

УДК. 556.555.8(574)

**ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Доктор техн. наук Ж.С.Мустафаев
 Л.Ж.Мустафаева
 К.Ж.Мустафаев

Предложены принципы и выбор критериев комплексной оценки устойчивости экосистемы, позволяющих оценить изменения и направленность природного процесса в результате антропогенной деятельности человека. При выборе критериев оценки устойчивости экологической системы определена система ценностей и объект его воздействия: ценностями являются человек и среда его обитания, а объектом воздействия – компоненты природной системы.

В настоящее время не существует какого-либо единого обобщенного критерия, с помощью которого можно было бы судить о направленности и устойчивости природного процесса в результате природообустройства и использования природных ресурсов.

Правильное преобразование природной системы должно сочетать в себе две равнозначные группы мероприятий: защиту технической системы и защиту экосистемы с ее живыми организмами от неблагоприятных воздействий (изменений), чтобы не нарушить их устойчивость. В связи с этим степень устойчивости природной системы в процессе природообустройства или природопользования можно рассматривать в качестве критериев устойчивости экологической системы, определяющих допустимую степень антропогенного вмешательства. В теории и практике природопользования и природообустройства в основном широко пользуются тремя критериями, что составляют теоретическую и методологическую основу преобразования природных систем, не подвергаемых разрушению:

- мера пользования природных ресурсов;
- мера допустимого загрязнения;

- мера техногенного насыщения.

Все множество системных параметров, которые используются в качестве критериев эффективности и устойчивости функционирования природных систем, можно разделить на следующие четыре вида:

- функциональное, оценивающее степень полноты выполнения системой возложенных на ее функции по управлению и регулированию природным процессом;
- стоимостное, оценивающее в денежном выражении как затраты на создание и функционирование природной системы, так и показатели ее эффективности;
- временные, оценивающие время реализации отдельных фаз или всего цикла выработки (управляющих) решений;
- показатели, оценивающие надежность и устойчивость функционирования природной системы.

Таким образом, задача формирования состава критериев позволяющих оценить изменения и направленность природного процесса заключается в строгом соответствии избранного показателя той цели, которая должна решаться в процессе природообустройства и природопользования. Однако управление геосистемой нельзя осуществлять без научно обоснованного выбора критериев, оценки устойчивости экологической системы, ограничивающих отрицательные воздействия факторов среды на хозяйственные мероприятия и жизнь человека /5/.

Существует мнение, что в ходе преобразования природы и природообустройства, путем антропогенного изменения сложившегося экологического равновесия для увеличения биологической продуктивности или хозяйственной производительности природных комплексов, человек может «улучшать» природу. При этом не указываются критерии этого «улучшения», что лишает утверждения всякого смысла. Очевидно, что человек может приспособлять природные системы и экологические удобства использования природных ресурсов, например увеличения урожая сельскохозяйственных культур, жертвуя при этом многими природными объектами и свойствами. Однако, для эволюционного процесса в геосистеме и в целом планеты, ее жизни такое изменение природных систем отнюдь не улучшение, так как локальный природный процесс происшедший от целого и развивающийся за счет него, не может улучшать это целое.

В связи с этим исходной посылкой для оценки устойчивости экосистемы с одной стороны должно служить представление о неизбежности ограниченного преобразования природы для хозяйственных целей, а с другой целесообразности сохранения экологического равновесия и рациональности максимальной адаптации человеческого хозяйства, всего уклада жизни к условиям меняющейся природной среды. Это указывает о необходимости формирования на основе системы ценностей новой экологической оценки устойчивости геосистемы на основе законов природы, что должно позволить в перспективе оптимизировать

уровень антропогенной деятельности человека при использовании природных ресурсов и природообустройства. При этом антропогенный характер использования природных ресурсов не позволяет точно анализировать их вне системы человеческих ценностей.

Однако управление геосистемой нельзя осуществлять без научно обоснованного выбора критериев оценки устойчивости экологической системы, ограничивающих отрицательное воздействие факторов среды на хозяйственные мероприятия и жизнь человека.

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

Одна из основных организующих сил антропогенной нагрузки - это взаимодействие и взаимообусловленность между производством и потреблением, которые имеют особое влияние на развитие природного процесса. При этом основное внимание нужно уделить физиологии, переносу энергии, росту и развитию, круговороту питательных веществ, а также рождаемости и смертности, причем в пространственно-временных масштабах. Исследования по влиянию пространственной георогенности на взаимодействие между производителем и потребителем в геосистемах можно объединить с изучением структуры обычной экосистемы, а также факторов, которые действуют в ее пределах.

Современные экосистемы полностью зависят от деятельности человека, и их деятельность как природного объекта, проводилась главным образом на основе изучения трех групп характеристики: распространения определенных видов в различных компонентах; функциональных свойств, таких как перенос энергии в круговороте питательных веществ, а также реакции экосистем на определенные их нарушения. Четвертой группой свойств, которая также имеет важное значение, служит группа параметров. Ответственных за аллопатическое регулирование, т.е. характеризующих влияние совместно проживающих организмов разных видов друг на друга посредством выделения продуктов жизнедеятельности. Поэтому при проведении системного и ретроспективного анализа необходимо уделять особое внимание положительным взаимодействиям среди компонентов экосистемы. Под положительными взаимодействиями понимаются такие, которые обычно приводят к сохранению функциональной интеграции, биотической устойчивости и саморегулированию. В противоположность этому, отрицательными взаимодействиями являются те, которые ведут к снижению экологической устойчивости экосистемы и потере функциональной интеграции. С целью обеспечения эффективного использования природных ресурсов и устойчивости экосистем в будущем при управлении и регулировании природных процессов, необходимо выделить их

основные компоненты для определения положительных и отрицательных воздействии.

При этом любая вещественно-энергетическая или концептуальная совокупность взаимосвязанных составляющих, объединяющихся прямыми и обратными связями в некоторое единство, характеризующих количественно-качественное состояние экологических компонентов (вода, растение, животный мир, почва, атмосфера, человек) природной среды, позволяют моделировать необходимый уровень экологического (естественного, природного) равновесия или устойчивости определенного типа ландшафта.

В области взаимоотношений человека и природы, научное понимание характера и силы экологических взаимодействии на хозяйство и жизнь человека, исходит из предпосылки, что развитие идет от часто технологических ограничений к постановке, прежде всего экологических целей, сохранения природной среды жизни для нынешнего и будущего поколения людей. По этому нагрузка на природу может быть определена по реакции отдельных экологических компонентов (изменение водности, качества воды, видового состава растений, животных, почвенно-мелиоративное состояние почвы, направленности почвообразовательного процесса и т.д.) или определенных фаз развития в ходе эволюционного процесса под влиянием природных факторов или воздействия человека. При определенных значениях нагрузки на природу меняется характер экологического равновесия и устойчивости, сначала локально, затем регионально и в конечном итоге глобально.

Для экологической оценки устойчивости природных систем Н.М. Решеткиной, Н.И. Парфеновой и С.Д. Исаевой /1/ введено понятие коэффициента экологической устойчивости (КЭУ) и А.К. Заурбековым /2/- параметр экологической благополучности региона (ЭБР). Если, коэффициент КЭУ принимается равным отношению площади с негативными явлениями (F_H) к общей сельскохозяйственных угодий региона или агроландшафта (F_0), который выражается в долях единицы, а ЭБР определяют как отношение приведенного на одного работника национального дохода в контрольном районе к фактическому национальному доходу в загрязненном районе и изменяются от 1,0 до 10,0. Системный анализ и количественная оценка коэффициента КЭУ и параметра ЭБР показывают: во-первых, они прямолинейно или прямопропорционально изменяются от уровня использования отдельных компонентов природной среды, что несоответствует законам природы (синергетики); во-вторых, они не учитывают взаимосвязанности и взаимообусловленности природных процессов; в третьих, не определена система ценностей, позволяющих управлять и регулировать природными процессами при природопользовании и природообустройстве.

Для правильного понимания целей и задачи использования природных ресурсов и природообустройства надо точно определить систему ценностей и обозначить объект воздействия. Система ценностей, как

известно, складывается из представлений или социальных установок людей о значении в их жизни предметов и явлений из мира природы и общества, служащая критерием при оценке и выборе решения. Такими ценностями в настоящее время в природопользовании и природообустройстве, являются человек и среда его обитания, а объектом воздействия почва, вода, атмосфера, растительность и животный мир, как составная часть биосферы ландшафта в целом и как основное средство и предмет труда в производстве.

При этом для количественно-качественной оценки и установления пределов изменения компонентов экосистемы, необходимо обобщенная оценка спектра биологических откликов живого организма (человека) в ответ на антропогенное воздействие природы. Так как обычно норма качества среды определяется по реакции самого чуткого к изменениям вида организмов, то степень устойчивости экосистемы может быть определена количественно-качественным показателем, соблюдения которого гарантирует безопасные или оптимальные условия существования человека.

Наиболее перспективным, и в этом отношении, представляется принцип формирования обобщенных оценок спектра биологических откликов в ответ на воздействие загрязнителей внешней среды, предложенный Ж.С. Мустафаевым /3/, на основе коэффициента негативной реакции на воздействие /4/, который изменяется от 0 до 1 и показывает, что при его возрастании наблюдается повышение степени ухудшения окружающей среды под влиянием хозяйственной деятельности. Указанные рамки позволяют определить степень максимально-допустимого вмешательства человека в систему природопользования, обеспечивающая сохранение желательной структуры экосистемы и их динамических качеств, а также, возможности их использования для оценки экологической устойчивости природной системы.

Использование коэффициента негативной реакции на воздействие ($\Delta Э_k$) для оценки экологической устойчивости природных систем: во-первых, позволяет учитывать все компоненты экосистемы, подвергающихся антропогенному воздействию в результате деятельности человека; во-вторых, между $\Delta Э_k$ и КЭУ (коэффициентом экологической устойчивости) существует определенная зависимость, установление которой, дает возможность в определенной степени решить проблемы взаимоотношения человека с природой.

При этом можно выделить два взаимосвязанных вопроса при обосновании критериев и выбора параметров экосистемы:

- какой из факторов имеет большое 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 от-

личительным от данной точки $(x_i^{(1)} \dots x_n^{(1)})$, например к точке $(x_i^{(2)} \dots x_n^{(2)})$.

Поэтому при определении устойчивости экосистемы, степень изменения компонентов природного процесса, может быть определен через параметр деятельности природной среды X_i , который характеризуется взаимосвязью ТМ/М (где М - природные материалы; ТМ - оформленные человеком материалы). 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. $\varphi = \varphi(x_i, \dots, x_n)$.

При этом частная функция отклика экологической устойчивости 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:

$$\begin{aligned} \varphi_i(x_i) &= \varphi(x_i^*, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n) = \\ &= A_i(x_i^*, \dots, x_{i-1}^*, x_{i+1}^*, \dots, x_n^*) (1 - 10^{-c_i x_i}) \cdot 10^{-kx_i^2} = \\ &= A_{\max} (1 - 10^{-c_i x_i}). \end{aligned} \quad (1)$$

Переходя к основанию натуральных логарифмов e и обозначая $a_i = c_i \ln(10)$, получим:

$$\varphi_i(x_i) = A_{\max} (1 - e^{-a_i x_i}). \quad (2)$$

Таким образом, как видно из уравнения (2), что при изменении компонентов природной среды (x_i) изменяется также и относительное влияние 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 $\varphi(x_i, \dots, x_n)$ от всей совокупности факторов (x_i, \dots, x_n) .

Как видно из уравнения (2) $\varphi(x_i) / A_{\max}$ в количественном и качественном отношении соответствует $F_H/F_O = KЭУ$, т.е.:

$$KЭУ = \frac{F_H}{F_O} = \frac{\varphi(x_i)}{A_{\max}} = 1 - \exp(-\alpha x_i). \quad (3)$$

Если компоненты природной среды (x_i) характеризовать через коэффициент негативной реакции на воздействие, т.е.:

$$x_i = (\Delta Э_{\kappa} - \Delta Э_{opt}) / (\Delta Э_{\kappa} - \Delta Э_i), \quad (4)$$

тогда, уравнение (3) примет вид:

$$KЭУ = \frac{F_H}{F_O} = \frac{\varphi(x_i)}{A_{\max}} = 1 - \exp \left[-\alpha \left(\frac{\Delta Э_{\kappa} - \Delta Э_{opt}}{\Delta Э_{\kappa} - \Delta Э_i} \right) \right],$$

где: $\Delta Э_i$ – текущее значение коэффициента негативной реакции;
 $\Delta Э_{opt}$ – оптимальное значение коэффициента негативной реакции;
 $\Delta Э_{\kappa}$ – критическое значение коэффициента негативной реакции;
 α – параметр соответствия.

В соответствии с приведенной градацией спектра биологических откликов организма в ответ на внешнее воздействие /3/ и коэффициента экологической устойчивости природной системы/1/, можно предложить схему интегральной оценки опасности экологической ситуации на здоровье человека и геосистемы (таблица 1).

Таким образом, предложенный принцип методологического подхода оценки природно-деятельностной системы с экологической позиции продиктован требованиями времени, поскольку человеческую деятельность необходимо гармонично вписывать в природную среду. Для этого нужно глубокое понимание природных процессов, знание сущности большого геологического и малого биологического круговоротов воды и химических веществ, и определение требуемых экологических ограничений в системе природопользования и природообустройства.

Количественная и качественная оценка экологической ситуации
и устойчивости природной системы

Индекс градации	Характер биологического отклика	Уровень опасности	$\Delta Э_k$	Степень устойчивости природной системы	КЭУ
0	Смерть	Чрезмерно опасно	1	Катастрофический	1
1	Наличие заболевания организма	Очень опасно	0,64-0,80	Кризисный	0,75
2	Наличие физиологических признаков болезни	Умеренно опасно	0,48-0,64	Необратимый	0,5
3	Наличие физиологических и других сдвигов	Мало опасно	0,32-0,48	Экологически устойчивый	0,35
4	Появление химических веществ в органах и тканях, не вызывающих каких-либо сдвигов	Условно опасно	0,16-0,32	Предельно допустимый	0,25
5	Отсутствие признаков не благоприятного влияния	Не опасно	0,16	Экологически допустимый	0,1

Очевидно также, что предложенный выше принцип количественной и качественной оценки состояния внешней среды способствует не только совершенствованию методологических приемов разработки, прогнозов возможного неблагоприятного влияния экологических факторов на человека, но и позволит существенным образом повысить действенность текущего надзора за влиянием на среду обитания человека при использовании природных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решеткина Н.М., Парфенова Н.И., Исаева С.Д. О связи биологического и геологического круговорота при мелиоративной и водоохранной деятельности // Мелиорация и водное хозяйство, 1998, №2, с.21-24.
2. Заурбеков А.К. Научные основы рационального использования и охрана водных ресурсов бассейна реки: Автореферат. дисс. ...докт. техн. наук., Тараз, 1998, 49 с.
3. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане: Автореферат. дисс. ...докт. техн. наук. М., 1992, 50 с.
4. Хачатурьян В.Х. Обоснование сельскохозяйственных мелиораций с экологических позиции // Вестник с.-х. науки. М., 1990, №5, с.43-48.
5. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж. Критерии устойчивости экологической системы // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды, часть 2, Алматы, 1998, с.24-25.

Таразский государственный университет им.М.Х.Дулати

ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНЫҢ СЫНАҚТЫҚ
КӨРСЕТКІШІН НЕТІЗДЕУ

Техн.ғыл.докторы

Ж.С.Мұстафаев
А.Ж. Мұстафаев
К.Ж. Мұстафаев

Адамзаттың табири-техникалық қызметінің нәтежесінде табиғи құбылыстардың бағытын және өзгеру қарқынын анықтауға арналған, экологиялық жүйенің тұрақтылығын бағалауға қажетті сынықтық көрсеткіштерді таңдау және мақсаты көрсетілген. Экологиялық жүйенің тұрақтылығын бағалауға арналған сынықтық көрсеткіштердің құндық дәрежесі ретінде адам және оны қоршаған орта алынған.