

И.Е.Тимченко, Е.М.Игумнова,  
С.В.Свищев, А.С.Бескоровайный

*Морской гидрофизический институт РАН, г.Севастополь*

## **УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННОГО РЕСУРСА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЯ**

Предложена модель управления объектом, потребляющим рекреационный ресурс для выполнения рекреационных услуг в прибрежной зоне моря. Модель объединяет экономическую систему получения прибыли и экологическую систему контроля над экологическим состоянием приморской территории и прибрежной морской среды. Уравнения модели построены методом адаптивного баланса влияний, в которые включены логические агенты управления, принимающие локальные решения. Принцип управления заключается в слежении за рентабельностью производства рекреационных услуг параллельно с интегральным контролем баланса потребления и воспроизводства рекреационного ресурса. Объем производства рекреационных услуг поставлен в зависимость от превышения уровнем загрязнения окружающей среды предельно допустимого значения, а также от нарушения баланса потребления и воспроизводства рекреационного ресурса. Для проверки концепций управления, заложенных в модели, выполнена серия вычислительных экспериментов. Имитирован сезонный ход рекреационной привлекательности основных факторов, формирующих рекреационный ресурс: природно-климатических условий, инфраструктуры и сервиса объекта, а также экологического состояния территории и прибрежной морской акватории. Построены сценарии объемов производства услуг и уровня загрязнения окружающей среды объекта, позволяющие оценить влияние размеров экологических штрафов за загрязнение на рентабельность процесса рекреации. Сделан вывод об адекватном описании моделью процесса воспроизводства рекреационного ресурса при увеличении сезонного спроса на рекреационные услуги.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *рекреационный ресурс и рекреационная привлекательность, метод адаптивного баланса влияний, эколого-экономическая модель системы рекреации, агенты управления, влияние сезонной изменчивости рекреационных факторов*

doi: 10.22449/2413-5577-2019-3-97-106

**Введение.** Рекреационный потенциал приморской территории определяет спрос на рекреационные услуги конкретного объекта рекреации и характеризует его рекреационную привлекательность. Экономическая выгода, получаемая от использования рекреационного потенциала, является условной по отношению к применяемым технологиям организации отдыха и оздоровления людей. Важную роль играют экологические ограничения на потребление рекреационных ресурсов, диктуемые природно-охранной деятельностью и условиями обеспечения безопасности людей. Необходимость экологического контроля над использованием рекреационного потенциала требует создания специальных эколого-экономических моделей, позволяющих прогнозировать сценарии рационального использования рекреационных ресурсов.

© И.Е.Тимченко, Е.М.Игумнова, С.В.Свищев, А.С.Бескоровайный, 2019

*Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. вып.3. С.97-106.*

В ряде исследований принципы экологической экономики [1 – 6] и системного анализа [7 – 8] были применены для разработки адаптивных моделей управления процессами потребления и воспроизводства рекреационного потенциала прибрежной зоны моря [9, 10]. В качестве основных составляющих рекреационного ресурса объекта рекреации были использованы его природно-климатические условия, курортная инфраструктура и сервисное обслуживание наряду с обеспечением экологической безопасности. Считалось, что конкретный объект рекреации обладает ограниченной ресурсной емкостью, поскольку существует естественный предел количества одновременно оказываемых рекреационных услуг. Превышение этого предела понижает качество услуг и нарушает условия экологической безопасности курорта. В данной работе этот подход применен для целей управления объемами рекреационных услуг по критериям их экономической эффективности и соблюдения интегрального баланса скоростей потребления и воспроизводства рекреационного ресурса объекта рекреации.

**Материалы и методы.** Для прогнозирования сценариев потребления и воспроизводства рекреационных ресурсов предложена схема причинно-следственных связей эколого-экономических процессов, которая приведена на рис.1. Спрос  $D$  на потребление рекреационного ресурса  $RR$  курортного объекта прибрежной зоны моря определяется его рекреационной привлекательностью  $RA$ , которая складывается из сочетания ряда факторов. Важнейшими из них являются природно-климатические условия объекта, его

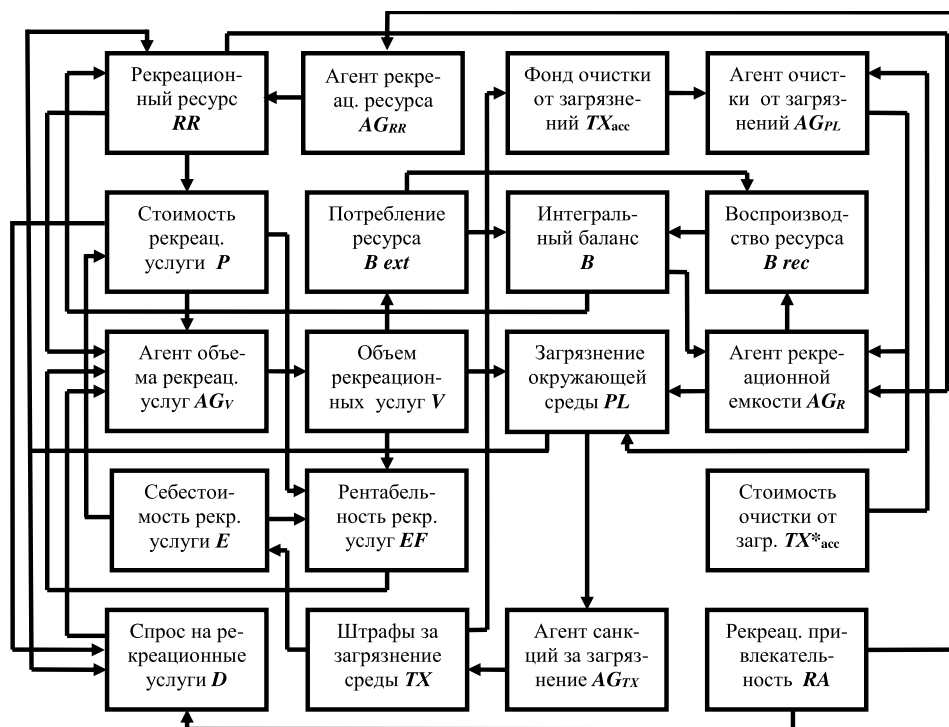


Рис.1 Концептуальная модель эколого-экономической системы управления процессами потребления и воспроизводства рекреационного ресурса.

инфраструктура, сервисное обслуживание и экологическая безопасность. Для количественной оценки моделируемых процессов была использована безразмерная шкала чисел (баллов) (0, 10). Агент  $AG_{RR}$  рекреационного ресурса  $RR$  ориентировал оценку  $RA$  на значение того фактора рекреационной привлекательности, который имел минимальное значение в данный момент времени конкретного участка прибрежной зоны моря, включающего приморскую территорию и прибрежную морскую акваторию объекта рекреации.

Оценка величины рекреационного ресурса объекта  $RR$  учитывала уровень загрязнения окружающей среды, который имеет тенденцию роста при увеличении объема оказываемых рекреационных услуг. В данном исследовании использовано расширенное понятие загрязнения территории и морской акватории курортного объекта. Под загрязнением понималось ухудшение качества оказываемых рекреационных услуг и общее понижение уровня экологической безопасности курорта (наличие мусора на территории, заражение морской воды болезнетворными бактериями и др.)

Предложенная эколого-экономическая система объекта рекреации объединяла две подсистемы: экономическую «берег» и экологическую «море». Продуктом экономической системы служила рекреационная услуга, которая представляла собой определенный по времени и по характеру комплекс мероприятий, направленных на отдых и оздоровление участников процесса рекреации (рекреантов). В зависимости от величины рекреационного ресурса подсистема «берег» была способна одновременно выполнять определенное количество рекреационных услуг  $V$ , которое названо объемом производства рекреационных услуг экономической подсистемы. Задача этой подсистемы заключалась в слежении за уровнем рентабельности производства рекреационных услуг: стоимость их реализации  $P$  должна была быть выше их себестоимости  $E$ . Эту функцию выполнял агент объема рекреационных услуг  $AG_V$ , который через систему контроля рекреационной емкости  $AG_R$  следил за интегральным балансом  $B$  расходования  $B_{ext}$  и воспроизводства  $B_{rec}$  рекреационного ресурса объекта рекреации.

Экологическая подсистема контролировала качество рекреационных услуг. Чем больше объем их производства, тем выше нагрузка на природную среду, инфраструктуру и сервисные возможности объекта, а также тем выше риски загрязнения и бактериального заражения территории и прибрежной морской акватории. Для общей оценки качества и экологической безопасности курорта введен индекс загрязнения природной среды  $PL$  и предусмотрены штрафы  $TX$ , формирующие фонд очистки от загрязнений  $TX_{acc}$ . Через агента  $AG_{PL}$  и агента рекреационной емкости  $AG_R$  фонд увеличивал воспроизводство потребляемого рекреационного ресурса и устранял его дефицит до полного удовлетворения спроса на услуги.

Наряду с потреблением рекреационного ресурса, объем которого на интервале времени  $(0, t)$  обозначен  $B_{ext}$  происходило его воспроизводство  $B_{rec}$ . В модели было принято, что скорость воспроизводства не может быть выше скорости потребления без снижения качества услуг. Поэтому рекреационная емкость объекта рекреации определялась тем объемом производимых услуг на интервале времени  $(0, t)$ , при котором сохранялось равенство скоростей потребления и воспроизводства рекреационного ресурса, а баланс

объемов услуг  $B$  оставался равным нулю. Интегральным балансом  $B$  управлял агент рекреационной емкости  $AG_R$ , который учитывал знак и величину отклонения оценки рекреационного ресурса от его среднего значения  $C_{RR}$ , а также включение агентом  $AG_{PL}$  режима очистки объекта от загрязнений.

В системе предусмотрен анализ реакций эколого-экономических процессов на различные внешние условия. К ним относились сезонные изменения рекреационной привлекательности и спроса в зависимости от климатических условий, а также стоимость очистки от загрязнений  $TX^*_{acc}$ , обусловленная уровнем спроса и финансовыми возможностями объекта.

Важную роль играл метод формализации предложенной концептуальной модели системы. В данной работе, как и в ряде предыдущих исследований [11], был применен метод адаптивного баланса влияний [7, 10], суть которого состояла в следующем. Было введено стационарное состояние системы «берег – море», при котором все процессы  $u_i$ , описываемые моделью, сохраняли свои средние значения  $C_i$ . Динамические внешние влияния  $A_i$  возбуждали в системе сценарии процессов развития  $u'_i = (u_i - C_i)$ , причем, благодаря специальному выбору системы дифференциальных уравнений адаптивная модель автоматически подстраивала все сценарии друг к другу и к внешним влияниям. Это свойство обеспечивали отрицательные обратные связи между переменными модели и скоростями их изменения, которые являлись следствием закона сохранения материальных балансов реакций взаимодействия моделируемых процессов.

Система уравнений метода адаптивного баланса влияний (АВС-метод [7, 10]) имела вид:

$$\frac{du_i}{dt} = 2r_i u_i \{ C_i - [u_i - \sum_{k=1}^m a_{ik} (u_k - C_k) + \sum_{l=1}^{n-m} a_{il} (u_l - C_l) - A_i] \}; \quad (1)$$

$$u'_i = IF[u_i < 0; 0; IF(u_i > 2C_i; 2C_i; u_i)]. \quad (2)$$

где  $r_i$  – удельные скорости изменения функций  $u_i$ ,  $a_{ik}$  и  $a_{il}$  – коэффициенты положительных и отрицательных влияний, которые учитывают внутрисистемные взаимодействия. Одним из приближенных методов оценки коэффициентов влияний служили отношения средних значений взаимодействующих процессов, которые приводили все влияющие функции к размерностям основной переменной в уравнениях модели [10]:

$$a_{ik} = \frac{C_i}{2m} C_k^{-1}; \quad a_{il} = \frac{C_i}{2(n-m)} C_l^{-1}. \quad (3)$$

Условия (2) контролировали нахождение решений уравнений модели в пределах интервалов изменчивости переменных ( $0 \leq u_i \leq 2C_i$ ).

**Результаты исследования.** Формальная модель эколого-экономической системы потребления и воспроизводства рекреационного ресурса была построена в соответствии со схемой причинно-следственных связей рис.1 и соотношениями (1) – (3) метода адаптивного баланса влияний. Система уравнений адаптивной модели объекта рекреации имела следующий вид:

$$\begin{aligned}
\frac{dD}{dt} &= 2r_D D [C_D - (D - a_{D/RA} RA' + a_{D/P} P' + a_{D/PL} PL')]; \\
\frac{dP}{dt} &= 2r_P P [C_P - (P - a_{P/E} E' - a_{P/RR} RR')]; \\
\frac{dV}{dt} &= 2r_V V [C_V - (V - a_{V/D} D' + AG_V(EF) + AG_V(RR))]; \\
AG_V(EF) &= IF[P > E; 0; a_{EF} (1 - \exp(-\alpha_{EF} \tau))]; \\
AG_V(RR) &= IF[RR > C_{RR}; 0; a_{RR} (1 - \exp(-\alpha_{RR} \tau))]; \\
\frac{dE}{dt} &= 2r_E E [C_E - (E - a_{E/TX} TX' - E^*)]; \tag{4} \\
\frac{dTX}{dt} &= 2r_{TX} TX \{C_{TX} - [TX - a_{TX/PL} PL' - AG_{TX}(PL, PL^*) - AG_{TX}(RR, C_{RR})]\}; \\
AG_{TX}(PL, PL^*) &= IF[PL < PL^*; 0; a_{TX/PL^*} (PL - PL^*)]; \\
AG_{TX}(RR, C_{RR}) &= IF(RR < C_{RR}; 0; a_{TX/RR} RR'); \\
\frac{dPL}{dt} &= 2r_{PL} PL \{C_{PL} - [PL - a_{PL/V} V' - AG_{PL}(RR, C_{RR}) + AG_{PL}(TX_{acc}, TX_{acc}^*)]\}; \\
AG_{PL}(TX_{acc}, TX_{acc}^*) &= IF\{TX_{acc} < TX_{acc}^*; 0; C_{PL} [1 - \exp(-\alpha_{PL} \tau)]\}; \\
AG_{PL}(RR, C_{RR}) &= IF\{RR > C_{RR}; 0; a_{RR/C_{RR}} [1 - \exp(-\beta_{RR} \tau)]\}; \\
\frac{dRA}{dt} &= 2r_{RA} RA \{C_{RA} - [RA - AG_{RA}(NE, IS, ES)]\}; \\
AG_{RA}(NE, IS, ES) &= \min\{NE'(t); IS'(t); ES'(t)\}; \\
\frac{dRR}{dt} &= 2r_{RR} RR \{C_{RR} - [RR - a_{RR/RA} RA' - a_{RR/B} B' + a_{RR/PL} PL']\}.
\end{aligned}$$

Интегральный баланс объемов потребления  $B_{ext}$  и воспроизводства  $B_{rec}$  рекреационного ресурса на интервале времени  $(0; t)$  имел следующее выражение:

$$B(t) = B_{ext}(t) - B_{rec}(t) = a_{B/V} \int_0^t [1 - R(\tau)] V(\tau) d\tau. \tag{5}$$

Баланс позволял контролировать ситуации, когда объемы потребления рекреационного ресурса становились выше объемов его воспроизводства. С этой целью в модели использован агент управления  $R(t)$ , который следил за отклонениями индекса  $RR$  от своего среднего значения  $C_{RR}$

$$R(t) = AG_R = IF\{RR > C_{RR}; 1; IF[IR < IR^*; \exp(-\alpha_R \tau)]; R(t) + [1 - R(t)][1 - \exp(-\beta_R \tau)]\} \tag{6}$$

В подобных случаях дефицит рекреационного ресурса в формуле (5) экспоненциально нарастал с показателем  $\alpha_R$ . В режиме очистки территории и морской акватории от загрязнений воспроизводство ресурса экспоненциально увеличивалось с показателем  $\beta_R$ . Управление уровнем загрязнения окружающей среды осуществлялось путем ограничения объемов рекреационных услуг  $V$  при помощи агента  $AG_{RR}$ , следившего за изменениями индекса рекреационного ресурса и агента природоохранных действий  $AG_{PL}$ .

Наряду с контролем экологического состояния объекта рекреации система управления следила за уровнем рентабельности рекреационных услуг с помощью агента  $AG_V(EF)$ , который ограничивал производство, когда себестоимость услуги превышала ее стоимость  $E > P$ . Когда значение индекса рекреационного ресурса становилось ниже своего среднего значения, агент  $AG_V(RR)$  также сокращал производство рекреационных услуг. Штрафные санкции за загрязнение окружающей среды устанавливал агент  $AG_{TX}(PL, PL^*)$ , причем размеры штрафов увеличивались, когда уровень загрязнения превышал предельно допустимое значение  $PL^*$ .

Контроль экономической рентабельности рекреационных услуг  $EF$  оценивался по логарифмической шкале на интервале времени  $(0, t)$  путем сопоставления доходов объекта рекреации  $I_{acc}(t)$  с расходами  $E_{acc}(t)$ :

$$I_{acc}(t) = \int_0^t P(\tau)V(\tau)d\tau, \quad E_{acc}(t) = \int_0^t E(\tau)V(\tau)d\tau, \quad EF(t) = \ln \frac{1 + I_{acc}(t)}{1 + E_{acc}(t)}. \quad (7)$$

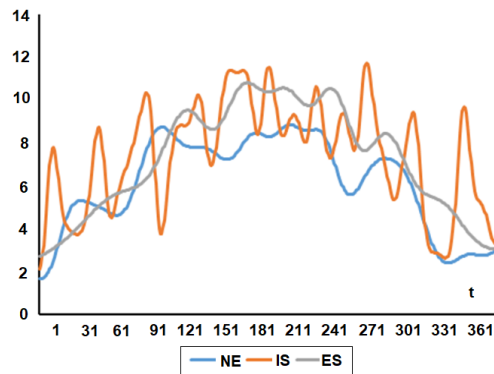
При численной реализации модели было принято предположение  $2\Delta t r_i C_i = 1$ , которое приводило конечно-разностные уравнения к более простому виду и позволяло устранить неопределенность значений параметра  $r_i$  путем подбора шага интегрирования по времени  $\Delta t$ . В результате уравнения модели имели следующий общий вид:

$$u_i^{k+1} = 2u_i^k \{1 - [2C_i]^{-1} [u_i^k - F_i(u_j^k, A_i^k)]\}; \quad (8)$$

$$u_i^k = IF[u_i^k < 0; 0; IF(u_i^k > 2C_i^k; 2C_i^k; u_i^k)]. \quad (9)$$

Размерные сценарии моделируемых процессов  $u_i'$  были представлены в безразмерном виде  $u_i$  на интервале значений  $(0, 10)$  при помощи преобразований  $u_i' C_{u_i}^{-1} = a_{ij}' C_{u_i}^{-1} u_i$ , в которых безразмерные множители  $a_{ik}'$  рассчитывались по формулам (2). Вычисления сценариев производилось на 370 шагов по времени.

Результаты вычислительных экспериментов представлены на рис.2 и 3. Способность модели прогнозировать сценарии эколого-экономических процессов была проверена на примере годового цикла потребления рекреационного ресурса. На рис.2 показаны имитированные сценарии годовой изменчивости основных факторов, формирующих рекреационную привлекательность курорта: природно-климатического  $NE$ , инфраструктуры и сервиса  $IS$ , экологической безопасности  $ES$ . Агент рекреационного ресурса  $AG_R$  формировал влияние индекса рекреационной привлекательности на рекреационный потенциал, используя минимальные значения факторов, изображенных на рис.2. Этот сценарий, приведенный на рис.3, б, определил внутригодовую изменчивость спроса, показанную на рис.3, а.

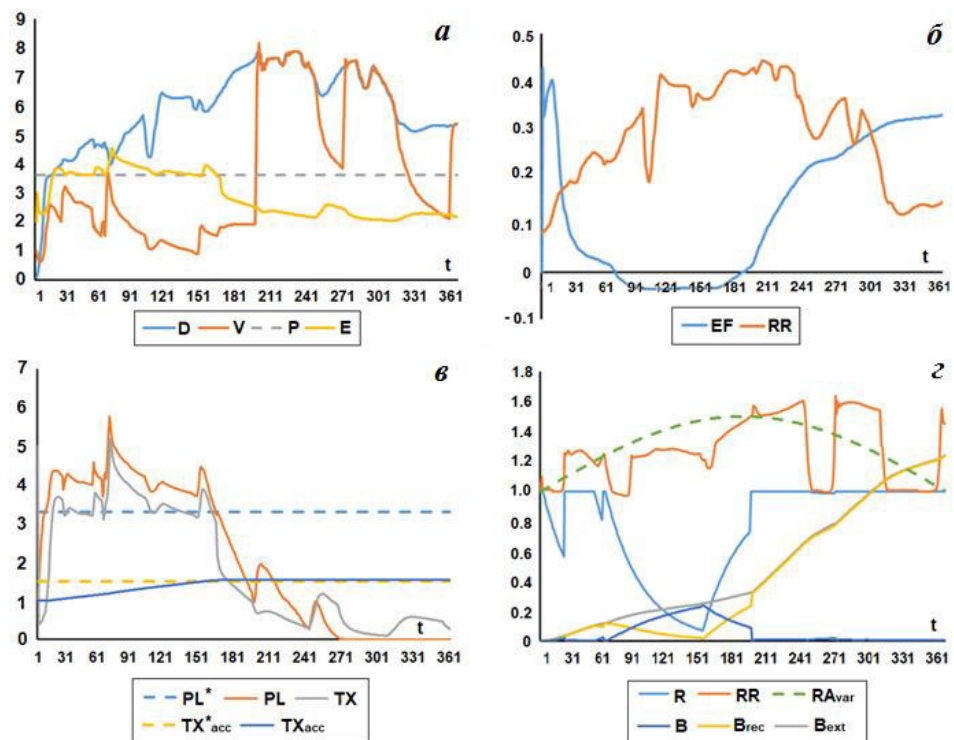


Р и с . 2 . Сезонные изменения факторов рекреационной привлекательности курорта: природно-климатического  $NE$ , инфраструктуры и сервиса  $IS$ , экологической безопасности  $ES$ .

ничил их производство (рис.3,  $a$ ).

В начальный период времени эксперимента агент рекреационной емкости курорта фиксировал отставание скорости воспроизводства рекреационного ресурса от скорости его потребления. Интегральный баланс израсхо-

Условия развития эколого-экономических процессов в начале эксперимента были неблагоприятными для экономической части модели. Как следует из рис.3,  $a$ , себестоимость рекреационных услуг была ниже их стоимости, которая в целях упрощения была принята постоянной. Причина заключалась в высоком уровне загрязнения окружающей среды и повышенных штрафных санкциях, установленных агентом  $AG_{TX}$  (рис.3,  $e$ ). В этих условиях рентабельность рекреационных услуг стала отрицательной, и агент управления  $AG_V$  существенно огра-



Р и с . 3 . Сценарии эколого-экономических процессов, прогнозируемые моделью под влиянием сезонных изменений рекреационного ресурса. Графики  $TX_{acc}$  и  $TX^*_{acc}$  приведены с масштабирующим множителем 0,001, графики  $B_{ext}$  и  $B_{rec}$  — с множителем 0,03.

дованных  $B_{ext}$  и восстановленных  $B_{rec}$  объемов ресурсов был отличен от нуля, а индекс  $R$  экспоненциально убывал (рис.3,  $z$ ). Вместе с тем, повышенные размеры штрафных санкций привели к увеличению фонда очистки от загрязнений  $TX_{acc}$ . На 160-е сутки эксперимента размер этого фонда достиг порогового значения  $TX_{acc}^*$ , при котором агент очистки от загрязнений включил режим воспроизводства рекреационного ресурса.

С этого момента времени уровень загрязнения природной среды начал резко убывать (рис.3,  $в$ ), стоимость услуги оказалась выше ее себестоимости (рис.3,  $а$ ) и экономическая рентабельность курорта стала быстро возрастать (рис.3,  $б$ ). Как следствие, агент управления  $AG_V$  увеличил объем производства услуг до уровня спроса (рис.3,  $а$ ).

Еще одним рычагом управления объемом рекреационных услуг служили отклонения индекса рекреационного ресурса  $RR$  от его средне-статистических значений  $C_{RR}$ . На рис.3,  $z$  пунктиром показан имитированный сценарий функции  $C_{RR}$  и изменения индекса рекреационного ресурса, обусловленные описанными выше условиями проведения эксперимента. Как следует из рис.1,  $а$  и рис.3,  $z$ , во второй половине эксперимента агент управления производством дважды ограничивал объемы услуг по причине падения индекса рекреационного ресурса ниже значения  $C_{RR}$ . На этот раз причиной послужил заданный сценарий рекреационной привлекательности  $RA$ , показанный на рис.3,  $б$ . Объем услуг в эти периоды времени был сокращен, несмотря на равенство скоростей потребления и воспроизводства рекреационного ресурса, когда функция ресурсной емкости  $R$  была равна единице.

**Обсуждение и заключение.** Разработка моделей, подобных предложенной в данной работе, имеет целью создать научную и информационно-технологическую базу для построения систем управления рациональным природопользованием. Полученные результаты позволяют предложить для использования в подобных системах адаптивные модели эколого-экономических систем, построенные методом адаптивного баланса влияний. Несмотря на относительную простоту используемых в таких моделях дифференциальных уравнений логистического типа, они позволяют прогнозировать согласованные между собой сценарии экономической рентабельности производства рекреационных услуг и экологических характеристик окружающей среды. Рассмотренная выше численная модель представляет собой пример подобного инструмента для планирования условий рационального потребления рекреационного ресурса прибрежной зоны моря.

Постановка исследований рекреационного потенциала прибрежной зоны выполнена по теме: 0827-2018-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей» (шифр «Прибрежные исследования»). Разработка модели управления процессами рекреации и вычислительные эксперименты проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Севастополя по научному проекту № 18-47-920001 «Исследование принципов построения адаптивных моделей эколого-экономических систем и цифровых информационных технологий для управления сце-



нариями устойчивого развития природно-хозяйственных комплексов Севастопольского региона»

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Daly H., Farley J.* Ecological Economics: Principles and Applications. 2d edition.– Washington DC: Island Press, 2010.– 544 p.
2. *Shogren J.F., Parkhurst G.M., Settle C.* Integrating economics and ecology to protect nature on private lands: models, methods, and mindsets // *Environmental Science & Policy.*– 2003.– v.6.– P.233-242.
3. *Crépin A.-S., Norberg J., Måler K.-G.* Coupled economic-ecological systems with slow and fast dynamics – modelling and analysis method // *Ecological Economics.*– 2011.– v.70(8).– P.1448-1458.
4. *Ofiara D.D., Seneca J.J.* Economic losses from marine pollution: a handbook for assessment.– Washington DC: Island Press, 2001.– 320 p.
5. *Costanza R., Voinov A., Boumans R., Maxwell T., Villa F., Wainger L., Voinov H.* Integrated ecological economic modeling of the Patuxent River watershed / Maryland: Ecological Monographs. 72, 2002.– P.1448-1458.
6. *Samhuri J.F., Levin P.S.* Linking land- and sea-based activities to risk in coastal ecosystems. // *Biol. Conserv.*– 2012.– 145.– P.118-129.
7. *Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И.* Системный менеджмент и ABC-технологии устойчивого развития.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 2000.– 225 с.
8. *Voinov A.* Systems science and modeling for ecological economics.– Academic Press. 2008.– 430 p.
9. *Ivanov V.A., Igumnova E.M., Timchenko I.E.* Coastal zone resources management.– K.iev: Academperiodica, 2012.– 304 p.
10. *Timchenko I.E., Igumnova E.M., Timchenko I.I.* Adaptive balance models for environmental-economic systems.– CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016.– 486 p.
11. *Timchenko I.E., Ivashchenko I.K., Igumnova E.M., Nikiforov Yu.I.* Ecological-economic model of managing recreational potential of the sea coastal zone // *Physical Oceanography.*– v.25, iss.5.– P.420-432.

Материал поступил в редакцию 26.06.2019 г.

I.E.Timchenko, E.M.Igumnova, S.V.Svishchev, A.S.Bezkorovainy

#### MANAGEMENT OF ECOLOGICAL-ECONOMIC PROCESSES CONSUMPTION OF THE RECREATIONAL RESOURCE OF THE COASTAL ZONE OF THE SEA

The model of control object, consuming recreational resource to run recreation services in the coastal area suggested. The model combines the economic system of profit-making and the ecological system of control over the ecological state of the coastal territory and the coastal marine environment. The equations of the model are constructed by the method of adaptive balance of causes, which include logical control agents that make local decisions. The principle of management is to monitor the profitability of the production of recreational services in parallel with the integrated control of the balance of consumption and reproduction of recreational resources. The volume of production of recreation services is dependent on exceeding the level of environmental pollution of the maximum permissible value, as well as on the violation of the balance of consumption and reproduction of recreational resources. A series of computational experiments was

performed to check the control conceptions inherent in the model. The seasonal course of the recreational attractiveness of the main factors forming the recreational resource is imitated: climatic conditions, infrastructure and service of the object, as well as the ecological state of the territory and coastal sea water area. The scenarios of the volume of production of services and the level of environmental pollution of the object, allowing to assess the impact of environmental fines for pollution on the profitability of the recreation process. It is concluded that the model adequately describes the process of reproduction of recreational resources with an increase in seasonal demand for recreational services.

**KEYWORDS:** recreational resource and recreational attractiveness, method of adaptive balance of causes, ecological and economic model of system of recreation, agents of management, influence of seasonal variability of recreational factors