

УДК 551.510.42

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВСЕСТОРОННЕГО АНАЛИЗА  
ПРИРОДНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОЙ СИСТЕМЫ КАК СРЕДЫ  
ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Доктор техн. наук

Ж.С. Мустафаев

Канд. техн. наук

А.Т. Козыкеева

Л.Ж. Мустафаева

К.Ж. Мустафаев

К.Б. Койбагарова

*Предложены методологические основы всестороннего анализа природно-деятельностной системы как среды обитания человека, включающие всесторонний анализ природной среды, экологическое нормирование и их связь с стратегией регулирования качества природной среды.*

Современная эпоха природопользования характеризуется ростом актуальности всех аспектов проблемы взаимоотношения общества и природы: научного, практического, экологического, экономического, эстетического и социального, которые требуют детального изучения и комплексного системно-структурного анализа состояния природной среды при длительном антропогенном воздействии.

Поэтому, основной задачей всестороннего анализа деятельности природной системы является изучение самых разнообразных сторон антропогенного воздействия различных факторов на компоненты биосферы, всеобъемлющий анализ эффектов этого воздействия с целью выявления приоритетных направлений природопользования и оценки устойчивости природной системы, как среды обитания человека.

Для выявления историко-генетических связей, сложившихся в сфере природопользования, при жесткой деятельности человека возникает необходимость воспользоваться некоторыми философскими и методологическими рассуждениями общего характера [2, 5, 14, 19].

Основной особенностью всестороннего структурно-системного анализа взаимоотношения общества и природы с экологических позиций является изучение истории формирования естественных и антропогенных

факторов природной системы в пространственно-временных масштабах, т. е. в процессе исследований необходимо изучить не только механизмы прошлой, настоящей, а и связанной с ними будущей преобразующей деятельности человека.

Важнейшим этапом такого анализа является анализ природно-экологической ситуации системы в условиях постоянной антропогенной деятельности с выявлением причинно-следственных связей. Для выявления этих связей необходимо системное представление природной системы, где сочетание естественных (природных) и антропогенных факторов, может быть отражено моделью деятельностно-природного объекта (ДПО) [14, 19]. С экологических позиций систему природопользования и природообустройства необходимо рассматривать не только для улучшения неблагоприятных условий природных системы, но и как средство нормализации всей среды обитания человека [2, 5, 6, 14, 19]. Необходимо изучить историю формирования и функционирования ДПО под влиянием естественных и антропогенных факторов.

Для инструмента изучения многостороннего антропогенного воздействия и комплексной оценки экологического состояния природной системы в пространственно-временных масштабах М.Х. Сарсенбаев [16], использовал методологию всестороннего анализа природной системы, как среды обитания человека, которая впервые была сформулирована Ю.А. Израэлем [3], а И.П. Айдаровым и В.Х. Хачатурьяном [18], Ж.С. Мустафаевым [8] – применена в ретроспективном анализе.

Процесс всестороннего анализа природной среды в методологии [3], выработанной на советско-американских симпозиумах, изложена в виде блок-схемы, включающей следующие разделы.

1. Анализ эффектов воздействия различных факторов на окружающую природную среду:

- анализ реакций организмов, популяций, экосистем на воздействия на различных уровнях;
- анализ последствий от воздействий и определение ущерба от воздействий;
- выявление критических факторов воздействия и наиболее чувствительных элементов биосферы.

2. Определение допустимых экологических воздействий и нагрузок:

- определение допустимых нагрузок для отдельных организмов и различных популяций с учетом комплексного и комбинированного воздействия и санитарно-гигиенических требований к качеству среды;
- определение допустимых нагрузок на сообщества, экосистемы с учетом путей воздействия на все элементы сообщества, экосистемы;
- определение допустимых нагрузок на крупную систему (климатическую систему, биосферу в целом);

3. Определение допустимых нагрузок на регион с учетом экономических аспектов.

4. Выработка критериев, направленных на ограничение источников воздействия (норм предельно допустимых выбросов и др.) и ослабление эффектов воздействия с санитарно-гигиенических и экологических позиций.

5. Введение различных норм, ограничивающих воздействие (норм на выбросы, источники воздействия и т.д.).

6. разработка различных технических приемов по ограничению загрязнений и других воздействий:

- разработка и внедрение технологических способов уменьшения воздействий (загрязнений);
- разработка и внедрение очистных сооружений и фильтров.

Как показал структурно-системный анализ, в деятельностной блок-схеме, предложенной Ю.А. Изразлем [3], отсутствует природный блок для выявления историко-генетических связей, характеризующий природные условия формирования географических объектов. При отсутствии их в составе деятельностной блок-схеме всестороннего анализа, проведение экологической оценки природной системы в условиях антропогенной деятельности на уровне познающей и преобразующей деятельности практически невозможно. Поэтому, чтобы не нарушать структурного формирования методологического подхода всестороннего анализа природной среды [3], в их состав, необходимо, включить, нулевой блок -- ландшафтно-экологическую оценку ресурсов природной системы, так как рациональное природопользование и природообустройство в значительной мере зависит от правильности выбора методологии оценки природно-экологической продуктивности ландшафта [4].

7. Природно-экологическая оценка ресурсов деятельностно-природных объектов (ДПО):

- климатическая оценка природных систем;

- агроклиматическая оценка природных систем;
- природно-экологическая оценка природных систем.

Таким образом, одной из основных задач экологического исследования стало выявление качественного и количественного состояния природной системы, на основе всестороннего анализа природной среды, для оценки преобразующей деятельности человека в пространственно-временных масштабах: прошлое – настоящее – будущее. Для проведения всестороннего анализа, рассматривающего совокупность естественных и антропогенных процессов в деятельностно-природной системе, необходимо построить модель природы с учетом специфики деятельности человека. Для этого, прежде всего, требуется с экологической, экономической и социальной позиций определить, цели и ценности природопользования и природообустройства, как среды обитания человека. Для реализации такого мировоззрения целесообразно воспользоваться методом восхождения от абстрактного к конкретному по иерархической системе.

#### *Природно-экологические оценки ресурсов природных систем*

Для всестороннего анализа природной среды с природно-экологических позиций необходимо изучить историю формирования природной системы под влиянием естественных и антропогенных факторов. Основной формой учета историко-генетических связей природной среды является природно-экологическая оценка её продуктивности. Она в настоящее время подразделяется на три основных типа:

- климатическая (сумма биологически активных температур ( $\sum t$ ), сумма осадков ( $O_c$ ), продолжительность безморозного периода ( $T$ ), испаряемость ( $E_o$ ), фотосинтетически активная радиация ( $R$ ));
- агроклиматическая ( гидротермический показатель увлажнения ( $ГТК$ ), коэффициент увлажнения ( $K_y$ ), степень увлажненности ( $HF$ ), индекс сухости ( $\bar{R}$ ), показатель сухости ( $K_T$ ), оценка увлажнения ( $K$ );
- природно-экологическая (биологическая продуктивность почвы ( $\bar{B}$ ), энергия затрачиваемая на почвообразование ( $Q_n$ ), изменение содержания гумуса в почвах ( $\bar{Г}$ ), интенсивность геологического круговорота воды ( $\bar{g}$ ), экологическое состояние территории ( $\Delta Э$ ), индекс почвы ( $S$ ), показатель благоприятности климата ( $CL$ ), продуктивность ландшафта ( $\bar{Y}$ )) [8].



## 1. Анализ эффектов воздействия антропогенной деятельности на среду обитания человека

При природопользовании и природообустройстве, для рационального управления природными ресурсами и их хозяйственного использования, помимо воздействий на природную среду, которые заключаются в направленном сдвиге равновесия в исходных природных системах и их приспособлении к выполнению определенных производственных функций, обязательно и воздействие природы на общество.

Человечество в своей многогранной антропогенной деятельности активно, слишком утилитарно, в большинстве случаев стихийно, технократично вмешивается в природу, нарушая и ломая сложившиеся веками в ней динамическое равновесие. В результате возникала необходимость выполнения экологической оценки состояния природной системы на основе всестороннего анализа природной среды в аспекте системного или ретроспективного анализа эффектов воздействия различных факторов на окружающую природную среду.

Искусственно-естественные или деятельностно-природные системы (ДПС) представляют собой понятия, включающие элементы трех категорий: деятельность ( $D$ ), природные материалы ( $M$ ) и трансформированный или оформленный человеком материал ( $TM$ ). Вероятно, все многообразие ситуаций, возникающих при взаимодействии человека с природой можно свести к единству этих трех категорий при всестороннем анализе природной среды [7, 8].

Цель изучения - анализ эффектов воздействия различных факторов на окружающую природную среду, характеризующих взаимоотношение общества и природы - оценка экологических состояний природной системы, которая состоит из трех разделов.

*А. Анализ реакции организмов, популяций, экосистем на воздействия на различных уровнях основывается на систематизации фондовых материалов и данных, полученных с помощью первичного мониторинга за длительное время. На элементы природной системы ( $C_i$ ) воздействует несколько факторов ( $\Phi_i$ ), обусловленных различными видами антропогенной деятельности ( $D_i$ ). В результате постоянного усиления интенсивности ( $D_i$ ), состояние природной системы, взаимосвязанное с динамикой геохимических, биологических, энергетических и других процессов, изменяет естественное состояние, т.е. принимает другой вид ( $C_i^j$ ), где сохра-*

няются генетические основы формирования и функционирования системы. А факторами воздействия могут быть химические ( $\Phi_x$ ), физические ( $\Phi_\phi$ ), механические ( $\Phi_M$ ) и биологические ( $\Phi_b$ ), т.е. при их воздействии фоновое состояние природной системы ( $C_i^i$ ) как бы синтезирует влияние всех разнородных и разнообразных форм антропогенной деятельности человека. Таким образом, анализ данного этапа на основе системной организации деятельностно-производственных материалов, выделении ведущих факторов ( $\Phi_i$ ), пространственно-временных границ и иерархических уровней ДПО, в котором подразумевается оценка преобразующей деятельности человека ( $D_i$ ) и характер изменения трансформированного этой деятельностью природного материала ( $TM_i$ ).

Количественную оценку реакции организмов, популяций, экосистем на антропогенное воздействие приводят в пространственно - временном масштабе  $t_i \rightarrow t_o$  (где  $t_i$  - прошлый период;  $t_o$  - современный период). Параметры деятельности  $\bar{D}_i$  - выражаются в долях общего объема природного ресурса, находившегося в воздействиях различных факторов ( $\Phi_i$ ). В пределах каждого антропогенного воздействия оцениваются приведенные коэффициенты негативной реакции для человека -  $\bar{NR} = NR_i / NR_{max}$  и для среды его обитания -  $\bar{nr} = nr_i / nr_{max}$  [18].

Величины  $\bar{NR}$  и  $\bar{nr}$  изменяются от 0 до 1, причем возрастание коэффициентов свидетельствует об ухудшении ситуации.

Приближенные зависимости для оценки воздействия антропогенной деятельности имеют вид:

- для человека

$$\bar{NR} = \left( \sum_i \bar{D}_i \cdot q_x \right) \sum_i \varepsilon_i(k);$$

- для среды его обитания

$$\bar{nr} = \left( 1 + \frac{\bar{D}_{ss}}{\bar{D}_{ps}} + q_x \right) \sum_i \beta \cdot \varepsilon_i(k),$$

где  $\bar{D}_i$  - включает степень загрязнения воздуха ( $\bar{D}_b$ ) и использование подземных вод, загрязненных ядохимикатами, на питьевое водоснабжение ( $\bar{D}_{nb}$ );  $\bar{D}_{ss}$  - уровень использования для водоснабжения и орошения реч-

ных вод;  $\bar{D}_{pv}$  - уровень использования возвратных вод для водоснабжения и орошения;  $\varepsilon_i$  - частные параметры ухудшения свойств компонентов природной системы (для человека это – динамика болезней, связанных с потреблением загрязненной воды и воздуха -  $\varepsilon_i(r)$ , для почвы, растений и сельскохозяйственных культур – содержание в почве токсичных солей, для грунтовых вод – повышение их минерализации и уровня -  $\varepsilon_i(k)$ );  $\beta$  - поправочный коэффициент (для почв и грунтовых вод  $\beta > 1$ , для сельскохозяйственных культур  $\beta = 1$ );  $q_x$  - интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почвы и грунтовые воды.

Величина  $\varepsilon_i(k)$  оценивается по формуле:

$$\varepsilon_i(k) = F_i / F_0,$$

где  $F_i$  и  $F_0$  - объем использованных природных ресурсов за периоды, соответственно,  $t_i$  и  $t_0$ .

Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в грунтовые воды и почвы оценивается по эмпирическим зависимостям [18]:

$$q_x^c = 1 - q_x^n;$$

$$q_x^n = \exp\left[-\left(\alpha \cdot q_w + 1/R_\phi\right)\right],$$

где  $\alpha$  - постоянная, зависящая от вида ядохимикатов;  $q_w$  - интенсивность инфильтрационного питания;  $R$  - фильтрационное сопротивление ( $R = 1/f_m$ ,  $f_m$  - относительная площадь грунта с малой мощностью).

*Б. Анализ последствий от воздействий и определение ущерба от воздействий – ключевой этап для раскрытия причинно-следственных связей природных процессов в результате антропогенной деятельности человека.* Он сводится к ретроспективному анализу познающей ( $P_i$ ) и преобразующей ( $PD_i$ ) деятельности, оценке направленности и интенсивности протекающих природных процессов и ситуаций. При этом выявление возникающих противоречий между обществом и природой в результате антропогенной деятельности человека позволит понять, почему те или иные концепции и стратегии природопользования, справедливые для отдельных географических зон и для конкретной социально-культурной ситуации, не адекватны процессам, протекающим в настоящее время в регионе или бассейнах рек.

При этом имеется в виду, что анализ основного этапа развития преобразующей деятельности ( $D_i$ ) и характер изменения трансформиро-



ванного этой деятельностью природного материала ( $TM_i$ ), позволяет установить основные тенденции деятельностно-природных процессов и последствия от антропогенного воздействия.

Для определения ущерба, нанесенного природной системе в результате отрицательного воздействия, разработана методика его оценки, включая экологический, социально-экономический и социальный ущерб [9, 14]:

$$Z(x) = Z_s(\bar{P}_s - P_s(x)) + Z_{\text{эк}}(\bar{P}_{\text{эк}} - P_{\text{эк}}(x)) + Z_c(\bar{P}_c - P_c(x)),$$

где  $Z_s(\bar{P}_s)$  - экономический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_s(P_s(x))$  - затраты необходимые для качественного улучшения параметров природной среды;  $Z_{\text{эк}}(\bar{P}_{\text{эк}})$  - экологический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_{\text{эк}}(P_{\text{эк}}(x))$  - затраты, необходимые для улучшения экологических условий природной среды;  $Z_c(\bar{P}_c)$  - социальный ущерб от ухудшения качественных параметров природной среды;  $Z_c(P_c(x))$  - затраты на улучшение социальных условий природной среды.

*В. Выявление критических факторов воздействия и наиболее чувствительных элементов биосферы – изучение совокупности процессов и форм взаимодействия человека со всей его средой обитания – социальной, технической, природной, что составляет, как известно, существо экологической проблемы природопользования.* Преобразованная природная и созданная человеком искусственная среда обитания воздействует на наиболее чувствительный элемент биосферы, которым является человеческий организм, т.е. на биологические и генетические процессы. В результате этой деятельности в конечном итоге сам человек оказывается объектом преобразований природы.

При определении воздействия различных факторов на отдельные организмы, элементы биосферы, экосистемы, в целом, необходима обобщенная оценка спектра биологических откликов живого организма (человека) в ответ на воздействие антропогенной деятельности. Для этого предложена схема интегральной оценки опасности экологической ситуации на здоровье человека ( $ЗД_i = \int(\bar{\Delta}_k)$ ) [9] с использованием градации спектра биологических откликов, разработанной Всемирной организацией здравоохранения [15].



При этом важно подчеркнуть, что генетические аспекты проблемы взаимодействия человека со средой обитания не сводятся к влиянию загрязнения окружающей среды на наследственность человеческих популяций. Человек, как биологический вид, формировался в процессе длительного исторического развития и приспособлен к той естественной среде, в которой происходила его эволюция, что необходимо учитывать при определении допустимых градаций спектра биологических откликов человеческого организма.

## **2. Определения допустимых экологических воздействий и нагрузок**

В самом широком смысле под допустимым антропогенным воздействием на среду обитания человека следует понимать воздействие, складывающееся из отдельных однородных и разнородных воздействий, которые не влияют на качество окружающей природной среды, т.е. сохраняют экологическое равновесие природной системы. Однако, в настоящее время взаимоотношения общества и природы по ряду параметров воздействия на биосферу Планеты уже постепенно приближаются к своеобразному «порогу» допустимых экологических нагрузок природной системы. Переступив этот «порог», человек может, сам того не желая, вызвать в природных системах необратимые изменения отрицательного свойства, способные проводить своеобразную «цепную реакцию», примером которых стал бассейн Аральского моря. Поэтому для сохранения природных ресурсов, их рационального и сбалансированного использования определение допустимых экологических воздействий и технических нагрузок становится актуальнейшими задачами науки природопользования.

На основе систематизации современных знаний о взаимосвязанных потоках вещества Н.И. Парфенова и Н.М. Решеткина [13] разработали концептуальную модель природной гидрогеохимической системы планеты Земля, где отражены эволюционные преобразования земной коры и ее геоструктуры под влиянием космической энергии, выраженные в виде постоянного обмена веществ между сушей и океаном, через ритмы большого геологического круговорота, питание его веществами и химическими элементами малого биологического круговорота. Опираясь на выдвинутые теоретические концепции о структуре и функционировании гидрогеохимической системы планеты Земля, эволюционно развивающиеся процессы формирования гидрогеохимических потоков и влияние на них антропогенной деятельности человека рассмотрены на трех крупных иерархических уровнях природной системы [13], которые могут быть использованы для определения допустимых экологических воздействий и нагрузок.

Нижний уровень - локальный – ландшафт. На нем можно проследить за сложными биогеохимическими процессами, обменом веществ и химических элементов между живой и неживой материей, между почвами и грунтовыми водами, где можно определить допустимые нагрузки для отдельных организмов и различных популяций с учетом комплексного и комбинированного воздействия и санитарно-гигиенических требований к качеству среды.

Средний уровень – региональный – включает в себя речные бассейны, где в тесном единстве формируются поверхностные и подземные гидрогеохимические потоки, непосредственно определяющие экологическое состояние природной системы, где можно определить допустимость нагрузок на сообщества, экосистемы с учетом путей воздействия на все элементы сообщества и экосистемы.

Верхний уровень – глобальный – объединяет ландшафтно-географические зоны. На нем осуществляется связь суши с океаном, в том числе через подземные потоки воды, вещества и химических элементов верхнего и нижнего гидрогеологических этажей, где можно определить допустимые нагрузки на крупную систему (климатическую систему, биосферу в целом).

Гидрогеохимическая система Земли обладает устойчивостью и саморегулированием и находится в динамическом равновесии, определяющем современные благоприятные экологические условия жизни человека.

При экологическом нормировании антропогенных нагрузок природной системы необходимо учитывать возможности элементов биосферы и экологических системы. При выработке норм предельно допустимых экологических нагрузок на различные природные комплексные системы должен предусматриваться весьма жесткий критерий – отсутствие в настоящем и будущем каких-либо отклонений состояния человека от нормы и любых заметных реакций у него на воздействие, так как ценностью при преобразовании природной системы является человек в среде его обитания.

*А. Определение допустимых нагрузок для отдельных организмов и различных популяций с учетом комплексного и комбинированного воздействия и санитарно-гигиенических требований к качеству среды в основном относится к нижнему уровню – ландшафту.*

При определении допустимых нагрузок для отдельных организмов и различных популяций можно выделить два взаимосвязанных вопроса,

которые необходимо рассматривать при обосновании критериев и выбора параметров экосистемы:

- какой из факторов имеет большее относительное влияние на изменение функции отклика  $\varphi(x_1, \dots, x_n)$  при данной комбинации экологических факторов;

- сохраняется ли относительная важность факторов при переходе к другим точкам пространства экологических факторов, достаточно отличным от данной точки  $(x_1^{(1)} \dots x_n^{(1)})$ , например к точке  $(x_1^{(2)} \dots x_n^{(2)})$ .

Определение допустимых нагрузок и устойчивости экосистемы, степень изменения компонентов природного процесса, могут быть определены через параметр деятельности природной среды  $x_i$ , который характеризуется взаимосвязью  $TM/M$  (где  $M$  - природные материалы;  $TM$  - оформленные человеком материалы) или  $\bar{D} = OM/D$  (где  $OM$  - параметр изменения природной среды;  $D$  - параметр преобразующий деятельность человека). Прежде чем составить задачу описания степени устойчивости экологической системы в зависимости от уровня ухудшения количественного и качественного состояния компонентов природной среды, введем обозначения:

$\varepsilon_i(k) = \Pi_o(k) / \Pi_i(k)$  - частные параметры ухудшения свойств компонентов во временном масштабе;  $\Pi_o(k)$  и  $\Pi_i(k)$  - параметры объекта, характеризующие свойства компонентов на период соответственно  $t_i$  и  $t_o$ ;

$d_i(k) = D_o(k) / D_i(k)$  - частные параметры ухудшения свойств компонентов в пространственном масштабе;  $D_o(k)$  и  $D_i(k)$  - параметры объекта, характеризующие изменение свойств компонентов в пространственных масштабах;

$a_i(k) = A_o(k) / A_i(k)$  - частные параметры, характеризующие антропогенные нагрузки во временном масштабе;  $A_o(k)$  и  $A_i(k)$  - параметры объекта, характеризующие количественное изменение антропогенной нагрузки на природную систему на период соответственно  $t_i$  и  $t_o$ .

Постановка задачи вытекает из анализа закономерности функционирования экологических систем, который даёт возможность предположить, что изменение уровня устойчивости экосистемы при изменении количественного и качественного состояния деятельностно-природной сис-

темы пропорционально оптимальному значению уровня устойчивости экосистемы и отклонению параметров компонентов экосистемы от естественного ( $\varphi_0 - \varphi$ ). Тогда, на основе «закона совместного действия факторов», устойчивость не только зависит от какого-нибудь одного фактора, но и от всей совокупности факторов одновременно, т.е.  $\varphi = \varphi(x_1, \dots, x_n)$ .

При этом частная функция отклика экологической устойчивости или состояния природной среды на некоторый их компонент  $x_i (1 \leq i \leq n)$ , при фиксированных значениях факторов  $x_j (j \neq i)$ , может быть описана выражением вида:

$$\begin{aligned} \varphi_i(x_i) &= \varphi(x_1^*, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n) = \\ &= A_i(x_1^*, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n) (1 - 10^{-c_i x_i}) \cdot 10^{-k x_i^2} = \\ &= A_{max} (1 - 10^{-c_i x_i}) = A_{max} [1 - \exp(-a_i \cdot x_i)] \end{aligned}$$

Таким образом, как видно из уравнения, при изменении компонентов природной среды и отдельных их компонентов ( $x_i$ ) изменяется также и относительная величина факторов на функцию отклика  $\varphi(x_i)$ , интервалы толерантности, положение точки (зоны) оптимума, масштаб и форма частных функций отклика на каждый из экологических компонентов природной среды. Все это подчеркивает необходимость изучения зависимости функции отклика  $\varphi(x_1, \dots, x_n)$  от всей совокупности факторов ( $x_1, \dots, x_n$ ).

*Б. Определение допустимых нагрузок на сообщества, экосистемы с учетом путей воздействия на все элементы сообщества, экосистемы в целом относится к среднему уровню – региональному.*

Принимая закон аддитивности – «свойство величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям при любом разбиении объекта на части» - к компонентам природной среды многофакторную модель экологической устойчивости природной системы можно представить в следующем виде:

$$f = 1 - \exp \left\{ -k \left[ \sum_{i=0}^n k_i \left( \frac{X_i - X_{opt}}{X_{kp} - X_{opt}} \right) \right] \right\},$$

где  $k_i$  - коэффициент значимости компонентов природной среды, то есть  $k_i = k_a + k_s + k_p + k_o + k_{жс} = 1$  (где соответственно, коэффициент значимости водных и земельных ресурсов, растительного мира, атмосферы, жи-



вотных), так как в кибернетике характеристика системы аддитивна, если она равна сумме тех же характеристик для составляющих систему подсистем и элементов.

*В. Определение допустимых нагрузок на глобальную (верхнюю) систему (климатическую систему, биосферу в целом).*

Выбрав методологическую и практическую основу оценки экологической устойчивости для сопоставления степени изменения природного процесса и определения допустимых нагрузок на крупную систему, следует выделить на основе системного анализа природно-экологические факторы, влияющие на природную среду, чтобы выявить смысл наблюдаемых экологических кризисов в результате антропогенной деятельности.

Обобщенные критерии, для определения допустимых нагрузок могут быть установлены на основе принципа оценки экологической устойчивости природной системы, основанной на определении коэффициента негативной ситуации на воздействие ( $K_{эу}$ ):

$$K_{эу} = 1 - \exp\left(-\alpha_i \frac{\Delta\mathcal{E}_к - \Delta\mathcal{E}_{opt}}{\Delta\mathcal{E}_к - \Delta\mathcal{E}_i}\right),$$

где  $\Delta\mathcal{E}_к$  - критическое значение коэффициента негативной реакции;  $\Delta\mathcal{E}_{opt}$  - оптимальное или предельно допустимое значение коэффициента негативной реакции;  $\Delta\mathcal{E}_i$  - текущее значение коэффициента негативной реакции.

Различие между предельно допустимым ( $\Delta\mathcal{E}_{opt}$ ) и критическим ( $\Delta\mathcal{E}_к$ ) состоянием, а иногда критическим ( $\Delta\mathcal{E}_к$ ) и фактическим ( $\Delta\mathcal{E}_i$ ) характеризует экологический резерв природной системы. При прочих равных условиях этот резерв будет тем больше, чем меньше отличается фактическое состояние от среднего (нормального) ( $\Delta\mathcal{E}_{cp}$ ).

### **3. Определение допустимых нагрузок на регион с учетом экономических аспектов**

Определение с эколого-экономических позиций допустимых нагрузок на локальных, региональных и глобальных иерархических уровнях природной системы должно осуществляться с учетом различных экономических аспектов, в том числе с учетом соотношений затраты-выгоды. Так как экологическое регулирование степени антропогенных воздействий должно начинаться с определения допустимых воздействий и нагрузок на экосистему и среды обитания человека, которые отличаются разнообразием и значительно влияют на стратегию использования природных ресурсов и регули-

рования его качества. Для этого разработаны оптимизационные модели планирования природопользования, при использовании которых ресурсные ограничения оцениваются экономически. Однако, введение подобных ограничений требует развитой нормативной базы и формированного описания допустимых пределов использования природных ресурсов.

Рассматриваемый методологический подход основан на предотвращении экологического, экономического и социального ущерба [3, 6]. На базе их предложен коэффициент экономической устойчивости природно-технического комплекса ( $K_{\mathcal{O}}$ ), характеризующий максимально-допустимый уровень использования природных ресурсов [15]:

$$K_{\mathcal{O}} = \frac{Z_n \left[ \left( \bar{P}_n - P_n(x) \right) - P_u(x) \right] - Z(x)}{Z_n(\bar{P}_n - P_n(x))},$$

где  $Z_n(\bar{P}_n)$  - общая прибыль природно-технического комплекса;  
 $Z_n(P_n(x))$  - прибыль природного комплекса в естественных условиях;  
 $P_n(x)$  - общие затраты для выпуска продукции.

Таким образом, определение допустимых нагрузок на регион в экономическом аспекте необходимо обосновать исходя с экологически допустимых параметров  $x$  производственных, природоохранных и социальных компонентов природно-техногенных систем, обеспечивающих максимум критерия  $K_{\mathcal{O}}$ .

#### 4. Выработка критериев, ограничение источников и ослабление эффектов воздействия

Экологическое регулирование антропогенных воздействий должно начинаться с определения допустимых воздействий и нагрузок на экосистемы и природную среду на различных уровнях. Поэтому одной из основных задач науки природопользования, для экологического нормирования природной среды является выработка критериев, направленных на ограничение источников воздействия и ослабление эффектов воздействия на природной системы.

Для оценки экологической значимости антропогенных факторов или эффектов воздействия целесообразно пользоваться специально выработанными критериями - значениями предельно допустимых степеней ухудшения экологического состояния природной системы ( $\Delta \mathcal{E}_i$ ), значениями предельно допустимых уровней использования природных ресур-

сов ( $K_{дон} = P(x_i) / P(x)$ ) или выбросов вторичных источников ( $K_{выб} = P_{выб}(x_i) / P(x_i)$ ), значениями предельных и допустимых экологических нагрузок ( $K_{дэн} = (P(x_i) - P_n(x_i)) / P(x_i)$ ) или разгрузок ( $K_{раз} = (P(x) - P(x_i)) / P(x)$ ).

Используя различные критерии для оценки экологических состояния природной системы и их компонентов, можно определить приоритетности того или иного воздействия:

- определить с точки зрения чувствительности среды обитания человека, т.е. изменений по отношению к начальному состоянию экосистемы, насколько сильно  $\Delta\mathcal{E}_{opt}$  отличается от  $\Delta\mathcal{E}_i$ ;
- определить с точки зрения критичности всей экосистемы или ее отдельных компонентов, насколько  $\Delta\mathcal{E}_i$  допустимо для существования системы, или насколько состояние  $\Delta\mathcal{E}_k$  близко к критическому;
- определить с точки зрения абсолютного изменения  $\Delta\mathcal{E}_{cp}$ , выраженных произведением значения среднего изменения у отдельных компонентов, т.е.  $(\Delta\mathcal{E}_{opt} + \Delta\mathcal{E}_i) / 2$  или  $(\Delta\mathcal{E}_x + \Delta\mathcal{E}_i) / 2$ .

Оценки приоритетности того или иного воздействия природной системы позволяют определить степень и уровень использования различных критериев для решения экологических, экономических и социальных задач в системе природопользования. Сопоставление соотношения критериев ( $\Delta\mathcal{E}_{opt}$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_i$ ), может быть использовано при оценке всестороннего воздействия природной среды как среды обитания человека, ( $\Delta\mathcal{E}_i$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_k$ ) — для правильной и обоснованной оценки уровня сбалансированного использования природных ресурсов, а ( $\Delta\mathcal{E}_{cp}$ ) и ( $\Delta\mathcal{E}_{opt}$ ) — для выработки общей стратегии и концепции экологически безопасной и безотходной технологии использования природных ресурсов.

## 5. Введение ограничивающих норм воздействия

Практически любые антропогенные воздействия на природные системы оказывают влияния и на среды обитания человека, изменяют естественное равновесие в природе. При этом постоянное и целенаправленное изменение и преобразование природы в результате антропогенной деятельности на фоне научно-технического прогресса следует оценивать как необходимый эволюционный процесс, оказывающий положительное

для развития человечества, а «экологический кризис и нарушение экологического равновесия» в природной среде, необходимо рассматривать не как следствие общей стратегии природопользования, а явления порождающиеся несоблюдением законов природы.

При ограниченности природных ресурсов необходимо введение ограничивающих различных норм воздействия, которая должна определяться критичностью воздействия на здоровье человека и экологические системы, с учетом экономических и социальных последствий. Для оценки состояния окружающей природной среды, как среды обитания человека, необходимо уметь, с одной стороны, определять возможный ущерб от естественного и антропогенного воздействия, а с другой – уметь распознать дополнительные природные возможности для использования их в интересах человека.

Исходя из этих задач, можно определить уровень ограничивающих норм воздействия, с учетом выявления компонентов природной системы, наиболее подверженных воздействию, или критические компоненты, нарушение экологического равновесия которых может привести к разрушению среды обитания человека:

$$\Delta Z(x_i) = Z(x_i) \left[ 1 - \exp\left(-\alpha_i \frac{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_{opt}}{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_i}\right) \right],$$

где  $\Delta Z(x_i)$  - экологическая максимально допустимая норм использования природных ресурсов ( $x_i$ );  $Z(x_i)$  - максимально возможные ресурсы природной системы ( $x_i$ ).

При определении экологически допустимых норм использования природных ресурсов, необходимо в первую очередь обратить внимание на антропогенные воздействия, под влиянием которых природная система может изменяться особенно быстро. При определении допустимых нагрузок на природную систему должен учитываться уровень критического воздействия, когда может происходить необратимая деградация, и уровень допустимого воздействия, ограничивающихся условными критериями предельного экологического воздействия.

#### **6. Разработка и внедрение технологических способов уменьшения воздействия**

Понимание и осмысление прошлого, настоящего и будущего состояния природной системы как среды обитания человека, на базе объек-



тивной информации и оценок, формирование экологического сознания и реализация экологического мышления человека, являются важнейшим условием обеспечения экологической устойчивости биосферы и сбалансированного использования её ресурсов для созидания. При технических решениях по созданию экологически безопасной и малоотходной технологии природопользования и природобустройства необходимо соблюдать принцип предотвращения возникновения необратимых последствий и ослабление степеней воздействия.

Перед человечеством стоит сложная задача - разработка технических средств и технологий природопользования, обеспечивающих экологическую, экономическую и социальную устойчивость природной системы и среды обитания человека. Реализация принципов разумного дозирования техногенных нагрузок и регулирования уровня воздействия природной системы возможна только при глубоком понимании законов природы, ограничивающих нашу деятельность. Поэтому разработка и внедрение малоотходных технологий в системе природопользования требует все большего проникновения в существо законов природы в целях обоснования и нормирования допустимых экологических нагрузок на природные системы, в пределах которых должна «укладываться» антропогенная деятельность человека.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаев Т.Б., Джапаридзе Г.Г., Заремба Г.В., Шибашов С.А. Экологические основы реконструкции окружающей среды. - М.: - 2000. - 262 с.
2. Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. - М.: Наука. - 1985.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. - М., Гидрометеиздат, 1984. - 560 с.
4. Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж. Оценка социально-экологического ущерба от загрязнения водных ресурсов / Водные ресурсы: опыт использования и проблемы // Сб. научн. тр. - Тараз, 1997. - С. 82-85.
5. Лосев А. В. Социальная экология: история и современность. - Воронеж, 1993.
6. Лось В.А. Человек и природа: социально-философские аспекты экологической проблемы. - М.: Мысль, 1988.
7. Мустафаев Ж.С. Методологические основы принципа экологизации мелиорации сельскохозяйственных земель // Гидрометеорология и экология, 2001. - №3 - 4. - С. 130 - 144.

8. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. - Алматы, Наука, 1997. - 358 с.
9. Мустафаев Ж.С. Экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель // Вестник ТарГУ / Природопользование и проблемы антропосферы. - Тараз, 2001, №2. - С. 5 - 12.
10. Мустафаев Ж.С., Умирзаков С.И., Козыкеева А.Т. Методологические основы ландшафтно-экологического районирования природной системы // Гидрометеорология и экология. 2000. - №3-4. - С. 146 - 159.
11. Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. Экологическое и экономическое обоснование устойчивости природной системы // Материалы 4-й Международной научной конференции / Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды. - Щучинск, 2002.- С. 212 - 214.
12. Мустафаева Л.Ж., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. Эколого-экономическое обоснование устойчивости природно-технических систем // Проблемы генезиса, плодородия, мелиорации, экологии почв, оценка земельных ресурсов. - Алматы, 2002. - С. 220 - 222.
13. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. - СПб: Гидрометеоздат, 1995. - 350 с.
14. Рац М.В. Что такое экология или как спасти природу. - М.: Знание. - ЧиП. - 1990. - № 2 - 4.
15. Руководство по гигиене атмосферного воздуха. - М.: Медицина, 1976. - 416 с.
16. Сарсенбаев М.Х. Гидролого-экологические проблемы орошения в Южном Прибалхашье (на примере рисовых земель) - Алматы, 2001.- 195 с.
17. Хачатурьян В.Х. Оценка экологической ситуации при обосновании проектов реконструкции // Мелиорация и водное хозяйство - 1990, №3. - С. 17 - 21.
18. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство, 1990, №12.- С. 5 - 12, 1991, №1. - С. 2 - 9.
19. Щедровицкий Г.П. Принципы и общая схема методологической организации инженерно-структурных разработок. // Ежегодник «Системные исследования». - М.: Наука. - 1981.

20. Щедровицкий Г.П. Синтез знаний: проблемы и методы // На пути к теории научного знания. – М.: Наука, 1984.

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати  
Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства

**ТАБИҒИ-ҚЫЗМЕТ ЕТУ ЖҰЙЕСІН АДАМЗАТТЫҢ ӨМІР СҰРЕТІН  
ОРТАСЫ РЕТІНДЕ ҚАРАП ЖАН-ЖАҚТЫ ТАЛДАУ ЖҰРГІЗУДІҢ  
ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗІ**

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мұстафаев
Техн. ғылымд. канд.	А.Т Қозыкеева
	Л.Ж. Мұстафаева
	К.Ж. Мұстафаев
	К.Б. Койбагарова

*Табиғи ортаны жан-жақты талдау, экологиялық тұрғыдан мөлшерлеу және олардың табиғи ортаның сапасын реттеудің маңызмен байланыстығын қамтитын, табиғи-қызмет ететін ортаны адамзат өмір сүретін ортасы ретінде қарап жан-жақты талдаудың әдістемелік негізі ұсынылған.*