

СЕКЦІЯ 6
СТАЛИЙ РОЗВИТОК РЕГІОНІВ

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Статюха Г.А., Бондаренко Е.С.

Национальный технический университет Украины «КПИ», gen.statyukha@mail.ru

Планы действий «Повестка дня на 21 столетие» (1992 г.) и Йоханнесбургский план выполнения решений (2002 г.) выделяют необходимость разработки систем показателей для оценки достигнутого прогресса и содействия устойчивому развитию. На сегодняшний день межправительственными, национальными, региональными, научными и негосударственными организациями разработаны и используются разнообразные индикаторы и индексы устойчивого развития. Эти метрики оценивания устойчивого развития отличаются аспектами, масштабом анализируемых объектов, сложностью, уровнем агрегирования, обобщенностью, базовой концепцией и т.д., и предназначены для усовершенствования принятия решений на всех уровнях общественной жизни ради устойчивого развития.

Оценка экологической устойчивости территорий. Экологическая устойчивость территории – оценка *экологичности* обращения с природными ресурсами и отходами жизнедеятельности Человека, состояния окружающей среды и антропогенной нагрузки на нее, эффективности механизмов защиты окружающей природной среды. Украинский региональный индекс экологической устойчивости (URESI 2008) разработан с целью оценки экологической устойчивости регионов Украины. Структура и наполненность индекса базируются на предыдущих разработках и концептуальных наработках под руководством академика М.З. Згуровского в рамках научно-технической программы НТУУ «КПИ» «Устойчивое развитие» [1]. Индекс сформирован на основе причинной модели «движущие силы – давление – состояние – воздействие – реакция» с привнесением некоторых элементов модели экологической уязвимости «опасности – сопротивляемость – повреждение» с учетом особенностей оценки экологической устойчивости и национальных приоритетов в экологической политике. URESI охватывает такие компоненты как (1) «Экологические системы», (2) «Экологическая нагрузка», (3) «Опасности» и (4) «Региональное экологическое управление», которые, в свою очередь, содержат 13 индикаторов.

Была проведена оценка экологической устойчивости 23 регионов Украины и двух условных агломератов (г. Киев и Киевская области – агломерат «Киевская область» и г. Севастополь и АР Крым – агломерат «Крым»), а именно получены значения 78 показателей на основе около 150 наборов данных, рассчитаны значения индикаторов экологической устойчивости, проведена их нормализация и определены значения компонентов и индекса URESI 2008. Как показывает кластерный анализ, оцениваемые объекты формируют четыре кластера: кластер «Высокая экологическая устойчивость» охватывает Волынскую и Черниговскую области, кластер «Средняя экологическая устойчивость» – Житомирскую, Закарпатскую, Ивано-Франковскую, Кировоградскую, Львовскую, Николаевскую, Полтавскую, Ровенскую, Сумскую, Тернопольскую, Харьковскую, Херсонскую, Хмельницкую, Черновицкую и Черкасскую области, кластер «Низкая экологическая устойчивость» – Винницкую, Днепропетровскую, Запорожскую, Луганскую и Одесскую области, а также агломераты «Киевская область» и «Крым», и кластер «Сверхнизкая экологическая устойчивость» – Донецкую область. Такая агрегированная оценка как URESI 2008 не позволяет определить конкретные проблемы региона. Здесь важную роль в интерпретации результатов и поддержке принятия решений играют профили экологической устойчивости регионов, содержащие визуализированные результаты оценки от показателей до индекса.

Оценка экологической уязвимости территорий. Экологическое управление тесно связано с процессами устойчивого развития и является неотъемлемой частью экономической и социальной систем любой территории. Уязвимость может быть той метрикой, которая определяет насколько отвечают принципам устойчивого развития экономические, экологические и социальные процессы для оцениваемой территории. Оценка экологической уязвимости территории, наряду с экономической и социальной уязвимостью, дает возможность охарактеризовать сопротивляемость этой территории к внешним и внутренним воздействиям, спрогнозировать возможную реакцию на будущие события.

Индекс экологической уязвимости Причерноморья и Приазовья (BREVI 2008) разработан для оценивания экологической уязвимости приморских регионов Украины с учетом национальных природоохранных приоритетов и особенностей оцениваемых объектов. Региональная модель оценки сформирована на основе трех аспектов экологической уязвимости (опасности – сопротивляемость – повреждение) с использованием 40 индикаторов. Обработка наборов данных для 2006-2008 гг., их преобразование и масштабирование дала возможность получить значения индикаторов экологической уязвимости для АР Крым, Донецкой, Запорожской, Николаевской, Одесской и Херсонской областей. На основе значений индикаторов определены значения аспектов и категорий принятия решений, рейтинг приморских регионов Украины от наиболее до наименее экологически уязвимых (табл. 1) и профили экологической уязвимости этих регионов [3].

Таблица 1 – Рейтинг экологической уязвимости приморских регионов Украины по данным 2006–2008 гг.

<i>Регион</i>	<i>Значение BREVI 2008</i>	<i>Уровень эко-уязвимости</i>
Николаевская и Херсонская области	3,43	Высокий
Донецкая область	4,00	Высокий
Запорожская и Одесская области	4,10	Критический
АР Крым	4,55	Критический

Оценка устойчивости прибрежных зон. Одним из направлений в сфере реализации парадигмы устойчивого развития является комплексное управление прибрежными зонами (КУПЗ). Этот подход характеризуется конвергенцией различных знаний и достижений в области экологии моря и прибрежных зон, развитием законодательных инициатив, применением системной методологии на всех уровнях и постановкой конкретных целей. Восемь принципом «хорошего» КУПЗ, позволяют сформулировать специфические задачи управления, в т.ч. в рамках международного сотрудничества – подхода «региональные моря». Успешный опыт использования методологии КУПЗ в Европе показывает ее эффективность и возможность применения в оценке экологической устойчивости приморских регионов Украины. Европейская методология была адаптирована с целью обеспечения актуальности в условиях приморских зон Украины и согласования с действующей сетью сбора статистических и экологических данных. Разработана система индикаторов экологической устойчивости, составляющие которой агрегируются в единый показатель – индекс ICZMU–45. В качестве процедуры агрегирования используется методика, построенная ранее для получения индекса экологической устойчивости. Особое внимание уделено разработке моделей обработки наборов данных по состоянию прибрежных зон для расчета индекса и перспективе применения циклической модели «морская экосистема – смыв отходов» и ее интеграции в разработанную индикаторную систему оценки. Исследование продолжает работы НТУУ «КПИ» по оценке устойчивого развития и поддерживается Мировым центром данных по геоинформатике и устойчивому развитию (WDC-Ukraine), а также Сетью университетов Черноморского региона (BSUN).

Оценка экологического риска при проектировании техногенных объектов. В настоящее время отсутствует эффективная методика, позволяющая количественно оценить

состояние урбанизированной экологической системы и соответственно говорить об надежных показателях устойчивого развития. При внедрении нового объекта необходимо провести оценку его влияния на экосистему, исследовать его взаимодействие с основными компонентами экосистемы в условиях неопределенности и оценить качество экосистемы после его внедрения. Урбанизированные экосистемы состоят из огромного числа разнородных элементов, объединенных множеством связей и отношений, полностью изучить которые практически невозможно. Сегодняшняя практика определения экологического риска ориентируется в первую очередь на человека как реципиента. При этом допустимые границы влияний, включаемые в оценку экологических опасностей, определяются только по отношению к человеку, а другие компоненты окружающей природной среды (возможно, больше чувствительные) не рассматриваются. Это связано, прежде всего, с отсутствием способа количественной оценки. Поскольку экологический риск – это количественная или / и качественная оценка экологической опасности неблагоприятных воздействий на окружающую среду, то задача разработки универсального алгоритма, включающего возможность количественной оценки экологического риска при проектировании техногенного объекта является актуальной, иными словами, есть необходимость формирования такого показателя качества (индекса), который будет обеспечивать количественную характеристику явления в единстве с его качественным определением.

Такой системой показателей является разработанная совокупность индексов загрязнения компонентов экологической системы [4]. Разработанная система интегральных показателей, по сути, формируется на основе индекса качества соответствующего компонента внутри составляющей (химическая) и класса (состав). Принцип формирования индексов на основе функции желательности позволяет исключить неопределенность по двум вопросам. Во-первых, он максимально использует сложившуюся практику при проведении оценки воздействий на окружающую среду, а безразмерность индексов облегчает их интерпретацию при применении в системах принятия решений, а также упрощает их сопоставление. Во-вторых, шкала для измерения индексов и оценивания качества компонентов окружающей среды является универсальной (имеет диапазон от 0 до 1), линейной и пропорциональной. При этом система остается открытой и может дополняться новыми индексами для физической или биотической составляющих. Так как количественной мерой, которая определяет экологическую безопасность экосистем, является риск, поэтому необходимо найти метод сравнения и сопоставления такой экологической информации, которая с одной стороны характеризует качество экосистемы (система индексов), а с другой – экологическую безопасность этой экосистемы (экологический риск). Экологический риск в экологии не может рассматриваться как однонаправленный показатель (риск здоровья человека) исходя из сложности экосистемы в целом. Если измерять степень влияния значениями индексов качества экосистемы как мерой количественной оценки отклонения от нормируемого состояния, то соответствующее значение экологического риска будет измерением данного типа влияния. Поэтому показатель экологического риска необходимо связать с другими оценками качества состояния экосистем, например системой индексов. Предложена зависимость определения риска методом «индекс-риск», представляющая собой функциональную зависимость и устанавливающая связь значения риска изменений в компоненте окружающей природной среды от внедрения техногенного объекта и значения функции желательности. Обобщая индексные оценки, экологический риск можно рассчитать согласно (1):

$$r = 4,99 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-7,557 \cdot (1-ind)} \quad (1)$$

где r – экологический риск; ind – индекс опасности, при оценке отдельных влияний принять $ind = I_i$, $r = R_i$ (i – учитываемые составляющие экосистемы), рассчитывается по зависимости (2); R_i – экологический риск i -го влияния,

$$ind = 1 - D = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k I_i} = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k (1 - d_i)} = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k 1 - e^{-(e^{-y_i})}} \quad (2)$$

где D – обобщенный показатель качества; I_i – индекс i -го влияния на экосистему; d_i – функция желательности по i -ому компоненту экосистемы; y_i' – некоторая безразмерная величина, которая связана с y_i (количественный показатель оценки) и определяется для каждого влияния на экосистему. Проведение оценки уровня риска осуществляется соответственно шкале оценки экологических рисков и используя рекомендации по классификации уровней риска. Предложенный алгоритм оценки экологического риска внедрения техногенного объекта на основе системы индексов качества экосистемы, в частности, индекса опасности как количественной оценки влияния на компоненты окружающей среды, дает возможность системно оценить уровень экологической безопасности. При таком подходе закладываются рычаги управления экологической безопасностью уже на этапе проектирования техногенного объекта.

Оценка ресурсосбережения производственных систем с целью эффективного управления. В сфере оценки устойчивого развития разномасштабных объектов, в том числе экологической устойчивости, многообещающие возможности имеет применение концепции сильной устойчивости и теории природного капитала. С точки зрения сильной устойчивости созданный человеком капитал не является заменителем природного, они лишь дополняют друг друга, а на природный капитал накладывается условие неумения его запасов. Одно из наиболее глубоких исследований в области анализа связей компонентов природного капитала принадлежит Д.И. Люри, развившему идею ресурсных циклов. Рассмотрение процессов в виде циклов «потребление – восстановление» природных ресурсов позволяет построить приближенную модель круговорота компонентов природных ресурсов в некоторой системе и возможность разработки индикатора устойчивого развития этой системы, с помощью которого можно осуществлять управление, в частности на уровне отдельных производственных систем.

Ранее предложена оценка, характеризующая способность оцениваемой системы восстанавливать и компенсировать использованные ресурсы – коэффициент устойчивого ресурсопотребления η [5]. Этот показатель представляет собой отношение затрат на использование сырья (добыча, транспортировка и т.п.), изготовление и потребление продукции (производство, доставка потребителю и т.п.) к затратам на переработку отходов, утилизацию продуктов, технологию природной очистки, исправление ранее нанесенного природе ущерба. Несложно отметить, что при рассчитанной оценке $\eta > 1$ система, с точки зрения сохранения её потенциала, будет неустойчивой: потребление природных ресурсов происходит интенсивнее, чем их восстановление. При $\eta = 1$ – система находится на границе устойчивости; при $\eta < 1$ – система устойчива: восстановление ресурсов природы идёт опережающим темпом. Очевидно, что все решения должны быть таковы, чтобы добиваться значения $\eta \leq 1$, как за счет снижения затрат ресурсов и совершенствования технологий производства, так и за счет увеличения затрат на восстановление и пополнение ресурсов.

Подобный показатель может быть построен на основе монетаризованных влияний на человека и природу в рамках оценки производственных систем. Модифицированный коэффициент устойчивого ресурсопотребления η^* отличается от выше рассмотренного тем, что представляет собой отношение затрат на сырье, изготовление и потребление продукции к совокупным затратам на сырье, изготовление и потребление продукции, переработку отходов, утилизацию продукции и т.д. Критическое значение этого показателя представляется возможным рассчитывать как

$$\eta_{кр}^* = (C_R + C_P) / (C_R + C_P + C_{RD} + C_{HH} + C_{ES}), \quad (3)$$

где C_R – затраты на использование сырья; C_P – затраты на изготовление и потребление продукции; C_{RD} – необходимые вложения в восстановление ресурсов в единицах истощения вовлеченных ресурсов (например, для минеральных ресурсов это дополнительная энергия необходимая в будущем на их добычу); C_{HH} – необходимые вложения в восстановление здоровья человека в единицах ущерба здоровью, нанесенного производственной системой (отрицательное значение годов качественной жизни, QALYs); C_{ES} – необходимые вложения в восстановление природных систем в единицах ущерба экосистемам, нанесенного оцениваемой производственной системой (гектар-годы, скорректированные относительно потери биоразнообразия, BAHYs). Денежный эквивалент затрат на восстановление здоровья человека и экосистем, т.е. монетаризованное выражение единиц QALYs и BAHYs приняты здесь согласно работам Бо Вейдема. Если индикатор η^* принадлежит интервалу $(\eta_{кр}^*, 1]$, то оцениваемая система является неустойчивой: ущерб природным ресурсам, здоровью человека и природы не восполняется, и, если индикатор η^* принадлежит интервалу $(0, \eta_{кр}^*]$, то оцениваемая система устойчива. Кроме того, оценка нескольких производственных систем, при условии выбора одной и той же функциональной единицы, показывает, какая из систем является наиболее устойчивой, а именно система со значением модифицированного коэффициента η^* наиболее близким к нулю. Расчет критического значения представленного коэффициента удобно проводить на основе оценки жизненного цикла, поскольку этот инструмент позволяет охватить влияния оцениваемой производственной системы на человека и природу от добычи сырья до утилизации продукта. С точки зрения корпоративной социальной ответственности определение критического значения модифицированного коэффициента устойчивого ресурсопотребления может оказаться эффективным для оценки минимально необходимых вложений в восстановление окружающей среды на функциональную единицу производственной системы.

Светом в конце тоннеля в проблеме оценивания системного взаимодействия устойчивого развития и нижних уровней иерархии общества можно считать ресурсосберегающий подход. Здесь же, по-видимому, скрывается и решение задачи управления технологическими системами по показателям устойчивости на нижнем уровне иерархии, когда учет значений индексов устойчивости высших уровней общественного развития осуществляется хотя бы в виде ограничений.

1. *Analysis of Sustainable Development – Global and Region Contexts*: in 2 p. [Electron. resource] / ICSU and others; sci. adv. M.Z. Zgurovsky. – K.: NTUU "KPI", 2009. – p. 1. Global analysis of quality of life and security of world population. – Access link: <http://wdc.org.ua/sites/default/files/sd2009-P1-Full-en.pdf>
2. *Analysis of Sustainable Development – Global and Region Contexts*: in 2 p. [Electron. resource] / ICSU and others; sci. adv. M.Z. Zgurovsky. – K.: NTUU "KPI", 2009. – p. 2. Ukraine in the sustainable development indicator analysis. – Access link: http://wdc.org.ua/sites/default/files/sd2009-P2-Full-en_0.pdf
3. *Оценка экологической уязвимости приморских регионов Украины на основе данных 2006–2008 годов* [Текст] / Г.А. Статюха, И.Н. Джигирей, Д.В. Чашник, Р.П. Мельничук // Вост.-евр. ж. передовых технологий. – 2010. – № 4/8 (46) – С. 8–14. (на укр. языке)
4. *Бойко Т.В.* К вопросу определения рисков при оценке воздействий техногенных объектов на окружающую среду [Текст] / Т.В. Бойко // Вост.-евр. ж. передовых технологий. – 2008. – №4/6 (34): Техн.-я неорг. орг. веществ и экология. – С.37–41.
5. *Statyukha, G.* Sustainable resource consumption assessment on LCA's basis [Text] / G. Statyukha, B. Komarysta and I. Dzhygyrey // Comp. Aided Chem. Eng. – 2009. – 26. – PP. 1111-1116.