

4.3. Классификация и экологическая оптимизация природно-техногенных систем

ПТС можно представить как искусственную физико-химическую систему, исходя из того, что процессы переноса массы, энергии и информации в них подчиняются одним и тем же общим закономерностям.

При этом природную подсистему следует рассматривать как химический реактор с распределенными параметрами, процессы внутри которого направлены на нейтрализацию техногенной нагрузки.

Физико-химическая система – это m -фазная, n -компонентная система, распределенная в пространстве и переменная во времени, осложненная совместными явлениями различной природы (гидромеханические, химические, тепловые, диффузионные и т.д.) и своими линейными и рассредоточенными параметрами, в которой при наличии источника или стока в каждой точке гомогенной среды и на границе фаз происходит перенос вещества, энергии, информации.

Исходя из данного определения искусственные физико-химические системы, в зависимости от характера их взаимодействия с природной средой и степени трансформации природных ресурсов, энергии и информации, можно представить пятью уровнями:

1 уровень – технологический аппарат, т.е. техническая физико-химическая система, предназначенная для реализации одного или нескольких параллельно протекающих процессов, по физико-химической трансформации природных ресурсов (включая и вторичные ресурсы) или для производства (утилизации) энергии, при одних параметрах в рабочей зоне.

2 уровень – технологическая линия, т.е. техническая физико-химическая система, представляющая собой последовательность взаимосвязанных материальными и энергетическими потоками физико-химических систем 1-го уровня и предназначенная для осуществления ряда последовательных физико-химических процессов преобразования сырья в целевую продукцию.

3 уровень – система «Промышленное предприятие – окружающая среда», т.е. природно-техногенная физико-химическая система, состоящая из совокупности физико-химических систем 2-го уровня, связанных между собой основными и вспомогательными процессами, и обеспечивающая выпуск одного или нескольких видов целевой продукции, и окружающей природной среды.

4 уровень - система «Промышленный узел – окружающая среда», т.е. природно-техногенная физико-химическая система, состоящая из совокупности физико-химических систем 3-го уровня, объединенных взаимосвязанной инфраструктурой (источники энергии, транспортная сеть, социально-культурные и бытовые объекты и т.д.)

5 уровень - Территориально-производственный комплекс – природно-техногенная физико-химическая система, состоящая из совокупности физико-химических систем 4-го уровня, связанных по принципу ресурсных и производственно-технологических циклов с целью полного использования ресурсного потенциала региона.

Наибольший интерес с точки зрения природообустройства представляют физико-химические системы 3-5 уровней, являющиеся природно-техногенными системами. Интенсивность процессов в этих системах обусловлена спецификой технологических процессов. Территория указанных систем складывается из сочетания зон двух типов: импактных зон (зон непосредственного влияния) и зон косвенного влияния.

Импактная зона – это целенаправленно преобразованная территория, на которой размещены промышленные объекты. В ней сконцентрированы вещества и энергии участвующие в технологических процессах. В импактной зоне выделяются три подзоны: активная, ослабленной активности и периферийная.

Активная подзона представляет собой совокупность технологических аппаратов и линий, осуществляющих процессы переработки природных ресурсов в экстремальных условиях интенсивных нагрузок. Следовательно, здесь формируются максимальные техногенные нагрузки, на окружающую среду, характер проявления которых определяется степенью открытости технических систем, т.е. интенсивностью материально-энергетического обмена с окружающей средой.

Подзона ослабленной активности охватывает территории, на которых расположены склады сырья, готовой продукции, реагентов и т.д. Она характеризуется высокой концентрацией веществ, участвующих в технологическом процессе, нормальными давлением и температурой и большей степенью открытости, чем активная подзона.

В периферийной подзоне располагаются хранилища и накопители отходов производства, отличающиеся повышенными концентрациями загрязняющих веществ при нормальных температуре и давлении. В этой подзоне достаточно высока нагрузка на окружающую среду, что связано с осуществлением процессов миграции веществ в условиях преобразованного ландшафта (зачастую с перемещенными, нарушенными грунтами), нарушенном почвенном покрове и растительности и измененной динамике подземных вод. Технические системы, расположенные в рассматриваемой подзоне, являются практически открытыми с частичными ограничениями (локализованные хранилища, водонепроницаемые покрытия и т.д.).

Зона влияния представляется естественным ландшафтом, но с повышенными концентрациями веществ, используемых в технологических процессах. В ней в наибольшей степени проявляется действие механизма самоочищения природной среды, которое зависит от географических условий, величины техногенного давления (пресса) и предельно допустимых экологических нагрузок.

Функционирование любой физико-химической системы приводит к образованию информационно-насыщенных, нестационарных материально-энергетических полей, величины характеристик которых существенно превышают значения соответствующих характеристик окружающей среды. Кроме того, при переходе от более низких уровней системы к более высоким, может наблюдаться наложение этих полей, что является причиной образования локальных критических зон с аномально высокими показателями их материальной и энергетической составляющих. Указанное состояние необходимо учитывать при оптимизации физико-химических систем.

Основываясь на классической теории поля, импульс взаимодействия техногенной и природной подсистем открытой физико-химической системы можно представить в виде:

$$j = \frac{K^T K^П \Delta^T \Delta^П F^2}{R^2} \tau$$

где: $K^T, K^П$ – коэффициенты массоэнергопереноса для субстанций генерируемых соответственно техногенной и природной подсистемами;

$\Delta^T, \Delta^П$ – движущие силы процессов переноса, проявляющиеся, соответственно в техногенной и природной подсистемах;

F – площадь контакта техногенной и природной подсистем в процессе массоэнергопереноса;

R – расстояние, на котором проявляется влияние техногенной подсистемы на природную за время τ .

Условием оптимизации функционирования физико-химической системы является сбалансированность при определенных ограничениях, накладываемых спецификой самой системы, взаимодействия техногенной и природной подсистем, т.е. оптимизация импульса этого взаимодействия, которая при $\tau \approx const$ представляется следующим образом:

$$opt\{j\} \Rightarrow \frac{\min\{K^T K^{\Pi} \Delta^T \Delta^{\Pi} F^2\}}{\max\{R^2\}}$$

Реализация указанного условия оптимизации может быть достигнута за счет сокращения поступления материальных и энергетических отходов в окружающую среду (снижения интенсивности этого поступления), уменьшения площади контакта техногенной и природной подсистем и максимально возможной изоляции производственных процессов от активных компонентов природной среды (воды, воздуха).

Уровень эколого-экономической оптимальности техногенной составляющей природно-техногенной системы можно оценить по выражению

$$K_{\text{ээ}} = K_1 K_2 K_3 K_4$$

где: K_1 – коэффициент использования производственной мощности;

K_2 – коэффициент использования сырьевых ресурсов, характеризующий технологический выход продукции;

K_3 – коэффициент экологической эффективности очистных сооружений;

K_4 – коэффициент экологической безопасности производства.

Коэффициенты K_1, K_2, K_3, K_4 определяются по формулам:

$$K_1 = \frac{Q_{\phi}}{Q_p} \quad K_2 = \frac{M_{\text{пр}}}{M_c + M_p} \quad K_3 = K_3' K_3'' K_3''' \quad K_3' = \frac{m_{\text{об}}}{m_{\text{об}}}$$

$$K_3'' = \frac{m_{\text{ут}}}{m_{\text{ул}}} \quad K_3''' = \frac{m_{\text{прз}}}{m_{\phi}} \quad K_4 = \frac{m_{\text{ндз}}}{m_{\phi}}$$

здесь: Q_{ϕ}, Q_p – фактическая и расчетная мощности производства;

$M_{\text{пр}}$ – масса продукции с учетом переработанных и утилизированных отходов;

M_c – масса сырья;

M_p – масса вспомогательных ресурсов;

K_3' – коэффициент обеспеченности очистными сооружениями;

K_3'' – коэффициент эффективности очистных отходов;

K_3''' – коэффициент утилизации уловленных отходов;

$m_{\text{об}}, m_{\text{оп}}, m_{\text{ул}}, m_{\text{ут}}$ – соответственно масса образовавшихся, поступивших на очистные сооружения, уловленных и утилизированных отходов в единице относительной токсичной массы;

$m_{\text{ндз}}, m_{\phi}$ – разрешенное предельное и фактическое поступление загрязняющих веществ в природную среду в единицах относительной токсичной массы.

Основные принципы и задачи оптимизации геотехнических систем

Уровень физико-химической системы	Содержание задачи оптимизации	Пути решения задачи оптимизации
1	2	3
1-й уровень	Повышение эффективности и интенсивности технологического процесса, сокращение потерь вещества и энергии	$K_1 \rightarrow 1; K_2 \rightarrow 1; \min\{m_{об}\Delta^T\}$
2-й уровень	То же, что и для 1 уровня; локализация источников отходов; сокращение потребления природной энергии на технологические нужды; уменьшение образования отходов; снижение токсичности и	$K_1 \rightarrow 1; K_2 \rightarrow 1; \min\{m_{об}\Delta^T\}; \max\{R\}; \min\{\Delta^H\}; \min\{K^T\};$

1	2	3
3-й уровень	<p>То же, что и для 1 и 2 уровней; замыкание циклов, утилизация вторичных энергетических ресурсов, сокращение запасов сырья, продукции, отходов на промышленной площадке,; герметизация, изоляция площадки от подвижных компонентов природной среды; повышение плотности застройки промышленной площадки; размещение предприятия в оптимальных природных условиях</p>	$K_{\text{эо}} \rightarrow 1; \max\{R\}; \min\{K^T, \Delta^T\};$ $\min\{\Delta^H\}; \min\{K^T\}; \min\{F\};$

1	2	3
4-й уровень	То же, что и для 1-3 уровней; максимальное использование вторичных материальных и энергетических ресурсов	$K_{\text{э}} \rightarrow 1; \min \{m_{\text{об}}\};$
5-й уровень	То же, что и для 1-4 уровней; максимальное использование комплексного потенциала природного сырья на всех стадиях производства от добычи до получения готовой продукции	$K_{\text{э}} \rightarrow 1; \min \{m_{\text{об}}\};$