

В.А.Иванов, Е.М.Игумнова, Ю.И.Никифоров,
С.М.Солодова, И.Е.Тимченко

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КРЫМА

Предложена пространственная эколого-экономическая модель потребления рекреационных ресурсов на участке, прилегающем к территории южного берега Крыма. Модель основана на применении уравнений метода адаптивного баланса влияний и информационной технологии ABC AGENT. Приведены временные сценарии себестоимости и рентабельности оказания рекреационных услуг, а также уровня загрязнения природной среды, зависящего от объема рекреационных услуг. На основе экспертных оценок построена карта рекреационной привлекательности территории. Рассчитаны пространственно-временные распределения рентабельности оказания рекреационных услуг в зависимости от объемов средств, выделяемых на природоохранную деятельность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *эколого-экономическая модель, рекреация, Крым*

Прибрежные зоны моря играют важную роль в развитии туризма по всему земному шару. Рекреационная привлекательность этих зон зависит от качества природной среды, экономической инфраструктуры, сервисного обслуживания и состояния социально-экономической системы конкретного региона. Вместе с притоком туристов развивается инфраструктура обеспечения рекреации: строятся отели и кемпинги, прокладываются дороги, расширяется сервисное обслуживание. Одновременно возрастает потенциальная опасность перенаселенности прибрежной зоны, в особенности в разгар туристического сезона, которая неизбежно ведет к увеличению загрязнения территории зоны, пляжей и прилегающей морской акватории. Поэтому необходим комплексный системный подход к оценке эколого-экономического баланса потребления и воспроизводства рекреационных ресурсов.

В ряде исследований [1 – 3] проблемы использования рекреационного потенциала прибрежной зоны моря рассмотрены с позиций системного подхода [4]. В этих работах предложены эколого-экономические модели потребления рекреационных ресурсов, которые связывают между собой экономическую рентабельность производства рекреационных услуг с уровнем природоохранной деятельности, поддерживающей экологическое состояние рекреационной зоны. Рекреационные ресурсы рассматриваются в качестве интегральной характеристики природно-хозяйственного комплекса территории, указывающей на возможность производить «рекреационные услуги»: лечение, отдых, благоприятное эмоционально – психическое воздействие на людей. Главными составляющими этого комплекса являются:

– инфраструктура социально-экономического обеспечения рекреации в данной зоне: традиции спроса на рекреационные услуги, их цена, транспортная доступность зоны, уровень жизни населения, наличие или отсутст-

© В.А.Иванов, Е.М.Игумнова, Ю.И.Никифоров,

С.М.Солодова, И.Е.Тимченко, 2014

вие социальной и межнациональной напряженности, криминогенная обстановка, здания и сооружения курортных объектов, оборудование пляжей, обеспечение коммуникации, энергетика, и др.;

– природная среда и сервисное обслуживание рекреации: морские пляжи, приморские парки, береговые ландшафты, флора и фауна, воздух, погода и климат, а также лечение, питание, отдых, развлечения, история и культура зоны, спорт, туризм, безопасность, информация, связь и др.;

– экологическое состояние: уровень загрязнения моря и приморской территории, воздуха над ними вредными химическими веществами и бактериями, качество питьевой воды, чистота территории и др.

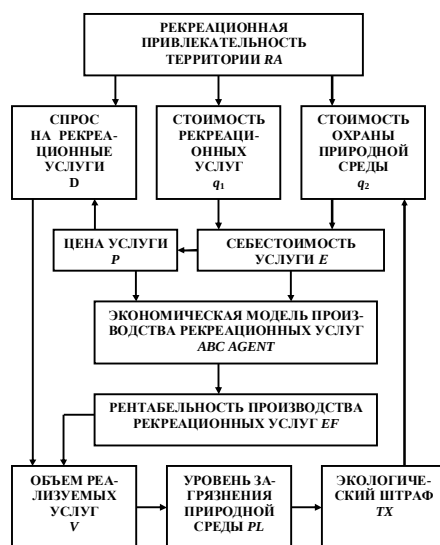
Перечисленные три группы факторов интегрально определяют рекреационную привлекательность локальных систем «море – суша», которая формирует спрос на рекреационные услуги и таким путем создает предпосылки для успешной экономической деятельности.

Отличительной особенностью системного подхода, развиваемого в работах [1 – 4], является применение адаптивных моделей процессов в эколого-экономических системах. Адаптация подразумевает стремление процессов к состоянию динамического баланса с внешними влияниями на систему. Если в качестве внешних влияний рассматривать действия по охране окружающей природной среды от деградации, то адаптивные модели рекреации обеспечивают нахождение такого баланса экономической выгоды от использования рекреационных свойств территории, при котором сохраняются высокий уровень биоразнообразия и низкий уровень загрязнения моря и суши в прибрежной зоне.

Для информационной поддержки административных решений в области природопользования необходимы компьютерные модели сложных природно-хозяйственных систем прибрежной зоны моря. В настоящей работе приводятся результаты разработки и применения адаптивной эколого-экономической модели потребления рекреационных ресурсов в прибрежной зоне Крыма.

Структура имитационной модели потребления рекреационных ресурсов. При разработке пространственно-временной модели потребления рекреационных ресурсов считалось, что рекреационный потенциал территории зависит от двух обобщенных видов ресурсов: экономического и экологического. Эти два вида ресурсов имеют различные стоимости в зависимости от локального участка территории: q_1 – стоимость инфраструктуры и сервисного обслуживания рекреации и q_2 – стоимость охраны природных условий и поддержания экологического состояния этого участка. Было принято предположение, что эти цены соответствуют затратам каждого вида ресурса на производство единичной рекреационной услуги, например, отдыха одного рекреанта по путевке. Была введена зависимость локального уровня загрязнения окружающей среды, от объема оказываемых рекреационных услуг и от активности природоохранных действий. Оценки рекреационной привлекательности территории были использованы для построения карты спроса на рекреационные услуги.

В соответствии с принципами системного подхода [4] для построения концептуальной модели рекреационных ресурсов территории был выполнен анализ причинно-следственных связей между основными эколого-экономи-



Р и с . 1 . Концептуальная модель потребления рекреационных ресурсов.

ческими процессами, используемыми при производстве рекреационных услуг. Схема связей представлена на рис.1.

Кроме стоимости рекреационной услуги P и величины спроса на нее D , входной информацией модели служили оценки пространственных распределений стоимости двух основных видов ресурсов, полученные путем экспертизы территории.

Разработка формульного алгоритма эколого-экономической модели потребления рекреационных ресурсов. Модель системы рекреационных услуг, соответствующая рис. 1, была построена методом адаптивного баланса влияний (ABC-методом [4]). Уравнения модели имели следующий вид:

$$\frac{dD}{dt} = 2r_D D [C_D - (D + a_{D/P} P - a_{D/RA} RA)]$$

$$, \quad \frac{dP}{dt} = 2r_P P [C_P - (P + a_{P/E} E)],$$

$$\frac{dE}{dt} = 2r_E E [C_E - (E - a_{E/q_1} q_1 - a_{E/q_2} q_2 - a_{E/TX} TX)],$$

$$\frac{dV}{dt} = 2r_V V \{C_V - [V - AG_V(D, H, H_{1i}, P, E, H_2, H_3, H_3^*)]\}, \quad (1)$$

$$\frac{dPL}{dt} = 2r_{PL} PL \{C_{PL} - [PL - AG_{PL}(S, S_{acc}, a_{ER})]\},$$

$$\frac{dTX}{dt} = 2r_{TX} TX \{C_{TX} - [TX - AG_{TX}(PL, PL^*, a_{TX})]\},$$

$$\frac{dq_1}{dt} = 2r_{q_1} q_1 [C_{q_1} - (q_1 - a_{q_1/RA} RA)], \quad \frac{dq_2}{dt} = 2r_{q_2} q_2 [C_{q_2} - (q_2 - a_{q_2/RA} RA)],$$

где D – спрос на рекреационные услуги, V – текущий объем рекреационных услуг, S – количество реализуемых услуг, P – цена услуги, E – ее себестоимость, q_1 – стоимость экономического вида ресурсов (инфраструктура и сервис), потребляемых объектом рекреации для производства единичной рекреационной услуги, q_2 – стоимость экологического вида ресурсов (природоохранных мероприятий в пересчете на единичную услугу), $2C_M$ – ресурсные емкости переменных модели, $a_{M/N}$ – коэффициенты, учитывающие взаимные влияния переменных модели, PL – уровень загрязнения окружающей среды, S_{acc} – накопленный объем рекреационных услуг, RA – индекс рекреационной привлекательности участка прибрежной зоны, H – количество услуг, готовых к реализации, H_{1i} – запасы потребляемых ресурсов,

H_2 – оборотные средства рекреационного объекта, H_3 – накопленные инвестиции в производство услуг (накопленный кредит), H_3^* – допустимая величина инвестиций в производство рекреационных услуг, H_4 – размер фонда природоохранных действий.

При разработке формульных выражений для агентов управления, входящих в уравнения модели (1), была использована информационная технология ABC AGENT [4]. Наиболее сложным в ней является агент управления объемом рекреационных услуг $AG_V(D, H, H_{1i}, P, E, H_2, H_3, H_3^*)$. Он состоял из адаптивных уравнений экономических процессов H, H_{1i}, H_2, H_3 и логических операторов управления:

$$\begin{aligned} \frac{dH}{dt} = & 2r_H H \{ C_H - [H - IF(D < H; 0; IF(D - H < M; D - H; M)) + \\ & + IF(P < E; 0; IF(D < H; D; H))] \}, \\ M = & \min(m_1; m_2), \quad m_i = H_{1i} / y_i \quad (i = 1, 2). \end{aligned} \quad (2)$$

В качестве единиц измерения запасов ресурсов H_{1i} , которыми располагает данный объект рекреации, были использованы те их количества y_i , которые обеспечивают оказание единичной рекреационной услуги. Поэтому уравнения динамики запасов ресурсов, входившие в агент управления имели вид:

$$\begin{aligned} \frac{dH_{1i}}{dT} = & 2r_{H_{1i}} H_{1i} \{ C_{H_{1i}} - [H_{1i} - IF(y_i D - H_{1i} < 0; 0; IF(y_i (D - H) < H_{1i}; 0; U_{1i})) + \\ & + IF(D - H < 0; 0; IF(y_i (D - H) < H_{1i}; y_i (D - H); H_{1i})) \}, \\ U_{1i} = & IF[y_i (D - H) - H_{1i} < \rho_i H_2 / q_i; y_i (D - H) - H_{1i}; \\ & IF[\rho_i (H_3^* - H_3) < 0; 0; U_{1i}^*]], \end{aligned} \quad (3)$$

$$\rho_i = \frac{q_i y_i}{q_1 y_1 + q_2 y_2} \quad (i = 1, 2),$$

где ρ_i – относительный вес затрат на приобретение i -го вида ресурса для производства единицы продукции.

Динамика оборотных средств была представлена уравнением

$$\begin{aligned} \frac{dH_2}{dT} = & 2r_{H_2} H_2 \{ C_{H_2} - [H_2 - PS + \\ & + \sum_{i=1}^2 IF(q_i y_i (D - H) - H_{1i} < \rho_i H_2; q_i y_i (D - H) - H_{1i}; \rho_i H_2) + \\ & + IF(\theta H_3 < H_2; \theta H_3; H_2) + \sigma H_2 \} \}, \end{aligned} \quad (4)$$

где σ – процент извлекаемых из оборота средств на проведение природоохранных мероприятий, θ – процент погашения накопленных инвестиций (или возврата кредитов).

Уравнение для накопленных инвестиций H_3 имело следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dH_3}{dt} = & 2r_{H_3} H_3 \{ C_{H_3} - [H_3 - \sum_{i=1}^2 r_i IF_i((D - H) y_i < H_{1i}; 0; \\ & IF(q_i (y_i D - H_{1i}) < \rho_i H_2; y_i D - H_{1i}; F_i^*)) + S_3 \} \}. \end{aligned} \quad (5)$$

Функции U_{1i}^* и F_i^* в уравнениях (2) и (4) представляют собой управления, которые ограничивали объемы ресурсов, приобретаемых путем дополнительных инвестиций. Согласно приведенным уравнениям агент $AG_V(D, H, H_{1i}, P, E, H_2, H_3, H_3^*)$ контролирует как норму прибыли от реализации рекреационных услуг $P - E > 0$, так и возможности получения дополнительных инвестиций ($H_3^* - H_3 > 0$) для закупки недостающих ресурсов.

Уравнение для фонда природоохранных действий H_4 имело вид:

$$\frac{dH_4}{dt} = 2r_{H_4} H_4 \{C_{H_4} - [H_4 - (a_{H_4} TX + \sigma H_2)_{acc}]\}. \quad (6)$$

В этом уравнении величина фонда определялась объемом средств, аккумулированных за период оказания рекреационных услуг. Средства выделялись агентом природоохранных действий и наложения штрафных санкций, а также как процент оборотного капитала, направляемый на охрану природной среды от загрязнений.

Рентабельность рекреационной услуги оценивалась с помощью логарифма отношения доходов I_{acc} , накопленных за некоторый период времени t , к накопленным расходам E_{acc}

$$EF = \ln \frac{1 + I_{acc}}{e + E_{acc}}. \quad (7)$$

В качестве агента контроля над уровнем загрязнения окружающей среды $AG_{PL}(S, S_{acc}, a_{ER})$ в уравнении для PL системы уравнений (1) был использован логический оператор следующего вида:

$$AG_{PL}(S, S_{acc}, a_{ER}) = IF[S > 0; a_{S_{acc}/PL} S_{acc}; PL \exp(-a_{ER} \tau)]. \quad (8)$$

Агент природоохранных действий и наложения штрафных санкций за загрязнение природной среды в уравнении для TX имел вид:

$$AG_{TX}(PL, PL^*, a_{TX}) = a_{TX/PL} PL \{1 + a_{TX/PL^*} IF[PL^* > PL; 0; 1 - \exp(-a_{TX} \tau)]\}, \quad (9)$$

где $a_{TX/PL}$ – коэффициент, устанавливающий размер налога, пропорционального уровню загрязнений, $a_{PN/PL}$ – коэффициент, устанавливающий размер штрафа за превышение предельно допустимой концентрации загрязнений.

Построение временных сценариев потребления рекреационных ресурсов. Вычислительный алгоритм эколого-экономической модели для прогноза пространственно-временных сценариев потребления рекреационных ресурсов состоял из системы конечно-разностных уравнений, реализующих модель (1) – (9). Для проведения расчетов был разработан комплекс программ на языке Фортран. С целью тестирования модели первоначально были проведены пробные расчеты сценариев моделируемых процессов. Для этого в уравнениях модели была выполнена подборка параметров, характеризующих условия рекреации. Таким путем были заданы коэффициенты, входящие в формулы для агентов управления. Эти коэффициенты устанавливали удельные скорости изменения переменных r_{MN} в уравнениях (1) и гарантировали устойчивые решения.

Для удобства сопоставления между собой сценариев различных процессов часть переменных модели была представлена в безразмерной форме путем

Т а б л и ц а 1. Коэффициенты и параметры модели.

нормировки их на удвоенные значения соответствующих ресурсных емкостей $2C_{MN}$ и приведения безразмерных величин к общему интервалу изменчивости (0; 10) [4]. Некоторые коэффициенты и параметры модели (1) – (9), использованные в расчетах, приведены в табл.1. Как показали вычисления, при выбранных значениях параметров модель устойчиво воспроизводила временные сценарии всех переменных во всех узлах расчетной сетки.

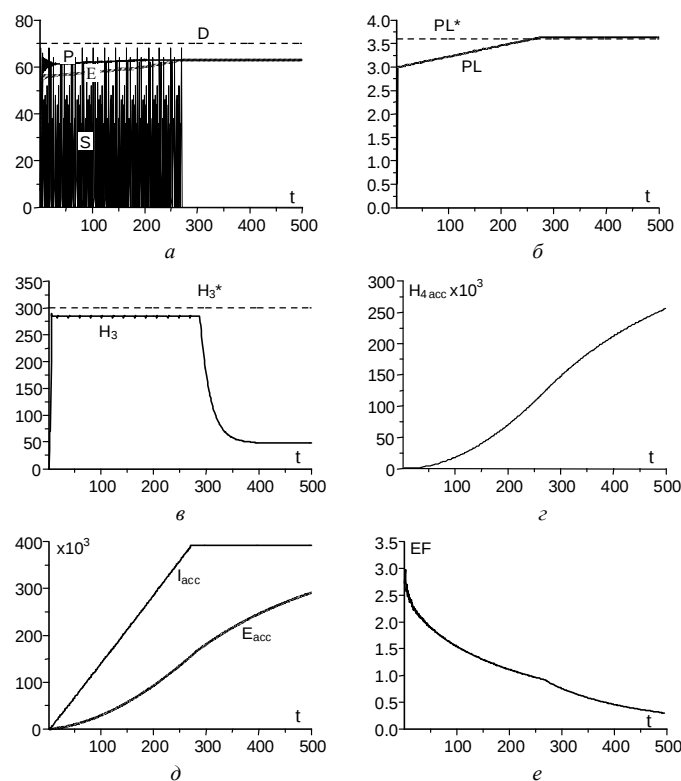
Рассмотрим в качестве примера временные сценарии процессов в узле сетки, расположенном в районе Ялты. В первом вычислительном эксперименте была проверена реакции модели на растущий уровень загрязнения природной среды, когда средства на внедрение экологически чистых технологий производства выделяются, но не используются. Для проведения эксперимента в уравнении для спроса на продукцию была отключена зависимость спроса от цены, а в уравнении для цены продукции была отключена зависимость ее от себестоимости ($a_{P/C} = 0$). Полученные в результате эксперимента сценарии эколого-экономических процессов изображены на рис.2.

Как следует из рис.2 *а*, в начале эксперимента производство ежедневно производило и реализовывало услуги в объеме S по постоянной цене P под влиянием постоянного спроса на них D . При этом возрастал уровень загрязнения природной среды PL (рис.2, *б*) и увеличивалась себестоимость производства E под влиянием экономических санкций за загрязнение природной среды TX (рис.2, *а*). Агент $AG_{PL}(PL, S_{acc}, TX)$ резко увеличил размер санкций, когда уровень загрязнения превысил предельно допустимое значение $PL^* = 3,6$. В этот момент себестоимость производства стала выше стоимости продукции и агент $AG_V(D, H, H_1, P, E, H_2, H_3, H_3^*)$ остановил ее производство и реализацию (рис.2, *а*).

Так как в этом эксперименте природоохранные действия не выполнялись (не было учтено также и естественное восстановление уровня загрязнения до фонового значения), уровень PL^* после остановки производства сохранялся постоянным. Накопленная часть оборотного капитала использовалась для погашения кредита (рис.2, *в*) и для формирования фонда природоохранных действий H_4 (рис.2, *г*). Поэтому накопленные расходы E_{acc} продолжали расти, хотя рост доходов I_{acc} прекратился (рис.2, *д*). Сценарий суммарной эффективности производства EF изображен на рис.2, *е*. В условиях этого эксперимента рентабельность производства падала ввиду экономических санкций за загрязнение окружающей среды.

В следующем эксперименте оценивалось влияние объема средств, выде-

y_1	3,0
y_2	2,0
$a_{q_1/RA}$	0,03
$a_{PL/TX}$	10^{-4}
$a_{D/P}$	0,4
$a_{D/RA}$	0,3
a_{E/q_1}	0,5
a_{E/q_2}	0,4
$a_{q_2/RA}$	0,02
$a_{P/E}$	0,4
r_{MN}	1,0
$a_{PL/S}$	0,005
θ	0,05
σ	0,001
H_3^*	300
$a_{E/TX}$	0,2
a_{E/q_i}	0,2
a_{H_4}	0,001
C_P	35
C_D	70
C_E	30
C_{PL}	5,0
C_{TX}	5,0
C_V	70
$a_{S_{acc}/PL}$	10^{-4}
α_{TX}	0,1
α_{ER}	0,1
PL^*	3,6
$a_{TX/PL}$	1,0
a_{TX/PL^*}	2,0

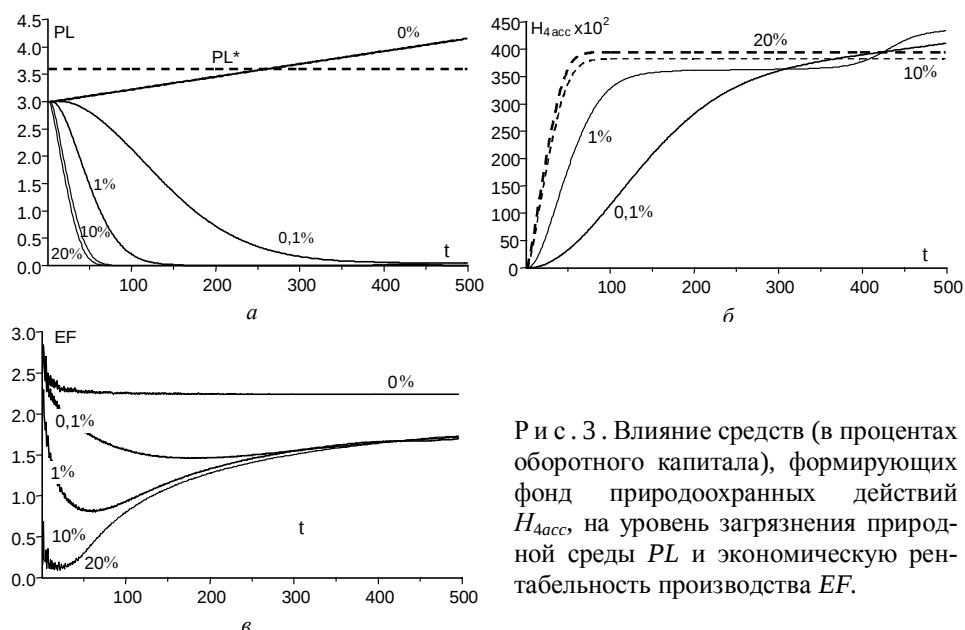


Р и с . 2 . Прекращение выпуска продукции в эколого-экономической системе в связи с растущим уровнем загрязнения, когда средства на природоохранные цели выделяются, но не используются.

ляемых на природоохранные цели, на уровень загрязнения окружающей среды и экономическую рентабельность рекреационных услуг. Сценарии этих процессов были рассчитаны при различных коэффициентах σ от оборотных средств курорта, направляемых в фонд H_4 (6). Предполагалось, что средства фонда эффективно применяются для борьбы с уровнем загрязнения путем рационального использования рекреационных ресурсов. Результаты эксперимента приведены на рис.3.

Как следует из рис.3, а, сценарий уровня загрязнения существенно меняется при увеличении σ . Если при $\sigma = 0,001$ уровень загрязнения падает до нуля на 400 сутки вычислений, то при $\sigma = 0,01$ нулевой уровень достигается уже на 140 день. При дальнейшем увеличении процента отчислений ($\sigma = 0,1$ и выше) время достижения нулевого уровня стремится к пределу порядка 70 дней. При параметрах модели, приведенных в табл.1, скорость накопления средств в фонде природоохранных действий характеризуют сценарии H_4 , показанные на рис.3, б. Так как с падением уровня загрязнения до нуля выделение средств в фонд H_4 прекращается, эти сценарии с ростом σ также принимают форму некоторого предельного графика.

От величины фонда H_4 существенно зависит рентабельность рекреации. Графики суммарной за период эксперимента рентабельности, рассчитанные по формуле (7), приведены на рис.3, в. Как и следовало ожидать, при высо-



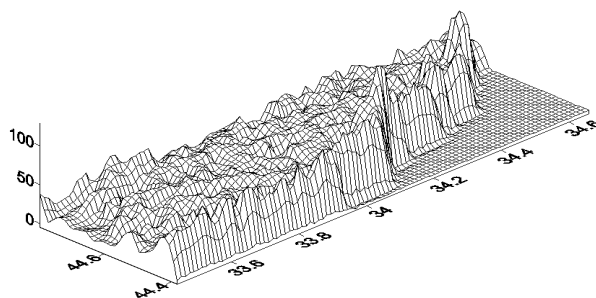
Р и с . 3 . Влияние средств (в процентах оборотного капитала), формирующих фонд природоохранных действий H_{acc} , на уровень загрязнения природной среды PL и экономическую рентабельность производства EF .

ком проценте отчислений ($\sigma = 0,1$ и выше) происходит резкое падение рентабельности в начальный период времени, тогда как после 250 суток эксперимента накопленная рентабельность перестает зависеть от этого процента и демонстрирует медленный рост. Из сравнения сценариев рис.3 следует, что наиболее выгодный с точки зрения экологического состояния природной среды режим природоохранной деятельности будет обеспечен, когда процент отчислений из прибыли имеет значения из интервала 0,1 – 1,0 %.

Построение пространственно-временных сценариев потребления рекреационных ресурсов. Как показали результаты приведенных выше вычислительных экспериментов, временные сценарии процессов рекреации существенно зависят от природных и экономических ресурсов, которыми располагает конкретный участок прибрежной зоны. С точки зрения развития курортного комплекса территории представляет интерес обобщение результатов этих экспериментов на всю территорию. Для этого необходимо построить карты пространственно-временных полей спроса на рекреационные услуги, стоимости ресурсов, уровня загрязнения окружающей среды, рентабельности рекреационных услуг и других переменных модели.

В такой постановке задача моделирования рекреационного потенциала для участка прибрежной зоны Крыма была рассмотрена в [2]. Для проведения вычислительных экспериментов была выбрана территория, прилегающий к Южному берегу Крыма между п.Форос и г.Алушта, карта которой показана на рис.4. Для этой территории была выполнена экспертная оценка интегрального параметра RA , характеризующего рекреационную привлекательность местности.

В качестве исходной информации были использованы данные о распределении населения в районе, так как с ним связана оценка стоимости существующих видов производственных, сервисных и экологических ресурсов территории района. Считалось, что данные о количестве населения могут служить важным показателем рекреационной привлекательности местности,



Р и с . 5 . Рельефное
жение оценок
ной привлекательности рай-
она, показанного на рис. 4.

из двух видов ресурсов
считались постоянными.

Стоимость экономи-
ческого вида ресурсов рас-
считывалась по формуле

$$q_1(x, y) = \frac{10}{1 + RA(x, y)}, \quad (10)$$

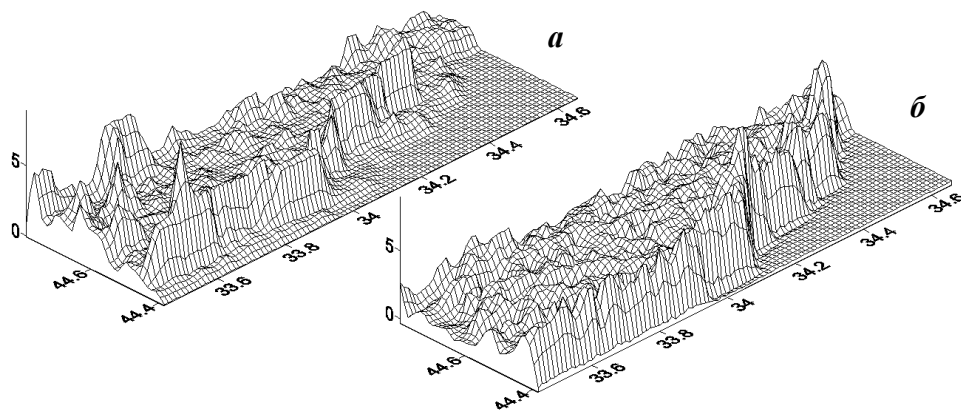
где (x, y) – координаты точки на местности. Значения стоимости экологиче-
ского вида ресурсов находились по формуле

$$q_2(x, y) = RA(x, y). \quad (11)$$

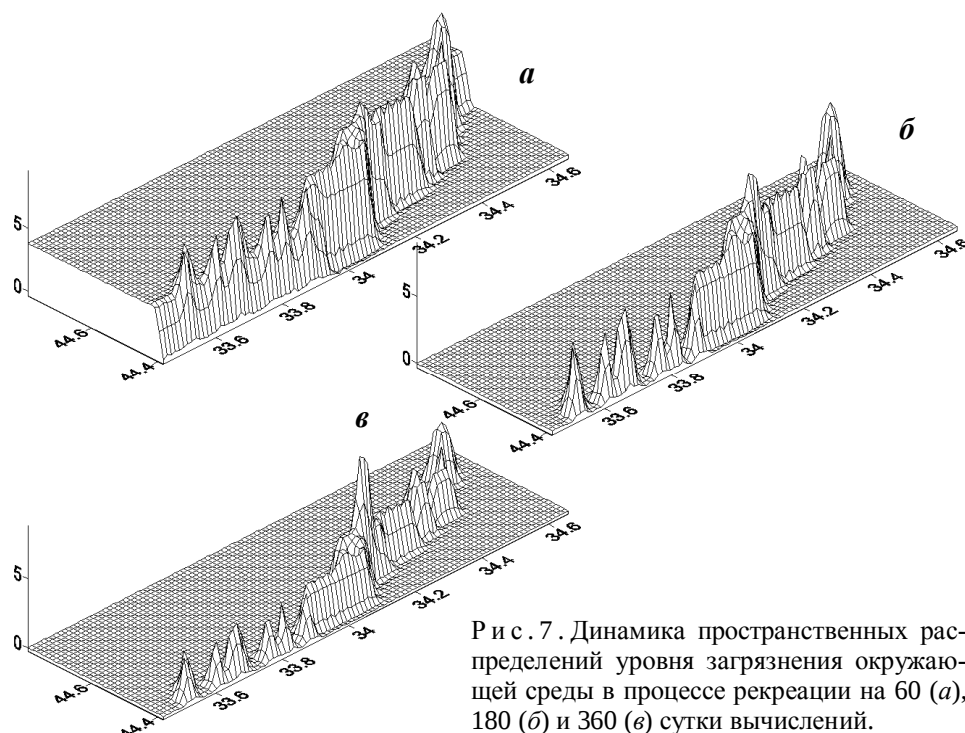
На рис.6 изображены пространственные распределения стоимостей ре-
сурсов q_1 и q_2 . Как и следовало ожидать, наиболее низкие стоимости эконо-
мического вида ресурсов приурочены к узкой полосе Южного берега Кры-
ма, где экологические ресурсы, напротив, стоят дороже, чем в остальной
части территории.

С построенной моделью были проведены имитационные эксперименты,
в ходе которых сценарии объемов производства рекреационных услуг, их
себестоимости, рентабельности и других переменных модели были рассчита-
ны на 360 шагов по времени в каждом из 806 узлов сеточной области. По-
лученные в узлах расчетной сетки массивы данных позволили построить
карты полей, дающие представление о динамике потребления рекреацион-
ных ресурсов на данном участке территории Крыма.

Ниже приведен пример одного из таких вычислительных эксперимен-
тов. В целях упрощения в этом эксперименте были заданы постоянными
спрос на рекреационные услуги D и стоимость единичной услуги P . Эконо-
мические ресурсы рекреации – инфраструктура и сервисное обслуживание



Р и с . 6 . Рельефное изображение стоимости видов рекреационных ресурсов:
экономического (а), экологического (б).



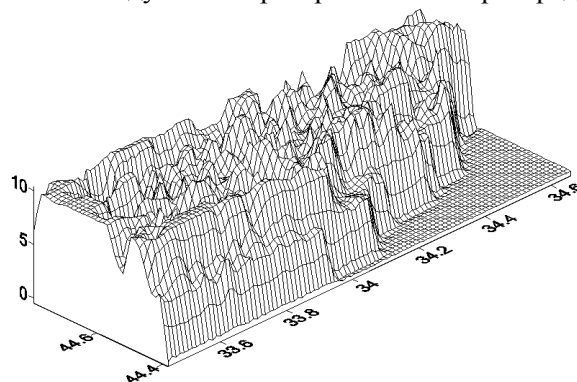
Р и с . 7 . Динамика пространственных распределений уровня загрязнения окружающей среды в процессе рекреации на 60 (а), 180 (б) и 360 (в) сутки вычислений.

не зависели от времени, но они зависели от пространственных координат. Было задано начальное распределение уровня загрязнения природной среды, которое изменялось с течением времени в зависимости от объема рекреационных услуг. Динамика себестоимости производства услуг определялась интенсивностью их производства и размерами экологических санкций за загрязнение окружающей среды, которые были заданы выбором параметров агентов управления $AG_{PL}(S, S_{acc}, a_{ER})$ и $AG_{TX}(PL, PL^*, a_{TX})$.

На рис.7 показаны пространственные распределения уровня загрязнения окружающей среды в процессе рекреации, полученные в этом эксперименте, на 60, 180 и 360 сутки вычислений.

Сценарии этих процессов были рассчитаны при условии выделения средств в фонд внедрения экологически чистых технологий, когда процент от оборотных средств курорта, направляемых в фонд H_4 составлял 0,1. Из сравнения между собой пространственных распределений, приведенных на рис.7,

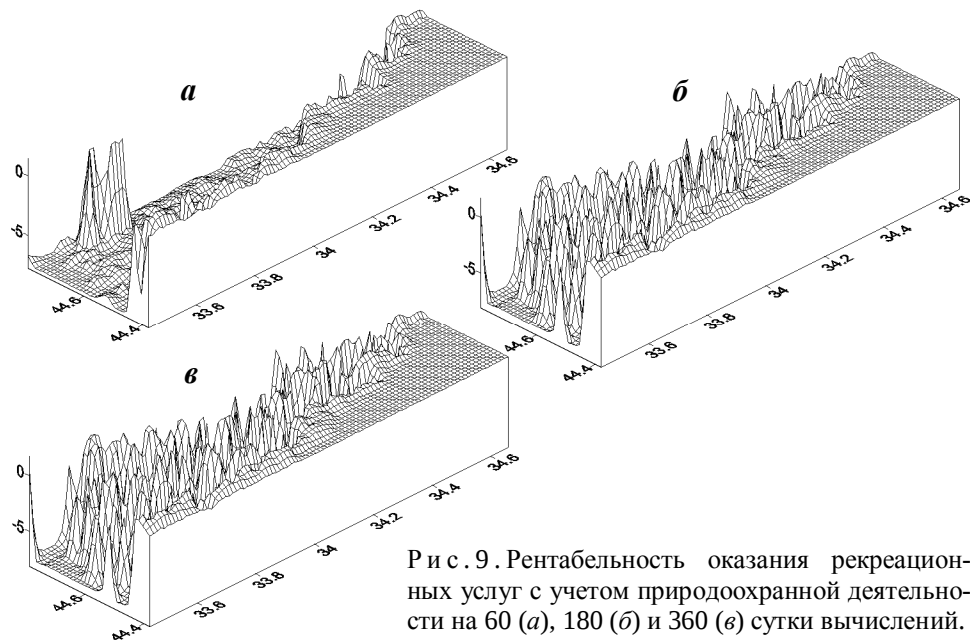
можно заметить явное уменьшение уровня загрязнения в зоне ЮБК, по мере имитированного использования средств из фонда природоохранных мероприятий.



Р и с . 8 . Пространственное распределение себестоимости рекреационных услуг на 360 сутки вычислительного эксперимента.

На рис.8 приведены распределения себестоимости рекреационных услуг в различных узлах сеточной области. На рельефном изображении поля себестоимости услуг отчетливо заметен глубокий контраст между экономическими условиями рекреации Южного берега Крыма и остальной частью его территории. Формирование себестоимости происходит под действием двух противоположно направленных влияний: чем ниже экономическая составляющая себестоимости, тем выше объем производства услуг, а, следовательно, и уровень штрафных санкций за загрязнение окружающей среды. Однако экономическая составляющая оказалась преобладающей при выбранных в этом эксперименте размерах штрафов и отчислений в фонд природоохранной деятельности.

Вычислительный эксперимент показал, что по мере имитированного проведения природоохранных действий и уменьшения уровня загрязнения окружающей среды наступает баланс экономической выгоды от использования рекреационных ресурсов и расходов на природоохранные цели. Об этом, в частности, свидетельствует динамика рентабельности рекреационных услуг, показанная на рис.9. В начальный период времени эксперимента происходил процесс установления рентабельности, поскольку средств на природоохранную деятельность, накапливаемых в фонде H_4 , еще не хватало для снижения уровня загрязнения и уменьшения штрафных санкций. Поэтому распределение рентабельности на 60 сутки (рис.9, а) значительно отличается от распределения на 180 сутки (рис.9, б). В дальнейшем произошла стабилизация эколого-экономических процессов, соответствующая наступлению условий упомянутого выше баланса накопленных доходов и расходов. На это указывает распределение рентабельности, рассчитанное на 360 сутки (рис.9, в), которое уже практически не отличается от распределения на 180 сутки (рис.9, б).



Р и с . 9 . Рентабельность оказания рекреационных услуг с учетом природоохранной деятельности на 60 (а), 180 (б) и 360 (в) сутки вычислений.

Заключення. Рассмотренный пример, как и другие примеры вычислительных экспериментов, проведенных с моделью, позволил прийти к выводу об адекватном описании этой моделью баланса потребления и воспроизводства рекреационных ресурсов. Построенная на принципах системного анализа с использованием информационной технологии ABC AGENT эколого-экономическая модель (1) – (9) может служить основой для создания более детальной модели природопользования в прибрежной зоне Крыма, в которой агенты управления поддерживают рациональный баланс между рентабельностью рекреационных услуг и экологическим состоянием природной среды.

В перспективе необходимо связать инвестиции – начальные значения кредита, необходимого для развития курорта, с накопленными доходами от производства рекреационных услуг для различных природных и инфраструктурных условий территории Крыма. Необходимо также учесть сезонный ход спроса на рекреационные услуги, который существенно влияет на динамику эколого-экономических процессов рекреации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов В.А., Игумнова Е.М., Латун В.С., Тимченко И.Е.* Модели управления ресурсами прибрежной зоны моря.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007.– 258 с.
2. *Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Никифоров Ю.И., Солодова С.М.* Эколого-экономическая модель рекреационных ресурсов на участке территории Крыма // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь, 2012. – вып.18.– С.153-158.
3. *Ivavov V.A., Igumnova E.M., Timchenko I.E.* Coastal Zone Resources Management.– Kyiv: Akadempriodika, 2012.– 304 p.
4. *Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И.* Системный менеджмент и ABC- технологии устойчивого развития.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000.– 225 с.
5. *<http://Google.map.com>*

Материал поступил в редакцию 20.10.2014 г.

АНОТАЦІЯ Запропоновано просторова еколого-економічна модель споживання рекреаційних ресурсів на ділянці, що прилягає до території південного берега Криму. Модель заснована на застосуванні рівнянь методу адаптивного балансу впливів та інформаційної технології ABC AGENT. Наведено тимчасові сценарії собівартості і рентабельності надання рекреаційних послуг, а також рівня забруднення природного середовища, залежного від обсягу рекреаційних послуг. На основі експертних оцінок побудована карта рекреаційної привабливості території. Розраховані просторово-часові розподілу рентабельності надання рекреаційних послуг залежно від обсягів коштів, що виділяються на природоохоронну діяльність.

ABSTRACT Space-time ecological-economic model of recreational resources consumption suggested for a territory close to the South shore of Crimea. The model constructed by the Adaptive balance of causes method and informational technology ABC AGENT. Economic scenarios of costs and efficiencies of recreational services along with pollution contamination levels depending of their volumes were supplied. Charts of recreational attractiveness of the territory created based on local sites expert analysis. Space-time distributions of recreational service efficiency were calculated as a function of the investments in environmental resources management.