

Ранжирование проблем промышленной экологии

При всегда ограниченных финансовых и технических возможностях развитое общество не может позволить себе решать экологические проблемы, не имея критериев их приоритетности, не ранжируя их по степени значимости. Очевидно, что в первую очередь силы и средства необходимо тратить на кардинальные экологические проблемы. Однако объективных критериев отнесения тех или иных проблем, мероприятий, технологий, оборудования к кардинальным, приоритетным практически не разработано. Преобладают, как правило, эмоциональные, субъективные оценки. Поэтому остро необходима разработка количественных подходов к определению значимости экологических проблем и оценке совершенства предлагаемых для их решения технических средств. Ниже излагается разработанная нами концепция количественного экологического решения проблем и технических решений природопользования.

При решении экологических проблем очевидным представляется исходить из того, что они порождены, прежде всего, производственной и хозяйственной деятельностью человека: истощением природных ресурсов, нерациональным использованием сырья и вторичных материалов, загрязнением природной среды промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами и т.д. В целом, проблемы экологии, прежде всего промышленной, на наш взгляд, обусловлены в основном двумя факторами:

- энергетическим воздействием человека на окружающую среду во всех его проявлениях;
- токсическим воздействием отходов.

В отношении первого фактора понимается, что все виды промышленной деятельности сводятся к потреблению физических видов энергии (тепловой, механической, электрической и др.), расходуемых на добычу и переработку исходного сырья в потребительские товары и услуги. Это приводит к появлению энергетической составляющей экологической опасности (ЭО).

Энергетическая составляющая экологической опасности характеризует степень экономичности технологии в части расхода исходного сырья, материалов, затрат по переделу той или иной продукции, включая технологическую энергию. Уровень энергетического воздействия на окружающую среду в разных странах различен. Известно, например, что совокупность энергозатрат на единицу произведенной продукции в Японии в шесть раз, а в США и Западной Европе в два-три раза ниже, чем в нашей стране. Следовательно, во столько же раз меньшим является гипотетический объем отходов (зол, шлаков, пылей и т.п.) и материальных ресурсов.

Токсическое воздействие отходов определяется их вредностью и количеством. Эти два показателя характеризуют в совокупности токсическую составляющую экологической опасности (ТО) того или иного хранилища, свалки, предприятия, другого источника загрязнения.

Таким образом, общее влияние производственной деятельности человека на природную среду может быть охарактеризовано суммарной опасностью (СО), включающей в себя энергетическую и токсическую опасности.

В настоящее время известны частные подходы, в определенной степени затрагивающие проблему сравнительной оценки различных отходов с учетом их токсичности и массы. Например, используют понятие приведенной массы M выбросов, которая равна сумме физических масс i -тых компонентов, умноженных на показатель их относительной опасности $A_i / 1$:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i A_i \quad (1)$$

В свою очередь, ориентировочно $A_i = \frac{1}{ПДК_i}$.

Относительная опасность A является достаточно грубым инструментом для оценки токсической опасности, поскольку не учитывает концентрацию вещества в выбросах. Вместе с тем очевидны два обстоятельства. Во-первых, любое вещество при концентрациях ниже ПДК не токсично. Во-вторых, при содержании выше ПДК степень его токсичности нарастает с увеличением концентрации. Еще древние знали, что в зависимости от дозы все есть яд и все – лекарство. Классический пример: змеиный яд, в малых дозах лечащий, в больших – убивает.

Для подсчета энергетической опасности может быть использована методика расчета технологических топливных чисел (ТТЧ), разработанная В.Г.Лисиенко, С.Е.Рогозиным и Я.М.Шелоковым. Она основана на оценке для единицы продукции сквозных затрат энергии (в ТТЧ) за вычетом вторичных ресурсов на всех предшествующих и в данном переделе. ТТЧ измеряется в килограммах условного топлива (к.у.т.) /2/.

Технологические топливные числа – хороший инструмент для оценки энергетической опасности. Однако очевидна смысловая неэквивалентность приведенной массы и массы условного топлива. Они не равноценны и не могут быть суммированы с целью оценки суммарной опасности.

Для решения задачи суммирования токсической и энергетической опасностей необходимы их расчеты в адекватной по физическому смыслу системе единиц.

Эта задача разрешается, если за единицу измерения принять 1 ПДК. Тогда для расчета токсической опасности получим выражение:

$$TO_{ж,л} = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{C}{ПДК_{ж,л}} - 1 \right) m \right]_i \quad (2)$$

$$TO_{газ} = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{C}{ПДК_{с.с}} - 1 \right) V \right]_i \quad (3)$$

где: TO – безразмерная величина;

$C_{ж,л}$ – концентрация i -того компонента в почве или жидкой фазе;

$ПДК_{ж,л}$ – предельно допустимая концентрация i -того вещества в этих же средах;

m – физическая масса вещества, единиц;

$ПДК_{с.с}$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация i -того компонента газовой смеси;

V – объем i -того газообразного компонента.

Формула (2) предназначена для оценки токсической опасности жидких и твердых веществ, а формула (3) – газообразных.

Формула (2) по физическому смыслу отражает количество ПДК сверх допустимого в массе m любой произвольной смеси твердых или жидких веществ. В круглых скобках этого уравнения дробь представляет безразмерное число, выражающее концентрацию i -того вещества в единицах ПДК. Вычитание из дроби единицы пока-

зывает, что концентрация вещества равная 1 ПДК нормативна и допустима. При $C_i \leq \text{ПДК}$ все выражение (2) по i -тому компоненту превращается в ноль или становится отрицательным, что свидетельствует об отсутствии токсической опасности по данному компоненту. Отрицательные значения ТО_i в расчетах не учитываются.

Для оценки токсической опасности газообразных веществ в качестве безопасной концентрации принята $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$. Поскольку произведение концентрации газа на его объем при неизменной температуре есть величина постоянная, для расчета можно принимать любые концентрации i -того компонента в соответствующем ему объеме газа. Из уравнения (3) следует, что по мере снижения концентрации газа (разбавления) его токсичность уменьшается (увеличивается относительный вклад единицы), и при концентрации компонента, равной или ниже $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ газ становится безвредным. Естественно, что в расчетах необходимо учитывать известные эффекты суммации вредных веществ, влияющие на величины ПДК индивидуальных соединений.

Назовем выражения в круглых скобках уравнений (2) и (3) удельной токсической опасностью (ТО_y). Таким образом, удельная токсическая опасность – безразмерная величина равная количеству ПДК сверх допустимых в единице массы твердого, жидкого или газообразного технологического выброса.

Удельную токсическую опасность вещества при его концентрации равной одному молю назовем мольной токсической опасностью (ТО_M). Величины ТО_M могут быть использованы в качестве справочных. От них удобно переходить к удельным токсическим опасностям веществ с произвольной концентрацией, особенно если последние выражены в мольных долях и молярных концентрациях.

Для перевода ТТЧ в эквивалентное количество ПДК привлечем процесс горения без избытка кислорода условного (углеродистого) топлива до диоксида углерода, как это имеет место в реальном процессе. Приняв для диоксида углерода, из-за отсутствия отечественного норматива, ПДК по стандартам США (9000 мг/м^3), получим, что сжигание одного килограмма условного топлива даст количество CO_2 равное 406,8 ПДК. Следовательно, при выбросах m_i и V_i на единицу продукции имеем безразмерные величины, выражаемые формулами (4)-(6):

$$\text{ЭО} = 406,8 \text{ ТТЧ} \quad (4)$$

$$CO_{ж,п} = 406,8ТТЧ + \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{C}{ПДК_{ж,п}} - 1 \right) m \right]_i \quad (5)$$

$$CO_{газ} = 406,8ТТЧ + \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{C}{ПДК_{с.с}} - 1 \right) V \right]_i \quad (6)$$

Очевидно, что значения С и ПДК в формулах (5) и (6) должны быть выражены в одинаковых единицах.

По аналогии с удельной токсической опасностью введем понятия удельной энергетической и удельной суммарной опасности.

Удельная энергетическая опасность ЭО_у – безразмерная величина, пропорциональная ТТЧ, которая численно равна количеству ПДК, образующихся при производстве единицы товарной продукции. Определяется по выражению (4).

Удельная суммарная опасность – безразмерная величина, численно равная количеству ПДК, образующихся при производстве товарной продукции и сопутствующих ей технологических выбросов. Определяется по формулам (5) и (6).

Имея инструменты оценки энергетической, токсической и суммарной опасностей, можно сформулировать основные принципы ранжирования технолого-экологических проблем природопользования. Они заключаются в том, чтобы:

- считать приоритетными экологические проблемы, энергетическая, токсическая или суммарная экологическая опасность которых являются наиболее высокими;
- создавать новые технологии, энергетические, токсические и суммарные опасности которых находятся на мировом уровне;
- при замене или совершенствовании действующих технологий приоритетными считать только те предложения, которые обеспечивают существенное снижение энергетической опасности (для нашей страны в среднем в 2-3 раза);
- не внедрять технологических решений и мероприятий, если они ведут к увеличению токсической опасности;

- при выборе технологий утилизации, обезвреживания или захоронения отходов приоритетными считать решения, позволяющие на абсолютную наибольшую величину снизить степень токсической опасности.

Эти принципы целесообразно дополнить экономическими критериями, например, наименьшими значениями удельных затрат на ликвидацию одной единицы энергетической, токсической, суммарной опасностей. В качестве показателя затрат можно принять приведенные затраты за вычетом экономического эффекта, полученного при реализации природоохранных мероприятий (снижение платы за выбросы, за размещение отходов, стоимость продукции, произведенной из отходов и т.д.).

Изложенная применительно к химическим токсическим веществам концепция и формулы (2)-(6) идентично применимы для оценки и ранжирования физических факторов воздействия (механических, излучений и др.). В этом случае эквивалентом ПДК выступают предельно допустимые уровни физического воздействия, а эквивалентом концентраций химических веществ – интенсивность воздействия тех или иных физических факторов.

Эта же концепция может быть использована для экологического картирования атмосферы, гидро- и литосферы.

13.03.1999

Лотош Валерий Ефимович, докт. техн. наук, профессор.

Литература

1. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиненного народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986.
2. Лисиенко В.Г., Розин С.Е., Шелоков Я.М. Методика расчета и использования технологических топливных чисел. Изв. вузов. Черная металлургия, 1987. – №2. – с. 108-112.