

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЯ

Е.М. Игумнова, С.М. Солодова,
И.Е. Тимченко

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

С позиций системного анализа рассмотрена проблема экологически оправданных объемов предоставления рекреационных услуг, при которых уровни загрязнения окружающей природной среды не превосходят предельно допустимых значений. Предложена динамическая модель для прогноза сценариев эколого-экономических процессов потребления рекреационных ресурсов.

Целью управления рекреационными ресурсами является нахождение экологически оправданных объемов потребления этих ресурсов, т.е. таких объемов предоставления рекреационных услуг, при которых уровни загрязнения окружающей природной среды не превосходят предельно допустимых значений. В работах [1,2] был предложен системный подход к этой проблеме базирующийся на использовании ABC-моделей эколого-экономических систем [1,2]. В настоящем исследовании мы развиваем этот подход в направлении моделирования баланса потребления рекреационных ресурсов и необходимых природоохранных действий.

В качестве интегральной характеристики экологического состояния природной среды рекреационного объекта будем использовать индекс PL , который имеет смысл взвешенной суммы концентраций основных вредных для здоровья людей загрязняющих веществ в воздухе, в морской среде и на территории объекта. Задача управления заключается в том, чтобы экономическая система рекреации выделяла часть своей прибыли на проведение природоохранных действий в таких объемах, которые достаточны для компенсации вредного влияния на природную среду. Концептуальная модель эколого-экономической системы потребления рекреационных ресурсов, реализующая эту идею, показана на рисунке 1.

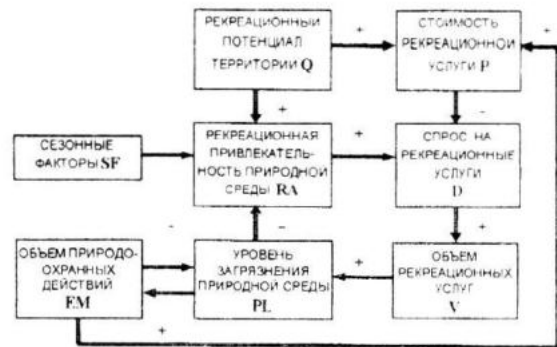


Рисунок 1 – Концептуальная модель баланса объемов потребления рекреационных ресурсов и природоохранных действий

Рекреационный потенциал территории Q определяет ее рекреационную привлекательность RA и одновременно формирует стоимость рекреационной услуги P , под которой будем подразумевать отдых по путевке на определенное время. Спрос на услуги обозначим D . С ростом объема услуг V увеличивается загрязнение окружающей среды PL , для борьбы с которым необходимы природоохранные действия EM , финансируемые экономической системой из своей прибыли. Зависимость рекреационной привлекательности от погодных факторов задана внешней влияющей функцией SF . Контроль за уровнем загрязнения осуществляет агент $A(PL_c, I_{PL})$. ABC-модель, соответствующая рисунку 1, отражает динамический баланс потребления рекреационных ресурсов:

$$\begin{aligned} \frac{dRA}{dt} &= RA[1 - 2(RA + a_{RA, PL} PL - a_{RA, SF} SF)], \\ \frac{dPL}{dt} &= PL[1 - 2(PL + a_{PL, EM} EM - a_{PL, S} S)], \\ \frac{dP}{dt} &= PL[1 - 2(PL - a_{P, Q} Q - a_{P, EM} EM)], \\ \frac{dEM}{dt} &= EM\{1 - 2[EM - A(PL_c, I_{PL})]\}, \\ \frac{dD}{dt} &= D[1 - 2(D - a_{D, RA} RA + a_{D, P} P)], \\ S &= F(D, H_2, H_3^*, \varphi). \end{aligned} \quad (1)$$

$$A(PL_c, I_{PL}) = IF[PL < PL_c; 0, a_{PL} I_{PL} (1 - e^{-a_{PL} T})].$$

Для построения модели экономических процессов рекреации была использована информационная технология ABC-AGENT.

подробно изложенная в [1 – 6]. Ее основные уравнения имели следующий вид:

$$\frac{dX_3}{dT} = X_3 \left[1 - 2 \left(X_3 - \sum_{i=1}^3 y_i r_i - Q \right) \right],$$

$$\frac{dH}{dT} = H \left[1 - 2(H - V + S) \right],$$

$$S = IF(p < e; 0; R), R = IF(D < H; D; H),$$

$$V = IF(D < H; 0; M),$$

$$M = IF(D - H < M; D - H; M),$$

$$M = \min(m_1; m_2; m_3), m_i = H_{1i} / y_i,$$

$$\frac{dH_{1i}}{dT} = H_{1i} \left[1 - 2(H_{1i} - V_{1i} + S_{1i}) \right],$$

$$V_{1i} = IF\{D - H_{1i} < 0; 0; IF[y_i(D - H) < H_{1i}; 0; U_{1i}]\}, \quad (2)$$

$$U_{1i} = IF\{y_i(D - H) - H_{1i} < \rho_i H_2 / r_i; y_i(D - H) - H_{1i}; IF[\rho_i(H_3^* - H_3) < 0; 0; U_{1i}^*]\},$$

$$S_{1i} = IF\{D - H < 0; 0; IF[y_i(D - H) < H_{1i}; y_i(D - H); H_{1i}]\},$$

$$\frac{dH_2}{dT} = H_2 \left[1 - 2 \left(H_2 - pS + \sum_{i=1}^3 S_2^i + S_3 + \chi H_2 \right) \right],$$

$$S_2^i = IF[r_i y_i(D - H) - H_1^i < \rho_i H_2; r_i y_i(D - H) - H_1^i; \rho_i H_2],$$

$$S_3 = IF[\theta H_3 < H_2; \theta H_3; H_2],$$

$$\rho_i = \frac{r_i y_i}{r_1 y_1 + r_2 y_2 + r_3 y_3}, \quad (i = 1, 2, 3),$$

$$\frac{dH_3}{dt} = H_3 \left[1 - 2 \left(H_3 - \sum_{i=1}^3 r_i V_{1i} + S_3 \right) \right],$$

$$V_{1i} = IF[(D - H)y_i < H_{1i}; 0; F_i],$$

$$F_i = IF[r_i(y_i D - H_{1i}) < \rho_i H_2; y_i D - H_{1i}; F_i^*],$$

$$\varphi = \ln \frac{[pS + 1]}{[10 + \sum_{i=1}^3 S_2^i + S_3 + \chi H_2]},$$

где X_3 – себестоимость рекреационной услуги, V – объемы оказываемых услуг, S – количество приобретенных путевок, H_{1i} – объемы потребляемых производственных, природных и экологических ресурсов, y_i – количества ресурсов каждого вида, необходимые для оказания единичной услуги, V_{1i} , V_{12} , V_{13} – объемы приобретаемых в кредит ресурсов, H_3^* , F^* , U_{1i}^* – управляющие функции, φ – рентабельность рекреационных услуг, χ – чистая прибыль.

С моделями (1) и (2) были проведены вычислительные эксперименты на 500 безразмерных шагов по времени (суток), в ходе которых изучалась реакция модели на внешние условия. На каждом шаге из оборота изымалось 20% средств в качестве чистой прибыли. Система имела возможность приобретать кредиты на покупку ресурсов, причем скорость погашения накопленного кредита составляла 5% на каждом шаге.

На рисунке 2, а-г показаны сценарии процессов в эколого-экономической модели потребления рекреационных ресурсов, приведенные к безразмерной форме путем нормирования на условные средние значения и выбора масштабов изменчивости. Объем средств, выделяемых на борьбу с загрязнением I_{PL} , был функционально связан с уровнем загрязнений PL и величиной оборотных средств H_2 следующим образом:

$$I_{PL} = 0,05(PL)H_2.$$

По мере ухудшения экологической ситуации агент $A(PL_c, I_{PL})$ увеличивал стоимость экологического ресурса, а часть чистой прибыли направлялась на проведение природоохранных действий. Кроме того, выделение кредитов (лицензий) на потребление ресурсов контролировал агент

$$H_3^* = IF[PL < PL_c; H_3^*; H_3^* e^{-\alpha PL}].$$

На рисунке 2, приведены результаты одного из экспериментов, в котором было имитировано ограничение потребления ресурсов с целью проведения природоохранных действий. Спрос на рекреационные услуги, а вместе с ним и загрязнение природной среды, значительно возрастали летом за счет сезонных факторов. По мере приближения уровня загрязнения к предельно допустимому значению (рис. 2,б) агенты

управления существенно ограничивали кредитование и повышали себестоимость рекреационных услуг. В результате предоставление услуг было приостановлено до того времени (260 шаг), когда уровень загрязнения окружающей среды был снижен до допустимой нормы.

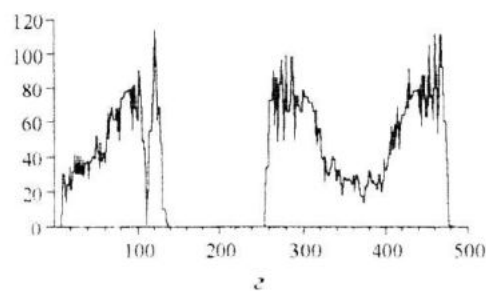
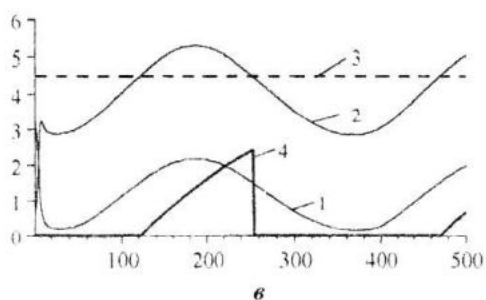
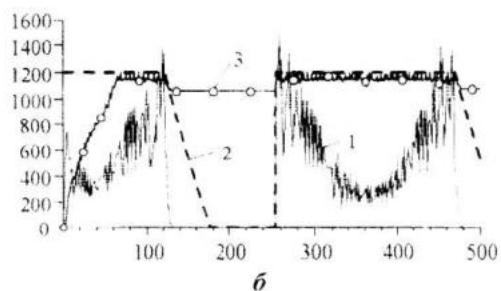
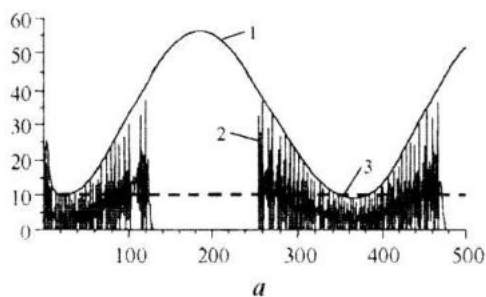


Рисунок 2 – а) 1 – спрос D , 2 – реализация рекреационных услуг S , 3 – стоимость рекреационной услуги p ; б) 1 – оборотные средства H_2 , 2 – предельно допустимые инвестиции H_3 , 3 – накопленный кредит H_3 ; в) 1 – рекреационная привлекательность RA , 2 – уровень загрязнения PL , 3 – предельно допустимый уровень загрязнения PL^* , 4 – необходимый объем природоохранных действий EM ; г) средняя за 10 суток рентабельность потребления рекреационных ресурсов φ

Динамика оборотных средств рекреации представлена на рис. 2,б. На этом же рисунке показана предельно допустимая величина кредита, накапливаемого экономической системой: $H_3^* = 1200$. Система рекреации использовала получение кредитов на приобретение ресурсов, начиная с первого шага расчетов, и к 70 шагу величина накопленного кредита достигла своего предельного значения. Средняя за 10 суток рентабельность потребления рекреационных ресурсов φ показана на рисунке 2,г.

Таким образом, предложенная модель может служить основой информационной технологии управления рекреационными ресурсами прибрежной зоны моря.

Литература

1. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И. Системный менеджмент и ABC-технологии устойчивого развития. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000. – 224 с.
2. Тимченко И.И., Игумнова Е.М., Тимченко И.Е. Образование и устойчивое развитие. Системная методология. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. – 527 с.
3. Еремеев В.Н., Игумнова Е.М., Тимченко И.Е. Моделирование эколого-экономических систем. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. – 322 с.
4. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Солодова С.М., Тимченко И.И. Системное управление интегральной моделью экологического состояния окружающей среды. //Материалы международного научно-технического семинара «Системы контроля окружающей среды». – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2007. – С. 156 – 160.
5. Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Солодова С.М. Управление моделью экосистемы прибрежной зоны моря. // Морской гидрофизический журнал. – 2009. – № 1. – С. 36 – 48.
6. Иванов В.А., Игумнова Е.М., Латун В.С., Тимченко И.Е. Модели управления ресурсами прибрежной зоны моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – 259 с.