

УДК 639.2 / 3 : 502 / 504

## Подход к оценке чувствительности рыбопромышленного предприятия как социо-эколого-экономической системы

Н.С. Неделько

*Экономический факультет МГТУ, кафедра информационных систем и прикладной математики*

**Аннотация.** Исследовано качество функционирования рыбопромышленного предприятия как социо-эколого-экономической системы, которое характеризуется его чувствительностью к действию различных факторов соответствующих подсистем. С помощью метода главных компонент показано, что такими факторами являются: финансовые средства предприятия, возраст судов, количество выловленной рыбы, стоимость топлива, а также стоимость выловленной рыбы.

**Abstract.** One of the main characteristics of the operation of fishing enterprises as a socio-ecological-economic system is their sensitivity to the existing factors of the corresponding subsystems. Using the principal components' analysis these factors have been determined. They are: financial assets of an enterprise, age of vessels, quantity of caught fish, fuel cost, value of catch.

**Ключевые слова:** социо-эколого-экономическая система, метод главных компонент, системный подход, чувствительность  
**Keywords:** socio-ecological-economic system, method of principal components, system approach, sensitivity

### 1. Введение

Сложность исследования предприятий промышленного рыболовства как социо-эколого-экономической системы (СЭЭС) заключается в количестве факторов, влияющих на внутренние параметры системы, и в многообразии связей между подсистемами. Метод главных компонент (МГК) из всего многообразия факторов позволяет выделить наиболее существенные, влияющие на состояние рыбопромышленного предприятия.

При исследовании устойчивого развития рыбопромышленного предприятия как социо-эколого-экономической системы одним из важнейших критериев выступает чувствительность, которая определяется как способность системы реагировать на действие различного рода факторов и является показателем дальнейшего перехода предприятия из одной области устойчивости в другую.

Использование методов системного анализа позволяет проанализировать уровни чувствительности рыбопромышленного предприятия в соответствии с иерархией подсистем, на которые можно декомпозировать рыбопромышленную СЭЭС, проследить связь между параметрами системы и изменчивостью чувствительности.

### 2. Основные факторы рыбопромышленного предприятия как социо-эколого-экономической системы

Системный подход позволяет наиболее целостно представить рыбопромышленную СЭЭС и в то же время рассмотреть основные подсистемы и их взаимодействие с точки зрения чувствительности к действию различных факторов. Предприятие промышленного рыболовства является элементом экономической системы, находящейся во взаимодействии с социальной и экологической системами (рис. 1).

Экологическая подсистема рыбопромышленной СЭЭС является динамической системой, компоненты которой, при взаимодействии, изменяют друг друга и систему в целом. Изменение состояния экологической системы происходит так же под влиянием антропогенных воздействий, что приводит к сокращению возобновляемых и невозобновляемых ресурсов.

Состав и структура элементов экономической подсистемы изменяются

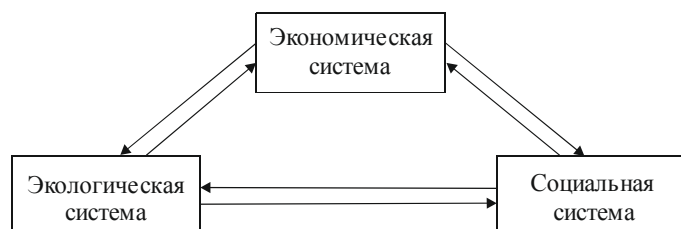


Рис. 1. Схема взаимодействия подсистем социо-эколого-экономической системы

в силу динамики экономических процессов, особенностей развития, освоения природно-ресурсной базы территории, влияния других факторов.

Взаимодействие социальной системы с эколого-экономической системой основано на определенной упорядоченности ее элементов и отношений между ними, поэтому социальная система демонстрирует поведение, которое может быть реактивным (определяться воздействием других систем) или активным (определяться собственными целями, предполагающими преобразование среды и подчинение ее своим потребностям).

Успешность работы рыбопромышленной СЭЭС зависит от осуществляемых действий экономической подсистемы и от соответствующих реакций социальной и экологической подсистем, точнее от их суммарного эффекта.

Важнейшие факторы предприятия промышленного рыболовства, выделенные в социальной, экологической и экономической подсистемах, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Факторы предприятия промышленного рыболовства как СЭЭС

Экологическая система	Социальная система	Экономическая система
качество воды; видовой состав биоресурсов; изменение климата; выживаемость рыб; температура воды; соленость воды; цикличность рыбы; (короткоцикловая, длинноцикловая) сезонность промысла	уровни занятости, образования и доходов населения; уровень потребления; загрязнение (антропогенные нагрузки: нефтедобыча, захоронения отходов, выбросы и отходы др. отраслей промышленности); доступ к портам; сезонность лова; количество судов; их энергосбережение; использование орудий лова	ценность объектов промысла; количество вылова; выручка; затраты; прибыль

Результатом действия экономической подсистемы предприятия промышленного рыболовства на экологическую является разделение экологической подсистемы на отдельные объекты и производственное использование каждого объекта той или иной подотраслью предприятия (рыбодобыча, рыбопереработка и др.). При этом возникает громадное количество отходов на всех стадиях производства – от добычи объектов промысла до конечного потребления готового продукта.

Экономическая подсистема рыбопромышленного предприятия оказывает воздействие на социальную, поскольку играет ведущую роль в обеспечении населения страны рыбой и морепродуктами, обеспечения занятости населения, оплаты труда и пр.

Промышленное рыболовство нужно рассматривать и как отдельную структуру, и во взаимодействии с другими отраслями рыбопромышленного комплекса (такими, как судоремонт, сетеснастное производство), поскольку в результате экономической деятельности предприятия неизбежно изменяются социально-экологические показатели.

Основные сложности, возникающие при анализе факторов, влияющих на рыбопромышленное предприятие, заключаются в том, что их может быть большое количество, поскольку на предприятие действуют различные факторы трех подсистем, определенных выше. При этом в математической модели и при компьютерной имитации процесса деятельности предприятия невозможно учесть все факторы.

В качестве метода, позволяющего решить задачу выделения факторов, играющих главную роль в формировании финансового потока рыбопромышленной СЭЭС, мы использовали метод главных компонент. Этот метод позволяет уменьшить пространство влияющих факторов, оставив среди них главные и отбросить "шум", т.е. те факторы, которые составляют незначительное влияние на состояние рыбопромышленного предприятия. При этом необходимо учесть, что отброшенные факторы могут иметь свойство накапливать отрицательные возмущения со временем и, согласно теории катастроф, незначительные на первый взгляд возмущения в системе способны привести к развитию в ней необратимых процессов (Камальян, Рубан, 2007).

Рассмотрим временной ряд, построенный при помощи имитационной модели и содержащий данные движения денежных средств на предприятии промышленного рыболовства за год. С помощью метода главных компонент ряд разложили на 40 компонент, из которых были выделены 5, составляющие более 99 % ряда, и по ним восстановлен исходный ряд, представленный на рис. 2. При этом шум, состоящий из совокупности влияния остальных компонент, незначителен и составляет менее 1 %.



Рис. 2. Временной ряд движения денежных средств на предприятии промышленного рыболовства, построенный с помощью имитационной модели

Анализируя полученные графики главных компонент и сопоставляя их с поведением различных факторов, были выделены основные факторы, влияющие на состояние производственно-хозяйственной деятельности рыбопромышленного предприятия: объем выловов (общая стоимость выловленной рыбы), возраст судов (стоимость затрат на ремонт), цена на топливо, цена на рыбу, количество финансовых средств предприятия на начало периода (величина кредита).

### 3. Чувствительность рыбопромышленного предприятия как социо-эколого-экономической системы с точки зрения взаимодействия подсистем

Оценка чувствительности рыбопромышленной СЭЭС включает следующие этапы:

- определение набора сравниваемых параметров;
- анализ деятельности (поведения) системы;
- определение интегрального показателя чувствительности.

Рассмотрим, каким образом определяется чувствительность в подсистемах и в СЭЭ системе в целом.

Внутри локальной системы есть некая устойчивая область (рис. 3), в которой система имеет минимальную чувствительность к действующим извне параметрам. Переходя ближе к границе системы, где возрастает влияние внешних факторов на рассматриваемую подсистему, мы будем наблюдать увеличение чувствительности. Соответственно, в граничащих с другой подсистемой точках (а так же на входе и на выходе), рассматриваемая подсистема будет накапливать возмущающие воздействия, не успевая давать отклики и гасить действие внешних факторов. Накопленные возмущения передаются соседней системе по инерции.

Рыбопромышленное предприятие наиболее чувствительно к изменениям, происходящим в экологической подсистеме, поскольку эта подсистема менее всего способна адаптироваться к антропогенным нагрузкам, с одной стороны – воздействие токсических веществ со стороны других отраслей хозяйства, а с другой – истощение природных ресурсов.

При взаимодействии двух подсистем можно наблюдать влияние факторов, присущих каждой из систем, а также двум системам совместно. В области пересечения двух систем происходит нарастание хаотических процессов, являющихся следствием совместного действия факторов, чувствительность системы возрастает.

Область пересечения трех подсистем (рис. 4) подвергается совместному воздействию факторов различной природы, и поэтому она наиболее чувствительна к любым внешним воздействиям. Незначительные колебания в любой локальной системе или действие на нее может глобально отразиться на изменении параметров, находящихся на стыке систем, что будет способствовать дальнейшему развитию хаотических процессов.

Результатирующее воздействие природных, социальных и экономических факторов отражено в производственно-хозяйственной деятельности рыбопромышленной СЭЭС, зависит от уровня устойчивого развития предприятия и может быть определено такой характеристикой, как чувствительность. Результатом анализа чувствительности является не конечное состояние системы, а различные варианты ее поведения через создание сценариев в некотором интервале времени, поскольку экономические системы проходят множество точек бифуркаций.

#### 4. Определение основных показателей чувствительности рыбопромышленного предприятия

Чувствительность рыбопромышленного предприятия как СЭЭС нами рассматривается как система показателей, количественно определяющих реакцию системы на влияние факторов соответствующих подсистем, является относительной величиной и позволяет оценить поведение системы, находящейся в определенном состоянии. Основой чувствительности является процесс передачи изменений, возникших в связи с воздействием факторов экономической, экологической и социальной подсистем на рыбопромышленное предприятие.

При этом для каждого временного периода нужно 2 параметра: состояние самой СЭЭ системы с точки зрения чувствительности; значение, на которое изменится рассматриваемый параметр при той или иной хозяйственной операции.

В качестве основных признаков, характеризующих деятельность рыбопромышленного предприятия, предлагается использовать внешние и внутренние факторы, выделенные при помощи МГК.

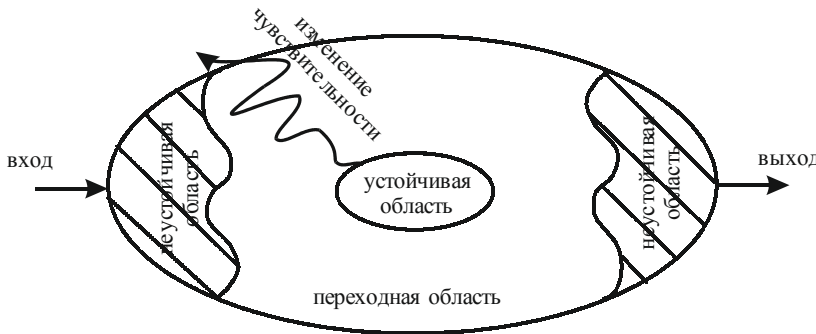


Рис. 3. Чувствительность локальной системы



Рис. 4. Взаимодействие трех систем

Таким образом, все данные о деятельности рыбопромышленного предприятия образуют пространство

$$\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_N), \quad (1)$$

где  $N$  – количество влияющих факторов ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ );  $x_i$  – вектор состояния, характеризующий предприятие при влиянии  $i$ -го фактора.

Поток хозяйственных операций, совершаемых на предприятии ежедневно, является как бы "возмутителем" определенного состояния финансовой устойчивости, причиной перехода из одного типа устойчивости в другой, поэтому изменение чувствительности лучше всего прослеживается при исследовании финансового потока предприятия.

В качестве основных оценок чувствительности используются функции чувствительности (Бесекерский, Попов, 1975), представляющие собой частные производные вектора состояния системы к изменяемому параметру, и характеризуют скорость изменения соответствующего элемента вектора состояния  $x(t)$  по времени при изменении компоненты вектора параметров  $p$ :

$$v_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, k}. \quad (2)$$

Еще одной оценкой чувствительности является ускорение по времени – вторая частная производная вектора состояния системы, показывающая изменение скорости системы при изменении соответствующего параметра.

Характеристики чувствительности индивидуальны для каждого предприятия и зависят от местонахождения системы в соответствующей области устойчивости: области устойчивого развития, устойчивой, неустойчивой. Устойчивость понимается как свойство системы возвращаться к равновесному состоянию или циклическому режиму после устранения возмущения, вызвавшего нарушение последних (Кибиткин, 2000). При изменении значения выделенных параметров (количество выловленной рыбы, возраст судов, цена на топливо, цена на рыбу, количество финансовых средств предприятия) прослеживается последовательность перехода рыбопромышленной СЭЭС в области устойчивости. При помощи имитационного моделирования были получены качественные оценки рыбопромышленного предприятия для каждой из областей устойчивости. Временной период исследуемой модели – 1 год (табл. 2).

Таблица 2. Качественные характеристики чувствительности рыбопромышленного предприятия

Подобласти устойчивости		Характеристики чувствительности	
		скорость	ускорение
Область неустойчивого состояния	область необратимого банкротства	$\rightarrow 0$	$> 0$ постоянно, достигает максимума
	переходная область	$< 0$ возрастает	$> 0$ (хаотичность)
	область возврата	$> 0$ уменьшается	$> 0$ постоянно
Устойчивая область (область накопления потенциала)		$> 0$	$< 0$
Область устойчивого развития	область инвестиций	$\rightarrow 0$	$< 0$
	область устойчивого развития	$> 0$	$\rightarrow 0$
	область замедленного роста	$> 0$ уменьшается	$< 0$

### 5. Заключение

Предприятия промышленного рыболовства осуществляют свою деятельность в нестабильных условиях, находясь под влиянием экономических, социальных и экологических факторов.

Качество функционирования рыбопромышленного предприятия как СЭЭС характеризуется его чувствительностью к действию различных факторов соответствующих подсистем, основные из которых (выделены по степени влияния на деятельность системы): количество финансовых средств предприятия, возраст судов, объем выловов, цена на топливо, цена на рыбу.

Анализ чувствительности предприятия промышленного рыболовства к выделенным факторам позволяет представить состояние и определить стратегию развития предприятия.

### Литература

- Бесекерский В.А., Попов Е.П.** Теория систем автоматического регулирования. М., Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 768 с., 1975.
- Камалин А.К., Рубан А.А.** Модель устойчивости российского рынка кредитных ресурсов. *Финансы и кредит*, № 21, с.2-5, 2007.
- Кибиткин А.И.** Устойчивость сложных экономических систем в условиях рынка. *Апатиты, КНЦ РАН*, 197 с., 2000.