



DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2014.5.14>

УДК 338:502.3

ББК 65.28-21

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Иванцова Елена Анатольевна

Доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующая кафедрой экологии и природопользования,
Волгоградский государственный университет
Ivantsova.volgu@mail.ru, econecol@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Кузьмин Всеволод Александрович

Кандидат экономических наук,
ассистент кафедры математического моделирования и информатики,
Волгоградский государственный аграрный университет
ash.pochta@rambler.ru
просп. Университетский, 26, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Целью исследований являлось моделирование эколого-экономической безопасности производственных процессов на промышленном предприятии методами нечеткой логики. Предмет исследований – методы моделирования систем эколого-экономической безопасности производственных предприятий, основанные на адаптации теории нечетких множеств к решению данной проблемы. В процессе исследования применялись общенаучные методы и приемы: научная абстракция, анализ, синтез, методы группировки, сравнения и др. Наряду с классическими методами в работе использован инструментарий имитационного моделирования, аппарат нечетких множеств, системы компьютерного моделирования MatLab. Информационно-эмпирическая база исследования формировалась на основе данных Федеральной службы государственной статистики и ее территориальных подразделений, Министерства экономического развития РФ, электронных ресурсов сети Интернет, материалов исследований отечественных и зарубежных ученых, оценок экспертов. В статье представлена авторская методика обеспечения эколого-экономической безопасности на предприятии средствами нечеткой логики, основанная на количественной оценке индикаторов угроз в системе MatLab и визуализации результатов нечетко-множественного моделирования эколого-экономической безопасности. Предложен алгоритм расчета условной

экологической нагрузки на водные ресурсы и атмосферу, позволяющий определить зависимость между затратами на очистку стоков и экономическим ущербом от загрязнения и оценить эффективность различных природоохранных программ, а также проанализировать их влияние на экологическую устойчивость. Разработан комплекс нечетких моделей и осуществлена их программная реализация в системе MatLab Fuzzy Logic Toolbox, что позволило получить интегральную оценку состояния экологической безопасности предприятия и сравнительные характеристики величин этих угроз на основе автоматизированной оценки. Представлена авторская методика и программная реализация оценки эколого-экономической безопасности, проведена проверка адекватности предложенной модели и расчет ее экономической эффективности. Обоснованы рекомендации по укреплению эколого-экономической безопасности промышленных предприятий.

Ключевые слова: математическое моделирование, экологическая безопасность, эколого-экономическая безопасность, методы нечеткой логики, экологизация техносферы.

Осознание необходимости совмещать экологические и экономические интересы, развитие научного подхода к формированию эколого-экономической системы и управления ею с целью достижения и сохранения состояния эколого-экономической безопасности всех объектов, особенно «слабых» звеньев, угроза интересам которых может серьезно повлиять в целом на национальную безопасность государства, все это повышает актуальность выстраивания сложной эколого-экономической системы и формирования эколого-экономической политики государства [2]. Обеспечение развития промышленных предприятий на фоне сокращения возможных угроз их эколого-экономической безопасности является весьма своевременным. Для обеспечения экологической безопасности необходимо четкое понимание масштабов негативного воздействия, а также качественная и количественная оценка экономического ущерба от загрязнения природной среды, что может быть реализовано с помощью математического инструментария, позволяющего моделировать в условиях теоретико-вероятностной природы разнородных величин. Методы теории нечетких множеств являются универсальным средством моделирования, анализа и синтеза интеллектуальных процессов, позволяющим осуществить переход от экспертных систем логического вывода к автоматизированным системам анализа состояния сложных технологических процессов средствами нечеткой логики. Ввиду усложнения современных технических систем и повышения требований к их эколого-эконо-

мической безопасности, разработка математической модели нечеткого вывода является, несомненно, актуальной.

Своеобразное территориальное расположение г. Волгограда и сосредоточенность крупных промышленных предприятий (ЗАО ВМЗ «Красный Октябрь», ОАО «Волгограднефтемаш», ОАО «Волгоградский судостроительный завод», филиал ОАО «Волгоградэнерго» и др.) на правом берегу реки Волги способствуют ее загрязнению. Объемы сброса загрязняющих веществ во многом зависят от режима и интенсивности работы предприятий, их технологических особенностей. Кроме того, на объемы сброса загрязняющих веществ во многом влияет состояние водоочистного оборудования, режим и качество его работы, эффективность использования. Общий объем сброса сточных вод по Волгограду ежегодно составляет 152,4–155,1 млн куб. метров. В составе сточных вод в поверхностные водные объекты поступает более 53,0 тыс. т загрязняющих веществ. Однако загрязнение водных объектов далеко не исчерпывается теми объемами сточных вод, за которыми ведутся наблюдения и которые так или иначе учитываются. Все большую роль в загрязнении водоемов играют дождевые и талые воды, которые смывают с территории промышленных площадок, улиц и площадей города, загрязняющие вредные вещества, образующиеся при работе технологического оборудования, автотранспорта, складов сырья, объектов размещения отходов производства и потребления и т. д. [4]. Кроме того, они заг-

рязняются в результате сорбирования из атмосферного воздуха вредных веществ. Оценивая сложившуюся ситуацию за период 2009–2013 гг. по состоянию поверхностных вод города, можно сделать вывод, что в результате постоянного техногенного воздействия качество воды в р. Волге не отвечает условиям, которые необходимы для восстановления биологической продуктивности водоема, что ведет к сокращению рыбных запасов, деградации водоема и потери его природной привлекательности. Достижение необходимого качества природной воды в р. Волге возможно только при полном прекращении сброса в водоем стоков, не удовлетворяющих требованиям ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Применение теории нечетких множеств позволяет использовать новые методы и возможности для решения задач оценивания экологичности проектов, более точно определять влияние на окружающую природную среду, учитывать качественные характеристики проектов, преобразуя их в численный вид. Применительно к количественным характеристикам экологичности проектов появляются средства для работы с неопределенностью даже в тех случаях, когда имеющейся информации недостаточно, чтобы делать статистические выводы с необходимым уровнем достоверности. С другой стороны, использование аппарата для перехода от нечетких оценок к обычным числам обеспечивает возможность формирования портфеля проектов на основе их нечетких оценок путем ранжирования проектов или решения соответствующей задачи математического программирования.

Многочисленные исследования, связанные с проблемами загрязнения окружающей природной среды, свидетельствуют о том, что существующая ранее практика формирования концепции экологической безопасности промышленных предприятий, которая принимала во внимание только показатели предельно допустимых выбросов/сбросов, постепенно уступает место системной парадигме управления эколого-экономическим ущербом [1; 3; 5; 6]. Анализ центральной, с точки зрения обеспечения экологической безопасности, категории включает как качественную, так и количественную оценку «натурального» и экономического ущерба от загрязнения природной среды,

и может быть реализован с применением различного инструментария, в основном теоретико-вероятностной природы – методов эконометрического и имитационного моделирования, и нового для данного направления – моделирования на основе теории нечетких множеств. Только научно обоснованные результаты анализа эколого-экономического ущерба позволят выработать действенные природоохранные меры, доказать необходимость осуществления проектов экологической направленности и повысить, таким образом, экономическую значимость принимаемых решений.

Проект системы обеспечения эколого-экономической безопасности предусматривает возможность накапливать знания специалистов в данной предметной области и управлять ими при принятии решений. К числу основных требований к данной системе управления знаниями относится возможность практического применения специалистом любого уровня информационной подготовки. При проектировании использовался метод, основанный на иерархично-блочном подходе, основная цель которого сводится к декомпозиции функций и иерархий систем и подсистем. Проектируемая система может быть представлена в следующем виде (см. рис. 1).

Мировым сообществом экологическая безопасность понимается как отсутствие угрозы для окружающей среды, которая представляется как «преобразованная человеком окружающая среда», ставшая сферой его обитания, в которой соблюдается защищенность жизненно важных интересов граждан, общества, государства, а также ресурсов и космического пространства от внутренних и внешних воздействий, негативных процессов, создающих угрозы здоровью людей, биологическому разнообразию и устойчивому функционированию экологических систем и выживанию человечества. Эколого-экономическая безопасность – это сочетание экономических, социальных и экологических условий и факторов, которые обеспечивают устойчивое и эффективное развитие общества, направленное на улучшение качества жизни людей и состояния окружающей природной среды (см. рис. 2).

В основу исследования сущности эколого-экономической безопасности был положен динамический подход, как способ изучения

объектов и явлений в процессе изменения во времени самих объектов, процессов, их эле-

ментов и соотношений между ними. Состояние того или иного объекта эколого-экономи-

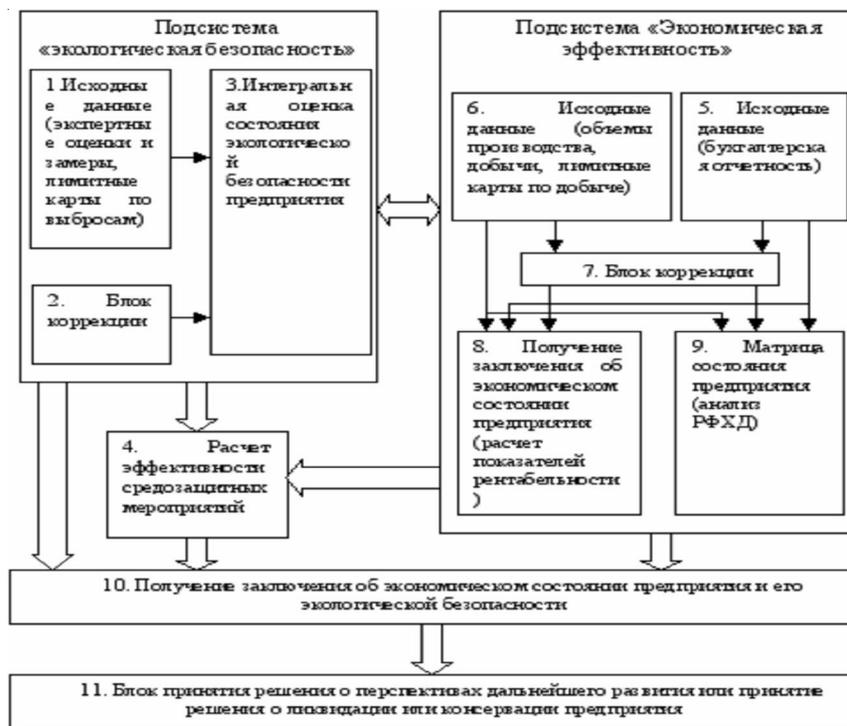


Рис. 1. Структурная схема модели эколого-экономически безопасного производства

Примечание. Составлено авторами.

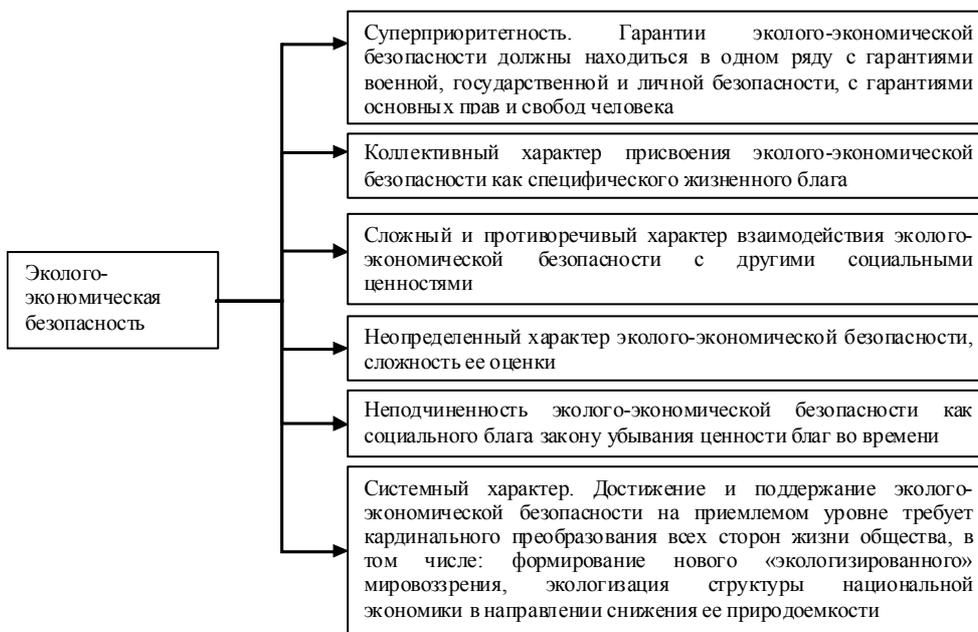


Рис. 2. Особенности эколого-экономической безопасности

Примечание. Составлено авторами.

ческой безопасности может быть оценено как качественными, так и количественными критериями и показателями (рис. 2).

Моделирование подобных систем позволяет получить сравнительные характеристики этих величин. Для этого нет необходимости измерять точный «потребительский излишек», достаточно определить площадь под грубо оцененной функцией спроса. В новых условиях разработки экологической политики более привлекательными стали малозатратные (затратоэффективные) регулирующие меры.

Современное состояние в сфере защиты окружающей среды и повышения экологичности производств характеризуется возрастанием роли экономической науки в формировании и развитии экологической политики. С начала 90-х гг. политические и общественные условия благоприятствуют внедрению рыночных методов для решения социальных программ. В большинстве стран общественное мнение склоняется в сторону рыночного стимулирования экологизации техносферы для достижения социальных целей. В современном научном мире поставлена задача сохранения среды наряду с экономическим ростом, что влечет необходимость создания в системе экономической статистики нового единого информационного пространства, способного отразить в себе 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 показате-

ли, во второй – натуральные, физические. Такая ситуация, сложившаяся в статистике, отражала общий взгляд на окружающую среду, как на нечто внешнее по отношению к экономике. Однако именно статистические исследования 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. Таким образом, 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 (см. рис. 3).

Исследование эколого-экономической безопасности с позиций системного подхода позволяет рассмотреть процесс ее обеспечения, как некую целостность, проявляющуюся в рамках экономических систем. Обеспечение эколого-экономической безопасности как системы характеризуется: большим числом выполняемых функций, параметров и результатов функционирования; сложностью поведения системы, которая отражается в наличии переплетающихся и перекрывающихся взаимосвязей между переменными; неравномерными и непостоянными во времени внешними воздействиями; постоянной пространственной и временной связью, что проявляется при взаимодействии элементов системы и фиксируется в виде определенной структуры; отражением взглядов, целей и ценностей субъектов хозяйствования; отсутствием зависимости структуры и характера взаимосвязей меж-

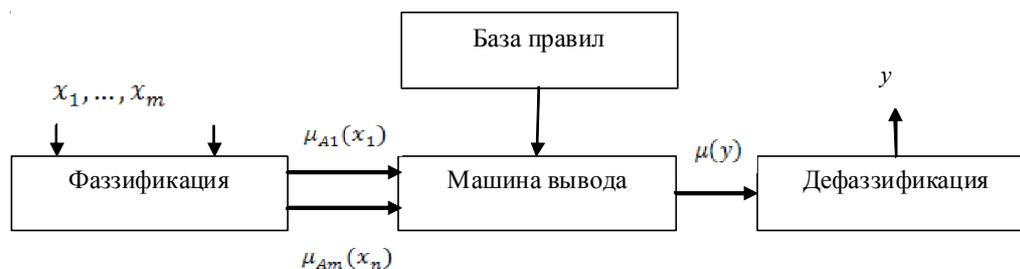


Рис. 3. Структура неформальной нечеткой системы

Примечание. Составлено авторами.

ду элементами от уровня и типа развития экологической системы.

На первом этапе моделирования эколого-экономической безопасности в результате экспертной оценки были определены предельные критические и высокие значения для каждого индикатора. Формализацию индикаторов, задаваемых на качественном уровне, также следует провести на основе функций принадлежности (рис. 3).

На следующем этапе моделирования эколого-экономической безопасности были определены предельные, критические и высокие значения уровня эколого-экономической безопасности для определения формы функции принадлежности, ассоциированных с каждой переменной, она может быть описана в универсальной форме аппроксиматоров:

$$y(x) = \sum_{i=1}^N \phi_i(x) * \theta_i.$$

Таким образом, использование математического моделирования на основе нечеткого вывода позволило оценить экологическую обстановку окружающей среды, контролировать эколого-экономическую безопасность предприятия.

Используемый алгоритм описывает несколько последовательно выполняющихся этапов (рис. 4). При этом каждый последующий этап получает на вход значения, полученные на предыдущем шаге.

Алгоритм работает по принципу «черного ящика». На вход поступают количе-

ственные значения, на выходе они же. На промежуточных этапах используется аппарат нечеткой логики и теория нечетких множеств.

В этом и состоит преимущество использования нечетких систем. Можно манипулировать привычными числовыми данными, но при этом использовать гибкие возможности, которые предоставляют системы нечеткого вывода. Данный подход позволяет осуществлять зонирование угроз эколого-экономической безопасности.

Модель эколого-экономической безопасности в нашем исследовании представляет собой основные принципы и направления реализации мероприятий на различных уровнях производственной и коммерческой деятельности. Программная реализация разработанного комплекса нечетких моделей осуществлена в системе Mat Lab Fuzzy Logic Toolbox.

Дальнейшее решение поставленной проблемы требует нечеткой характеристики всех переменных, участвующих в построении системы принятия решений. Известно, что нечеткие свойства представляемы двумя понятиями и их свойствами: нечеткой переменной и лингвистической переменной.

Для данной модели были определены следующие результативные переменные «Коэффициент загрязненности», «Экономический эффект». Они имеют следующие нечеткие характеристики: «Взвешенные вещества», «ХПК», «БПК», «Азот», «Фосфаты», «Нефте-



Рис. 4. Алгоритм деятельности процесса нечеткого вывода

Примечание. Составлено авторами.

продукты». Для каждого компонента термножества T , представляющего нечеткую переменную $\alpha_i (i = 1, 2, 3)$, следует построить нечеткое множество A_i . Компонентами этого множества являются возможные значения нечеткой переменной α_i . Принадлежность этих значений множеству, определяемому семантикой термина α_i , задается функцией принадлежности.

Таким образом, функция принадлежности представляет собой отображение $\mu_A(x) \rightarrow [0,1], x \in X$. Функция принадлежности элемента x нечеткому множеству A интерпретируется как субъективная мера. Под субъективной мерой понимается определенная опросом экспертов степень соответствия элемента x понятию, формализованному нечетким множеством A . Вычисление степеней принадлежности $\mu_A(x_i), x_i \in X$ проводится на основании алгоритма обработки матрицы парных сравнений $M = \|m_{ij}\|$. Элементы этой матрицы представляют собой оценки экспертов, насколько элемент x_i более значим для понятия, описываемого нечетким множеством A , чем элемент x_j .

В соответствии с этим алгоритмом построенные функции принадлежности для лингвистической переменной («К_загрязненности», T, X), где $T = \{\text{«низкая загрязненность»}, \text{«средняя загрязненность»}, \text{«высокая загрязненность»}\}$, $X = \{0, 100\}$ – базовое множество.

Аналогичным образом строятся функции принадлежности для остальных элементов множества факторов. Заметим, что процедура построения функций принадлежности представляет собой этап фаззификации множества предпосылок, конкретизированные значения которых определяют значения следствий, выводимых в процедуре нечеткого логического вывода.

Механизм логического вывода включает четыре этапа: введение нечеткости (фаззификация), нечеткий вывод, композиция и приведение к четкости (дефаззификация). Приведенная схема укладывается в алгоритм вывода Мамдани. Из четырех этапов в предыдущем разделе реализованы два. Остается раскрыть этапы собственно вывода на основе конкретизации состояния системы и дефаззификации, то есть вычисления «четких» значений для факторов, определяющих принимаемые решения.

Сделаем предположения о текущем состоянии системы. Пусть текущее значение y равно 0,5 на относительной шкале. Этому значению y соответствуют значения $\mu_y^{PB}(0,5) = 0,6$ и $\mu_y^Z(0,5) = 0,9$ на функциях принадлежности, помеченных Z и PB . Поскольку $\mu_y^Z(0,5) > \mu_y^{PB}(0,5)$, то активными являются правила 3 и 4, из которых следуют значения PB и Z термов лингвистических переменных x_1 и x_2 соответственно.

Проанализируем сформулированную базу правил. Правила 1 и 2 построены с помощью оператора И.

Поскольку правило 3 имеет коэффициент достоверности 0,7, то его активизация приводит к нечеткому множеству по x_1 , ограничение которого сверху определяется произведением $F_3 = 0,7$ на степень принадлежности 0,9, получим функцию принадлежности μ' , ограниченную сверху значением 0,63.

Правило 4 имеет составное заключение. Поскольку логическая связка представлена оператором И, то функция принадлежности высказывания в заключении есть $\mu'' = \min\{\mu(x_1), \mu(x_2)\}$.

Функцию принадлежности заключения активизированного правила необходимо умножить на коэффициент уверенности этого правила 0,9, в результате получим функцию принадлежности μ'' .

Правила 3 и 4 аккумулируют функцию принадлежности, которая представляет собой композицию функций принадлежности заключений этих правил – μ' , μ'' . Композиция определяется операцией max-дизьюнкции от μ' , μ'' , функция принадлежности которой изображена на рисунке 5 (вертикальная штриховка).

Четкому значению $y = 0,5$ следует поставить в соответствие четкие значения x_1 и x_2 . Для этого проведем дефаззификацию лингвистических переменных с помощью метода определения центра масс некоторой области, ограниченной функцией принадлежности:

$$x_{ц.м.} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)}$$

Для функции принадлежности (вертикальная штриховка) это четкое значение равно 3,65 по относительной шкале. Перевод к абсолютным значениям даст $x_1 \approx 910$ и $x_2 \approx 36,5$ (в со-

ответствующих единицах для этих переменных). Продолжая исследование других правил, можно получить числовые значения остальных факторов, обеспечивающих в совокупности достаточный уровень целевой функции.

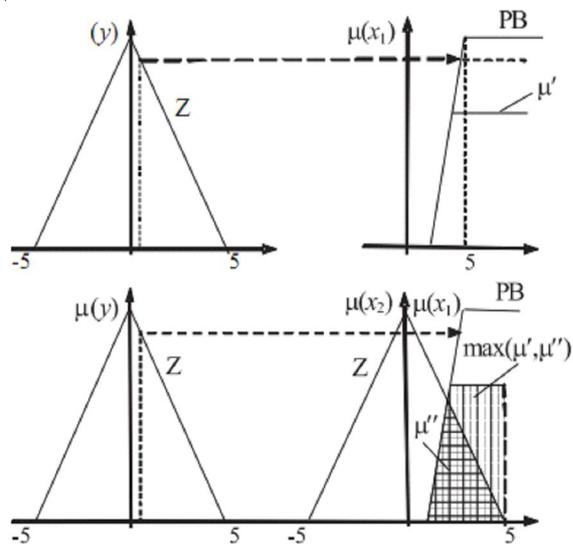


Рис. 5. Дефаззификация логического вывода

Примечание. Составлено авторами.

В результате проведенных исследований был предложен алгоритм расчета условной нагрузки для каждого источника загрязнения. Экспериментальная часть исследования проводилась на показателях условной нагрузки на водные ресурсы и атмосферу, которые были приняты в качестве индикаторов эколого-экономической безопасности исследуемых отраслей промышленности. Составляющие показателей условной нагрузки характеризуют загрязненность стоков, их объем и размещение. Их анализ позволяет дифференцировать отрасли промышленности с помощью коэффициентов условной нагрузки. На базе рассчитанных коэффициентов в трех точках (фактическая, нормативная очистка и уровень передовых предприятий) была охарактеризована зависимость между затратами на очистку стоков и экономическим ущербом от загрязнения. Функция ущерба в зависимости от затрат на очистку в общем виде (для всех отраслей) убывающая и нелинейная.

Экспериментальные расчеты по модели дали возможность проследить реакцию промышленной сферы на осуществление различных природоохранных программ и проанали-

зировать их влияние на экологическую устойчивость. Программы различаются конечными целями: достижением во всех отраслях передового (I, II варианты) либо нормативного (III) уровня очистки сточных вод, а также заданных траекторий развития процессов очистки. Один из вариантов (V) состоит в выходе на передовой уровень очистки сточных вод не во всех отраслях, а только в четырех (химическая, лесная, легкая и пищевая), поскольку здесь создается 80 % нагрузки на реципиентов в начале планового периода. Для проверки адекватности модели изменялись следующие параметры: вид функции принадлежности (треугольная, трапецевидная, параболическая, гауссова) и степень их нечеткости (базис или альфа-срез), способ задания t -оператора (Заде, вероятностные, Лукасевича, Швайцера-Скляра), способ задания самого нечеткого вывода (аппроксимация Мамдани, формальнологический), количества термов входных и выходных переменных.

В результате проведенных исследований было установлено, что увеличение количества итераций работы алгоритма, точности и количества термов уменьшает ошибку, увеличивая при этом время работы алгоритма. Увеличение количества итераций с 50 до 500 уменьшает максимальную ошибку вывода в 1,4 раза, но увеличивает время работы алгоритма в 12 раз. Увеличение точности определения параметров функций принадлежности с 0,1 до 0,001 уменьшает максимальную ошибку вывода в 33,7 раза и увеличивает время работы алгоритма в 9,6 раза. Ошибка аппроксимации тестовых функций нечеткой системой, параметры которой оптимизированы с помощью нечеткой логики, не превышает ошибку, полученную при оптимизации на основе стандартных методов. Формализацию индикаторов, задаваемых на качественном уровне, также следует провести на основе функций принадлежности (см. рис. 6, 7).

Способы обеспечения эколого-экономической безопасности предприятия – это набор мер и система организации их выполнения и контроля, которые позволяют достигать наиболее высоких значений уровня эколого-экономической безопасности предприятия. На рисунке 7 приведен алгоритм обеспечения эколого-экономической безопасности про-

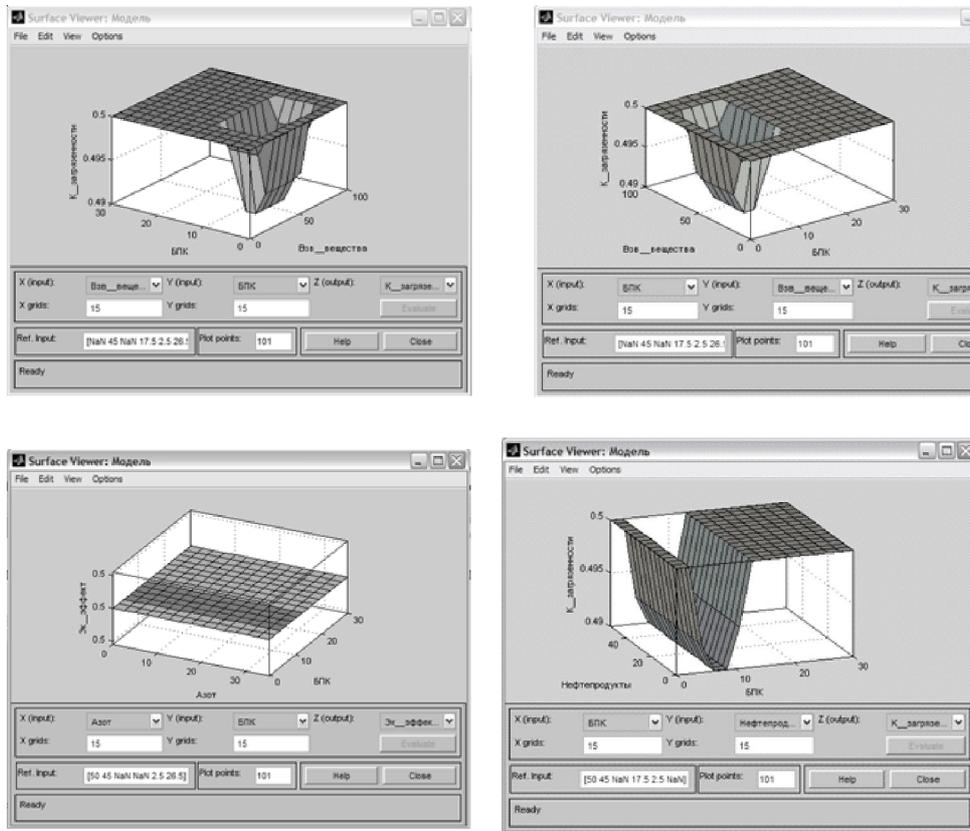


Рис. 6. Визуализация индикаторов эколого-экономической безопасности в системе Mat Lab Fuzzy Logic Toolbox
 Примечание. Составлено авторами.



Рис. 7. Алгоритм обеспечения эколого-экономической безопасности промышленных предприятий
 Примечание. Составлено авторами.

мышленных предприятий, направленный на анализ текущего состояния компании, выявление угроз и разработку превентивных мероприятий.

В качестве мероприятий по укреплению эколого-экономической безопасности промышленных предприятий ЗАО ВМЗ «Красный Октябрь», ОАО «Волгограднефтемаш», ОАО «Волгоградский судостроительный завод», филиал ОАО «Волгоградэнерго» и других может быть рекомендована их модернизация в части основных фондов, что приведет к повышению общей эколого-экономической безопасности на 23 %. Внедрение инновационных технологий совместно с модернизацией позволит увеличить данный показатель на 18 %. Увеличение платежей за загрязнение на 25 % приведет к уменьшению уровня эколого-экономической безопасности на 3 %. Внедрение проекта по очистке и использованию сточных вод в системе оборотного водоснабжения послужит ростом уровня эколого-экономической безопасности на 13 %. Итоговым этапом оценки текущего уровня обеспечения эколого-экономической безопасности предприятий является комплексный анализ целесообразности реализованных мероприятий по предотвращению ущербов и минимизации потерь, а также влияние эффективности принятых мер на уровень прибыли (дохода) промышленного предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баширова, А. А. Формирование стратегии регионального развития с позиций эколого-экономической сбалансированности / А. А. Баширова // Экономика и управление. – 2010. – № 11. – С. 87–90.
2. Булетова, Н. Е. Эколого-экономическая безопасность: природа, содержание и проблемы диагностики в регионах России / Н. Е. Булетова. – Волгоград: Волгогр. фил. РГТЭУ, 2013. – 220 с.
3. Деревянко, П. М. Нечеткое моделирование деятельности предприятия и оценка риска принятия стратегических финансовых решений в условиях неопределенности / П. М. Деревянко // Современные проблемы прикладной информатики: I науч.-практ. конф., 23–25 мая 2005 г.: сб. докл. – СПб.: СПбГИЭУ, 2005. – С. 81–83.
4. Иванцова, Е. А. Экологические проблемы применения пестицидов / Е. А. Иванцова, Ю. В. Калуженкова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – № 1. – С. 41–46.
5. Хачумов, С. В. Математическое моделирование экологических систем и процессов / С. В. Хачумов // Экологические системы и приборы. – 2002. – № 5. – С. 38–44.
6. Хоружая, Т. А. Оценка экологической опасности / Т. А. Хоружая. – М.: Книга-сервис, 2002. – 208 с.

REFERENCES

1. Bashirova A.A. Formirovanie strategii regionalnogo razvitiya s pozitsiy ekologo-ekonomicheskoy sbalansirovannosti [The Formation of Regional Development Strategy From the Standpoint of Ecological and Economic Balance]. *Ekonomika i upravlenie*, 2010, no. 11, pp. 87-90.
2. Buletova N.E. *Ekologo-ekonomicheskaya bezopasnost: priroda, sodержание i problemy diagnostiki v regionakh Rossii* [Ecological and Economic Security: Nature, Content and Problems of Diagnostics in the Regions of Russia]. Volgograd, Volgogradskiy filial RGTEU Publ., 2013. 220 p.
3. Derevyanko P.M. Nechetkoe modelirovanie deyatel'nosti predpriyatiya i otsenka riska prinyatiya strategicheskikh finansovykh resheniy v usloviyakh neopredelennosti [Fuzzy Modeling of Enterprise Activity and Risk Assessment for Making Strategic Financial Decisions in Conditions of Uncertainty]. *Sovremennye problemy prikladnoy informatiki: 1 nauchno-prakticheskaya konferentsiya, 23-25 maya 2005 g.* [Modern Problems of Applied Informatics: 1st Science and Practice Conference, May 23-25, 2005]. Saint Petersburg, SpbgieU Publ., 2005, pp. 81-83.
4. Ivantsova E.A., Kaluzhenkova Yu.V. *Ekologicheskie problemy primeneniya pestitsidov* [Environmental Problems of Pesticides Use]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*, 2008, no. 1, pp. 41-46.
5. Khachumov S.V. *Matematicheskoe modelirovanie ekologicheskikh sistem i protsessov* [Mathematical Modeling of Ecological Systems and Processes]. *Ekologicheskie sistemy i pribory*, 2002, no. 5, pp. 38-44.
6. Khoruzhaya T.A. *Otsenka ekologicheskoy opasnosti* [The Assessment of Environmental Danger]. Moscow, Kniga-servis Publ., 2002. 208 p.

MANAGEMENT OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC SECURITY
OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Ivantsova Elena Anatolyevna

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Ecology and Nature Management,
Volgograd State University
Ivantsova.volgu@mail.ru, econecol@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Kuzmin Vsevolod Aleksandrovich

Candidate of Economic Sciences,
Assistant, Department of Mathematical Modeling and Informatics,
Volgograd State Agrarian University
Ivantsova.volgu@mail.ru, econecol@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 26, 400002 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The purpose of this study was the modeling of ecological and economic security of production processes in an industrial plant using methods of fuzzy logic. The subject of the research – methods of modeling systems of ecological and economic security of industrial enterprises, based on the adaptation of fuzzy set theory to solve this problem. In the research process the following scientific methods and techniques were applied: scientific abstraction, analysis, synthesis, methods of grouping, comparison, etc. Along with the traditional methods the authors used the tools for simulation modeling, fuzzy sets systems, computer simulation MatLab. The informational and empirical basis of the research was formed on the basis of the data of the Federal service of state statistics and its territorial subdivisions of the Ministry of economic development of the Russian Federation, e-resources of the Internet, the research by Russian and foreign scientists, experts' assessments. The article presents the author's method of ensuring ecological and economic security in the enterprise by means of fuzzy logic, based on the quantitative assessment of indicators of threats in MatLab and results of visualization of fuzzy-multiple modeling of ecological and economic security. The algorithm of calculation of the conditional environmental pressures on water resources and the atmosphere, allowed to determine the dependence between the cost of wastewater treatment and economic damage from pollution and to evaluate the effectiveness of various conservation programs, and to analyze their impact on environmental sustainability. The authors also develop complex fuzzy models and implemented their software in the MatLab Fuzzy Logic Toolbox, which allowed to obtain an integrated assessment of the state of the enterprise environmental safety and comparisons of the values of these threats based on assessment. The author presents the author's methodology and the evaluation of software implementation of ecological and economic security, the adequacy of the proposed model and the calculation of its economic efficiency.

Key words: mathematical modeling, environmental safety, ecological and economic security, methods of fuzzy logic, technosphere greening.