

УДК 621.658.012.531

И.В. Севриков, доцент, канд. техн. наук**Л.В. Квасова, доцент****Е.К. Паньков, студент***Севастопольский национальный технический университет,**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053, Украина**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДОТВРАЩАЕМОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПРИ НАЛИЧИИ ИНФОРМАЦИОННО-ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ**

Приведён методологический подход к оценке предотвращённого ущерба от загрязнения воздушной природной среды в случае оснащения объектов системами контроля и защиты. Даны формулы расчёта возможных и предотвращённых ущербов от загрязнения атмосферного воздуха с использованием показателей удельных ущербов и показателей нормативных сборов.

Актуальность исследования. Деграция окружающей природной среды под действием техногенного воздействия и чрезвычайных ситуаций природного характера продолжается. В передовых странах мира сдерживание загрязнения окружающей среды достигаются за счёт всё большего внедрения автоматизированных систем контроля и защиты техногенных объектов и природных объектов. Такие системы называются информационно-эргатическими. Существенную роль в достижении конечного результата играет человеческий фактор. В существующих автоматизированных и особенно в автоматических системах управления и контроля роль человеческого фактора принижена. Очевидно, это связано, в известной степени, с отсутствием критерия оценки действий человека.

При выборе системы контроля и защиты объектов, оптимизации их структур, оптимальном выборе средств контроля руководствуются критериями оптимизации в виде целевой интегрированной функции, в которой экономическая составляющая является одной из важнейших составляющих [1].

В настоящее время нет совершенной методики оценки предотвращённого ущерба от загрязнения окружающей природной среды при оснащении объекта автоматизированной информационно-эргатической системой. Поэтому разработка методологического подхода и рабочей методики оценки предотвращённого ущерба, при оснащении техногенных объектов системами контроля и загрязнения, является актуальной проблемой.

Постановка исследования. В общем виде ущерб от загрязнения окружающей природной среды в результате опасного события может быть представлен выражением

$$Y_{o.c.p.} = Y_a + Y_{\text{вод}} + Y_n = \sum_{i=1}^N Y_i, \quad (1)$$

где Y_a , $Y_{\text{вод}}$, Y_n – соответственно ущербы от загрязнения атмосферы, воды, почвы. В данном случае принят к рассмотрению ущерб от загрязнения воздушной среды (атмосфера воздуха) Y_a , как составляющая общего ущерба (1).

Предотвращённый ущерб в этом случае может быть определён через ущерб ΔY . В этом случае может быть выбран через ущерб от загрязнения среды при отсутствии на техногенном объекте информационно-эргатической системы по выражению

$$\Delta Y = Y_a - Y_n, \quad (2)$$

ΔY – предотвращённый ущерб; Y_a – возможный ущерб при отсутствии системы контроля и защиты объектов; Y_n – непредотвращённый ущерб при оборудовании объекта системой.

Целью исследования является совершенствование методологии оценки ущерба от загрязнения окружающей среды и совершенствование методики такой оценки. Данная работа является составляющей проблемы оптимизации структур информационно-эргатических систем и оптимального выбора средств контроля, разрешением которой занимается научная школа профессора В.В. Севрикова.

Разработка методик расчёта ущербов от загрязнения окружающей среды на основе показателей удельных ущербов, приходящихся на единицу того или иного загрязняющего вещества, была представлена в 70–80-х годах прошлого века. Первыми разработками этого направления являются ученые Сумского филиала Харьковского политехнического университета [2] (в настоящее время Сумского госуниверситета) под руководством профессора О.Ф. Балацкого. Исследованиями оценок влияния различных загрязняющих веществ на окружающую среду и экономических ущербов от этого в прошлое время занимались научные центры в Москве, Ленинграде, Луганске, Одессе, Киеве и других городах. Однако значительная часть полученных результатов была засекречена [3] и не нашла практического выхода. Успешно продолжает данные исследования профессор Л.Г. Мельник в Сумском госуниверситете. Им и его сотрудниками было установлено, что сбросы загрязняющих веществ в воду

превышают нормативы в 35 раз, а ущербы от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу превышают нормативы в среднем в 25 раз. Это было связано с тем, что в каждой базовой ставке компенсации убытков принимался размер не обеспечиваемого минимума заработной платы. В настоящее время, когда ко внедрению данной базовой ставки по атмосфере принят размер минимальной заработной платы [4], а по водным ресурсам принята базовая ставка 1600 грн., то экологический ущерб, рассчитанный по указанным методикам, более уместен; он так же может быть использован для расчёта экологических ущербов по воздуху. Отмеченные два подхода к расчёту экологических ущербов, в частности использование показателей удельных ущербов, и показателей нормативных сборов позволяет определить с достаточной степенью точности величину ущербов от загрязнения окружающей природной среды.

Рассмотрим методологию оценки ущерба при загрязнении атмосферы. Предлагается определять данный ущерб на основе методики удельных ущербов [1] по выражению

$$Y_a = Y_b = K_1 \cdot K_2 \cdot Y'_a \cdot M_a = \prod_{i=1}^N Y_{ai}, \quad (3)$$

где K_1 , K_2 – соответственно, коэффициенты, учитывающие расположение источника и высоту выброса; Y'_a – удельный ущерб от выброса; M_a – масса выброса, т; Y_{ai} – i -ая составляющая выражения (3).

Значения коэффициента K_1 следующие: 0,1 – объект выбросов размещён вдали от населённых пунктов, на неудобных для сельского хозяйства землях, не представляющих ценности в качестве ландшафтных и заповедных зон; 0,3 – объект вдали от населённых пунктов на сельскохозяйственных землях не требующих специальных мелиоративных работ; 0,5 – объект на территории сельскохозяйственных населённых пунктов; 0,7 – объект на территории городов с населением 100 тыс. человек; 1,0 – объект на территории городов с населением от 100 до 500 тыс. человек; 2,0 – объект на территории городов с населением более 500 тыс. человек; 2,5 – объект вблизи ландшафтных, водоохранных, санитарных, заказных, заповедных, лесопарковых зон города и населённых пунктов; 3,0 – объект вблизи территорий курортных, охраняемых государством, мест массового отдыха населения в городах и населённых пунктах.

Таблица 1 – Значение удельного ущерба

Ингредиент	Y'_a , грн/т
Пыль	1200
Сернистый ангидрит	1500
Оксид серы	2500
Фтористый водород Другие фтористые соединения	11000
Углеводороды	1800
Оксид углерода	2000
Аммиак	4000

Значение коэффициента K_2 при высоте выбросов H в метрах следующее: $H=0...15$ м, $K_2=1,5$; $16...40$ м – 1,3; $41...80$ м – 1,0; $81...150$ м – 0,7; $151...220$ м – 0,3; $221...500$ м – 0,15. Значение удельного ущерба Y'_a в пересчёте цен 2007-го года приведены в таблице 1.

Для определения ущерба на основании показаний нормативных сборов [4] в части компенсации убытков предлагается выражение

$$Y_e = Z_a = \left(\sum_{i=1}^m A_i \cdot M_i \cdot K_{zi} \right) K_m \cdot 1,1\Pi \cdot K_{инф} = \prod_{j=1}^N Z_{aj}, \quad (4)$$

где Z_a – размер компенсационных убытков за загрязнение атмосферы, грн; m – количество ингредиентов загрязняющих веществ в выбросе; A_i – показатель относительной опасности i -го загрязняющего ингредиента; M_i – масса i -го загрязняющего ингредиента, т; K_{zi} – коэффициент, зависящий от уровня загрязнения атмосферы населённого пункта i -м загрязнителем; K_m – коэффициент, учитывающий территориальные санитарно-экологические особенности; 1,1 – базовая ставка компенсации убытков в части минимальной заработной платы; Π – размер минимальной заработной платы, грн; $K_{инф}$ – коэффициент инфляции на дату расчёта убытков; Z_{aj} – j -ая составляющая выражения (4).

Показатель A_j определяется из соотношения

$$A_i = \frac{1}{ПДК_{ci}}, \quad (5)$$

где $ПДК_{ci}$ – среднесуточная предельно-допустимая концентрация или ориентировочно-безопасный уровень влияния i -го загрязняющего вещества. Для веществ с оценкой ПДК больше единицы в числитель соотношения (5) вводится поправочный коэффициент $K_n = 10$.

Коэффициент K_m – рассчитывается по выражению

$$K_m = K_{pac} \cdot K_{\phi}, \quad (6)$$

где K_{pac} – коэффициент в зависимости от численности населения пункта, значения которого приведено в таблице 2; K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий народно-хозяйственное значение населённого пункта (таблица 3).

Таблица 2 – Значение коэффициента K_{pac} в зависимости от численности населения

Численность населения, тыс. чел.	K_{pac}
до 100	1,0
101–250	1,2
251–500	1,35
501–1000	1,55
Более 1000	1,8

Таблица 3 – Значение коэффициента K_{ϕ} , учитывающего народно-хозяйственные особенности

Тип населенного пункта	K_{ϕ}
Организационно-хозяйственные и культурно-бытовые центры местного значения с производством аграрно-промышленных функций (районные центры, города, посёлки рабочего подчинения)	1,0
Многофункциональные центры, центры с преимуществом промышленных и транспортных функций (областные центры, города общего подчинения, крупные промышленные и транспортные узлы)	1,25
Центры с преимуществом рекреационных функций. Центры (пункты) имеющие одновременно промышленные и рекреационные назначения	1,65

Значение коэффициента K_{zi} определяется по соотношению

$$K_{zi} = \frac{q}{ПДК_{ci}}, \quad (7)$$

где q – среднегодовая концентрация i -го загрязняющего вещества по данным прямых инструментальных измерений на стационарных постах за предыдущий год в $мг/м^3$. Если подобные измерения не проводятся, или если уровни загрязнения не превышают ПДК, то K_{zi} принимается равным единице ($K_{zi} = 1$). Для оценки непредотвращённого ущерба Y_n , если имеет место постепенное развитие последствий опасного события (загрязнения атмосферы), можно воспользоваться методом вероятностного снижения материального ущерба [5], исходя из условия

$$\frac{Y_{n1}}{Y_{n1}} = \frac{t_{\Sigma}^2}{e_1^2}, \quad (8)$$

где Y_{n1} – непредотвращённый ущерб за время t_1 (мин) наступления опасного события до срабатывания системы контроля и защиты, грн., t_{Σ}^2 – время от момента наступления опасного события, до окончательного безвозвратного выхода из строя защищаемого объекта, в данном случае до окончания выбросов (загрязнения), мин. Из (8) можно получить следующее выражение:

$$Y_{n1} = \frac{Y_{\Sigma} \cdot t_1^2}{t_{\Sigma}^2}. \quad (9)$$

Непредотвращаемый ущерб при действии системы до ликвидации опасного события (окончательного загрязнения) Y_{n2} определяется выражением

$$Y_{n2} = E \left[\frac{Y_{\Sigma} (t_1 + t_2)^2}{t_{\Sigma}^2} - Y_{n1} \right], \quad (10)$$

где E – степень снижения ущерба при функционировании системы на объекте ($E \leq 1$); t_2 – время от срабатывания (включения) системы до ликвидации опасного события (прекращения загрязнения), мин.

С учетом (9) и (10) получаем:

$$Y_n = Y_{n1} + Y_{n2} = \frac{Y_{\Sigma}}{t_{\Sigma}^2} \{ t_1^2 + E[(t_1 + t_2)^2 - t_1^2] \}. \quad (11)$$

Выражение предотвращённого ущерба (2), при наличии системы контроля и защиты объекта, а также при развитии опасного события с учётом (3), (4), (11), после преобразований имеет вид:

1) с использованием методики удельных ущербов

$$\Delta Y = \prod_{j=1}^N Y_{ai} \left\{ 1 - \frac{1}{t_{\Sigma}^2} [t_1^2 + E(2t_1 t_2 + t_2^2)] \right\}; \quad (12)$$

2) с использованием методики нормативных сборов

$$\Delta Y = \prod_{j=1}^N 3_{ai} \{1 - \frac{1}{t_{\Sigma}^2} [t_1^2 + E(2t_1 t_2 + t_2^2)]\}; \quad (13)$$

3) при мгновенном развитии опасного события (мгновенный выброс загрязняющего вещества)

$$\Delta Y = Y_e = \prod_{i=1}^N Y_{ai} \quad \text{и} \quad \Delta Y = Y_e = \prod_{j=1}^N 3_{aj}, \quad (14)$$

соответственно, с использованием методики удельных ущербов (левое) и методики нормативов (правое) выражения.

Выводы

1. Анализ известных подходов к оценке экологических ущербов показал, что наиболее приемлемыми являются методы удельных ущербов и нормативных сборов.
2. Предложена методика оценки возможного загрязнения воздушной среды выбросами вредных веществ от одиночных источников (объектов) не оборудованных системами контроля и защиты и дана формула для расчёта возможного ущерба от загрязнения воздуха.
3. Приведена методология оценки предотвращенного ущерба от загрязнения воздушной среды при наличии информационно-эргатических систем контроля и защиты объектов.
4. Задачей дальнейших исследований является уточнение методики расчёта размеров возможных убытков от загрязнения атмосферного воздуха с учётом выражений (12)–(14) при контроле и защите объектов.

Библиографический список

1. Севриков И.В. Экономическая составляющая критерия эффективности системы защиты объектов повышенной опасности / И.В. Севриков, Л.В. Квасова // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — Севастополь, 2006. — Вып. 75. — С. 118–122.
2. Балацкий О.Ф. Природоохранная работа на промышленных предприятиях / О.Ф. Балацкий. — К.: Техника, 1986. — 133 с.
3. Мельник Л.Г. Екологічна економіка / Л.Г. Мельник. — Сумы: Университетская книга, 2003. — 346 с.
4. Методика расчёта размеров возможных убытков, причинённых государству в результате сверхнормативных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Затверджено наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, N 157/69 від 29 травня 1995 (2008). — К.: МЭиООС, 1995. — 17 с.
5. Хачатуров Т.С. Эффективность природоохранных мероприятий / Т.С. Хачатуров. — М.: Наука, 1990. — 222 с.

Поступила в редакцию 11.12.2008 г.