

УДК 504.75.05; 574(094)

АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

канд. техн. наук В.А. РЫБАК
(«Бел НИЦ «Экология», Минск)

Изложены принципы расчета экономической эффективности природоохранных мероприятий на основе учета социального эффекта, обусловленного снижением уровня заболеваемости населения. На примере города Могилёва выполнена оценка экономической эффективности мероприятий, направленных на снижение выбросов в атмосферный воздух от промышленных предприятий и автотранспорта.

С развитием современного общества вопросы, касающиеся сохранения качества среды обитания, приобретают особую актуальность. Повышение благосостояния людей вследствие увеличения промышленного производства и потребления сопровождается возрастанием количества выбросов загрязняющих веществ, в первую очередь в атмосферный воздух от автотранспорта, численность которого за последние десять лет возросла в несколько раз.

На современном этапе в Республике Беларусь разработана научно-методическая база для расчета экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. Однако использование для оценки эффективности природоохранных мероприятий метода уменьшения ущерба, на наш взгляд, является недостаточно обоснованным. Биоцентрический подход, заключающийся в оценке устойчивости отдельных видов и экосистем в целом, в большей мере оправдан не для урбанизированных территорий, а для промышленных внегородских зон, например, при добыче полезных ископаемых, заготовке древесины, мелиорации.

В общем случае, согласно методике определения экономической эффективности [1], показателем общей экономической эффективности всех природоохранных затрат является отношение годового объема полного экономического эффекта к сумме вызвавших этот эффект расходов и капитальных вложений, приведенных к одинаковой размерности в соответствии с нормативом эффективности (1):

$$\mathcal{E}_s = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij}}{C_H + E_H K_H}, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_{ij} – экономический эффект i -го вида от уменьшения потерь на j -м объекте, находящемся в зоне улучшенного состояния окружающей среды; C_H – годовые эксплуатационные расходы на обслуживание и содержание основных фондов, вызвавших полный экономический эффект; K_H – капитальные вложения в строительство объекта природоохранного назначения; E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений природоохранного назначения (устанавливается как величина, обратная сроку их окупаемости (T): $E_H = 1/T$. При среднем сроке окупаемости по народному хозяйству, равном 8,3 года, норматив эффективности E_H равен 0,12).

В экономике, обусловленной спросом и предложением, экономическую эффективность затрат определяют как соотношение результатов мероприятий и их стоимости. Данный подход получил название анализ «затраты – выгоды» [2]. Логичным условием принятия какого-либо решения по реализации природоохранных мероприятий является превышение выгоды над затратами, причем оценка экономического эффекта определяется применительно к первому году после реализации системы мер.

Однако природоохранные мероприятия дают, как правило, отдаленный экономический результат, поэтому для определения экономической эффективности экологических затрат принято использование коэффициента дисконтирования для корректного сравнения современных затрат и будущих выгод [3].

В качестве коэффициента дисконтирования можно принимать ставку рефинансирования, либо усредненную ставку банковского процента (0,12...0,15). Дисконтирование позволяет привести будущие результаты (2) и затраты (3) к современной стоимости по следующим формулам:

$$R = \frac{P_t}{(1+r)^t}; \quad (2)$$

$$Z = \frac{3_t}{(1+r)^t}, \quad (3)$$

где R и Z – соответственно результат и затраты с учетом фактора времени; P_t – результат t -го года; Z_t – затраты t -го года; r – коэффициент дисконтирования.

С учетом фактора времени формула соотношения выгоды/затраты для определения экономической эффективности природоохранных издержек приобретает вид (4) [2]:

$$\mathcal{E}_{3t} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{(1+r)^i}}, \quad (4)$$

где \mathcal{E}_{3t} – экономическая эффективность с учетом фактора времени; t – время реализации природоохранного проекта.

Исходя из положения, что сегодняшние затраты и выгоды больше, чем их аналогичные величины в последующие годы, рассчитанная экономическая эффективность при прямом и дисконтном методе может существенно различаться. Так, например, если представить финансовые показатели природоохранных мероприятий согласно таблице 1, то суммарная прибыль, рассчитанная как разность выгод и затрат, будет больше нуля. Однако при принятии дисконтирования по ставке 15 % получаем иной результат (табл. 2).

Таблица 1

Прямой метод расчета экономической эффективности

Год	1	2	3	4	5	Сумма
Затраты, млн. руб.	450	150	50	0	0	650
Выгоды, млн. руб.	0	75	230	230	230	765
Прибыль, млн. руб.	-450	-75	180	230	230	115

Таблица 2

Дисконтированный метод расчета экономической эффективности

Год	1	2	3	4	5	Сумма
Затраты, млн. руб.	391,3	113,4	32,9	0,0	0,0	537,6
Выгоды, млн. руб.	0,0	56,7	151,2	131,5	114,4	453,8
Прибыль, млн. руб.	-391,3	-56,7	118,3	131,5	114,4	-83,8

Таким образом, алгоритм принятия адекватных управленческих решений в области охраны окружающей среды должен учитывать коэффициенты дисконтирования, принятые на уровне не ниже, чем в международных финансовых организациях.

Осуществление природоохранных мер приносит уменьшение не только экономического, но и социального ущерба. Последний состоит из потерь, вызванных заболеваемостью населения и снижением производительности труда. В общем виде социальный эффект \mathcal{E} предлагается определять через экономические показатели (5) [2]:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{ч.л} + \mathcal{E}_{с.с} + \mathcal{E}_{з.л} + \mathcal{E}_{п.т}, \quad (5)$$

где $\mathcal{E}_{ч.л}$ – эффект от предотвращения потерь чистой продукции вследствие заболеваемости трудящихся из-за загрязнения окружающей среды; $\mathcal{E}_{с.с}$ – эффект от сокращения выплат по больничным листам в результате тех же причин; $\mathcal{E}_{з.л}$ – эффект от сокращения затрат на лечение трудящихся в результате тех же причин; $\mathcal{E}_{п.т}$ – эффект от повышения производительности труда вследствие улучшения экологической обстановки.

Данная формула, на наш взгляд, носит преимущественно теоретический характер, а расчет её слагаемых на практике не всегда возможен. Вместе с тем загрязнение окружающей среды оказывает негативное влияние и на детское население, которое более чувствительно к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Основная сложность расчета социального эффекта природоохранных мероприятий заключается в том, что на состояние здоровья населения оказывают влияния различные, в том числе малоизученные факторы, а их вклад в уровень заболеваемости трудно определить.

Для эмпирической оценки социального эффекта в своих исследованиях мы уделяли большее внимание состоянию здоровья детского населения по ряду причин. Во-первых, на здоровье детей не оказывают прямого воздействия факторы производственной сферы, что позволяет более точно выделить вклад качества среды обитания. Во-вторых, детский организм является более чувствительным к внешним воздействиям. Так, по основным экологообусловленным нозологиям, к которым мы относим в первую очередь болезни органов дыхания, системы кровообращения и эндокринной системы, уровень заболеваемости детей в 2004 году в Республике Беларусь был выше по сравнению со взрослыми соответственно в 18,3; 5,6 и 1,2 раза [4, с. 154 – 159].

При разработке Территориальной комплексной схемы охраны окружающей среды (ТерКСООС) городов Могилёва, Гомеля, Гродно, Витебска и Бреста Республиканским научно-исследовательским университетским предприятием «Бел НИЦ «Экология», выполняя раздел «Здоровье населения», мы придавали наивысшую приоритетность именно социальным вопросам, так как проводимые исследования и разрабатываемые мероприятия прежде всего должны позволять обеспечивать приемлемый уровень качества окружающей среды.

На сегодняшний день достаточно изучены и признаны некоторые механизмы отрицательного влияния ряда факторов, отражающих состояние окружающей среды на здоровье населения. Так, например, повышение содержания в атмосферном воздухе различных фракций взвешенных частиц (диаметром 2,5 и 10 микрон) и раздражающих газов даже относительно небольших суточных концентраций загрязнения (в основном, не превышающих установленные ПДК_{сс}) влияет на острые реакции верхних и глубоких дыхательных путей у детей младшего и среднего школьного возраста [5]. По данным других авторов [6], неблагоприятное воздействие факторов среды оказывает отдаленное влияние и может проявляться с некоторым временным лагом (для взрослого населения 6...9 лет, для детского – 4...5). Однако в обоих случаях имеет место социальный ущерб, выражающийся в увеличении уровня заболеваемости населения.

Для проведения оценки экономической эффективности природоохранных мероприятий, предложенных в рамках разработки ТерКСООС городов, оправданным видится применение антропоцентрического подхода. Величина затрат в данном случае оценивается исходя из стоимости осуществления предлагаемых мер.

С учетом приоритетности вклада загрязнения атмосферного воздуха в увеличение уровня заболеваемости детского населения (60...70 %) нами было рассчитано уравнение линейной регрессии ($y = 343,1x - 31,8$), отражающее связь между индексом загрязнения атмосферы (ИЗА) и уровнем детской заболеваемости города Могилёва (всего на 1000 человек).

После реализации системы мероприятий, направленных на снижение выбросов в атмосферный воздух исследуемого города, изменение значения показателя ИЗА на единицу может повлечь за собой снижение уровня детской заболеваемости на 311,3 случая на 1000 человек. Оценка результата (социальной выгоды) в данном случае представляет научный и практический интерес.

Укрупненная оценка результата R может осуществляться, на наш взгляд, по формуле (6):

$$R = R_{c.c.v} + R_{c.c.d} + R_{z.l.v} + R_{z.l.d}, \quad (6)$$

где $R_{c.c.v}$, $R_{c.c.d}$ – эффекты от сокращения выплат по больничным листам из-за загрязнения окружающей среды для взрослых по причине собственной нетрудоспособности и уходом за детьми соответственно; $R_{z.l.v}$, $R_{z.l.d}$ – эффекты от сокращения затрат на лечение взрослых и детей в результате улучшения качества среды обитания.

Используя данные Министерства здравоохранения [4] мы провели эмпирическую оценку слагаемых формулы (6):

$$R = c_1 N_{e3} k + c_2 n c_3 d k + c_1 N_{cmv} f + c_2 N_{cmd} f, \quad (7)$$

где c_1 – коэффициент, отражающий влияние факторов среды на здоровье взрослого населения; N_{e3} – суммарная продолжительность нетрудоспособности согласно больничным листам в год (дней); k – величина средней заработной платы за один день, тыс. руб.; c_2 – величина снижения уровня детской заболеваемости в результате природоохранных мероприятий, случаи на 1000 человек; n – количество детей на исследуемой территории, тыс. человек; c_3 – коэффициент, отражающий соотношение количества детей, для ухода за которыми при их заболевании взрослым выдается больничный отпуск, к общему числу случаев детской заболеваемости; d – средняя продолжительность заболеваемости детей, дни; N_{cmv} – объем оказания медицинской помощи взрослым в стационарах, койко-дней; f – средняя стоимость одного дня стационарного лечения, тыс. руб. в день; N_{cmd} – объем оказания медицинской помощи детям в стационарах, койко-дней на 1000 человек.

Для примера представим расчет социального эффекта реализации природоохранных мероприятий, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха города Могилева, используя коэффициенты таблицы 3.

Таблица 3

Коэффициенты для расчета социального результата в 2004 году

Параметр	Правила расчета	Значение параметра	Размерность
c_1	Экспертные оценки или расчетные данные	0,1	безразмерный
$N_{вз}$	Статистические данные	4329661	дней в год
k	Статистические данные	13,4*	тыс. руб. в день
c_2	Экспертные оценки или расчетные данные	311,3	случаи на 1000 человек
n	Статистические данные	57,963	тысяч детей
c_3	Экспертные оценки или расчетные данные	0,6	безразмерный
d	Статистические данные	9,7	дней
$N_{ств}$	Статистические данные	357439	койко-дней в год
f	Статистические данные	23,7*	тыс. руб. в день
$N_{стд}$	Статистические данные	3667,65*	койко-дней в год на 1000 человек

* – примерные данные, полученные расчетным путем.

Исходя из (7), величина социального эффекта от реализации природоохранных мероприятий, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха города Могилёва, составит 35115,307 млн. руб. на каждую единицу уменьшения показателя ИЗВ.

Для расчета экономической эффективности необходимо оценить затраты на реализацию природоохранных мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха исследуемого города промышленными предприятиями и автотранспортом.

По данным локального мониторинга интенсивность выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятиями города Могилёва в 2004 году составила: 6731,23 т/г – среднее значение; 10672,78 т/г – максимальное. Среди загрязнителей преобладают: азота диоксид, пыль неорганическая $SiO_2 > 70\%$, сероводород, сероуглерод, углерода оксид и азота окись.

Валовой вклад перечисленных веществ в величину ИЗА (4,8 в 2004 году) составил более 98,0 %, что позволило при разработке мероприятий, направленных на повышение качества атмосферного воздуха города Могилева, сосредоточиться на снижении выбросов именно данных веществ. Для определения экономической эффективности природоохранных мероприятий целесообразно оценить затраты на снижение выбросов данных веществ в атмосферный воздух.

Для уменьшения значения ИЗА на единицу (20,83 %) необходимо уменьшить выбросы вышеперечисленных веществ, не менее чем на 25,12 %. Это целесообразно осуществлять по азота диоксиду на предприятии Могилевской ТЭЦ-2, по азота окиси на предприятии Могилевской ТЭЦ-1, по углерода оксиду и неорганической пыли на ОАО «Могилевский металлургический завод», по сероводороду и сероуглероду на РУП «Завод искусственного волокна». Вклад в общий объем выбросов промышленных предприятий по данным веществам составил 79,1; 82,5; 95,5; 75,3 и более 99 % соответственно.

Стоимость реконструкции старого и приобретения дополнительного очистного оборудования может быть оценена исходя из конкретных мероприятий, направленных на снижение выбросов выявленных загрязнителей в атмосферный воздух.

Например, снижение выбросов пыли может быть достигнуто при использовании циклонов, обеспечивающих очистку по массе твердых частиц до 80 %. Стоимость выпускаемого промышленного образца циклона НИИОГаз ЦН-15 с диаметром 500 мм составляет 2,65 млн. руб.

Для снижения выбросов азота оксидов на величину не менее 25 % целесообразно в котлах на ТЭЦ-1 и 2 (г. Могилев) использовать дополнительные датчики для более точной регулировки соотношения «топливо – воздух», системы рециркуляции дымовых газов и горелок двухступенчатого сжигания топлива при повышении коэффициента полезного действия и снижении объема топлива.

Снижение выбросов сероводорода и углерода оксида может быть достигнуто за счет использования методов абсорбции и адсорбции. Абсорбция жидкостями применяется в промышленности для извлечения из газов диоксида серы, сероводорода и других сернистых соединений, паров кислот (HCl , HF , H_2SO_4), диоксида и оксида углерода, разнообразных органических соединений (фенол, формальдегид, летучие растворители и др.). Подобные методы, служащие для технологической и санитарной очистки газов, основаны на избирательной растворимости газо- и парообразных примесей в жидкости (физическая абсорбция) или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя (хемосорбция). Абсорбционная очистка – непрерывный и, как правило, циклический процесс, так как поглощение примесей обычно сопровождается регенерацией поглотительного раствора и его возвра-

шением в начале цикла очистки. При физической абсорбции (и в некоторых хемосорбционных процессах) регенерацию абсорбента целесообразно проводить нагреванием и снижением давления, в результате чего происходит десорбция поглощенной газовой примеси и ее концентрирование [7].

Для очистки выбросов от газообразных и парообразных примесей рекомендуется применять интенсивную массообменную аппаратуру: пенные аппараты, безнасадочный форсуночный абсорбер, скруббер Вентури, работающие при более высоких скоростях газа по сравнению с насадочными скрубберами. Пенные абсорберы работают при скорости $w_g = 1 \dots 4$ м/с и обеспечивают сравнительно высокую производительность абсорбционно-десорбционных процессов, их габариты в несколько раз меньше насадочных скрубберов. При достаточном числе ступеней очистки (многополочный пенный аппарат) достигаются высокие показатели глубины очистки – для некоторых процессов до 99,9 %. Особенно перспективны для очистки газов от аэрозолей и вредных газообразных примесей пенные аппараты со стабилизатором пенного слоя. Они сравнительно просты по конструкции и работают в режиме высокой турбулентности при линейной скорости газа до 4...5 м/с [8].

Примером для внедрения безотходной абсорбционно-десорбционной циклической схемы может служить поглощение загрязнителей из отходящих газов растворами моноэтаноламина с последующей регенерацией поглотителя при десорбции CO_2 . Установка безотходна, так как чистый диоксид углерода после сжижения может передаваться потребителю в виде товарного продукта. Также высокие результаты очистки дает пара циклон – электрофильтр, или циклон – рукавный фильтр.

Исследуя возможности снижения выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта, мы пришли к выводу, что наиболее адекватным, эффективным и пролонгированным по результату мероприятием будет установка газового оборудования. Это позволит снизить дымность выхлопных газов в 8...10 раз и выбросы CO , CH_x , NO_x , исключить загрязнение воздуха SO_2 и соединениями свинца [8].

Использование газового оборудования также позволяет снизить общий объем отработанных газов (в долях от объема топлива) в 1,8...2,1 раза по сравнению с бензином и дизельным топливом.

Средняя оптовая стоимость современного газового оборудования 3...4 поколения для бензиновых и дизельных двигателей составляет 650...800 тыс. руб. Для повышения заинтересованности владельцев личного транспорта в установке такого оборудования, помимо экономии финансовых средств на приобретение топлива, видится оправданным проведение рекламных акций для информирования широкой общественности и снижение отпускной цены оборудования до 20 %. Это позволит перевести на газ 7...10 тысяч автомобилей с затратами 3,5...6,4 млрд. руб.

В целом намеченный объем снижения выбросов приоритетных загрязняющих веществ в атмосферный воздух города Могилёва может быть достигнут в течение года благодаря установке газового оборудования для автотранспорта, приобретению и использованию на вышеперечисленных промышленных предприятиях очистного оборудования общей стоимостью 15...20 млрд. руб. (циклоны, горелки, скрубберы, рукавные и электрофильтры, системы рециркуляции, адсорбенты и абсорбенты).

В результате экономическая эффективность природоохранных мероприятий, направленных на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух города Могилева, рассчитанная с использованием социального эффекта от снижения уровня заболеваемости населения, согласно (1) составит 9,92...6,05 (при величине эксплуатационных расходов – 7...10 % от стоимости очистного оборудования), что подтверждает целесообразность и полную окупаемость предлагаемых мер.

Таким образом, применение антропоцентрического подхода к оценке экономической эффективности природоохранных мероприятий позволяет учесть социальный эффект, который в настоящее время является наиболее весомым и приоритетным. В месте с тем актуальным видится разработка и использование комплексных подходов, в которых общий экономический эффект рассчитывается с учетом влияния как на человека, так и на устойчивость отдельных видов, популяций и экосистемы в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балацкий О.Ф., Мельник Л.Г., Яковлев А.Ф. Экономика и качество окружающей природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 192 с.
2. Шимова О.С., Соколовский Н.К. Экономика природопользования: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 377 с.
3. Экология и экономика природопользования: Учеб. для вузов / Под ред. Э.В. Гирусова. – М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
4. Здравоохранение в Республике Беларусь: Офиц. статист. сб. за 2004 г. – Мн.: ГУ РНМБ, 2005. – 360 с.
5. Рыбак В.А. Математическое и программное обеспечение автоматизированной оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения. – Мн.: Ин-т математики НАН Беларуси, 2003. – 180 с.
6. Лис Л.С. Оценка экологического состояния природно-территориальных комплексов. – Мн.: ИПИПРЭ НАН Беларуси, 2004. – 109 с.
7. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко. – Мн.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

8. Справочник по методам и техническим средствам снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, применяемым при разработке проекта нормативов ПДВ / Под ред. В.Б. Миляева. – СПб., 2000. – 103 с.