

*Формирование системы ответственности управляющих структур.* Важнейший вопрос современного этапа развития — ответственность за формирование и реализацию целей. Кто возьмет на себя ответственность за ухудшение отношений между обществом и природой, за выбор пути, чрезвычайно ответственный выбор между антропоцентризмом и эгоцентризмом? Управляющая подсистема малообразованна, а конструирование принципиально новых отношений между природой и обществом требует разносторонних знаний и системного мышления. Прошедшие десятилетия неэффективной экологической политики показали, что современные управляющие не смогут взять на себя ответственность перехода на новые рельсы развития.

В самоорганизации мировой экономической системы каждый новый этап начинают наиболее сильные страны-лидеры, которые опираются на три главных столпа развития: целеполагание, информацию и организацию. Все мы являемся свидетелями активного становления единой системы мирового хозяйства. Понятно, что лидером будет тот, кто возьмет на себя ответственность за радикальную смену курса человечества, кто, наконец, осмелится признать, что пресловутый экономический рост — не панацея от бед, а напротив — дальнейшее разрушение среды обитания всего живого.

При выборе дальнейшего пути развития необходимо не только вписаться в мировую экономическую систему, но и в логику развития Природы. Мерой целенаправленной общественной организации станет степень согласованности стратегии общества со стратегией развития Природы. Государство, сумевшее встать на этот путь, будет играть особую роль в общепланетарной системе. Лидером станет тот, кто в качестве объекта управления примет эколого-экономическую систему со всеми вытекающими из этого последствиями.

**В.И. Гурман**, д-р техн. наук, профессор  
ИПС РАН (Переславль-Залесский),  
**Е.В. Рюмина**, д-р экон. наук, профессор  
ИПР РАН (Москва)

## **МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ УЩЕРБА ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ\***

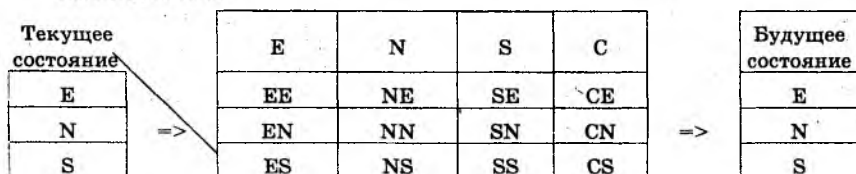
Предлагается исследовать зависимость экономических показателей от состояния окружающей среды и путем включения этой зависимости в эколого-экономическую модель получить комплексную оценку ущерба от экологических нарушений. С этой целью используется разработанная авторами социо-эколого-экономическая модель [1—3]. Такой подход к

\* Исследование проводится при финансовой поддержке РГНФ (проект № 04-02-00184а).

оценке экономического ущерба отличается от имеющихся методов оценки ущерба тем, что он основывается на раскрытии механизма формирования экономических потерь и дополнительных затрат вследствие изменения состояния окружающей среды — механизма, учитывающего как взаимовлияния природной и экономической составляющих развития общества, так и внутренние процессы каждой из подсистем.

Социо-эколого-экономическая модель может быть представлена в виде следующей концептуальной схемы (см. рисунок). В модели описывается внутренняя структура каждого блока (диагональные элементы матрицы, представленной на рисунке) и взаимосвязи между подсистемами. По модели проведены расчеты для Байкальского региона, Переславского региона Ярославской области, Сумской области Украины [3]. В принципиальной схеме модели уже на первом этапе была частично осуществлена увязка экономического и экологического блоков региональной системы — формализовано влияние экономической подсистемы на состояние окружающей среды. Сейчас разработан подход для учета обратного влияния — нарушенной среды на экономические показатели. Иначе говоря, сначала в модели учитывался только ущерб (точнее, вред) окружающей среде, но он не обретал в модели экономического выражения — не переводился в экономический ущерб. В модели это выражалось в том, что экономическая деятельность не меняла своих характеристик в зависимости от состояния среды.

#### Взаимодействия



И н н о в а ц и и

Социо-эколого-экономическая модель  
(E, N, S — экономическая, природная, социальная подсистемы)

Рассмотренные с помощью модели оптимизационные сценарии развития региона выявили недостаточность для экономического роста только структурной перестройки экономики и показали необходимость качественных изменений. В связи с этим внимание уделялось развитию в регионах инновационного процесса, изменяющего технологические показатели производства [4]. Теперь эти показатели предлагается менять еще и в зависимости от экологической обстановки в регионе.

Очевидно, что в загрязненной среде материало-, фондоемкость, производительность труда и другие показатели отличаются от упомянутых в чистой среде. Для всех показателей эти отличия будут разными.

При формализации такой зависимости в модели можно определить недополученные вследствие неблагоприятного состояния среды доход и

вынужденное по тем же причинам потребление, т.е. то, что мы в прошлых работах называли процентами по экологическому долгу [5]. Выявив аналогию эколого-экономических отношений по поводу экологического долга с внешним государственным, мы рассчитывали воспользоваться моделями управления внешним долгом. Однако до сих пор не удалось найти подходящей модели кредитной политики государства.

Обычно в экономических моделях все, что общество теряет из-за неудовлетворительного состояния среды, отдельно не выделяется, а как бы относится к технологическим характеристикам производства. Явное же выделение в модели экономического ущерба настраивает процесс выработки стратегии развития региона на поиск компромисса между развитием экономики и состоянием среды. Если за загрязнение приходится расплачиваться упущенным доходом, то в модели эти потери будут сравниваться с эффектом от экономии на природоохранных мероприятиях. В зависимости от результата такого сравнения либо будет активизироваться природоохранная деятельность, либо и дальше возможны экологические нарушения.

Если экологический долг рассматривать как изменение состояния окружающей среды, то перед моделью встает дилемма — наращивать экологический долг, т.е. ухудшать состояние среды, платить возрастающие проценты по нему, или же возвращать долг и тем самым снижать проценты. При этом модель позволяет определить и величину процентов по экологическому долгу. Она может быть получена путем сопоставления доходов, полученных в расчетах по модели с реальным состоянием окружающей среды и равновесным ее состоянием.

В исходном варианте социо-эколого-экономической модели состояние окружающей среды не имело экономического смысла, а стремление к его улучшению диктовалось только экологическими ограничениями, которые вводились в модель. Вследствие этого природоохранная деятельность в экономическом блоке модели представлялась исключительно как нагрузка на экономику, снижающая возможности региона в максимизации его дохода. В модифицированной модели природоохранная деятельность становится экономически эффективной, так как в модели учитывается экономический ущерб.

Второй этап модификации модели — построение и использование экологически отрегулированных показателей регионального дохода. Экологически отрегулированный региональный доход представляет собой не искусственное, лишнее реального смысла построение, а необходимый показатель для оценки эффективности функционирования экономики. Когда мы сравниваем традиционно подсчитанные доходы региона за разные годы, то не можем делать вывод о характере именно экономического развития региона, поскольку сравниваемые показатели включают в себя не только экономическую составляющую, но и экологическую. Например, если региональный доход вырос, но не благодаря повышению экономической эффективности функционирования предприятий, а вследствие снижения масштабов природоохранной деятель-

ности, то в этом случае в контексте концепции устойчивого развития нельзя говорить об экономическом росте.

Для анализа именно экономической эффективности развития, как видим, нужна модификация показателя регионального дохода, состоящая в элиминировании экологического фактора. Такие показатели предлагается получать путем увеличения традиционных показателей дохода на величину процентов по экологическому долгу и уменьшения их на величину годового приращения экологического долга. Для этого годовому приращению экологического долга необходимо дать экономическую оценку.

Приращение экологического долга мы связываем с потерями будущего поколения, генерируемыми деятельностью настоящего поколения, а проценты по экологическому долгу — с потерями настоящего периода, причины которых следует искать в деятельности прошлых периодов. Отсюда следует, что приращение экологического долга связано с количеством выбросов вредных веществ в окружающую среду в настоящий период, а проценты по экологическому долгу — с состоянием окружающей среды в настоящий период. Из этого следует, что экономическая оценка приращения экологического долга есть оценка наносимого экономического ущерба от экологических нарушений, для которой существуют готовые методики (например, [6]).

Труднее ввести в модель зависимость экономической системы от состояния окружающей среды, т.е. проценты по экологическому долгу или иначе — претерпеваемый экономический ущерб от накопленного в среде загрязнения. В ряде работ были попытки учесть экономический ущерб, но при этом рассматривался наносимый ущерб. Ущерб же, который терпит экономика, зависит от количества накопленного в среде загрязнения, и это требует моделирования динамики экологических процессов.

В нашей модели такая динамика учитывается в уравнении, которое описывает процесс изменения индекса качества окружающей среды под воздействием техногенного загрязнения, природоохранной деятельности и процесса самоочищения природной среды. Вот почему для учета экономического ущерба, который терпит экономика данного периода, необходимо ввести изменение экономических параметров в зависимости от индекса качества среды.

Необходимая для формализации данной зависимости информация имеется. Это первичная информация, которая использовалась при разработке методик оценки наносимого экономического ущерба, в том числе и соответствующей методики ЦЭМИ [6]. В указанных методиках основным реципиентом загрязнения считалось население, а в качестве основных последствий загрязнения среды рассматривались снижения производительности труда и расширение медицинского обслуживания.

Предлагаемая эколого-экономическая модель в явном виде определяет реальные потери, которые несет экономика вследствие загрязнения окружающей среды, а также показывает экономическую эффективность природоохранной деятельности. Без учета экономического

ущерба от экологических нарушений не на уровне существующих платежей за загрязнение, а в полном объеме, нельзя строить экономическую и экологическую политику государства и тем более — говорить об их теоретической обоснованности.

Теперь нужно учесть следующие реальные обстоятельства, связанные с рассмотрением динамики ресурсов. Активное восстановление ресурса может производиться посредством создания специальных мощностей в составе экономики (очистных сооружений, лесхозов, заповедников, рыбообразовных заводов и т.п.), которые требуют как текущих затрат, так и капиталовложений на расширение. В свою очередь изменение количества ресурсов влечет за собой изменение затрат на производство (главным образом на добычу сырья) и мощности. Эти обстоятельства могут быть учтены установлением определенных зависимостей от  $r$  коэффициентов уравнения для  $c$  и введением в данное уравнение дополнительных членов, описывающих динамику развития восстановительной мощности.

Формализованный вид модели следующий:

$$c = (E - A(r))y - B(r)u - A^z z - B^z u^z;$$

$$r' = N(r - r^*) - Cy - Du + z,$$

где  $c$  — конечное потребление;  $y$  — объем выпуска продукции;  $u$  — инвестиции в основной капитал;  $A$  — матрица коэффициентов прямых затрат;  $B$  — матрица коэффициентов фондообразующих затрат;  $r$  — индекс состояния окружающей среды;  $r^*$  — равновесное состояние окружающей среды;  $N$  — матрица коэффициентов восстановления и взаимного влияния элементов окружающей среды;  $C$  — матрица, характеризующая воздействие единицы выпуска экономической подсистемы на состояние окружающей среды;  $D$  — матрица, характеризующая воздействие процесса создания единицы стоимости основных фондов на состояние окружающей среды;  $z$  — масштаб природоохранной деятельности;  $A^z$  — матрица прямых затрат на природоохранную деятельность;  $B^z$  — матрица фондообразующих затрат на природоохранную деятельность.

Теперь видно, что, осуществляя затраты на охрану окружающей среды, т.е. улучшая значение индекса состояния окружающей среды  $r$ , экономическая система улучшает свои параметры (здесь матрицы  $A$  и  $B$ ) и тем самым снижает свой ущерб от загрязнения окружающей среды или других экологических нарушений. Кроме того, описание самого процесса формирования ущерба позволяет более полно его оценить: не только прямой ущерб, но и косвенный, так как в модели отражены все межотраслевые взаимосвязи.

Модифицированная схема модели была отработана на упрощенном демонстрационном примере, который позволил выявить масштаб влияния ущерба от экологических нарушений на возможность выхода на модель устойчивого развития. Зависимость коэффициентов матрицы прямых затрат  $A$  от индекса состояния окружающей среды  $r$  и инновационной активности  $\theta$  была представлена следующим образом:

$$A = (1 - \theta)b(r)A_0,$$

$$b(r) = 1 - b_1(r - r^*) + b_2(r - r^*)^2,$$

$$b_1, b_2 > 0,$$

где  $A_0$  — значения коэффициентов прямых затрат в начальный период;  $\theta$  — индекс инновационной активности;  $b_1, b_2$  — безразмерные коэффициенты.

На условном примере проведены вычисления по модели с учетом зависимости  $A(r)$  (см. таблицу), которые показали, как изменение индекса состояния окружающей среды  $r$  влияет на накопленный за весь временной период моделирования результат экономической деятельности ( $P$ ).

Результаты расчетов по модели с учетом зависимости  $A(r)$   
 $r^*=1, N=-0,01$

$b_1$	$b_2$	$\theta$	$r$	$P$
0	0	0,74	0,910	728
1	5	0,76	0,990	571
2	10	0,81	0,999	566

Видно, что чем сильнее матрица прямых затрат  $A$  зависит от  $r$ , тем более экономика будет стремиться к равновесному состоянию окружающей среды (в двух рассмотренных вариантах зависимости  $A(r)$  достигаемое в конце периода значение  $r$  равно 0,990 и 0,999). Величина ущерба определяется как отставание достигнутого результата экономической деятельности  $P(r)$  от результата, полученного при моделировании в предположении о равновесном состоянии окружающей среды  $P(r^*)$ .

Для более общего представления зависимости всех коэффициентов от аргументов (в том числе  $A, B$  от  $r$ ) следует уточнить смысл показателя ресурса  $r$ . Это может быть либо запас "полезного" ресурса (в данном случае его уменьшение неблагоприятно для экономики), либо накопленное обобщенное загрязнение, уменьшение которого благоприятно.

В первом случае коэффициенты затрат и амортизации следует, очевидно, считать убывающими функциями  $r$ , во втором — все эти зависимости противоположны. При возможных частных производных относительно зависимости функций  $A, A^z, B, B^z$  от своих аргументов (например, автономности и линейности) из представленных уравнений модели получаются модели взаимодействия экономики и природной среды различной степени сложности.

Учтем непосредственно в модели тот факт, что экономика страдает от ухудшения состояния ресурсов, считая коэффициент затрат  $A$  зависящим от  $r$ :

$$A = a_1 + \frac{a_2}{r - r_{\min}}, a_1, a_2 \geq 0.$$

Здесь  $r_{\min}$  имеет смысл предельного состояния ресурса, при котором он становится недоступным для экономики ( $A \rightarrow \infty$  при  $r \rightarrow r_{\min}$ ),  $a_1$  — смысл наименьших удельных затрат при неограниченном ресурсе,  $a_2$  можно считать коэффициентом зависимости от ресурса. Остальные экономические коэффициенты будем для простоты считать постоянными.

Исследование функционала полезности показало, что с ростом коэффициента зависимости от ресурса  $a_2$  общий выигрыш уменьшается, снижается порог рентабельности, а затраты на управление ресурсом ( $A^2 z$ ) растут. Иными словами, стремление получить наибольший экономический выигрыш с учетом объективной зависимости экономики от ресурсов заставляет заботиться о ресурсах тем больше, чем сильнее эта зависимость.

В настоящее время дорабатывается программное обеспечение и создается удобный интерфейс для проведения серии расчетов. Использование модели в имитационном режиме при различных изменениях индекса качества среды позволит накопить информацию о зависимости ущерба от состояния среды и построить аналитический вид этой зависимости, пригодный для широкого применения в масштабах страны и регионов.

Сравнение оценок экономического ущерба от экологических нарушений по предлагаемому методу с оценками, получаемыми с применением существующих методик, позволит выработать направления корректировок действующих методик и применяемых методов оценки ущерба.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Викулов В.Е., Гурман В.И., Данилина Е.В. и др. Эколого-экономическая стратегия развития региона: математическое моделирование и системный анализ на примере Байкальского региона. Новосибирск: Наука, 1990.
2. Модели управления природными ресурсами / Под ред. В.И. Гурмана. М.: Наука, 1981.
3. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона / Под ред. В.И. Гурмана, Е.В. Рюминой. М.: Наука, 2001, 2003.
4. Ухин М.Ю. Исследование инновационных стратегий устойчивого развития региона // Экономика природопользования. 2005. № 1.
5. Рюмина Е.В. Анализ эколого-экономических взаимодействий. М.: Наука, 2000.
6. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М.: Экономика, 1986.