



DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2014.4.17>

УДК 330.4:502:351.853027

ББК 65.050.03:20.18

ИЕРАРХИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ТРАНСГРАНИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ¹

Скитер Наталья Николаевна

Доктор экономических наук,
профессор кафедры страхования и финансово-экономического анализа,
Волгоградский государственный аграрный университет
skiter@mail.ru
просп. Университетский, 26, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация

Рогачев Алексей Фруминович

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой математического моделирования и информатики,
Волгоградский государственный аграрный университет
rafr@mail.ru
просп. Университетский, 26, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация

Плещенко Татьяна Витальевна

Заведующая лабораторией кафедры математического моделирования и информатики,
Волгоградский государственный аграрный университет
groover666777@mail.ru
просп. Университетский, 26, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация

Мироненко Таисия Николаевна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем в экономике,
Волгоградский государственный технический университет
mirtaisiya@iyandex.ru
просп. Ленина, 28, 400005 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье проведен анализ ряда показателей, характеризующих эколого-экономическое состояние региона. Установлено, что состояние окружающей сре-

ды уже перешло из разряда экзогенных параметров для экономической системы в разряд внутриэкономических характеристик, что в первую очередь меняет структуру и характер методов анализа и оценки влияния загрязнения на окружающую среду. Применен метод иерархического анализа, позволяющий систематизировать элементы эколого-экономической безопасности региона. Рассмотрено математическое обеспечение метода иерархий анализа. Для оценки качества эколого-экономической безопасности региона построена иерархия, предусматривающая выделение критериев верхнего и нижнего уровней. Обосновано, что экономической основой региональных эколого-экономических интересов является собственность на природные богатства, а экологической основой – целостность экосистем региона. Доказано, что при формировании и совершенствовании механизма обеспечения безопасности необходимо опираться на согласование эколого-экономических интересов и разрешение противоречий между ними. Авторами предложен оригинальный программный продукт для обоснования параметров безопасности эколого-экономических систем. Рассмотрена структура и параметры разрабатываемой системы поддержки принятия решений, позволяющие осуществить свертку группы экономических и экологических факторов, оказывающих влияние на качество принимаемых управленческих решений. Построенная иерархическая модель, позволяет лицу, принимающему решение, формировать систему ранжированных показателей, определяющих уровень экологической безопасности региональных эколого-экономических систем, и обеспечить обоснованный выбор проектных альтернатив.

Ключевые слова: иерархический анализ, моделирование, параметры, региональная система, экономические и экологические группы факторов, эколого-экономическая безопасность.

Научное обоснование государственной эколого-экономической политики требует разработки системы математических методов и моделей, позволяющих описывать процессы техногенного загрязнения окружающей среды. Проблемы эколого-экономической безопасности (далее – ЭЭБ), регулирования, административно-контрольные механизмы снижения отрицательного влияния производственной деятельности на экологию, научного обоснования концепции эколого-экономического развития государства и его субъектов рассматриваются в работах отечественных и зарубежных ученых на протяжении последних десятилетий. Анализировались экономико-организационный механизм природопользования, вопросы количественной оценки экологических издержек производственной деятельности и экономической эффективности природоохранной деятельности, проблемы формирования эффективной территориальной системы регулирования качества окружающей среды в рыночных условиях; взаимодействие макроэкономического роста с состоянием экологии, государственное стимулирование инвестиций в разработку экологически чистых технологий.

Наряду с этим недостаточно разработаны механизмы решения эффективного регулирования безопасности эколого-экономической системы, которые требуют дополнительного анализа и совершенствования алгоритмов для обоснования параметров безопасности эколого-экономических систем.

Исследования последних лет были направлены на поиски различных методов моделирования анализа и решения задач управления экологической безопасностью и разработку статистических многофакторных моделей по данным наблюдений за состоянием окружающей среды [2; 3; 5–7]. Предложенные подходы и методы посвящены преимущественно решению ряда задач прогнозирования состояния загрязнения атмосферного воздуха. Однако большинство разработанных методик прогнозирования используют сравнительно простые модели и имеют высокие погрешности, связанные с наличием в них значительного количества допущений и ограничений. Применение более сложных моделей требует существенных временных затрат и значительного количества исходных данных, что ограничивает потенциальные возможности их использования.

В настоящее время поставлена задача сохранения окружающей среды наряду с экономическим ростом, что влечет необходимость создания в системе экономического анализа нового единого параметрического пространства, способного отразить как экономическое развитие, так и состояние окружающей среды. До сих пор вопросы экономического развития и состояния окружающей среды не имели единой системы измерений: отдельно существовали статистика экономического развития и учет состояния окружающей среды. В первой преобладали стоимостные, денежные показатели, во второй – натуральные, физические. Такая ситуация отражала общий взгляд на окружающую среду как на нечто внешнее по отношению к экономике [3]. В современных условиях состояние окружающей среды уже перешло из разряда экзогенных параметров для экономической системы в разряд внутриэкономических характеристик, что в первую очередь меняет структуру и характер методов анализа и оценки влияния загрязнения на деятельность предприятия, региона, государства [7; 9]. Государство направляет инвестиции в охрану окружающей среды. Динамика затрат на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в целом по РФ показана на рисунке 1, причем если в натуральном выражении затраты на охрану окружающей среды за период с

2005 по 2012 гг. увеличились практически в два раза, то в % к ВВП произошло практически двукратное их сокращение.

Проведенный анализ основных показателей, характеризующих эколого-экономическое состояние Волгоградской области, показал, что по общему уровню выбросов наиболее распространенных вредных веществ в атмосферу регион среди сходных промышленных областей уступает Уралу и Сибири. Общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составил в 2012 г. 171 тыс. т (снижение по сравнению с базисным 1990 г. составило 43,9 %), причем снижение улавливаемых загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, составило около 80 %. Сброс загрязненных сточных вод – 49,7 % [1; 8].

Статистические исследования [4; 5] позволили установить прямую зависимость между экономическим ростом и ухудшением состояния окружающей среды, с одной стороны, и ухудшением состояния среды и увеличением экономических затрат на производство – с другой. В 2012 г. валовой региональный продукт (далее – ВРП), по оценке Волгоградстата, вырос в сопоставимых ценах на 5,1 % к уровню 2011 г. и составил 573,5 млрд рублей [2]. Динамика выбросов загрязняющих веществ по Волгоградской области показана на рисунке 2.

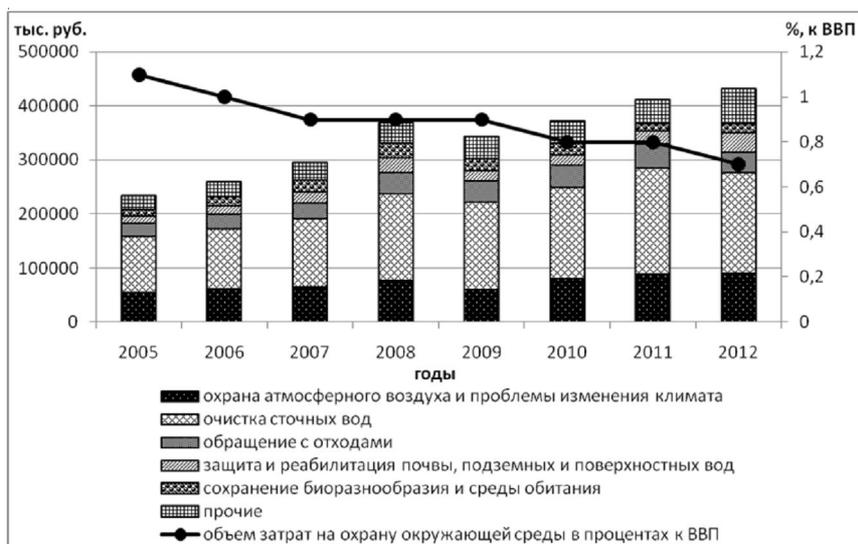


Рис. 1. Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в России за 2005–2012 гг.

Примечание. Составлено авторами по: [1].

В исследовании учитывались все выбросы в атмосферу – поступающие в атмосферный воздух и отходящие от стационарных источников выбросов. Принимались во внимание все загрязнители, поступающие в атмосферный воздух как после прохождения пылегазоочистных установок (в результате неполного улавливания и очистки) на организованных источниках загрязнения, так и без очистки организованных и неорганизованных источников загрязнения. Учет выбросов загрязняющих атмосферу веществ проводился как по их агрегатному состоянию (твердые, газообразные, жидкие), так и по отдельным веществам (ингредиентам). Количество уловленных загрязняющих атмосферу веществ включает все виды загрязнителей, обезвреженных на пылеулавливающих установках из общего их объема, отходящего от стационарных источников.

Исследования [4] доказали прямую зависимость влияния затрат на охрану окружающей среды на уровень смертности в Волгоградской области. Конечно, эта оценка несколько искусственна, поскольку у каждого района области своя специфика, но, так как конкретно по отдельным районам области данных недостаточно, корреляционно-регрессионная модель построена на уровне региона в целом. В результате проведения корреляционно-регрессионного анализа была получена

следующая зависимость смертности от затрат на экологию:

$$Y = -6\,925,540 - 0,344X; R^2 = 0,7685, \quad (1)$$

где Y – коэффициент смертности, промилле (количество умерших на 1 тыс. населения области); X – затраты на охрану окружающей среды в регионе, млн руб.

Полученная статистическая модель определяет 77 % вариации показателя смертности (для расчета использовались следующие статистические данные: количество умерших в регионе за период, среднегодовая численность населения региона за период, затраты на охрану окружающей среды в регионе за период 2004–2013 гг.). Проверка регрессионной модели проводилась с использованием статистических критериев. Значимость свободного члена проверялась по критерию Стьюдента. При 12 степенях свободы табличное значение t -критерия составляет 2,179; расчетное $t = 11,347$; $t(12) = 11,3476 > 2,179$, то есть коэффициенты регрессии значимы. Адекватность модели в целом проверялась по критерию Фишера: расчетное $F = 6,77$; табличное $F = 4,75$; $F(1, 12) = 6,77 > 4,75$. Полученная модель адекватно описывает связь между затратами на экологию и смертностью на уровне значимости 0,05. Из уравнения (1) следует, что каждые 500 млн руб., вложенных в охрану природы, уменьшают показатель смертности на



Рис. 2. Динамика выбросов загрязняющих веществ по Волгоградской области за 2000–2012 гг.

Примечание. Составлено авторами по: [1].

1 человека. Результаты расчета множественной корреляции [4] показали, что уровень смертности в Волгоградском регионе зависит от затрат на экологию на 78,7 % и от выбросов загрязняющих веществ на 80,4 %. Критерий Стьюдента (19,4984) показал, что коэффициенты регрессии значимы.

В настоящее время на уровне субъектов Федерации представляется возможность построения экономической системы на основе экологических приоритетов через совершенствование системы ЭЭБ. Проведенные исследования позволили сформировать структуру информационно-методического обеспечения ЭЭБ, представленную в таблице 1.

Методы интеллектуального анализа данных используются на разных итерациях процедуры принятия решений (далее – ППР), на входе имитационной модели – на этапах анализа внешней среды и уточнении внутренней структуры; на выходе – в стратегическом планировании и оперативном управлении при интерпретации результатов моделирования и в процедурах выбора. Используемый метод иерархического анализа и синтеза (далее – ИАС) позволяет на основе иерархического подхода, включающего заинтересованных лиц, или, по Т. Саати, акторов, а также критерии и

альтернативы, систематизировать элементы ЭЭБ региона. Построение иерархии для оценки качества ЭЭБ предусматривает выделение критериев верхнего и нижнего уровней. Структура разрабатываемой иерархической модели приведена на рисунке 3.

Математический аппарат используемого метода обеспечивает реализацию этапов анализа и синтеза. На начальном этапе иерархического анализа определяются векторы приоритетов акторов $W_{(E_j^i)}^A$ относительно фокуса иерархии.

На следующем этапе аналогичным образом обрабатываются матрицы попарных сравнений собственно элементов E_j^i . В результате обработки матриц парных сравнений определяется множество векторов приоритетов элементов:

$$W^E = \{W_{(E_j^i)}^E\}. \quad (2)$$

Полученные значения векторов $W_{(E_j^i)}^E$ используются далее при определении векторов приоритетов альтернатив относительно всех элементов иерархии.

На 3-м этапе осуществляется непосредственно иерархический синтез, заключающийся в последовательном определении

Таблица 1

Структура информационно-методического обеспечения эколого-экономической безопасности

Элементы	Сущность
1. Понятие	1.1. Эколого-экономическая безопасность. 1.2. Система поддержки принятия решений. 1.3. Метод иерархического анализа и синтеза. 1.4. Векторы приоритетов альтернатив. 1.5. Сопряжение иерархии
2. Цели и задачи	2.1. Фокус иерархии
3. Программа	3.1. Региональная программа обеспечения эколого-экономической безопасности
4. Система показателей	4.1. Экономические. 4.2. Экологические. 4.3. Эколого-экономические. 4.4. Социальные
5. Модели	5.1. Аналитические. 5.2. Иерархические
6. Инструментарий	6.1. Система поддержки принятия решений. 6.2. Специализированная база данных. 6.3. Иерархические структуры

Примечание. Составлено авторами.

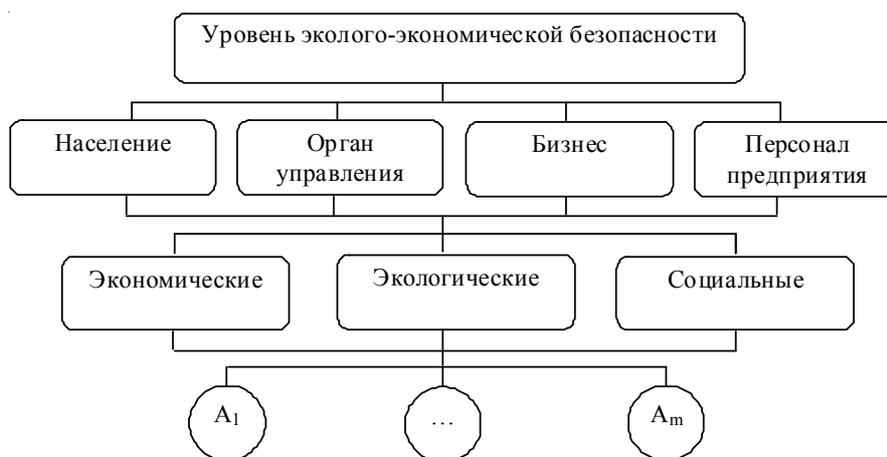


Рис. 3. Иерархия оценки критериев эколого-экономической безопасности

Примечание. Составлено авторами.

нии векторов приоритетов альтернатив относительно элементов E_j^i , находящихся на всех иерархических уровнях. Вычисление векторов приоритетов проводится в направлении от нижних уровней к верхним с учетом конкретных связей между элементами, принадлежащими различным уровням, путем перемножения соответствующих векторов и матриц.

Общий вид выражения для вычисления векторов приоритетов проектных альтернатив A_i определяется следующим образом:

$$W_{E_j^i}^A = [W_{E_1^{i-1}}^A, W_{E_2^{i-1}}^A, \dots, W_{E_n^{i-1}}^A] \cdot W_{E_j^{i-1}}^E, \quad (3)$$

где $W_{E_j^i}^A$ – вектор приоритетов альтернатив относительно элемента E_j^{i-1} , определяющий j -й столбец матрицы; $W_{E_j^{i-1}}^E$ – вектор приоритетов элементов $E_1^{i-1}, E_2^{i-1}, \dots, E_n^{i-1}$, связанных с элементом E_j^i вышележащего уровня иерархии.

Особенностью описанного метода является то, что шкалы, в которых осуществляется оценивание степеней предпочтений вариантов по каждому из критериев, не связаны друг с другом и с приоритетами критериев. Вследствие громоздкости численных расчетов в рамках применяемого математического аппарата, была разработана специализированная компьютерная программа «Информационная система для поддержки принятия решений в сфере экологичес-

кого менеджмента» [4], реализующая алгоритм метода ИАС.

Основные функции разработанной системы ППР: выбор режима работы [Эксперт или лицо, принимающее решение (далее – ЛПР)]; составление иерархии; оценка значимости акторов и критериев (режим Эксперта); решение задачи синтеза на основе выбранной иерархии; оценивание значимости альтернатив количественным или качественным методом; графическая визуализация результатов решения – вектора приоритетов альтернатив (режим ЛПР); хранение иерархий и задач в базе данных.

База данных (далее – БД) разработанной программы состоит из девяти взаимосвязанных таблиц: actor (акторы); actor_rating (оценки акторов); alternative (альтернативы); alternative_rating (оценки альтернатив по критериям); criteria (критерии); criteria_rating (оценки критериев); hierarchy (иерархия – заполняется Экспертом); task (задача – заполняется ЛПР); user (пользователи системы).

Работа программы начинается с выбора роли (Эксперт или ЛПР) и ввода логина и пароля. В режиме Эксперта разработанная система ППР обеспечивает возможности (см. рис. 4): создавать новую иерархию; сохранять иерархию под другим названием; задавать описание иерархии; выбирать требу-

емое количество уровней акторов; вводить перечень акторов; производить сравнение акторов относительно фокуса иерархии или относительно родительской группы акторов; задавать количество уровней критериев; вводить список критериев; задавать тип оценки критериев; задавать минимальное и максимальное значение оценок для критериев количественного типа; оценивать критерии относительно акторов или надкритериев; работать с акторами и критериями иерархий выгод и потерь.

Система позволяет отдельно создавать новую задачу для определенной иерархии, разработанной Экспертом; сохранять задачу под другим названием; задавать описание задачи; вводить список альтернатив; осуществлять оценку альтернатив по критериям иерархий выгод и потерь; рассчитывать итоговые оценки альтернатив по иерархиям выгод и потерь и выводить результат в виде столбцовой диаграммы; строить

трехсекторный график в координатах выгод и потерь для заданных альтернатив. Экспертом в интерактивном режиме определяется относительная мера значимости альтернатив для каждой группы критериев, находящихся в иерархии (экономических, экологических, социальных) и фокуса иерархии (уровень ЭЭБ) (см. табл. 2).

В качестве альтернатив для обеспечения ЭЭБ на примере предприятия нефтеперерабатывающего производства, принимались: A_1 – закрытие или полное перепрофилирование предприятия; A_2 – установка или модернизация средств защиты окружающей среды; A_3 – сохранение status-quo.

Итоговые оценки анализируемых альтернатив, вычисленные с использованием разработанной программы, представлены в форме столбцовых диаграмм на рисунке 5. Представление результатов сравнения альтернатив (A, \dots, A_m) позволяет более наглядно проанализировать их различия в координатах «Вы-

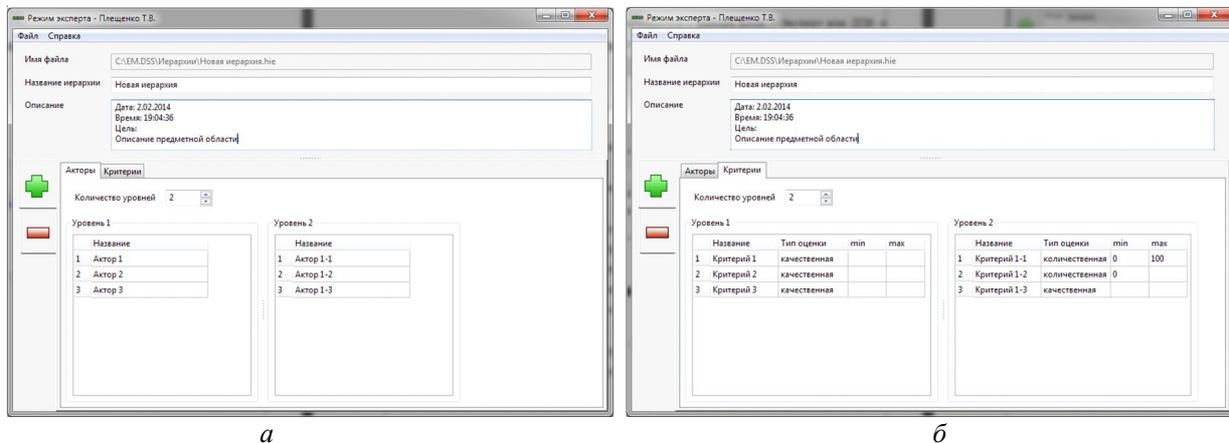


Рис. 4. Рабочее окно системы в режиме Эксперта:

a – работа с акторами; *б* – работа с критериями

Примечание. Составлено авторами.

Таблица 2

Векторы приоритетов критериев относительно акторов

Критерии	Акторы			
	Население	Органы управления	Бизнес	Персонал предприятия
Экономические	0,100	0,163	0,792	0,514
Экологические	0,220	0,297	0,076	0,243
Социальные	0,679	0,539	0,131	0,241

Примечание. Составлено авторами.

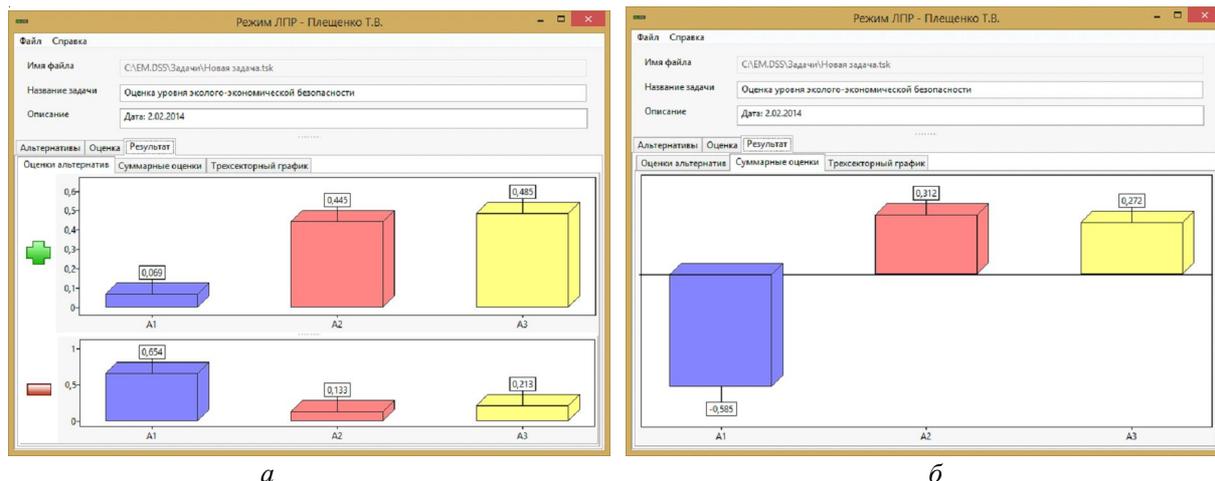


Рис. 5. Вкладка «Оценки альтернатив обеспечения ЭЭБ», представляющая итоговые оценки в виде столбцовых диаграмм:

а – отдельные значения по группам альтернатив; *б* – алгебраическая сумма обеих групп альтернатив

Примечание. Составлено авторами.

годы», «Потери». При оценке выгод доминирует с незначительным преимуществом альтернатива A_3 (0,485) над альтернативой A_2 (0,445), при оценке потерь доминирует (имеет наименьшие потери) альтернатива A_2 (0,133) (см. рис. 5, *а*). При суммарной оценке разности выгод и потерь доминирует альтернатива A_2 (0,313) (см. рис. 5, *б*).

Визуально оценить соотношение выгод и потерь сравниваемых альтернатив можно с помощью трехсекторного графика, изображающего альтернативы в координатах выгод и потерь: высокий риск (соотношение оценок потерь и выгод больше двух), средний риск (от 2 до 0,5) и низкий риск (соотношение меньше 0,5).

В рассматриваемом случае лицу, принимающему решение, следует выбрать альтернативу A_2 , поскольку она превосходит A_3 по уровню потерь и по сравнительным суммарным и относительным показателям, превосходство же альтернативы A_3 по уровню выгод является несущественным. Альтернатива A_1 существенно уступает остальным альтернативам по всем показателям. Таким образом, разработанная система поддержки принятия решений осуществляет свертку экономических и экологических групп факторов в иерархическую модель, позволяющую строить для ЛПР систему ранжированных показателей уровня экологической

безопасности региональных эколого-экономических систем.

Построенная иерархическая модель позволяет лицу, принимающему решение, формировать систему ранжированных показателей, определяющих уровень экологической безопасности региональных эколого-экономических систем, и обеспечить обоснованный выбор проектных альтернатив.

Таким образом, научное обоснование государственной эколого-экономической политики потребовало разработки системы математических моделей, позволяющих описывать процессы техногенного загрязнения окружающей среды. Разработанная на основе построенных математических моделей система поддержки принятия решений позволяет реализовать иерархическую модель, обеспечивающую ЛПР информационно-аналитическую поддержку региональной эколого-экономической безопасности.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области по проекту № 13-06-97075 р_Поволжье_а «Математическое моделирование обеспечения экологической безопасности с учетом трансграничного загрязнения окружающей среды».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загрязнения России. Южный федеральный округ. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://geo.1september.ru/view_article.php?id=200801517 (дата обращения: 10.11.2013). – Загл. с экрана.
2. Калинина, А. Э. Перспективы реализации инновационного сценария развития Волгоградской области: проблемы, оценка / А. Э. Калинина, М. Э. Буянова // Экономика. Управление. Право. – 2012. – № 2 (26). – С. 3–8.
3. Красс, М. С. Экологический фактор в экономических стратегиях / М. С. Красс, В. А. Юрга // Вестник Финансового университета. – 2012. – № 1. – С. 20–33.
4. Плещенко, Т. В. Алгоритмы и процедуры поддержки принятия решений для обоснования параметров безопасности эколого-экономических систем : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Плещенко Татьяна Витальевна. – Кисловодск, 2014. – 24 с.
5. Рогачев, А. Ф. К вопросу об экологической безопасности региона / А. Ф. Рогачев, Н. Н. Скитер // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 1 (44). – С. 404–407.
6. Рогачев, А. Ф. Разработка системы поддержки принятия решений для обоснования параметров эколого-экономических систем / А. Ф. Рогачев, Н. Н. Скитер, Т. В. Плещенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2 (26). – С. 238–242.
7. Скитер, Н. Н. Системное моделирование процессов ограничения техногенного загрязнения среды в условиях глобализации / Н. Н. Скитер, А. Ф. Рогачев, Т. В. Плещенко // Вестник университета (ГУУ). – 2013. – № 3. – С. 91–96.
8. Скитер, Н. Н. Экономико-математическое моделирование минимизации трансграничного загрязнения субъектов Федерации / Н. Н. Скитер, А. Ф. Рогачев, Т. В. Плещенко // Управление экономическими системами. – 2013. – № 12. – № гос. регистрации ст. 0421100034. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://uecs.mcnp.ru>. – Загл. с экрана.
9. Шохнех, А. В. Концепция контроллинга в системе финансового контроля экономической безопасности / А. В. Шохнех, Т. Н. Шиндялова, Д. Р. Мыкоц // Аудит и финансовый анализ. – 2014. – № 1. – С. 22–26.

REFERENCES

1. *Zagryazneniya Rossii. Yuzhnyy federalnyy okrug* [Contamination of Russia. South Federal

District]. Available at: http://geo.1september.ru/view_article.php?id=200801517 (accessed October 11, 2013).

2. Kalinina A.E., Buyanova M.E. *Perspektivy realizatsii innovatsionnogo stseneriya razvitiya Volgogradskoy oblasti: problemy, otsenka* [Prospects for the Implementation of Innovative Development of Volgograd Region: Problems, Assessment]. *Ekonomika. Upravlenie. Pravo*, 2012, no. 2 (26), pp. 3-8.

3. Krass M.S., Yurga V.A. *Ekologicheskiy faktor v ekonomicheskikh strategiyakh* [Environmental Factor in Economic Policies]. *Vestnik Finansovogo universiteta*, 2012, no. 1, pp. 20-33.

4. Pleschenko T.V. *Algoritmy i protsedury podderzhki prinyatiya resheniy dlya obosnovaniya parametrov bezopasnosti ekologo-ekonomicheskikh sistem: avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk* [Algorithms and Procedures for Decision-Making Support to Justify the Security Settings of Ecological and Economic Systems. Cand. econ. sci. abs. diss.]. Kисловодск, 2014. 24 p.

5. Rogachev A.F., Skiter N.N. *K voprosu ob ekologicheskoy bezopasnosti regiona* [On the Ecological Security of the Region]. *Mir nauki, kultury, obrazovaniya*, 2014, no. 1 (44), pp. 404-407.

6. Rogachev A.F., Skiter N.N., Pleschenko T.V. *Razrabotka sistemy podderzhki prinyatiya resheniy dlya obosnovaniya parametrov ekologo-ekonomicheskikh sistem* [Development of a Decision Support System for the Study of Ecological and Economic Systems Parameters]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*, 2012, no. 2 (26), pp. 238-242.

7. Skiter N.N., Rogachev A.F., Pleschenko T.V. *Sistemnoe modelirovanie protsessov ogranicheniya tekhnogennoho zagryazneniya sredy v usloviyakh globalizatsii* [System Modeling of Processes of Anthropogenic Pollution Limitation in the Context of Globalization]. *Vestnik universiteta (GUU)*, 2013, no. 3, pp. 91-96.

8. Skiter N.N., Rogachev A.F., Pleschenko T.V. *Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie minimizatsii transgranichnogo zagryazneniya subyektov Federatsii* [Economic and Mathematical Modeling of Minimization of Transboundary Pollution of the Federal Subjects]. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami*, 2013, no. 12. Available at: <http://uecs.mcnp.ru>.

9. Shokhnekh A.V., Shindyalova T.N., Mykots D.R. *Kontseptsiya kontrollinga v sisteme finansovogo kontrolya ekonomicheskoy bezopasnosti* [The Concept of Controlling in the System of Financial Control of Economic Security]. *Audit i finansovyy analiz*, 2014, no. 1, pp. 22-26.

**HIERARCHICAL ANALYSIS AND MODELING
OF REGIONAL ECO-ECONOMIC SECURITY
IN THE CONDITIONS OF TRANSBOUNDARY POLLUTION**

Skiter Natalya Nikolaevna

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Department of Insurance, Financial and Economic Analysis,
Volgograd State Agrarian University
ckumep@mail.ru
Prosp. Universitetsky, 26, 400002 Volgograd, Russian Federation

Rogachev Aleksey Fruminovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of Department of Mathematical Modelling and Informatics,
Volgograd State Agrarian University
rafr@mail.ru
Prosp. Universitetsky, 26, 400002 Volgograd, Russian Federation

Pleshchenko Tatyana Vitalyevna

Head of Laboratory of the Department of Mathematical Modelling and Informatics,
Volgograd State Agrarian University
groover666777@mail.ru
Prosp. Universitetsky, 26, 400002 Volgograd, Russian Federation

Mironenko Taisiya Nikolaevna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Information Systems in Economics,
Volgograd State Technical University
mirtaisiya@iyandex.ru
Prosp. Lenina, 28, 400005, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The paper analyzes a number of indicators characterizing the ecological and economic conditions of the region. It is established that the environment has moved from the category of exogenous parameters for the economic system in the category of domestic economic performance, that, first of all, changes the structure and nature of the methods of analysis and evaluation of the impact of pollution on the environment. The method of hierarchical analysis, allows you to organize the elements of ecological and economic security of the region. To assess the quality of environmental and economic security of the region, the hierarchy is provided for revealing the criteria of the upper and lower levels. It is substantiated that the economic foundation of regional ecological and economic interests is the ownership of natural resources and the ecological basis – the integrity of the ecosystems of the region. It is proved that the formation and perfection of a security mechanism must be based on the harmonization of ecological and economic interests and the resolution of conflicts between them. The authors propose the original software to support the security settings of ecological and economic systems. The structure and parameters of the developed system, allow for a convolution of the group of economic and environmental factors that influence the quality of management decisions. The authors construct a hierarchical model that allows the decision maker to form a system of ranked indicators determining the level of environmental safety of regional ecological and economic systems, and provides a reasonable selection of design alternatives.

Key words: hierarchical analysis, modeling, parameters, regional system, economic and environmental groups of factors, ecological and economic security.