

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ МЕТРИК УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ДЛЯ СИСТЕМНОГО ПРИМЕНЕНИЯ В ОЦЕНИВАНИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЩЕСТВА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Рассмотрены существующие системы оценивания устойчивости взаимодействия человека и природы, в частности индекс экологической устойчивости и индекс экологической управляемости, а также использование экологических стандартов. Рассмотрен ресурсосберегающий подход к управлению устойчивостью в виде циклов природных ресурсов. Предложен коэффициент устойчивого ресурсосбережения для управления устойчивостью технологических и производственных систем, рассчитываемый на основе анализа жизненного цикла

Г. А. Статюха

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

Контактный тел.: (044) 241-76-12

e-mail:gen.statyukha@mail.ru

И. Н. Джигирей

Кандидат технических наук, ассистент*

Контактный тел.: (044) 241-76-12

e-mail:dzhygyrey@gmail.com

Б. Н. Комаристая

Аспирант*

*Кафедра кибернетики химико-технологических процессов

Национальный технический университет Украины «Киевский

политехнический институт»

пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056

Контактный тел.: (044) 241-76-12

e-mail:danita81@mail.ru

Введение

На Саммите «Планета Земля» в 1992 важная роль индикаторов была отмечена особо [1]. Это понимание было представлено в главе 40 документа «Повестка дня на XXI век»: страны на национальном уровне, а также международные, правительственные и неправительственные организации призываются к разработке индикаторов устойчивого развития, обеспечивающих основу для принятия решений на всех уровнях [2].

Также, «Повестка дня на XXI век» призывает к гармонизации усилий по разработке индикаторов устойчивого развития на национальном, региональном и глобальном уровнях. Подводя итоги в разработке методологии и реализации систем индикаторов в 22 странах мира, Комиссия по устойчивому развитию ООН посвятила ряд своих решений и рекомендаций проблеме индикаторов устойчивого развития [3, 4].

Индикаторы являются основой для принятия решений во многих направлениях, что является общеиз-

вестным фактом. Индикаторы способствуют переносу знаний физических и социальных наук в управляемые информационные системы, которые обеспечивают процесс принятия решений. С помощью индикаторов можно измерить или оценить прогресс в достижении целей устойчивого развития. Они являются составляющими в обеспечении раннего предупреждения и оповещении общества с целью оценки критических состояний, предотвращения ущерба в экономике, в социальной и природоохранной сферах, являются важным инструментом в обмене идеями, мыслями и ценностями.

На данный момент предлагается большое количество систем оценивания устойчивого развития [4, 5, 6]. Однако большая часть индексов и систем индикаторов разработаны для оценивания систем высокого уровня (как правило, государства). Возникает необходимость системного сведения этих индикаторов к нижнему управленческому уровню, в частности, предпрятию или группе предприятий.

Целью данной работы является обзор существующих метрик устойчивого развития при взаимодействии человека с окружающей средой и анализ тех направлений работ, которые наиболее эффективны при управлении устойчивостью на нижних уровнях иерархии, например, в системах экологического управления предприятием.

1. Индекс экологической устойчивости ESI–2005

ESI–2005 (2005 Environmental Sustainability Index) является современной разработкой, впитавшей достоинства систем индикаторов предыдущего десятилетия [7]. По мнению разработчиков этого индекса, он позволяет оценить степень использования природных ресурсов обществом и характер взаимодействия общества с окружающей средой. Индекс получен агрегированием информации от 76 показателей, отслеживающих использование природных ресурсов, прошлый и настоящий уровни загрязнений, усилия по управлению окружающей средой и стремление общества к улучшению характеристик окружающей среды. На основе множества показателей формируется 21 индикатор устойчивости окружающей среды и 5 компонентов по определенной схеме (рис. 1).

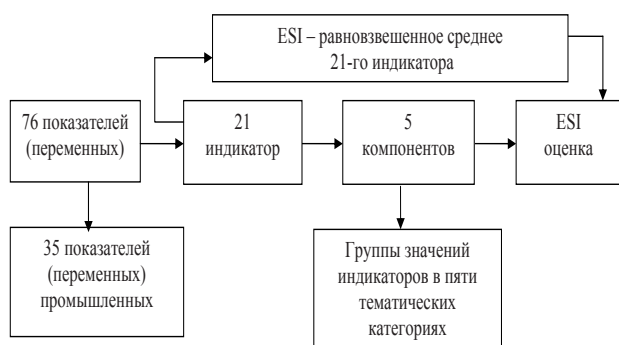


Рисунок 1. Структура индекса экологической устойчивости ESI–2005

Индикаторы дают возможность сравнения устойчивости развития общества посредством следующих пяти фундаментальных компонентов: Системы окружающей среды, Давления на окружающую среду, Уяз-

вимости человека, Социальной способности ответить на вызовы окружающей среды, Глобального управления. Использование ESI дает в руки лицам, принимающим решения, инструмент, прокладывающий курс к выполнению национальных природоохранных требований и облегчающий сравнительный политический анализ. Он способствует внедрению количественного подхода в принятие решений на основе опыта. В то время как абсолютные измерения устойчивости остаются иллюзией, многие аспекты устойчивости окружающей среды могут быть измерены на относительной основе, когда результаты обеспечивают ситуацию для политических оценок и суждений. Такое сравнение особенно важно в новом контексте мировых усилий продвигать вперед аспекты, относящиеся к окружающей среде в свете целей развития тысячелетия (рис. 2, табл. 1). Наряду с несомненными достоинствами ESI–2005 следует отметить, что только 35 показателей из 76-ти в той или иной степени характеризуют нижний уровень иерархии общества – технологический.

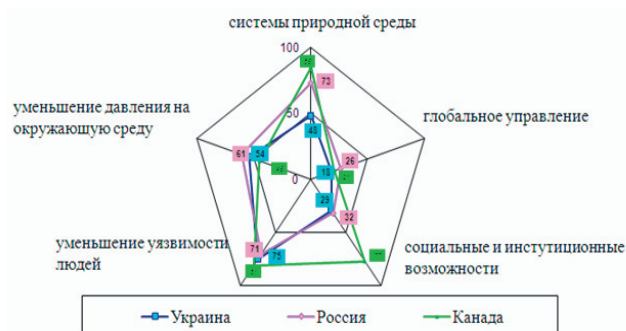


Рисунок 2. Графический образ индекса экологической устойчивости для трех стран – России, Украины, Канады

Таблица 1

Числовые характеристики индексов и выборочный сравнительный анализ

	Украина	Россия	Канада
ESI	44,7	56,1	64,4
Ранжирование	108	33	6
ВВП / на душу населения (тыс.)	\$ 4.759	\$ 7.997	\$ 26.492
Охват переменных	68	72	73
Отсутствие переменных оценивания	3	2	1

2. Индексы экологической управляемости

2.1. EPI–2006 (Environmental Performance Index–2006)

Это еще один современный индекс, направленный на оценивание взаимодействия человека и окружающей среды. EPI–2006 [8] оценивает «работу системы в движении», что означает стимулирование дискуссий по наиболее подходящим метрикам и методологиям, сопровождение управления по окружающей среде,

способствование анализу определения успехов в природоохранной политике и освещение потребности для увеличения вклада в создание и применение индикаторов.

EPI-2006 использует методологию «близость к цели», сфокусированную на главных результатах оценивания окружающей среды. Эти результаты связаны с политическими целями, за которые каждое правительство должно быть ответственно. Идентифицируя специфические цели и измеряя, насколько близко каждая страна подошла к ним, EPI обеспечивает реальный фундамент для политического анализа и рамки для оценки управления.

Оценка EPI сосредоточена на двух обширных природоохранных целях: 1) снижение негативного воздействия на здоровье человека со стороны окружающей среды и 2) способствование жизнестойкости экосистем и обоснованному управлению ресурсами (рис. 3).

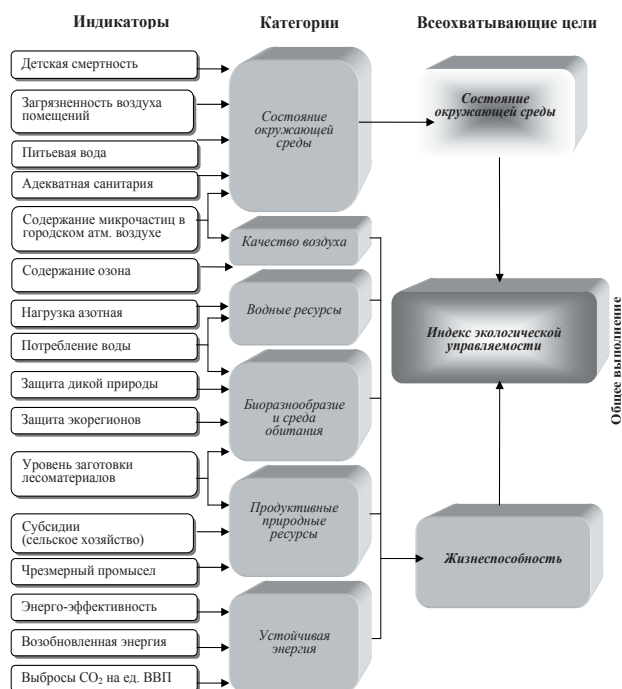


Рисунок 3. Структура индекса экологической управляемости EPI-2006

Таблица 2

Оценки EPI-2006 (0-100)

Ранжирование стран	Страны	Значение EPI	Система категорий*
8	Canada	84.0	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
32	Russia	77.5	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
51	Ukraine	71.2	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

*Система категорий, последовательно: состояние окружающей среды (косвенно – здоровье), биоразнообразии, энергия, вода, воздух, природные ресурсы.

В таблице 2 представлены оценки по EPI и ранжирование по «столбцам», освещающим относительный вклад трех стран в достижение 1) состояния окружающей среды и 2) пяти систем категорий, которые вносят свой вклад в жизнеспособность экосистем. Слабое место Украины – состояние энергетических и водных ресурсов.

Из EPI и анализа лежащих в его основе индикаторов можно извлечь определенные политические рекомендации:

- несмотря на бреши в данных, методологические ограничения и серьезные научные неопределенности, EPI демонстрирует, что результаты природоохранной политики могут быть прослежены с такими же результатами – ориентированными и основанными на выполнении строгими мерами, которые применяются к снижению бедности, улучшению здоровья и другими глобальными целями развития общества;

- если мы хотим, чтобы усилия по защите окружающей среды были бы, по крайней мере, обоснованными эмпирически, политикомейкерам необходимо:

- 1) предложить более четкие цели, особенно в рамках важных проблем, для которых еще ничего не существует;

- 2) инвестировать в мониторинг важнейших данных, отслеживать индикаторы и программы оценивания;

- 3) ввести отчет по их достижению в процессы формирования политики и реализации этих усилий на глобальном, региональном, национальном, провинциальном и локальном уровнях.

2.2. EPI-2008 (Environmental Performance Index-2008)

Индекс EPI-2008 также как и EPI-2006 является попыткой оценить текущие экологические условия, чтобы обеспечить политический деятелей информацией, которую они могут использовать при формировании и оценке политических откликов на экологические вызовы (проблемы) [9].

Следуя тем же общим принципам конструкции и интерпретации индекс EPI-2008 отличается от пилотного индекса как структурно, так и сущностью оцениваемых областей. Структурно такие категории EPI-2008, как «Состояние окружающей среды» (Environmental Health) и «Продуктивные природные ресурсы» (Productive Natural Resources) разбиты на две подкатегории для отображения тематического сходства между лежащими в их основе индикаторами, и позволить использование более приемлемых схем взвешивания.

В общем, число индикаторов увеличилось до 25 по сравнению с 16 в EPI-2006. EPI-2008 демонстрирует более совершенное включение данных, что позволяет обеспечивать информацией более широкое множество экологических индикаторов.

EPI-2008 демонстрирует необходимость разрабатывать наилучшие из возможных индикаторов управления, которые в настоящий момент доступны на глобальном уровне.

Новый EPI-2008 является усовершенствованным продолжением и вносит значительный вклад в оценку деятельности по достижению экологических результатов.

Ниже представлен сравнительный анализ по некоторым отдельным показателям ESI 2005, EPI 2006 Pilot, EPI 2008 Beta (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение ESI-2005, EPI-2006 Pilot и EPI-2008 Beta

Характеристика / показатель	ESI 2005	EPI 2006 Pilot	EPI 2008 Beta
Иерархия составляющих	Переменная ▼ Индикатор ▼ Компонент ▼ ESI'05	Индикатор ▼ Политическая категория ▼ Цель ▼ EPI'06	Индикатор ▼ Политическая категория ▼ Цель ▼ EPI'08
Рассматриваемые системы	Экология, экономика, общество и институты	Экология и здоровье человека	
Количество показателей нижнего уровня	76	16	25
Количество показателей среднего уровня	21	6	6
Количество показателей верхнего уровня	5	2	2
Количество оцениваемых стран	146	133	149
Рейтинг Украины	108 из 146	51 из 133	75 из 149
Методика расчета	Агрегирование		
Восстановление данных	Проводилось	Не проводилось	Проводилось

Цель: ESI-2005 – измерение долгосрочной траектории страны по устойчивости окружающей среды; EPI-2006, EPI-2008 – оценивание состояния окружающей среды на данный момент времени

Разработка: ESI-2005 – обеспечивает относительную оценку экологических, социо-экономических и институциональных условий в прошлом, настоящем и ближайшем будущем по отношению к устойчивому развитию окружающей среды; EPI-2006, EPI-2008 – обеспечивают абсолютную оценку деятельности путем оценки стран на основании принципа «близости к цели».

Схема: ESI-2005 – отслеживает широкую совокупность факторов, которые влияют на устойчивое развитие, с помощью адаптации схемы «Давление-Состояние-Реакция»; EPI-2006, EPI-2008 – фокусируются на областях подконтрольных правительству с помощью схемы абсолютных зафиксированных целей.

Здоровье и окружающая среда: ESI-2005 – сравнивает уровни смертности от заболеваний связанных с окружающей средой с помощью индикаторов-заменителей: детская смертность, детская смертность от респираторных и кишечных заболеваний и т.п.; EPI-2006 – оценивает влияние, связанное с окружающей средой на здоровье с помощью показателей детской смертности, загрязненности воздуха в помещениях, концентрации взвешенных частиц в городском воздухе (PM10), доступности питьевой воды и адекватности санитарных условий; EPI-2008 – оценивает экологическое бремя болезней с помощью показателя DALY, разработанного ВООЗ, локальный уровень концентрации озона в приземном слое, загрязненность воздуха в помещениях, концентрацию взвешенных частиц в городском воздухе (PM10), доступность питьевой воды и адекватность санитарных условий.

Загрязненность воздуха: ESI-2005 – измеряются эффекты загрязненности воздуха и уровни загрязненности воздуха (потребление угля на душу населения, выбросы антропогенного NO₂, SO₂, летучих органических соединений на площадь заселенной территории, количество средств передвижения на площадь заселенной территории); EPI-2006 – измеряется качество воздуха (процент домохозяйств, которые используют твердое топливо, концентрация взвешенных частиц в воздухе городов и озона в приземном слое); EPI-2008 – измеряются атмосферные условия, которые имеют отношение и к экологии, и к здоровью человека (здоровье – загрязненность воздуха в помещениях; концентрация взвешенных частиц в воздухе городов, местная концентрация озона в приземном слое; экосистемы – региональная концентрация озона в приземном слое; выбросы SO₂).

Водные ресурсы и водный стресс: ESI-2005 – измеряются и водные ресурсы, и водный стресс (количество – питьевая вода на душу населения и внутренние подземные воды на душу населения; уменьшение нагрузки – выбросы на количество свежей воды, использование удобрений и пестицидов на гектар пахотных земель, часть страны с высоким водным стрессом; EPI-2006 – измеряются и водные ресурсы, и водный стресс: потребление воды и нагрузка по азоту; EPI-2008 – измеряется нагрузка на воду с помощью WSI – индекса водного стресса.

Качество воды: ESI-2005 – ключевые индикаторы качества воды: растворенный кислород, электропроводность, концентрация фосфора, взвешенные вещества; EPI-2006 – замена для качества воды: нагрузка по азоту; EPI-2008 – оценивается качество воды с помощью индекса качества воды (WQI), который включает растворенный кислород, pH, электропроводность, концентрацию азота и фосфора.

Изменение климата / Энергия: ESI-2005 – отслеживаются выбросы на душу населения и на ВВП. Индикатор эко-эффективности включает оценивание энерго-эффективности и возобновляемой энергии; EPI-2006 – соотносится энергопотребление и изменение климата (выбросы CO₂ на ВВП, доля возобновляемой энергии и энерго-эффективность); EPI-2008 – прямо оценивается вклад в изменение климата (выбросы на душу населения, выбросы на количество сгенерированного электричества, интенсивность использования ископаемого топлива в промышленности).

Биоразнообразии: ESI-2005 – фокусируется на защите видов животных и растений (доля видов птиц, амфибий и млекопитающих под угрозой, экорегионы под угрозой, включает национальный индекс биоразнообразия); EPI-2006 и EPI-2008 – фокусируется на защите биомов и ресурсов: EPI-2006 – защита дикой природы, защита экорегионов, уровень вырубки лесов, потребление воды; EPI-2008 – в т.ч. морских территорий, и видов животных с помощью показателей «эффективная защита», «риски заповедников», «защита среды обитания» и т.п.

Леса: ESI-2005 – изменение площади лесов в год; доля общей площади лесов, которая сертифицирована как устойчиво управляемая; EPI-2006 – уровень вырубки лесов; EPI-2008 – изменения в дерево-запасе.

Сельское хозяйство: ESI-2005, EPI-2006 и EPI-2008 – субсидии на сельское хозяйство; EPI-2008 – дополнительно учитывается интенсивность использования с/х угодий, регулирование использования пестицидов, неиспользуемой земли.

Рыболовство: ESI-2005 и EPI-2006 – чрезмерный вылов рыбы; EPI-2008 – интенсивность траления и морской трофической индекс.

В таблице 5 представлены оценки по EPI-2008 и ранжирование по «столбцам», отображающее относительный вклад трех стран в достижении 1) устойчивости окружающей среды и 2) жизнеспособности экосистем.

Сравнение таблиц 2 и 5 приводит к печальному выводу не только в отношении места занимаемого Украиной в мировом сообществе, но потому как сильно зависит результат ранжирования от применяемой методологии.

Таблица 5

Оценки EPI-2008

Ранжирование стран	Страны	Значение EPI
12	Canada	86,6
28	Russia	83,9
75	Ukraine	74,1

Несмотря на прогресс, сделанный в развитии индикаторов и пригодности данных, EPI-2008 очень чувствителен к проблем в глобальных экологических данных.

Ряд важных проблем, касающихся природной среды, таких например, как воздействие на население загрязняющих агентов и токсинов, транснациональные внешние источники загрязнителей, избыточное влияние «грязной» промышленности и влияние широко распространенных результатов действий человека, в локальных чувствительных условиях (например, критические нагрузки диоксида серы), все еще не могут быть измерены адекватно на глобальном уровне из-за отсутствия данных, целей, и/или научной определенности.

Хотя EPI-2008 охватывает своей оценкой 149 стран, ряд стран не включены в анализ из-за недостатка информации по ключевым индикаторам, несмотря на усилия по существенному восстановлению данных.

3. Обеспечение устойчивого развития на нижних уровнях иерархии – движение «снизу».

Использование рассмотренных выше метрик на локальном уровне вызывает значительные трудности из-за потребности методологии в высокой степени обобщения информации. На уровне предприятия или группы предприятий требуется конкретизация, которая учитывается по-разному. Рассмотрим некоторые из приемов, учитывающих экологические оценки технологических систем.

3.1. Стандарты серии ISO-14 000

Использование стандартов, действие которых распространяется на природную среду, ставит своей целью вооружить организации элементами эффективной системы управления природной среды, которые могли бы составить единое целое с общей системой управления предприятием. Это поможет организациям достичь как экономических, так и экологических целей, и таким образом, приблизиться к выполнению главной задачи – достичь устойчивого развития.

Успех функционирования системы управления природной средой зависит от всех иерархических и функциональных уровней организации. Система такого рода дает возможность организации установить меры и методики определения экологической политики и целей достижения соответствия им, а также предоставить доказательства такого соответствия другим заинтересованным сторонам. Она также дает возможность оценить эффективность соответствующих процедур. Основной целью использования этого стандарта является обеспечение охраны природной среды и предотвращение ее загрязнения, согласование с социально-экономическими потребностями. Следует отметить, что большинство требований стандарта могут приниматься одновременно или пересматриваться в течении некоторого времени.

Стандарт ISO-14001 содержит те же общие принципы управления, что и стандарты ДСТУ ISO серии 9000 для систем управления качеством продукта. А это значит, что организации могут применять данную систему управления, которая отвечает или не противоречит стандартам ДСТУ ISO серии 9000, как базу для своей системы управления природной средой. И все же следует понимать, что применение элементов систем управления может отличаться из-за разных целей и разных заинтересованных сторон. В то время как системы качества имеют дело в первую очередь с потребностями потребителей, системы управления природной средой имеют дело с потребностями широкого круга заинтересованных сторон и с увеличивающейся заинтересованностью общества в охране природной среды и улучшения состояния природной среды. Отметим также, что покупатель готов платить дополнительно за экологическую чистоту продукта.

В сравнении со стандартом качества ISO 9000, ISO 14001 был встречен умеренным энтузиазмом среди промышленников. После пяти лет внедрения только 36000 фирм во всем мире получили сертификат ISO 14001, т.е. около 10% от внедренных ISO 9000. В 2002 году около 49462 сертификатов ISO 14001 были вруче-

ны в 118 странах, однако, все же заказ его ниже, чем это было с ISO 9000. И, тем не менее, динамика внедрения стандарта ISO 14001 впечатляет. К сожалению, Украина не находится в числе передовых стран по внедрению этого стандарта.

3.2. Стандарты серии ISO 14040

В основу стандарта ISO 14040 положен метод оценки жизненного цикла (ОЖЦ) (LCA, Life cycle analysis) [10]. Стандарт построен на системной основе и включает в себя: проведение инвентаризации входных и выходных потоков производственной системы (сбор данных необходимых для исследования), оценивание потенциальных воздействий на окружающую среду, связанных с этими потоками и интерпретацию результатов инвентаризационного анализа и этапов оценки воздействий.

В соответствии с идеей ОЖЦ экологические аспекты оцениваются на протяжении всего жизненного цикла продукции от приобретения сырья до производства, эксплуатации и утилизации. Результаты применения метода даст возможность улучшить экологические последствия влияния на окружающую среду (прежде всего, на здоровье людей) и улучшить использование ресурсов на всех стадиях промышленного производства – стратегического планирования, определения приоритетов, проектирования и перепроектирования.

Важность проблемы охраны окружающей среды и возможных воздействий, связанных с изготавливаемой и потребляемой продукцией, повышает интерес к разработке методов, направленных на снижение этих воздействий. В стандарте приведены принципы и структура ОЖЦ, обеспечивающие проведение исследования и представление отчётности, а также некоторые минимальные требования к методу. Метод оценки жизненного цикла включает в себя:

- определение цели и сферы применения результатов оценивания;
- проведение инвентаризации соответствующих входных и выходных потоков производственной системы;
- оценивание потенциальных воздействий на окружающую среду, связанных с этими потоками;
- интерпретацию результатов инвентаризационного анализа и этапов оценки воздействий в зависимости от цели исследования.

С помощью этого метода оценивают экологические аспекты и потенциальные воздействия на протяжении всего жизненного цикла продукции (т.е. "от колыбели до могилы") – от приобретения сырья до производства, эксплуатации и утилизации. Основными категориями воздействий на окружающую среду являются использование ресурсов, здоровье человека и экологические последствия. Метод ОЖЦ даёт возможность:

- улучшения экологических аспектов продукции в различные моменты её жизненного цикла;
- принятия решений в промышленных, государственных или негосударственных организациях (например, при стратегическом планировании, определении приоритетов, проектировании и перепроектировании продукции или процесса);

- выбора соответствующих показателей экологической эффективности, включая методы измерений;
- маркетинга (например, при заявлении об экологическом иске, связанном с системой экологической маркировки или декларацией об экологической чистоте продукции).

Метод ОЖЦ находится на ранней стадии разработки. Некоторые составляющие метода, например оценка воздействия, находятся на стадии становления, поэтому необходимо проделать значительную работу и накопить практический опыт, чтобы перейти к следующему уровню практического применения метода ОЖЦ. Таким образом, важно правильно интерпретировать и соответственно применять результаты ОЖЦ. Для успешного применения метода в понимании экологических аспектов продукции существенно, чтобы он сохранял свою техническую достоверность и в то же время обеспечивал гибкость, практичность и экономическую эффективность применения. Это особенно важно для малых и средних предприятий.

ОЖЦ – это один из нескольких методов управления окружающей средой (например, оценка риска, оценка экологической эффективности или характеристик экологичности, экологический аудит и оценка воздействий на окружающую среду), и он применим не для всех ситуаций. Как правило, ОЖЦ прямо не предусматривает экономические и социальные аспекты производственных систем.

Некоторые показатели и индикаторы устойчивого развития систем верхнего уровня можно и даже нужно использовать на уровне предприятия, связав их с уже имеющимися разработками, главное – с процессами использования и восстановления природных богатств. Однако они требуют как критического отношения, так и возможно разработки специальных индикаторов для того уровня.

Отметим, что стандарт ISO 14040 принят в 1999 году, однако все остальные его части выходят крайне медленно, не говоря уже об их внедрении (ISO 14001 – в 2000 году, ISO 14042 и ISO 14043 – в 2001 году, ISO 14047 – в 2003 году). И поэтому следует согласиться с предостережением стандарта ISO 14040, что составляющие метода ОЖЦ, например оценка воздействия на окружающую среду, находятся на стадии становления. Многое зависит от наличия математических моделей и накопленного опыта их применения. Важно отметить, что здесь уже вводится концепция индикаторов, оценивающих влияние выбросов предприятия на окружающую среду. И что еще более важно, частично эти индикаторы совпадают с индикаторами принятыми, например, в компоненте ESI-2005 «Системы окружающей среды» – выбросы углекислого газа, NO₂, концентрация взвешенных частиц и др. Однако эта работа – согласование связи индикаторов устойчивого развития общества и предприятий – только осмысливается. Действительно, трудно сразу найти и оценить степень влияния показателей производства продукта на формирование таких индикаторов устойчивости в социальной сфере «как ожидаемая продолжительность жизни» или «грамотность взрослых людей». Поэтому огромное значение приобретают усилия специалистов, направленных на сближение двух процессов – оценки предприятия и оценки общества с позиций устойчивости.

3.3. Ресурсосберегающий подход к решению задачи управления устойчивым развитием на заданном уровне иерархии

Проведенный в работе [11] анализ привел к выводу, что системные требования в оценке и управлении устойчивым развитием на локальном уровне можно удовлетворить на основе теории природного капитала и с использованием ресурсных циклов «потребление – восстановление ресурсов природы». Отсюда вытекает, во-первых, необходимость в измерении запасов природы и динамики расходования запасов, во-вторых, возникает потребность в количественной оценке восстанавливающего потенциала экосистем, включив их в цикл восстановления (пополнения) природных ресурсов. Важно также отметить, что такие циклы - «потребление – восстановление ресурсов природы» можно строить на любом уровне иерархии общества. И особенно эффективно – на нижнем уровне, предприятии, регионе. Напомним, что человек давно научился включать экосистемы в ресурсный цикл. Так, процесс биопереработки органических отходов с получением биогаза может служить примером искусственно построенной системы возобновления природного ресурса, а сброс сточных вод с малым содержанием загрязнений в реку как в экосистему может служить примером естественного регенерационного цикла. Однако, как уже упоминалось, регенерационные возможности экосистем как естественных восстановителей ресурсов изучены недостаточно. И что особенно важно – нет методик количественной оценки возможностей экосистем, включаемых в цикл регенерации отходов или утилизации продуктов, отслуживших свой срок.

Тем не менее, рассмотрение процессов в обществе в виде циклов «потребление – восстановление ресурсов природы» открывает перед нами перспективу построения приближённой, но идеологически выдержанной модели «круговорота» компонентов природных ресурсов в некоей подсистеме и возможность построения индекса устойчивого развития, с помощью которого можно управлять процессом устойчивого развития. Решающую роль здесь играют технологии [12].

В работе [11] показано, что баланс потоков системы удобнее всего оценить с помощью единой метрики – экономической (затраты в денежном выражении), построив некий коэффициент η , который будет характеризовать способность системы восстанавливать использованные у нее ресурсы, а также компенсировать взятые ранее ресурсы:

$$\eta = \frac{Q_{\text{исполь1}} + Q_{\text{исполь2}}}{Q_{\text{восст1}} + Q_{\text{восст2}} + Q_{\text{восст3}} + Q_{\text{восст4}}},$$

где $Q_{\text{исполь1}}$ – затраты на использование сырья (добыча, транспортировка ...), $Q_{\text{исполь2}}$ – затраты на изготовление и использование продукта (производство продукта, доставка потребителю ...); $Q_{\text{восст1}}$ – затраты на переработку отходов, $Q_{\text{восст2}}$ – затраты на утилизацию продукта, $Q_{\text{восст3}}$ – затраты на технологию природной очистки, $Q_{\text{восст4}}$ – затраты на исправление ранее нанесенного природе ущерба.

Несложно увидеть, что при рассчитанной оценке $\eta > 1$ – система с точки зрения сохранения её потенциала будет неустойчивой: потребление природных ресурсов происходит интенсивнее, чем их восста-

новление); при $\eta = 1$ – система находится на границе устойчивости; при $\eta < 1$ – система устойчива – восстановление ресурсов природы идёт опережающим темпом.

Очевидно, что все политические решения на уровнях соответствующей иерархии должны быть таковы, чтобы добиваться значения $\eta \leq 1$, как за счет снижения затрат ресурсов и совершенствования технологий производства продуктов, так и за счет увеличения затрат на восстановление и пополнение ресурсов.

Расчет значения коэффициента устойчивого ресурсосбережения удобно проводить на основе оценки жизненного цикла продукционной системы. А именно, путем построения жизненного цикла (ЖЦ) продукта, с учетом возобновления ресурсов, в том числе, и за счет антропогенных механизмов, и детального анализа управления запасами ЖЦ или инвентаризационного анализа, который является второй фазой ОЖЦ согласно ISO 14040 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура» [10].

Для подтверждения работоспособности предложенной оценки эффективности различных систем ресурсосбережения на базе предложенного выше коэффициента устойчивого ресурсопотребления (η), был проведен расчет, который представлен в работе [13]. В данном случае рассматривались две схемы очистки «серой» воды. Первая схема (назовем ее искусственной) использующей хлорид железа для осаждения вредных примесей в воде. Вторая схема, назовем ее естественной, служит естественным биологическим и механическим фильтром. При расчете данного коэффициента были получены два различных коэффициента устойчивого ресурсопотребления: $\eta_{\text{иск}} = 0.01$ и $\eta_{\text{ест}} = 5.7$. Ранее постулировалось, что при $\eta < 1$, мы имеем право утверждать, что предложенная искусственная технология системы очистки является превосходной, а схема естественная – не очень хороша ($\eta > 1$). Хотя очевидно, что с прагматической точки зрения схема естественная много выгоднее, поскольку характеризуется меньшими затратами. На самом деле проблема в том, что классический экономический подход не учитывает «стоимость» вклада природы в очистку выбросов: этот подарок природы мы принимаем как должное, сегодня еще не заботясь о степени нанесенного природе ущерба (здесь – земле).

Если предположить, что наша идея использовать индекс η для управления устойчивым развитием оказалось логичным и непротиворечивым, то естественно возникает вопрос, как мы можем его рассчитывать? Ответ одновременно и прост и сложен. Во-первых, следует организовать глубокий мониторинг общества (социальные, экономические показатели), окружающей среды (показатели состояния воздуха, воды, земли) и мониторинг состояния ресурсов (запасы и темп расходования запасов), а также мониторинг состояния экосистем, участвующих в очистке выбросов и восстановления природных ресурсов. Простота ответа в том, что мы знаем что делать. Сложность же в том, что мы часто не знаем, как это делать. В частности, как оценить самовосстанавливающиеся возможности экосистем. Но даже без этой, еще не до конца изученной наукой области, реализация мониторинга по четырём группам индикаторов экономической, социальной, экологической и природной – представляет сложную

методологическую, организационную и, наконец, финансовую проблему. Особую сложность представляет измерение природных показателей. Несмотря на то, что часть из них физически существует (например, запасы природных ресурсов оцениваются даже по рыночным ценам), природные показатели, тем не менее, рассеяны по различным ведомствам и бывают труднодоступны. Другие, например запасы отдельных экосистем, измеряются в узких кругах специалистов, измеряются редко и неточно, а к таким показателям природного капитала как, например «получение эстетического удовольствия от природы» вряд ли кто-нибудь знает, как подступиться.

Заключение

Анализ существующих систем оценивания взаимодействия человека и природной среды (ESI, EPI) показал их глобальную эффективность в ранжировании стран и практическую невозможность их использования на технологическом уровне.

Развивающиеся системы стандартизации несут на себе груз традиционных оценок деятельности предприятий и поэтому практически не связаны с глобальными оценками устойчивого развития общества.

Светом в конце туннеля в проблеме оценивания процесса 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.

Литература

1. Встреча на высшем уровне «Планета Земля» [Электрон. ресурс] // ООН – Режим доступа: <http://www.un.org/russian/esa/progreas/earthsummit.html>
2. Повестка дня на XXI век [Электрон. ресурс] // ООН – Режим доступа: <http://www.un.org/russian/conferen/wssd/agenda21/>
3. Решение 9/4: Информация для принятия решений и участия [Текст]: доклад Комиссии по устойчивому развитию о работе ее девятой сессии (Нью-Йорк, 5 мая 2000 года и 16 апреля – 27 апреля 2001 года) [Электрон. ресурс] // Экономический и социальный совет ООН – Режим доступа: <http://www.un.org/esa>

4. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. – Third Edition. – New York: United Nations Sales Publication, 2007. – 99 p.
5. Мониторинг окружающей среды: Руководство по применению экологических показателей в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии [Электрон. ресурс] // Программа по окружающей среде для Европы – Рабочая группа по мониторингу и оценке окружающей среды – Режим доступа: http://www.unecce.org/env/europe/monitoring/IandR_ru.html
6. Spangenberg, J.H. Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21 [Text] / J.H. Spangenberg, S. Pfahl, K. Deller // Ecological Indicators. – 2002. – 2. – P. 61-77.
7. The 2005 Environmental Sustainability Index Report [Electron. resource] // . Yale Center for Environmental Law and Policy of Yale University . – Access link: <http://www.yale.edu/esi>
8. Pilot 2006 Environmental Performance Index Report [Electron. resource] // . Yale Center for Environmental Law and Policy of Yale University . – Access link: <http://www.yale.edu/epi>
9. The 2008 Environmental Performance Index Report [Electron. resource] // . Yale Center for Environmental Law and Policy of Yale University . – Access link: <http://www.epi.yale.edu>
10. ДСТУ ISO 14040:2004. Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:1997, IDT) / В. Лозанський. – Офіц. вид. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – IV, 10с. – (Національний стандарт України).
11. Згуровский, М.З. Системный подход к оценке и управлению устойчивого развития общества [Текст] / М.З. Згуровский, Г.А. Статюха // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – №3. – С. 7 – 27.
12. Mulder, K. Sustainable development for engineers. A handbook and resource guide [Text] / K. Mulder. – GB: William Clowes Ltd., 2006. – 288 p.
13. Статюха, Г.А. Разработка коэффициента устойчивого ресурсосбережения на основе оценки жизненного цикла [Текст] / Г.А.Статюха, И.Н. Джигирей, Б.Н. Комаристая // Комп'ютерне моделювання в хімії та технологіях: тези доповідей Першої наук.-практ. конф. з міжн. участю, Черкаси, 12-16 травня 2008 р. – Черкаси.: вид-во «Черкаський ЦНТЕІ», 2008. – С. 228-230.