

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Дано термодинамическое обоснование принципов и правил общей теории обеспечения экологической безопасности по автору-составителю Л.П. Милешко.

Ключевые слова: обеспечение экологической безопасности.

L.P. Mileskho

PHYSICAL AND CHEMICAL BASIS OF ECOLOGICAL SAFETY

Thermodynamic substantiation of the principles and regulations of the general theory of providing ecological safety (the author L.P. Mileskho).

Key words: ensuring ecological safety.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 июля 2016 г.

Общая теория обеспечения экологической безопасности (ОТОЭБ) включает 3 принципа и 4 правила.

Принцип 1. Экологическая безопасность ограничена временными рамками и размахом производимых акций: кратковременное воздействие может быть относительно безопасным, а длительное – опасным, изменение в локальных рамках почти безобидным, а широкомасштабное – фатальным (Реймерс Н.Ф.).

Принцип 2. Любая система представляет собой сопряжение качественных и количественных наборов элементов и энергий. Имеющее место в каждый данный момент времени сопряжение качественных и количественных наборов энергий и элементов пребывает в непрерывном изменении (энергоэлементном движении), обусловленном изменением физико-химических характеристик ОС (Бобух Л.В., Бобух К.А.).

Принцип 3. Потери энергии на информационные взаимодействия незначительны и не нарушают баланс в экосистемах, но обеспечивают согласованное поведение подсистем (самоорганизацию), в результате чего возрастает степень упорядоченности системы, то есть уменьшается энтропия [3]).

Правило 1. Любая деятельность человека должна исключать вредное воздействие на окружающую среду (Дедю И.И., Милешко Л.П.).

Правило 2. Совокупность действий, состояний и процессов не должна прямо или косвенно приводить к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде, отдельным людям и человечеству (Реймерс Н.Ф.).

Правило 3. Комплекс состояний, явлений и действий должен обеспечивать экологический баланс на Земле и в любых её регионах на уровне, к которому физически, социально-экономически, технологически и политически готово (может без серьёзных ущербов адаптироваться) человечество (Реймерс Н.Ф.).

Правило 4. Сила воздействий иногда может не иметь решающего значения – для многих факторов (например, воздействия некоторых пестицидов, биологических агентов), практически нет нижнего безопасного предела концентрации (предельно допустимая концентрация равна нулю), особенно при большой длительности воздействия (могут не реагировать живущие поколения, но страдать их потомки) (Реймерс Н.Ф.).

Для термодинамического обоснования принципов и правил ОТОЭБ могут быть использованы основные положения, приведённые в [5].

1. Преобразования энергии в живой материи имеют свои особенности и, на первый взгляд, не согласуются с теорией классической термодинамики. К.М. Петров (1997) отмечает: "Законы развития живой и косной материи описываются двумя противоположными теориями – это классическая термодинамика и эволюционное учение Дарвина" [5, с. 93].

В соответствии с законами термодинамики, дезинтеграция Вселенной неизбежна, если рассматривать её как закрытую систему. Согласно второму началу термодинамики, энтропия будет расти, а запас полезной энергии, приводящей "мировую машину" в движение, рано или поздно будет исчерпан. Рост внутренней неупорядоченности приведет к переходу высокоорганизованных структур к низкоорганизованным, к их разрушению, то есть к "тепловой смерти".

В соответствии с теорией эволюции, направление развития разнообразных форм жизни в биосфере имеет противоположную тенденцию – от низкоорганизованных форм к высокоорганизованным. Живая материя удивительным образом организуется в упорядоченные структуры как бы вопреки второму закону термодинамики.

Многие теоретики давно были обеспокоены тем фактом, что сохранение функциональной упорядоченности живых существ приводит к накоплению полезной энергии в экосистемах и как бы опровергает второй закон термодинамики. На недостаточность второго закона термодинамики еще в конце прошлого века обратил внимание украинский ученый С.А. Подолинский (1850-1891). Он подчеркивал наличие в природе процессов, противоположных рассеиванию энергии: процессов накопления и концентрации солнечной энергии. С.А. Подолинский приложил законы энергии к экономическим явлениям и показал роль человеческого труда в аккумуляции полезной энергии: расширении запасов продуктов питания, повышении количества концентрированной солнечной энергии, в том числе, с использованием гелиотехники.

К.А. Тимирязев (1903), анализируя термодинамические функции хлорофиллового аппарата растений, считал их антиэнтропийными процессами, так как они приводят не к рассеиванию, а к концентрации солнечной энергии.

В.И. Вернадский (1928) подчёркивал, что появление жизни на Земле связано с накоплением в биосфере "активной энергии" при одной и той же исходной энергии Солнца" [5, с. 94].

А.Е. Ферсман (1937) писал, что процессы биогенеза привели к тому, что "сложные органические соединения живого вещества оказались с ещё большими запасами энергии, и законы энтропии если не нарушаются, то, во всяком случае, замедляются процессами жизни.

Уникальные функции преобразования солнечной энергии в концентрированную энергию органических веществ в природе выполняют растения. Все формы жизни – это крошечные "хранилища" порядка, который поддерживается созданием моря беспорядка в окружающей их среде. Чем больше развита цивилизация, тем больше её потребности в концентрированной энергии. Следовательно, современные промышленно развитые сообщества повышают энтропию окружающей среды, то есть разрушают её в больших масштабах, чем на любом предыдущем этапе человеческой истории.

Совместимость второго начала термодинамики со способностью живых систем создавать высокоорганизованные структуры и поддерживать в них порядок обосновал нобелевский лауреат И. Пригожин (1962, 1986, 1994). Он показал, что способность к самоорганизации может встречаться в системах, далеких от равновесных, но обладающих хорошо развитыми "диссипативными структурами" (рассеивающими структурами), откачивающими неупорядоченность. Упорядоченность природной экосистемы, то есть структура биоценоза, поддерживается за счёт дыхания всего сообщества организмов, которое постоянно "откачивает" из неё неупорядоченность, то есть рассеивает тепло.

Дыхание упорядоченной биомассы выполняет функции "диссипативных структур" экосистем.

Без дыхания энтропия любой биосистемы растёт, и она в конце концов погибает" [5, с. 95].

В начале XX в. А. Эйнштейном и П.Н. Лебедевым был установлен закон взаимосвязи массы m и энергии E [6, с. 7]:

$$E = m c^2,$$

где c – скорость света в вакууме.

В соответствии с этим законом, если в теле (системе) происходит изменение энергии ΔE , то в этом же теле (системе) возникает эквивалентное изменение массы [6, с. 7]:

$$\Delta m = \Delta E / c^2.$$

Очевидно, если в изолированной системе энергия остается постоянной, то и масса тоже должна быть постоянной при любых превращениях внутри системы [6]:

$$\sum m_i = \text{const.}$$

Возникает естественный вопрос: можно ли путем управления потоками информации обеспечить баланс в экологических системах [3]? На этот вопрос можно, вероятно, дать утвердительный ответ, в случае справедливости следующих положений, выдвинутых Т.А. Акимовой и В.В. Хаскиным [7, с. 49].

При условии, что для каждого элемента системы возможны два состояния (основное и возбужденное) и они равновероятны (в этом случае $-\log_2 p_i = 1$ бит информации), отношение $I_s = H/S$ может служить в качестве **информационного эквивалента энтропии**: $I_s = 4,38 \cdot 10^{23}$ бит на одну энтропийную единицу или $1,045 \cdot 10^{23}$ бит Дж/К. Такое значение I_s получается как частное от деления коэффициента перевода логарифма по основанию 2 в натуральный логарифм ($\log_2 x = 1,4427 \ln x$) на постоянную Больцмана. 1 энтропийная единица (1 э.е.) = 1 кал/град = 4,18 Дж/К.

Поскольку

$$\Delta S = \Delta Q/T,$$

где Q – количество теплоты (энергии);

T – абсолютная температура, знание которой позволяет оценить **информационный эквивалент энергии**:

$$I_E = 1,045 \cdot 10^{23} \frac{1}{T} \text{ бит/Дж}.$$

Это означает, что в энергетическом отношении структурная информация сама по себе чрезвычайно "дешева". Её обратная зависимость от температуры имеет скрытое универсальное значение и представляет самостоятельный интерес.

Сама по себе энтропия и тем самым неопределенность состояния системы может только возрастать, то есть информация сама по себе может только утрачиваться. Только в открытых системах (с накачкой), отдающих энтропию, информация может приобретаться. Поэтому переработку информации можно рассматривать как некую частную разновидность самоорганизации".

В [8] предложен методологический подход к проектированию энергоресурсосберегающих **водопотребляющих химико-технологических систем (ВХТС)** промышленных предприятий. В его основе лежат термодинамические методы: эксергетический и водный пинч-метод. Эта методология апробирована при проектировании ВХТС крупных химических, машиностроительных, текстильных, стекольных, пищевых, автотранспортных и др. предприятий Центрального, Приволжского и Южного Федеральных округов России. Результаты апробации работы показали возможность существенного сокращения объёмов потребляемых сырьевых и энергетических ресурсов, значительного уменьшения массы выброса загрязняющих веществ в окружающую среду [8].

Смешение водных технологических потоков различного происхождения приводит к увеличению суммарной энтропии системы в результате разбавления (рассеивания) ингредиентов [8]. Это, в свою очередь, увеличивает энергетические и экономические затраты на последующую обработку воды. При рассмотрении качественной, организационной стороны вопроса, желательно, насколько это возможно, избегать смешивания потоков отработанной воды различных технологических линий данного предприятия [8].

Для количественной характеристики происходящих процессов необходим метод, позволяющий оценить степень рассеивания компонентов жидкофазной системы за счёт разбавления водных потоков (сточных вод) при их нецелесообразном смешивании. Удобной для использования характеристикой в этом случае может быть величина потери эксергии [8]:

$$Ex = H - T_0 S,$$

где H , S и T_0 – энтальпия, энтропия и абсолютная температура системы (индекс "0" означает состояние системы в условиях окружающей среды).

Абсолютная величина потери эксергии, ΔEx , равна [8]:

$$\Delta Ex = Ex_{вых} - Ex_{вх},$$

где $Ex_{вх}$ и $Ex_{вых}$ – эксергия жидкофазной системы соответственно на входе в систему (до смешивания потоков) и на выходе из системы (после объединения потоков).

Термодинамический подход к оценке воздействия на среду рассмотрен в [9].

Таким образом, термодинамический подход является эффективным для обоснования ОТОЭБ применительно ко всем уровням: биосферы, государств, регионов, городов и предприятий.

Литература

1. **Милешко Л.П.** Введение в экологическую безопасность // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (47). 2013. С. 188-193. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
2. **Милешко Л.П.** Общая теория обеспечения экологической безопасности: монография. Таганрог: изд-во ЮФУ, 2016. 129 с.
3. **Милешко Л.П., Котенко В.В., Нестюрина Е.Е.** Экологическая безопасность информационной среды и роль информационных взаимодействий в экологических системах // Информационное противодействие угрозам терроризма. № 23 (23). 2014. С. 259-263.
4. **Милешко Л.П.** Физико-химические основы экологической безопасности технологических и производственных процессов // Матер. первой междунар. научн.-практ. конф. "Проблемы регионального управления, экономики, права и инновационных процессов в образовании". Таганрог: ТИУЭ, 2000. С. 60-64.
5. **Цветкова Л.И., Алексеев М.И., Кармазинов Ф.В. и др.** Экология. М.: изд-во АСВ, С.-Пб: Химиздат, 2001. 552 с.
6. **Харин А.Н., Катаева Н.А., Харина Л.Т.** Курс химии. М.: Высш. школа, 1983. 511 с.
7. **Акимова Т.А., Хаскин В.В.** Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 495 с.
8. **Невский А.В., Ватагин В.С., Шарнин В.А. и др.** Термодинамический подход к проектированию энергоресурсосберегающих химико-технологических систем водопотребления // Вестник Казанского технологического университета. № 2. 2010. С. 145-148.
9. **Кривошеин Д.А., Дмитренко В.П., Федотова Н.В.** Основы экологической безопасности производств. СПб.: изд. "Лань", 2015. 336 с.