

Суммарная эколого-экономическая оценка эффективности мероприятий по защите водного бассейна

д.т.н., проф. В.Е.Лотош

Впервые выполнена суммарная эколого-экономическая оценка эффективности природоохранных мероприятий на основе метода критериального анализа, разработанного автором. Показана равная возможность оценки эффективности мероприятий в единицах ПДК, условного топлива или денежной форме. Использование критериального анализа открывает реальную возможность решения одной из кардинальных проблем экологии: расчет нагрузки на экосистему любого масштаба и выявление ее предельно допустимых значений.

Total ecological and economic evaluation of effectiveness' measure on water basin protection

By d.t.s. prof. V.E.Lotosh

Total ecological and economic evaluation on effectiveness' measure of nature protection is made with method criterion analysis created by author. Equal possibility of effectiveness' evaluation with unity of maximal allowable concentration or abstract fuel or money form is showed. Application of criterion analysis opens real possibility of solution for one the cardinal ecological problems: an assessment of loading on any scale ecosystem and determination its maximal allowable value.

Кардинальным недостатком многих из применяемых в настоящее время методологий определения состояния окружающей среды является их изначальный субъективизм, что выражается в использовании балльной системы оценки влияния различных факторов. Своего воплощения в полном объеме балльная система достигла, например, в работе [1]. Некоторые из других методов оценки состояния окружающей среды ограничиваются ранжированием степени опасности лишь однотипных источников поллютации, например только водных или только загрязнителей атмосферы. В

этом случае не ставится целью и не представляется возможным сопоставление неотипных источников загрязнения окружающей среды.

В частности, такое ранжирование предприятий-загрязнителей по данным формы 2-ТП (воздух) и 2-ТП (водхоз) за 1992 г. было осуществлено в работе [2]: отдельно по величине выбросов в атмосферу и сбросов в водоемы. При этом никоим образом не учитывались различия в химическом составе и концентрациях загрязнителей. Если, однако, на этой стадии объективность ранжирования как-то присутствует, поскольку объемы выбросов и сбросов – величины реально измеряемые, то дальнейший выбор предприятий, вносящих наибольший общий вклад в загрязнение окружающей среды, свелся, по существу, к манипулированию цифрами. В приоритетный список предприятий, негативно влияющих на загрязнение и атмосферы, и водоемов, включили те из них, сумма мест у которых в обоих рядах, отранжированных по степени убывания объемов выбросов/сбросов, оказалась наименьшей.

Тем более не сопоставляются общие угрозы окружающей среде, обусловленные техническим уровнем процесса и его выбросами/сбросами. Вместе с тем очевидно, что способы материального производства, благополучные по поллютантам окружающей среды, например вакуумная металлургия, могут быть опасны по совокупности вещественных и энергетических затрат в данном и сопряженных производствах. И напротив, благополучные в этом смысле технологии могут иметь весьма токсичные выбросы/сбросы, как, например, процессы цианирования и амальгамирования в цветной металлургии.

Возможность сравнения разнородных по структуре воздействия на окружающую среду объектов материального производства представилась лишь с появлением методологии критериального анализа [3,5].

Критериальный анализ – не имеющая аналогов методология, оценивающая технический уровень процессов и мероприятий народного хозяйства, их экологичность и, главное, дающая им интегрированную (суммарную) эколого-экономическую оценку. Он позволяет объективно определить, какие стороны процесса (технологическая часть или прямое загрязнение) являются основными в воздействии на окружающую среду, дать их соотношение. Масштабы оценки: от выброса (сброса) единичных источников загрязнения, единичных технологий и мероприятий до народнохозяйственных и глобальных проблем.

Технический уровень процессов в рамках концепции критериального анализа определяется величиной энергетической экологической опасности (ЭО). Он тем выше чем меньше ЭО. Экологичность процесса природопользования, т.е. степень непосредственного загрязнения им окружающей среды выбросами, сбросами, твердыми отходами, характеризуется величиной токсической экологической опасности (ТО). Интегрированная эколого-экономическая оценка, учитывающая энергетическую и токсическую характеристики процесса, определяется расчетом СО (суммарной экологической опасности). Токсическая, энергетическая и суммарная экологические опасности выражаются критериальными (безразмерными) числами. Для их расчета нужно только знание не требующих балльной оценки именованных данных (концентрации загрязнителей и массы содержащих их выбросов, сбросов, отходов, значения ПДК загрязняющих веществ).

Таким образом, первое принципиальное отличие критериального ранжирования – оценка величин ЭО, ТО и СО одной, в данном случае безразмерной, единицей измерения. При этом с известной погрешностью определяемые исходные данные для расчетов, в сущности, исключают субъективизм рассчитанных значений ЭО, ТО и СО.

Второе принципиальное отличие критериального ранжирования – соотнесение ЭО, ТО, СО с вызвавшими их затратами, позволяющее оценить энергетическую, токсикологическую и суммарную экологическую эффективность технологий, оборудования, сооружений, природоохранных мероприятий и т.д. Их знание позволяет строго проранжировать объекты материального производства и природоохранные мероприятия, выделив из них наиболее эффективные. В ряде случаев это многократно повышает среднюю эффективность реализуемых проектов.

Ранее автором выполнен критериальный анализ эколого-экономической эффективности мероприятий по защите воздушного и водного бассейнов, основанный на расчетах только токсикологической эффективности. Он показал, что в рамках выполнения программы номинально одного уровня различия в эффективности мероприятий могут достигать нескольких порядков [6,7]. Был также сделан вывод, что токсикологические эффективности природоохранных мероприятий для водного и воздушного бассейнов являются величинами одного порядка. В данной работе впервые представлены результаты критериального анализа природоохранных мероприятий на основе расчетов их ТО, ЭО и СО. Расчеты выполнены применительно к стан-

дартному состоянию окружающей среды (фоновые концентрации загрязнителей приняты равными нулю).

Аналізу подвергнута программа природоохранных работ на 1997 г. производственного объединения «Уральский оптико-механический завод» (УОМЗ) – ведущего в России предприятия по разработке и производству механической и электронной оптической аппаратуры. Она включала мероприятия по защите водного бассейна от сбросов одного из наиболее экологически «грязных» объектов УОМЗ – гальванического цеха.

В гальванический цех объединения поступают детали, изготовленные в механическом и литейном цехах. Здесь их подвергают механической и электрохимической обработке и затем направляют в сборочные производства. Основные технологические операции гальванического цеха: нанесение химических, полимерных и лакокрасочных покрытий на металлы, химическое обезжиривание и пропитка деталей в водных растворах и растворителях. При их выполнении образуются концентрированные и малоконцентрированные сточные воды. Они загрязнены минеральными и органическими кислотами, щелочами, ионами металлов (хром, никель, медь, железо и т.д.), синтетическими поверхностноактивными и другими органическими веществами (всего 75 различных соединений).

К очистным установкам гальванического цеха относятся станция нейтрализации сточных вод и три локальные очистки.

На стадии нейтрализации, используя железный купорос и слабощелочную среду, весьма токсичный шестивалентный хром переводят в относительно безопасный трехвалентный. В отсутствие системы дозирования железного купороса превышение ПДК железа на выходе станции нейтрализации составляет 10-100 раз. При нейтрализации образуется также осадок сточных вод (содержит в основном хром трехвалентный и сульфат железа двухвалентного), который отделяют на барабанных вакуум-фильтрах и вывозят на хранение. Осаждение гидроксидов металлов и других взвесей производят в горизонтальном отстойнике.

К локальным очисткам цеха относились:

вводимая в строй установка ионного обмена для регенерации медьсодержащих промывных вод с извлечением металла;

периодически эксплуатируемая мембранная установка для переработки растворов ванн улавливания после ванн никелирования. Электролит после мембранного модуля возвращается в технологические ванны, а очищенная вода используется для промывки мембран и в промывных ваннах;

установка регенерации обработанных хромсодержащих растворов цехов УОМЗ. Она позволяет вернуть в производство до 60% дорогостоящих соединений хрома.

На период 1996-1999 г.г. для гальванического цеха УОМЗ был разработан план природоохранных мероприятий, характеристика которых приведена в табл. 1. Величины текущих и капитальных затрат в ней даны в денонмированных ценах 1997 г.

Основная цель мероприятий – разделение общего потока промывных вод на хром- и медьсодержащие, а также кислотнo-щелочные стоки с возможной их отдельной обработкой. Для этого предполагались:

завершение монтажа, освоение и ввод в эксплуатацию установки ионообменной очистки медьсодержащих промывных вод цеха. Предусматривались регенерация ионообменников серной кислотой и электрохимическая переработка элюатов с получением металлической меди и серной кислоты. В результате обеспечивалось сокращение перехода меди в сточные воды на 1214 кг/год с утилизацией последних в качестве товарного продукта. При цене меди 15 тыс. руб/т это приносило 18,2 тыс. руб. дохода;

реконструкция станции нейтрализации. Она предусматривала обработку хромсодержащих промывных вод методом коагуляции с исключением их реагентной обработки сульфатом железа. Это позволяло снизить концентрацию железа в стоках и исключить использование 1700 кг/год FeSO_4 . При его цене за 1 т 800 руб. это давало экономию 1,4 тыс. руб./год. Кроме того, предполагалось сокращение потребления соды в количестве 20 т/год по цене 1,5 тыс. руб./т для подщелачивания сточных вод (экономия 30 тыс. руб./год). Подразумевалась также реализация хромовых электролитов (хромовых солей) в количестве 2,5 т на АО «Хромпик» (г. Первоуральск) по цене 25,9 тыс. руб./т с доходом 64,8 тыс. руб./год. Таким образом, общий доход от продажи и сокращения расхода реагентов составлял 96,2 тыс. руб.;

сбор промывных вод всех ванн никелирования цеха и подача их на проектируемый цеховой участок станции очистки промстоков от никеля методом обратного

осмоса с последующим поступлением концентратов в соответствующие технологические ванны и повторным использованием очищенной воды для технологических целей. Это сокращало выход никеля в сточные воды на 618 кг/год и позволяло использовать его на производственные цели. При цене металла 65 тыс. руб./т это давало 40,2 тыс. руб./год дохода.

Выполнением рассматриваемых мероприятий предусматривалось достижение нормативов предельно допустимых сбросов (ПДС).

Исходные данные (табл. 1) позволили рассчитать ряд токсикологических энергетических и суммарных экологических характеристик запланированных мероприятий: чистые токсикологический, энергетический и суммарный экологические эффекты, абсолютные токсикологическую, энергетическую и суммарную экологические эффективности средозащитных затрат и капитальных вложений в средозащитные мероприятия, сроки окупаемости последних. Расчеты впервые произведены в различной форме: в единицах ПДК, массе условного топлива, денежном выражении. Особенности этих форм рассматриваются далее. Расчеты выполнены применительно к сбросам загрязнений в водные объекты рыбохозяйственного назначения с принятием соответствующих величин ПДК, мг/л: Cu – 0,001; Fe – 0,1; Ni – 0,1; Cr³⁺ - 0,07; Zn – 0,01.

Чистый токсикологический экологический эффект \mathcal{E}_T рассчитан по выражению

$$\mathcal{E}_T = TO_1 - TO_2, \quad (1)$$

Где TO_1 – токсикологическая экологическая опасность источника загрязнения до выполнения, а TO_2 – после выполнения мероприятия.

Величины $TO_{ж}$ для водного бассейна вычислены по формуле

$$TO_{ж} = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{C_i}{ПДК_{ж,i}} - 1 \right) \cdot V \right], \quad (2)$$

Где C_i и $ПДК_i$ – соответственно концентрация i -го компонента в сбросе и его предельно допустимая концентрация, V – объем сброса загрязнителя, единиц (в анализируемых технологиях, мероприятиях и т.д.).

Чистый энергетический экологический эффект $\mathcal{E}_Э$ определяли аналогично \mathcal{E}_T :

$$\mathcal{E}_Э = \mathcal{E}O_1 - \mathcal{E}O_2, \quad (3)$$

Где $\mathcal{E}O_1$ – энергетическая экологическая опасность источника загрязнения до выполнения, а $\mathcal{E}O_2$ – после выполнения мероприятия.

Энергетическая экологическая опасность источника определяется количеством слагаемого условного топлива. При этом 1 кг условного топлива (1 к.у. т.) при сгорании выделяет 2670 ПДК токсической опасности [5]:

$$\text{ЭО}_i = 2670 \text{ ТТЧ}_i, \quad (4)$$

где ТТЧ_i – количество килограммов сжигаемого условного топлива в анализируемых технологиях, мероприятиях и т.д.

За 1 к.у.т. принимается углеродистое топливо с теплотой сгорания 29300 кДж/кг (7000 ккал/кг)

Величина ЭО может быть вычислена различными способами.

Наиболее методически обоснованной и строгой, но более трудоемкой, является методика, в которой ТТЧ определяются по В.Г.Лисиенко, С.Е.Розину и Я.М.Щелокову [8]. Она основана на оценке для единицы продукции сквозных затрат энергии (ТТЧ в к.у.т.) за вычетом вторичных ресурсов на всех предшествующих и в данном переделах. Сквозные затраты энергии равны сумме энергетических затрат, вносимых входящими в данный передел материальными потоками, и энергетических нагрузок данного передела. Входящие потоки несут энергетические нагрузки, связанные с добычей, транспортировкой сырья, производством основных и вспомогательных материалов, топлива и электроэнергии, необходимых для данного передела.

Второй способ определения ЭО может быть реализован в денежной форме. Действительно, ТТЧ выражается в единицах условного топлива. Стоимость одной единицы его в масштабах страны, региона и т.д. в принципе известна. Поэтому ЭО по существу отражает затраты в денежной форме на создание и функционирование процесса природопользования. Таким образом, любое изменение денежных затрат на технологические мероприятия связано также с изменением энергетической опасности.

Третий способ определения ЭО может быть осуществлен в единицах ПДК. Действительно, количество условных единиц топлива и количество ПДК загрязнителей определяются соотношением (4): 1 к.у.т. выделяет при горении 2670 единиц ПДК загрязнений.

Переход от ЭО в денежной форме к ЭО в единицах условного топлива достигается делением стоимости продукции на стоимость одной единицы условного топлива.

Конечно, второй и третий способы определения ЭО гораздо проще, чем прямой подсчет ЭО по энергетическим потокам на всех предшествующих и в данном переделе.

лах. В то же время они менее точны в той степени, в какой стоимость (цена) конкретной продукции, складывающаяся под влиянием многих привходящих факторов, отличается от ее стоимости, от таких факторов очищенной. Однако данные варианты оценки ЭО могут быть весьма полезны на первой (предварительной) стадии расчета ЭО. В ряде случаев, например при многократных различиях величин токсической и энергетической экологических опасностей, последующее уточнение ЭО расчетом по первому способу может оказаться не имеющим практического значения. Расчеты сквозных энергетических затрат, по-видимому, предпочтительны в особых («арбитражных») случаях, например при выявлении различий в эффективности близких по ней мероприятий, технологий, оборудования.

Отметим, что расчет по второму и третьему способам возможен не только для ЭО, но и для ТО. Это вытекает из того, что, как отмечалось выше, использование 1 к.у.т. приводит к образованию определенной (2670 единиц ПДК) токсической опасности. Отсюда следует, что и расчет суммарной экологической опасности можно выполнить в трех формах.

Чистый суммарный экологический эффект \mathcal{E}_C определяли по выражению (5), аналогичному (1) и (2):

$$\mathcal{E}_C = CO_1 - CO_2, \quad (5)$$

где CO_1 – суммарная экологическая опасность источника загрязнения до выполнения, а CO_2 – после выполнения мероприятия.

В свою очередь, поскольку $CO_i = TO_i + \mathcal{E}O_i$, то, в соответствии с выражениями (2), (4) и принятыми в них обозначениями,

$$CO = 2670 \text{ ТТЧ} + \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_{\text{ж},i}} \right) V \right] \quad (6)$$

Абсолютная токсикологическая $\mathcal{E}_{\text{ТСЗ}}$, энергетическая $\mathcal{E}_{\text{ЭСЗ}}$, и суммарная $\mathcal{E}_{\text{ЭСЗ}}$ экологические эффективности средозащитных затрат, а также капитальных вложений (соответственно $\mathcal{E}_{\text{ТКВ}}$, $\mathcal{E}_{\text{ЭКВ}}$ и $\mathcal{E}_{\text{СКВ}}$) определялись по формулам:

$$\mathcal{E}_{\text{ТСЗ}, \text{ЭСЗ}, \text{ССЗ}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{Т,Э,С}}}{C + E_H K} \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ТКВ}, \text{ЭКВ}, \text{СКВ}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{Т,Э,С}} - C}{K} \quad (8)$$

В выражениях (7) и (8) C – текущие затраты по мероприятиям, K – капитальные затраты (табл. 1), E_H – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, для народного хозяйства России в среднем равный 0,12; $C+E_H K$ – приведенные затраты на средозащитные мероприятия.

Отметим, что ранее экологическая эффективность капитальных вложений в средозащитные мероприятия определялась нами, по аналогии с формулой (7), без учета текущих затрат C [4,5].

Сроки T окупаемости капитальных вложений определяли по выражению (9):

$$T_{\text{ТКВ, ЭКВ, СКВ}} = \frac{K}{\dot{E}_{T, \dot{E}, C} - K} \quad (9)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2-4. Номер мероприятий в них соответствует представленным в табл. 1. Стоимость 1 к.у.т. в расчетах принята равной 230 руб/т (на уровне стоимости 1 кг каменного угля с теплотой сгорания 7000 ккал/кг).

Методику расчета покажем на примере мероприятия 1.

TO_1 (таблица 2):

В форме ПДК, рассчитанных по выражению 2,

$$TO_1 = \left(\frac{0,099}{0,001} - 1 \right) \cdot 12900 = 12,64 \cdot 10^6 \text{ единиц ПДК};$$

В форме условного топлива, в соответствии с уравнением (4), $TO_1 = 12,64^9 : 2670 = 4,73 \cdot 10^3$ единиц к.у.т.;

В денежной форме $TO_1 = 4,73 \cdot 10^3 \cdot 230 = 1088 \cdot 10^3$ единиц рублей, где 230 – стоимость 1к.у.т.

Чистый энергетический экологический эффект \dot{E}_3 (табл.3):

В денежной форме $\dot{E}_3 = 18200$ единиц руб. (см. табл.1);

В форме условного топлива $\dot{E}_3 = 18200 : 230 = 79,1$ единиц к.у.т.;

В форме ПДК $\dot{E}_3 = 79,1 \cdot 2670 = 211197$ единиц ПДК.

\dot{E}_C , по определению равная $\dot{E}_T + \dot{E}_3$, т.е. $(TO_1 - TO_2) + \dot{E}_3$, составляет (табл. 4):

в форме ПДК $6,32 \cdot 10^6$ (табл. 2) + 211197 (табл. 3), или 6531197 единиц ПДК; в форме условного топлива $2,36 \cdot 10^3$ (табл. 2) + 79,1 (табл. 3), или 2439,1 единиц к.у.т.; в денежной форме $542,8 \cdot 10^3 + 18200$, или 561000 единиц рублей.

Приведенные затраты (табл. 1) равны $C + E_H K$ (см. знаменатель выражения 7), т.е. $35,6 + 192,4 \cdot 0,12 = 58,7$ (тыс. руб).

$\Delta_{ТСЗ}$, в соответствии с формулой (7), равно $542,8 \cdot 10^3 / 58,7 \cdot 10^3$ или 9,25; $\Delta_{ТСЗ}$ (формула 8) составит:

$$\frac{542,8 - 35,6}{192,4} = 2,64 \text{ руб./руб. приведенных затрат}$$

Срок окупаемости капитальных вложений (выражение 9) для мероприятия 1:

$$\frac{192,4}{542,8 - 35,6} = 0,38 \text{ года}$$

Как показывают данные табл. 2, чистый токсикологический эффект Δ_T запланированных мероприятий достаточно близок. Доля каждого из них составляет ~30-40% от общего эффекта. В пересчете на условное топливо она эквивалентна его годовой экономии в пределах от 2,36 до 3,19 т по каждому из мероприятий, а в денежном выражении равна 542,8 – 733,7 тыс. руб./год.

Абсолютная токсикологическая экологическая эффективность средозащитных затрат составила 3,33 – 14,8 руб./руб. приведенных затрат. Меньшей оказалась абсолютная токсикологическая экологическая эффективность капитальных вложений в средозащитные мероприятия. Сроки их окупаемости весьма коротки и не превышают 1,23 года при минимуме в 0,22 года.

Таким образом, даже только токсикологический эффект, ожидающийся от запланированных водоохранных мероприятий гальванического цеха УОМЗ, оправдывает их выполнение.

Таблицы 3 и 4 особенно интересны, так как содержат результаты впервые выполненных расчетов энергетической и суммарной составляющей экологической опасности, а также эффективности мероприятий по их снижению.

Энергетическая экологическая эффективность запланированных природоохранных мероприятий УОМЗ оказалась значительно более низкой, чем аналогичные показатели их токсической экологической эффективности. В частности, мероприятия 1 и 2, как показывают расчеты по формулам (8) и (9), некупаемы, так как текущие затраты на них (соответственно 35,6 и 103,4 тыс. руб.) оказались выше, чем значения величин $\Delta_{\text{Э}}$ (18,2 и 96,2 тыс. руб.). Срок окупаемости мероприятия 3 рассчитан равным 34,3 года, что более чем в 4 раза превышает нормативный.

Данные таблицы 4 показывают, что вклад токсикологической экологической эффективности в суммарную экологическую эффективность мероприятий превысил

85%, составив для первого и третьего из них ~95%. Сроки окупаемости капитальных вложений для всех трех мероприятий оказались менее года. Это свидетельствует об их весьма высокой окупаемости, гораздо большей, чем принято в целом по народному хозяйству России (8,33 года).

Как уже отмечалось здесь и ранее [3,4], расчеты эффективности в рамках концепции критериального ранжирования основаны на использовании исходных данных объективного характера. Они не могут быть произвольно изменены, что имеет, например, место в расчетах платы за загрязнение окружающей среды. Изложенное предопределяет интерес к сопоставлению расчетов эффективности мероприятий в рамках критериального ранжирования и на основе платы за загрязнение в соответствии с законом РФ «Об охране окружающей природной среды» и постановлением правительства России [9].

Результаты расчетов платы УОМЗ за загрязнение окружающей среды в 1997 г. представлены в табл. 5. Норматив γ платы за 1 условную тонну сбросов принят равным 121,08 руб. в деноминированных ценах 1997 г. В расчетах использовали выражения:

$$\text{В пределах ПДС:} \quad \Pi_1 = \gamma M_1 A, \quad (10)$$

$$\text{В пределах лимита:} \quad \Pi_2 = 5\gamma(M_2 - M_1)A, \quad (11)$$

$$\text{Сверх лимита:} \quad \Pi_3 = 25\gamma(M_3 - M_2)A, \quad (12)$$

В формулах (10), (11), (12) значения Π_1 , Π_2 , Π_3 – платы за загрязнения; M_1 , M_2 , M_3 – физические массы сбросов соответственно в пределах ПДС, лимитные и сверхлимитные фактические; A – коэффициент агрессивности i -тых веществ, равные $1/\text{ПДК}_i$.

Из расчетов следует, что общая величина платы $\sum \Pi_{1,2,3}$ составляет 386582 руб. В то же время только токсическая экологическая опасность ТО_1 обсуждаемых источников загрязнения гораздо выше (табл. 2) и в денежном исчислении равна 2635,9 тыс. руб. (1088 + 641,7 + 906,2). Суммарная экологическая опасность в данном случае выше на величину текущих затрат трех мероприятий (169,5 тыс. руб.), т.е. достигает 2805,4 тыс. руб. Таким образом, плата за загрязнение в анализируемых случаях возмещает менее 14% ущерба, нанесенного окружающей среде (имеется в виду отношение $\sum \Pi_{1,2,3}$ к $\sum \text{CO}_1$). Столь сильное, в 7 раз, занижение платы за загрязнение в сравнении с наносимым фактическим ущербом окружающей среде свидетельствует о не-

приемлемости принятой методологии оценки ущерба по [9]. Она не стимулирует продуцентов загрязнений к реальной борьбе за их сокращение.

Выполнение намеченных мероприятий, как отмечалось, позволит снизить сбросы до уровня ПДС. Экономический эффект от снижения загрязнения окружающей среды в таком случае равен плате за лимитные и сверхлимитные выбросы, что составит $1713 + 383021$, или 384734 руб. (табл. 5). В рамках критериального анализа снижение загрязнения выражается величиной \mathcal{E}_C , которая, в соответствии с данными табл. 4, по сумме мероприятий 1-3 составляет гораздо большую величину (в 5,8 раза) и равна ~ 2 млн. руб. Занижение реально получаемого эффекта от выполнения природоохранных мероприятий приводит к резкому увеличению срока их окупаемости. Для анализируемых объектов его определили как частное от деления всей суммы капитальных затрат (897,8 тыс.) на полученный положительный результат. Последний равен сумме снижения платы за загрязнение (384374 руб.) и дополнительного эффекта от выполнения мероприятий (154,6 тыс. руб.) за вычетом текущих расходов (169,5 тыс. руб.). Рассчитанный срок составил 2,4 года, что значительно превышает сроки окупаемости, представленные в табл. 4.

Резюмируя результаты данной работы, можно сделать ряд заключений.

1. Метод критериального анализа позволяет производить расчеты с использованием различных, но эквивалентных форм оценки (в единицах ПДК, условного топлива, в денежной форме). Их результаты основаны на объективности исходных эколого-технологических данных и поэтому слабо подвержены воздействию привходящих эколого-экономических интересов различных групп влияния.

2. Вклады токсикологической и энергетической составляющих в суммарной экологической эффективности природоохранных мероприятий могут быть величинами одного порядка.

3. Решена задача реальной оценки ущерба от воздействия загрязнений на окружающую среду, основанная на определении суммарной экологической опасности источников загрязнения.

4. Размер платы за загрязнение окружающей среды, рассчитанный на основе действующего законодательства, возмещает лишь незначительную часть ущерба (не более 14% по проанализированным мероприятиям). Поэтому очевидно необходима

замена расчетов за загрязнение на основе произвольно задаваемого норматива платы расчетами по данным о величине суммарной экологической опасности.

5. Экономический эффект природоохранных мероприятий на основании реальной оценки их суммарных экологических характеристик может быть весьма высоким, что обуславливает короткие сроки окупаемости капитальных вложений (0,2-1,0 г. по проанализированным мероприятиям).

6. Метод критериального анализа делает возможным численное объективное решение одной из важнейших задач экологии – расчет нагрузки на экосистему любого масштаба. Эта нагрузка может быть определена, в частности, как отношение суммарной экологической опасности территории $CO_{тер.}$ к площади $S_{тер.}$ ($CO_{тер.}/S_{тер.}$). Выражение в скобках по своей сути отражает *интенсивность суммарной экологической нагрузки* на данной территории (ИСЭН). Таким образом,

$$ИСЭН = \frac{CO_{тер.}}{S_{тер.}} \quad (13)$$

В свою очередь, ИСЭН может быть выражена через валовой внутренний продукт (ВВП) данной территории, т.е. ее энергетическую опасность, и через количество образующихся на ней вещественных и энергетических загрязнителей (токсическую опасность).

От величины ИСЭН очевиден переход к *дозе суммарной экологической нагрузки* (ДСЭН) на территорию:

$$ДСЭН = ИСЭН \cdot t, \quad (14)$$

где t – продолжительность ИСЭН на территории.

7. Сопоставление данных по ИСЭН и ДСЭН территорий с состоянием окружающей среды и медико-биологическими характеристиками населения (заболеваемость, продолжительность жизни и др.) позволит найти численные значения предельно допустимой нагрузки на окружающую среду, дать численную градацию известных в настоящее время естественного, равновесного, кризисного, критического, катастрофического состояния и коллапса [10], зон напряженной экологической ситуации, экологического бедствия и экологической катастрофы [1].

8. Использование критериального анализа в качестве методологической основы оценки проблем экологии будет способствовать ее существенному сдвигу от преимущественно качественных оценок к количественным. Последнее приведет к увели-

чению научной составляющей экологии. Как известно, наука начинается там, где начинается счет.

Автор выражает признательность Н.В.Соболевой за помощь в сборе исходных данных для расчетов и их частичное выполнение.

27.02.2001

Лотош Валерий Ефимович, д.т.н., профессор

Литература

1. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: Минприроды, 1992. – 58 с.
2. Промышленные предприятия России, оказывающие наибольшее негативное воздействие на состояние природной среды / А.А.Шеховцев, С.Г.Чижов, В.И.Звонов и др. // Пробл. окружающей среды и природ. ресурсов. – 1994. - № 8. – С. 1-23.
3. Лотош В.Е. Ранжирование проблем промышленной экологии // Экология пром. пр-ва. – 1996. - № 3. – С. 3-6.
4. Лотош В.Е. Теоретические основы критериального ранжирования процессов природопользования // Экономика природопользования. – 1998. – № 1. – С. 96-110.
5. Лотош В.Е. Экология природопользования. – Екатеринбург: изд-во Уральского гос. эконом. ун-та, 2000. – 540 с.
6. Лотош В.Е. Критериальный анализ эколого-экономической эффективности мероприятий по защите воздушного бассейна // Экономика природопользования. - 1998. - № 6. – С. 40-53.
7. Лотош В.Е. Критериальный анализ эколого-экономической эффективности мероприятий по защите водного бассейна // Экономика природопользования. – 1999. – № 6. – С. 28-35.
8. Лисиенко В.Г., Розин С.Е., Щелоков Я.М. Методика расчета и использования технологических топливных чисел // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1987. – № 2. – С. 108-112.
9. Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природы, размещение отходов, другие виды вредного воздействия: Постановление правительства РФ от 28.08.92 № 632.
10. Реймерс Н.Ф. Экологизация. – М.: Рос. открытый ун-т, 1992. – 121 с.

План водоохраных мероприятий 1997 г. гальванического цеха УОМЗ по достижению предельно допустимых сбросов (ПДС) в сточных водах (объем 129 тыс. м³/г)

Мероприятие	Затраты, тыс. руб.			Загрязнитель			Дополнительный эффект, руб./год
	Текущие, С	Капитальные, К	Приведенные	Вид	Концентрация, мг/л		
					До мероприятий	После мероприятий	
1. Изготовление, монтаж и внедрение локальной установки регенерации промывных медьсодержащих вод	35,6	192,4	58,7	Cu	0,099	0,05	Сокращение перехода Cu в сточные воды на 1214 кг/год и ее утилизация (18,2 тыс. руб.)
2. Реконструкция станции нейтрализации	103,4	547,6	169,1	Fe	5,87	0,8	Сокращение расхода сульфата железа, соды, реализация хромовых солей (96,2 тыс. руб.)
3. Строительство станции очистки промстоков	30,5	157,8	49,4	Fe Ni Cu Cr ³⁺ Zn	0,8 0,21 0,05 0,31 0,032	0,3 0,1 0,005 0,1 0,01	Сокращение выхода никеля на 618 кг/год и его использование для производственных целей (40,2 тыс. руб.)

Токсикологическая экологическая эффективность мероприятий

Мероприятие	Форма Оценки	Единица измерения	ТО ₁	ТО ₂	Э _Т		Э _{ТСЗ} , на 1 руб. приведенных затрат	Э _{ТКВ} , на 1 руб. капзатрат	Т _Т , лет
					Величина	%			
1	ПДК	Безразмерная	$12,64 \cdot 10^6$	$6,32 \cdot 10^6$	$6,32 \cdot 10^6$		107,8	30,6	0,38
	Условное топливо	к. у. т.	$4,73 \cdot 10^3$	$2,37 \cdot 10^3$	$2,36 \cdot 10^3$	29,6	0,04	0,0115	
	Денежная	руб.	$1088 \cdot 10^3$	$545,1 \cdot 10^3$	$542,8 \cdot 10^3$		9,25	2,64	
2	ПДК	Безразмерная	$7,44 \cdot 10^6$	$0,9 \cdot 10^6$	$6,54 \cdot 10^6$		38,7	9,64	1,23
	Условное топливо	к. у. т.	$2,79 \cdot 10^3$	$0,34 \cdot 10^3$	$2,45 \cdot 10^3$	30,6	0,014	0,0036	
	Денежная	руб.	$641,7 \cdot 10^3$	$78,2 \cdot 10^3$	$563,5 \cdot 10^3$		3,33	0,84	
3	ПДК	Безразмерная	$10,51 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^6$	$8,51 \cdot 10^6$		172,3	51,7	0,22
	Условное топливо	к. у. т.	$3,94 \cdot 10^3$	$0,75 \cdot 10^3$	$3,19 \cdot 10^3$	39,8	0,064	0,019	
	Денежная	руб.	$906,2 \cdot 10^3$	$172,5 \cdot 10^3$	$733,7 \cdot 10^3$		14,8	4,46	

Энергетическая экологическая эффективность мероприятий

Мероприятие	Форма оценки	Единица измерения	Ээ		Ээсз, на 1 руб. приведенных затрат	Ээкв на 1 руб. капзатрат	Тэ, лет
			Величина	%			
1	ПДК	Безразмерная	211197	11,8	3,6	отрицательная	Не окупается
	Условное топливо	К. у. т	79,1		$1,35 \cdot 10^{-3}$		
	Денежная	Руб.	18200		0,31		
2	ПДК	Безразмерная	1116861	62,2	6,60	отрицательная	Не окупается
	Условное топливо	К. у. т	418,3		$2,47 \cdot 10^{-3}$		
	Денежная	Руб.	96200		0,57		
3	ПДК	Безразмерная	466716	26,0	9,45	0,35	34,3
	Условное топливо	К. у. т	174,8		$3,54 \cdot 10^{-3}$	$0,129 \cdot 10^{-3}$	
	Денежная	Руб.	40200		0,81	0,029	

Суммарная экологическая эффективность мероприятий

Мероприятие	Форма оценки	Единица измерения	Эс		Э _{ССЗ} , на 1 руб. привед. затрат	Э _{СКВ} , на 1 руб. капза- трат	Доля, % от Э _{ССЗ}		Доля, % от Э _{СКВ}		Тс, лет
			Величина	%			Э _{ТСЗ}	Э _{ЭСЗ}	Э _{ТКВ}	Э _{ЭКВ}	
1.	ПДК	Безраз- мерн К. у. т. Руб.	6531197	28,2	111,5	31,7	96,75	3,25	96,53	3,47	0,37
	Условное топливо		2439,1		0,04	0,0118					
	Денежная		561000		9,57	2,73					
2	ПДК	Безраз- мерн К. у. т Руб.	7656861	33,0	45,3	11,85	85,4	14,6	85,43	14,57	0,98
	Условное топливо		2868,3		0,017	0,0044					
	Денежная		659700		3,90	1,016					
3	ПДК	Безраз- мерн. К. у. т Руб.	8976716	38,8	181,7	54,7	94,8	5,2	94,80	5,20	0,21
	Условное топливо		3364,8		0,068	0,020					
	Денежная		773900		15,7	4,71					

Расчет платы за сброс загрязняющих веществ

Загрязнитель	Сброс планируемый, т 1 год			Факт. сброс, т/год, М ₃	М ₃ - М ₂	А	Плата, руб.		
	ПДС, М ₁	Лимит, М ₂	М ₁ - М ₂				П ₁	П ₂	П ₃
До выполнения мероприятий									
Fe	0,039	0,232	0,193	9,655	9,423	10	47	1168	285245
Cu	0,013	0,013	-	0,045	0,032	1000	1574	-	96868
Zn	0,004	0,004	-	0,007	0,003	100	48	-	908
Ni	0,013	0,022	0,009	0,0179	-	100	157	545	-
Cr ³⁺	0,013	0,013	-	0,0078	-	14,3	22	-	-
Всего:							1848	1713	383021