализации экологического риска



при воздействии предприятий топливно-энергетического комплекса является наибольшей для человека и фауны, доля которых в реализации экологического риска составляет 25,98 % и 21,62 % соответственно, менее значима эта вероятность для флоры и атмосферы, доля ущерба

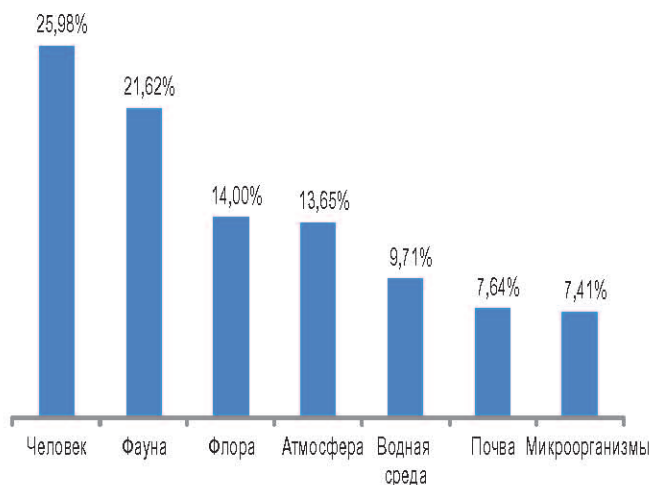


Рисунок 4 – Распределение приоритетности возможных последствий от реализации экологического риска для ассимилирующих сред

для которых составляет 14 % и 13,65 % соответственно. Существует вероятность незначительного ущерба для водной среды – 9,71 %, грунта – 7,64 % и микроорганизмов – 7,41 % (рис. 4).

Оценка реализации экологического риска при воздействии предприятий топливно-энергетического комплекса в соответствии с предложенным подходом проводится по трем составляющим (рис. 5). Таким образом, значительная доля возможных последствий при воздействии деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса для ассимилирующих сред принадлежит хи-

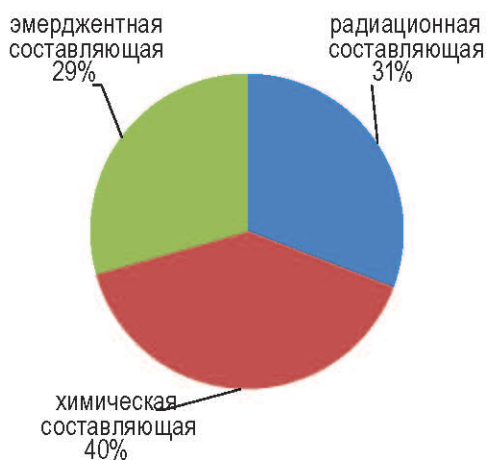


Рисунок 5 – Доля составляющих в реализации экологического риска

мической составляющей, вероятность которой в реализации экологического риска составляет 39,78 % и превышает близкие по значениям эмерджентную (30,85 %) и радиационную составляющие (29,38 %).

ВЫВОДЫ

Применение метода анализа иерархий для комплексной оценки экологического риска позволило охватить в равной степени как факторы, по которым возможно определение реальных измерений, так и неопределенные факторы, в отношении которых требуются экспертные суждения.

Системный анализ комплексной оценки экологического риска объединил в комплексе радиационную и химическую компоненты экологического риска производственной деятельности топливно-энергетических предприятий для окружающей природной среды и человека, а также выделил ранее недостаточно изученную эмерджентную составляющую.

Применение предложенного методического подхода комплексной оценки экологического риска позволит существенно повысить качество комплексного анализа опасности воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса с учетом всех возможных критериев оценки и факторов воздействия, а также реализации возможных последствий для ОПС и здоровья населения в регионах Украины. Будет способствовать обоснованности управленческих решений по выработке механизмов оптимального распределения материальных и финансовых ресурсов для предупреждения и минимизации экологического риска в регионах расположения предприятий топливно-энергетического комплекса в Украине.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Качинський А.Б. Розвиток проблеми ризику в Україні / А.Б. Качинський // Проблеми національної безпеки: теорія і практика // Стратегічна панорама. – 2002. – № 4. – С. 119–127.
2. Порфирьев Б.Н. Экологическая экспертиза и риск технологий / Б.Н. Порфирьев // Итоги науки и техники. Сер. : Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. – М. : ВИНТИ, 1990. – Т. 27. – 204 с.
3. Яблоков А.В. Концепция экологического риска в приложении к охране живой природы / А.В. Яблоков // Экологические проблемы охраны живой природы : тез. Всесоюз. конф. – М. : Комиссия по охране природы АН СССР, 1990. – Ч. 1. – С. 74–80.

4. Жукинский В.Н. Экологический риск и экологический ущерб качеству поверхностных вод: актуальность, терминология, количественная оценка / В.Н. Жукинский // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 2. – С. 213–321.
5. Серия публикаций по водным проблемам № 1. Охрана водных ресурсов и экосистем (ECE/ENVWA/31). – Нью-Йорк, Женева : Европейская экономическая комиссия ООН, 1993. – 119 с.
6. Закон України «Про екологічну експертизу» // Голос України. – 1995. – № 49 (1049), 16 березня. – С. 6–8.
7. Екологічне управління : підруч. / В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін та ін. – К. : Либідь, 2004. – 432 с.
8. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / М.А. Шахраманьян, В.И. Ларионов, Г.М. Нигметов [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – № 12. – С. 8–14.
9. Экология : уч. пособ. – М. : Знание, 1997. – 288 с.
10. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под ред. К.С. Холлинга ; пер. с англ. Г.А. Денисова, Ю.А. Кузнецова ; под ред. канд. физ.-мат. наук А.Д. Базыкина. – М. : Мир, 1981. – 397 С.
11. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993 – 316 с.
12. Merkhofer M. Decision Science and Social Risk Management: A Comparative Evaluation of cost-benefit analysis, decision analysis, and other formal decision-aiding approaches. Dordrecht: Reidel, 1967. – 340 p.

Поступила в редакцию 15.04.2009

Обґрунтовано застосування системного багатокритерійного аналізу для комплексної оцінки екологічного ризику від впливу підприємств паливно-енергетичного комплексу (в основному – теплових електростанцій) як для людини, так і для навколишнього природного середовища. Запропоновано структурну модель реалізації екологічного ризику. Застосовано вдосконалений метод «блок-схем» та метод аналізу ієрархій, що дозволив виділити раніше недостатньо вивчену емергентну складову від комплексного впливу радіаційних та хімічних чинників.

Application of the system multicriterion analysis is substantiated for the complex assessment of environmental risk under influence of fuel-energy enterprises both on a person and environment. The structural model of realizing environmental risk is proposed. We improved the «block scheme» method and used hierarchy analysis method, which enable selecting emergent constituent, earlier not enough studied, under complex influence of radiation and chemical factors.