

КОНТРОЛЬ ЭКОЛОГО -
ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
Тимченко И.Е., Прималенный А.А.,
Ярин В.Д., Васечкина Е.Ф.,
Игумнова Е.М.
Морской гидрофизический институт
НАН Украины, г. Севастополь,
НПО "Биосфера", г. Симферополь

ВВЕДЕНИЕ.

Контроль над потреблением природных ресурсов принимает все более критическое значение ввиду ухудшающегося состояния природной среды. С этим связана возрастающая роль экологического мониторинга окружающей человека природы и необходимость экономической оценки последствий его хозяйственной деятельности. Предприятия, потребляющие природные ресурсы, должны возмещать ущерб, наносимый ими биоразнообразию природной среды. Устойчивое развитие природно - хозяйственных комплексов (ПХК) возможно только на основе научно обоснованного баланса между экологической целесообразностью использования ресурсов и экономической рентабельностью производства, вынужденного оплачивать природоохранные мероприятия. Поэтому необходим системный эколого - экономический подход к контролю над состоянием природных ресурсов.

Суть этого подхода заключается в построении эколого - экономических моделей ПХК, с помощью которых исследуются операции управления комплексами и выбираются рациональные сценарии их развития. Как показали исследования, весьма перспективным способом создания эколого - экономических моделей является метод системной динамики [1]. В частности, в работе [2] была предложена эколого - экономическая

модель потребления и воспроизводства природных ресурсов, построенная этим методом. Представляет интерес рассмотреть возможности использования подобных моделей для контроля за состоянием биоресурсов моря при различных внешних условиях функционирования ПХК "море - суши". Эта задача и является целью настоящего исследования.

ЭКОЛОГО - ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПХК "МОРЕ - СУША".

Рассмотрим природно - хозяйственный комплекс, состоящий из предприятия (отрасли), потребляющего морской биоресурс (рыба, моллюски и др.) и негативно влияющего на естественную плотность биоресурса в морской среде. Причинами сокращения биоресурса будем считать непосредственное изъятие его в процессе промысла, а также загрязнение акватории отходами производства морепродуктов. В общем случае загрязнение уменьшает скорость репродукции гидробионтов и ухудшает условия их существования (питание, потребление кислорода и др.). Поэтому наряду с концентрацией биоресурса в морской среде X_1 мы будем рассматривать ресурсное качество среды X_2 , учитывающее это обстоятельство.

Экономическая рентабельность производства морепродукта характеризуется прибылью от его реализации на рынке по цене X_3 . Чем больше прибыль I , тем выше объемы выпуска морепродукта X_5 , которые предприятие стремится поддерживать. Вместе с тем, с ростом объемов производства растет и концентрация загрязняющих веществ X_4 в морской среде. Для поддержания экологически оправданного уровня концентраций биоресурса в акватории моря, охваченной промыслом, предприятие должно оплачивать природоохранные мероприятия, т.е.

выделять «экологические» платежи X_6 на каждую единицу продукции. Это влечет за собой увеличение себестоимости производства X_7 , а следовательно, и цены морепродукта. В результате расходы предприятия R растут, а доходы D - падают, что приводит к падению прибыли. Таким образом, в эколого - экономической системе осуществляется баланс между экологически допустимым уровнем концентрации биоресурса и экономически оправданным уровнем производства морепродукта.

Приведенные соображения позволяют построить концептуальную модель ПХК, рассматриваемую как схему при-

чинно-следственных связей (см. рис.1). Величины X_i представляют собой компоненты вектора состояния эколого-экономической системы, моделирующей этот комплекс. Стрелки показывают влияние одних компонент на другие, а функции α_i учитывают степень влияния.

Метод системной динамики дает возможность представить изображенные на рис.1 информационные связи в виде динамической модели ПХК. В работах [1,2] рассмотрена техника построения уравнений модели. Поэтому мы ограничимся лишь самыми необходимыми пояснениями.

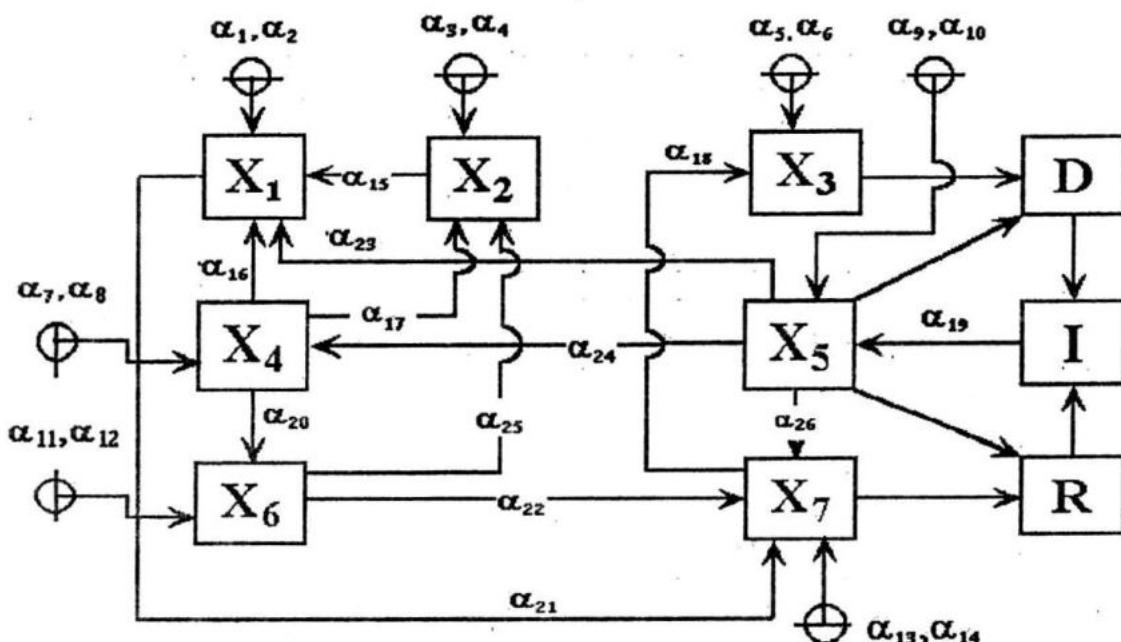


Рис. 1. Блок – схема эколого – экономической системы.

Каждой компоненте вектора состояния ставится в соответствие уровень, через который проходит поток значений этой компоненты. Потоки регулируются прямыми и обратными связями, учитывающими влияние внешней среды на систему (см. функции влияния α_1 - α_{14}), а также внутрисистемные связи (см. функ-

ции влияния α_{15} - α_{26}). Контроль за состоянием системы осуществляется в дискретные моменты времени ..., t_j , t_k , ..., при чем интервал времени между ними τ выбирается таким, чтобы все потоки в системе могли быть приняты постоянными. Полагая $\tau = 1$, имеем

$$x_{1k} = x_{1j} [1 + \alpha_1(x_1) \alpha_{16}(x_4) \alpha_{15}(x_2) - \alpha_2(x_1) \alpha_{23}(x_5)]_j;$$

$$x_{2k} = x_{2j} [1 + \alpha_3(x_2) \alpha_{17}(x_4) \alpha_{25}(x_6) - \alpha_4(x_2)]_j;$$

$$\begin{aligned}
 x_{3k} &= x_{3j} [1 + \alpha_5(x_3) \alpha_{18}(x_7) - \alpha_6(x_3)]_j; \\
 x_{4k} &= x_{4j} [1 + \alpha_7(x_4) \alpha_{24}(x_5) - \alpha_8(x_4)]_j; \\
 x_{5k} &= x_{5j} [1 + \alpha_9(x_5) \alpha_{19}(I) - \alpha_{10}(x_5)]_j; \\
 x_{6k} &= x_{6j} [1 + \alpha_{11}(x_6) - \alpha_{12}(x_6) \alpha_{20}(x_4)]_j; \\
 x_{7k} &= x_{7j} [1 + \alpha_{13}(x_7) \alpha_{21}(x_1) \alpha_{26}(x_5) - \alpha_{14}(x_7) \alpha_{22}(x_6)]; \\
 D_k &= x_{3k} x_{5k}; \quad R_k = x_{5k} x_{7k}; \quad I_k = D_k - R_k.
 \end{aligned}$$

Полученная система уравнений позволяет прогнозировать вектор состояния эколого-экономической модели.

ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ.

Описанный выше подход был реализован в форме интерактивной оболочки, позволяющей конструировать и редактировать модели системной динамики. На экране монитора можно записывать уравнения модели, подбирать форму и параметры функций влияния, тут же воспроизводя их в графическом виде, экспериментировать с моделью, отлаживая ее или проигрывая различные сценарии развития. Предусмотрены блоки статистического анализа реальных данных о переменных модели, идентификации параметров внутрисистемных связей по данным, подготовки управляющих функ-

ций для расчетов возможной динамики системы.

Приведем в качестве примера, иллюстрирующего адекватность и возможности подхода, результаты расчетов по одному из возможных сценариев. Рассмотрим ситуацию, при которой предприятие, стремясь максимизировать прибыль, пытается постоянно наращивать объем выпуска продукции (см. рис.2). Предприятие реализовывает свою продукцию на рынке, при этом цена продажи испытывает случайные колебания, связанные с внешней ситуацией. Основной биоресурс производства подвержен сезонным колебаниям, а также в его динамике присутствует случайная компонента. Загрязнение морской среды, не связанное напрямую с деятельностью производства, моделируется также случайной функцией.

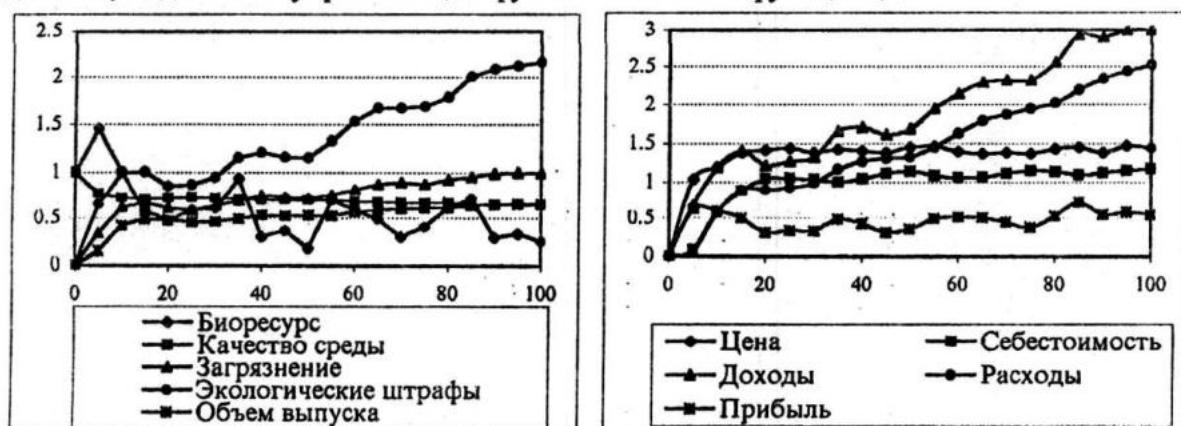


Рис.2. Результаты расчета динамики эколого-экономической системы. (Ось X – условная шкала времени, ось Y – шкала значений вектора состояния системы в условных единицах).

Расчет на 100 условных шагов вперед показывает, что предприятию не удается сколько-нибудь существенно поднять свою прибыль путем простого наращивания объема производства. Загрязнение акватории постоянно растет, увеличиваются размеры экологических штрафов. Снижение себестоимости за счет увеличения выпуска компенсируется увеличением экологических платежей для поддержания достаточного уровня качества среды. Уменьшение запасов биоресурса сдерживает наращивание объема выпуска, тем не менее с течением времени запасы неуклонно снижаются, а следовательно потребуются дополнительные затраты и время для их восста-

новления. Очевидно, что альтернативным путем является пересмотр технологии производства, ведущий к снижению себестоимости, уменьшению загрязнения окружающей среды, а следовательно, уменьшению экологических штрафов и более экономному использованию биоресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форрестер Д. Мировая динамика. - М.: Наука. 1978. - 160с.
2. Тимченко И.Е., Ярин В.Д., Васечкина Е.Ф., Игумнова Е.М. Системный анализ морской среды. - Севастополь: Изд. МГИ НАНУ, 1996. - 225с.