

На правах рукописи

Долженко Елена Николаевна

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ
(на примере предприятий г. Норильска)**

05.13.10 – управление в социальных и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул – 2007

Работа выполнена на кафедре экономики, менеджмента и организации производства ГОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Труш Марина Александровна

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор
Алгазин Геннадий Иванович
кандидат технических наук, доцент
Михайлов Алексей Васильевич

Ведущая организация: Институт водных и экологических проблем
СО РАН, г. Барнаул

Защита диссертации состоится 12 ноября 2007 г. в 16⁰⁰ часов на заседании регионального диссертационного совета КМ 212.004.01 в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по адресу: г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Автореферат разослан 10 октября 2007 г.

Учёный секретарь регионального
диссертационного совета
кандидат экономических наук, доцент



А. Г. Блем

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одной из наиболее острых международных проблем является проблема улучшения окружающей человека природной среды. Научно-технический прогресс привел не только к появлению новых эффективных технологий, но и к увеличению техногенного давления на природу, а также к расходованию до опасной черты не возобновляемых природных ресурсов. Наиболее интенсивно загрязняются городские и пригородные территории, промышленные зоны. Особо остро проблема экологической безопасности стоит перед рядом российских регионов и, в частности, перед г. Норильском, который занимает первое место среди российских городов с наибольшим загрязнением территории.

Для промышленных предприятий в данной ситуации очень важно соблюсти баланс между экологической безопасностью, требующей значительных денежных затрат, и экономической эффективностью деятельности хозяйствующего субъекта, обеспечить разумный компромисс между производственными целями и их экологическими последствиями.

Одним из путей решения этой задачи является разработка компьютерных моделей поддержки принятия управленческих решений в области экологического менеджмента.

Вопросам совершенствования экологического менеджмента посвящены работы как российских так и зарубежных ученых, таких как Акимова Т.А., Арент К.П., Голуб А.А., Данилов-Данильян В.И., Диксон Д., Скура Л., Карпентер Р., Шерман П., Касьянов П.В., Липенков А.Д., Рюмина Е.В., Шахрамьян М.А. и др. Однако, несмотря на значительное количество публикаций, до настоящего времени отсутствуют общепринятые методы комплексной оценки экологической безопасности того или иного промышленного предприятия, отсутствуют механизмы, позволяющие сравнить два или более предприятий по степени их экологической безопасности. Разработаны критерии оценки отдельных составляющих экологической безопасности, что же касается её комплексной оценки, то здесь требуются дальнейшие исследования, которые представляются актуальной задачей совершенствования экологического менеджмента.

Задача комплексной оценки экологической безопасности промышленного предприятия относится к классу трудно формализуемых задач. Для решения таких задач все шире используются экспертные системы, инструментальные средства искусственного интеллекта и нейроинформатики, методы и модели оценки состояния объектов управления. В этом направлении известны работы ученых Бобко И.М., Владовского И.М., Горбаня А.Н., Заде Л., Кузина Б.И., Месаровича М., Поспелова Д.А., Пятковского О.И., Силича В.А. и др. Труды этих ученых, а также опыт научных и проектных организаций по проблемам разработки информационных технологий искусственного интеллекта являются теоретической базой для построения аналитической информационной системы оценки экологической безопасности промышленного предприятия.

Цель диссертационного исследования –разработка моделей, алгоритмов, информационных технологий и специализированных программных средств комплексной оценки экологической безопасности и поддержки принятия решений в системе экологического менеджмента промышленного предприятия.

В процессе достижения цели были решены **следующие задачи**:

- на основе анализа теории и практики экологического менеджмента промышленного предприятия определены направления его совершенствования на базе использования современных информационных технологий;

- проанализированы современные подходы к моделированию и методам решения неформализованных задач в информационных системах поддержки принятия решений и возможности их адаптации применительно к системам экологического менеджмента;

- в рамках концепции построения систем сбалансированных показателей с использованием гибридных экспертных систем разработаны модель, методы и алгоритмы комплексной оценки экологической безопасности промышленного предприятия;

- разработана автоматизированная информационная система экологического менеджмента промышленного предприятия, включающая модули: «Комплексная оценка экологической безопасности», «Оценка качества экологического менеджмента», «Текущий мониторинг экологической обстановки», «Экологическая отчетность»;

- проведены вычислительные эксперименты и внедрение разработанной системы на двух промышленных предприятиях г. Норильска.

Объектом исследования является экологический менеджмент промышленного предприятия,

Предметом исследования – математические модели, алгоритмы и информационные системы экологического менеджмента промышленного предприятия.

Методологическую и теоретическую базу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам экологического менеджмента и системам искусственного интеллекта. Нормативной и информационной базой работы явились законодательные и нормативные документы Российской Федерации, Красноярского края, статистические данные, материалы научных статей и периодической печати. Фактическими материалами исследования послужили данные Госкомитета по статистике, годовые отчеты промышленных предприятий Красноярского края.

Достоверность полученных в диссертации результатов базируется на использовании методов научной абстракции, дедукции и индукции, анализа и синтеза, системного и ситуационных подходов. В качестве инструмента исследования применялись методы системного анализа, теории управления, разработки и создания АСУП, экономико-математического моделирования, экспертных оценок и гибридных экспертных систем.

Научная новизна данного исследования состоит в следующем:

- сформирован методический подход к комплексной оценке деятельности промышленного предприятия на основе концепции системы сбалансированных показателей с использованием систем искусственного интеллекта;
- разработана модель экологической составляющей деятельности промышленного предприятия в виде дерева (системы) сбалансированных эколого-экономических показателей;
- разработаны критерии, модель, методы и алгоритмы комплексной оценки экологической безопасности промышленного предприятия и комплексной оценки качества экологического менеджмента;
- разработана экономико-математическая модель формирования плана мероприятий промышленного предприятия, направляемых на повышение его экологической безопасности.

Практическая значимость результатов исследования заключается в доведении их до методических рекомендаций, алгоритмов и компьютерных программ, в частности разработаны автоматизированная аналитическая информационная система и специализированное программное обеспечение, предназначенные для информационной поддержки принятия решений в системах экологического менеджмента промышленных предприятий.

Полученные результаты апробированы на ряде промышленных предприятий г. Норильска и могут быть рекомендованы к использованию на других промышленных предприятиях. Материалы диссертационного исследования используются при чтении курсов «Экологический менеджмент», «Анализ хозяйственной деятельности» для студентов Норильского индустриального института.

Автор выносит на защиту:

1. Методический подход к формированию системы сбалансированных показателей промышленного предприятия, в том числе, экологической составляющей деятельности предприятия.
2. Методы и алгоритмы комплексной оценки экологической безопасности и оценки качества экологического менеджмента промышленного предприятия.
3. Модель формирования плана мероприятий промышленного предприятия, направленных на повышение экологической безопасности его функционирования.
4. Структуру, функции и архитектуру информационной системы поддержки принятия решений в системе экологического менеджмента промышленного предприятия.

Апробация работы. Основные положения, выводы и рекомендации, изложенные в работе, докладывались и обсуждались на Всероссийской конференции «Технические науки, технологии и экономика» (г. Чита, 2002 г.), региональной научно-практической конференции «Социально-экономическое развитие Норильского промышленного района и Таймыра» (г. Норильск, апрель 2004 г.), региональной научно-технической конференции, посвященной 70-летию Норильского горно-металлургического комбината (г. Норильск, апрель, 2005 г.), 2-ой международной заочной конференции «Глобальный научный потенциал» (23-24 июня 2006 г.), научно-технической конференции «Молодые ученые Норильского промышленного района – Российскому Северу» (февраль, 2006 г.)

Публикации. Основные положения, обобщения и выводы исследования изложены в семи публикациях объемом 1,8 печатного листа.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка используемой в диссертации литературы. Работа изложена на 134 страницах, включает 15 таблиц и 34 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, раскрывается общее состояние и степень ее изученности, определяются объект, предмет, цель и задачи исследования, излагаются теоретические и методологические подходы к рассмотрению проблемы, обосновывается научная новизна и практическая значимость работы, раскрываются положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ систем экологического менеджмента на отечественных промышленных предприятиях» уточнено место экологического менеджмента в системе управления предприятием, проведен анализ существующего экологического управления на отечественных промышленных предприятиях, исследован зарубежный опыт экологического менеджмента и на основе проведенного анализа сформированы направления совершенствования экологического менеджмента на промышленных предприятиях.

Промышленное предприятие рассматривается как основной элемент эколого-экономической системы, под которой понимается совокупность взаимосвязанных (посредством потоков вещества, энергии и информации) производственных, социальных, природных структур и процессов, расположенных на определенной территории. Это обуславливает необходимость выделения в структуре управления промышленным предприятием подсистемы управления экологической составляющей его деятельности.

В диссертационной работе проанализированы экономические инструменты в сфере природопользования и охраны окружающей среды, этапы становления экологического менеджмента на отечественных промышленных предприятиях, зарубежный опыт в сфере охраны природы и экологического менеджмента.

Проведенный опрос руководителей крупных промышленных предприятий выявил с одной стороны осознание руководителями предприятий важности экологической составляющей, а с другой стороны, практическое отсутствие действенного экологического менеджмента на большинстве предприятий.

На основе проведенного анализа сформулированы направления совершенствования экологического менеджмента на отечественных промышленных предприятиях.

Одним из основных направлений развития в области экологического менеджмента является **создание на предприятиях комплексных систем управления экологической безопасностью, решающих задачи**

оперативного получения, сбора и обработки данных о режимах работы и параметрах источников загрязнения, постоянного контроля негативного воздействия промышленных объектов на окружающую среду, сопоставления его уровней с допустимыми, выявления и локализации загрязненных зон, оценки и прогноза развития экологической ситуации.

Центральное место в системе экологического менеджмента занимает задача **оценки экологической безопасности** промышленного предприятия. Проведенный анализ показывает, что до настоящего времени разработаны критерии оценки только отдельных составляющих экологической безопасности, поэтому мы считаем, что **разработка методов комплексной оценки экологической безопасности промышленного предприятия является первоочередной задачей совершенствования экологического менеджмента.**

Эффективное решение задач экологического менеджмента невозможно без наличия качественной информационной системы поддержки принятия управленческих решений. Анализ практической деятельности экологических служб промышленных предприятий, а также рынка программных продуктов показывает, что вопрос информационной составляющей экологического менеджмента пока не нашел требуемого решения. В связи с этим актуальной представляется **разработка типовой автоматизированной системы экологического менеджмента, обеспечивающей информационную поддержку всех задач экологического менеджмента промышленного предприятия.**

Во второй главе «Модели, методы и алгоритмы оценки экологической безопасности промышленного предприятия» предложен подход к формированию комплексной оценки функционирования промышленного предприятия на основе системы сбалансированных показателей (ССП). С использованием экспертных систем построены модели и разработаны алгоритмы оценки экологической безопасности промышленного предприятия, а также модели и алгоритмы оценки качества экологического менеджмента промышленного предприятия. В этой же главе представлены модели формирования плана мероприятий направленных на улучшение экологических показателей деятельности предприятия.

Автором диссертации совместно с Л.В. Верещагиной предложена адаптация концепции СПП применительно к отечественным промышленным предприятиям. В рамках этой концепции автором построена система сбалансированных экологических показателей предприятия в виде дерева показателей, представляющего собой связный пяти уровневый граф (рисунок 1). На нижнем (первом уровне) отображаются первичные учетные показатели; на втором уровне – агрегированные первичные учетные показатели, получаемые из показателей первого уровня по расчетным формулам; на третьем уровне – множество исходных аналитических показателей, образованных на основе учетных показателей по известным расчетным формулам. Четвертый уровень составляют аналитические показатели оценки

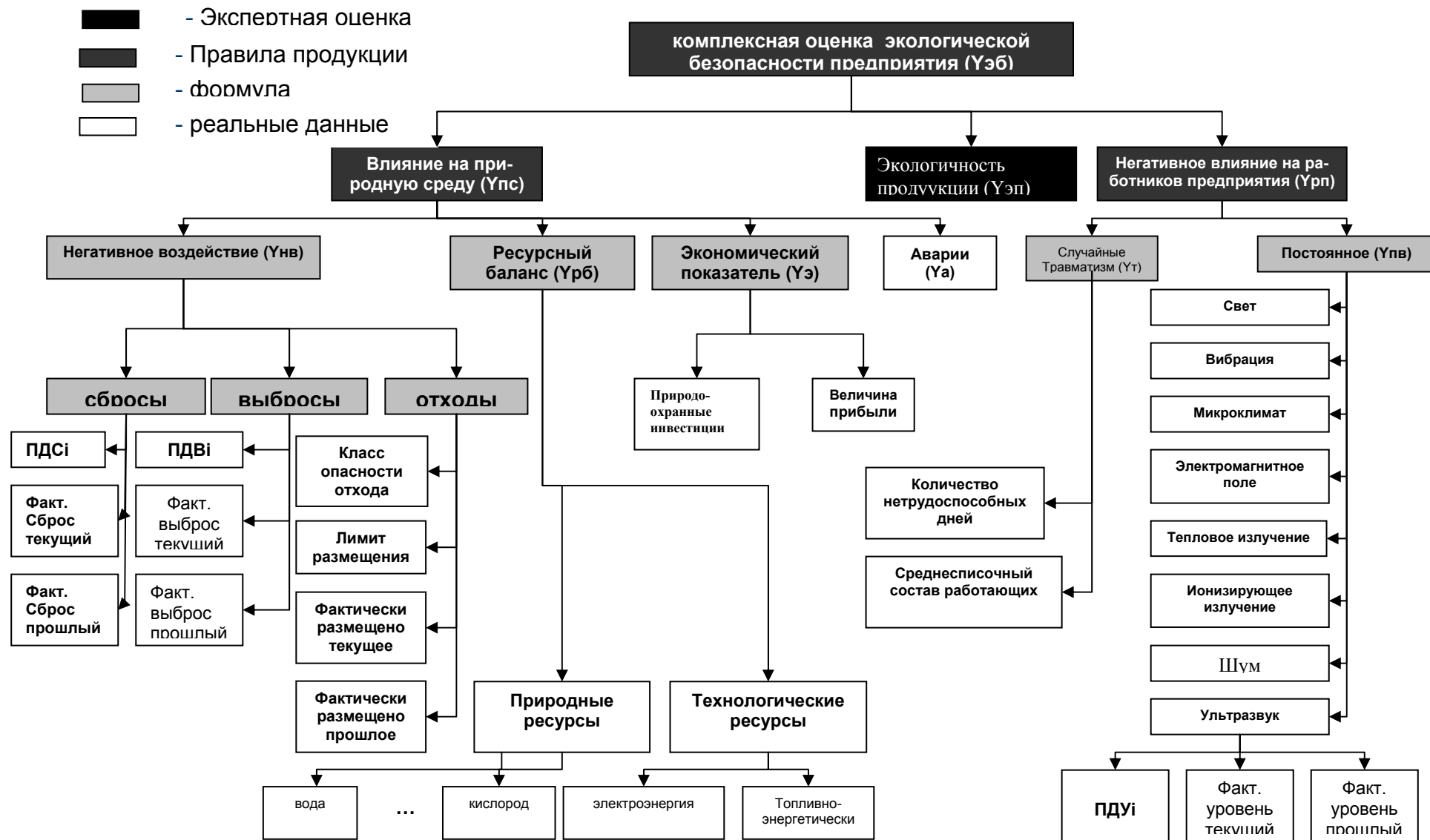


Рисунок 1 – Дерево показателей оценки экологической безопасности промышленного предприятия

таких составляющих экологической безопасности, как «Влияние на природную среду», «Влияние на работников предприятия», «Экологичность продукции». Наконец на пятом уровне формируется комплексный показатель оценки экологической безопасности промышленного предприятия. за рассматриваемый временной период.

При разработке методов комплексной оценки экологической безопасности автором использована концепция построения аналитических экспертных систем, разработанная учеными Алтайского технического университета под руководством профессора О.И. Пятковского.

Для определения аналитических показателей 4- 5 уровней, а также для качественной оценки аналитических показателей 3-его уровня, могут использоваться: а) расчетные формулы, б) экспертные оценки, в) эвристические правила, г) экспертные системы на основе продукционных правил, д) нейросетевые системы.

Процесс решения задач оценки в рамках экспертной системы представляет собой последовательное решение следующих задач : построение иерархии задач; выбор метода решения для каждой задачи; формирование баз знаний для всех используемых методов по каждой сопоставленной им задаче; расчет оценки; интерпретация и объяснение полученной оценки.

Рассмотрим схемы настройки каждого узла решения на конкретные данные.

В ходе формирования оценки итоговый комплексный показатель экологической безопасности предприятия ($Y_{\text{Эб}}$) может принять следующие значения (по пятибалльной шкале): 1 – чрезвычайно опасное; 2 – высоко опасное; 3 – умеренно опасное; 4– мало опасное; 5 – неопасное.

Значение итогового показателя $Y_{\text{Эб}}$ зависит от значений показателей предыдущего уровня иерархии:

$$Y_{\text{Эб}} = f(Y_{\text{пс}}, Y_{\text{эп}}, Y_{\text{рп}}), \quad (1)$$

где: $Y_{\text{пс}}$ –комплексный показатель влияния предприятия на природную среду, $Y_{\text{эп}}$ – показатель, характеризующий экологичность продукции предприятия, $Y_{\text{рп}}$ – комплексный показатель негативного воздействия на работников предприятия.

Оценка экологической безопасности предприятия определяется с помощью эвристических правил продукций, примеры которых представлены в таблице 1. В диссертации приведен полный набор правил. Формирование указанных правил производилось с привлечением в качестве экспертов ученых и экологов промышленных предприятий г. Норильска.

Отметим, что при разработке автоматизированной информационной системы, описание которой выполнено в 3 главе, предусмотрена возможность быстрого и простого редактирования используемых эвристических правил путем дополнения новыми правилами, удаления неэффективных правил, изменения правил.

Таблица 1 – Правила продукции для расчета показателя «Экологическая безопасность»

№	Влияние на природную среду	Влияние на работников предприятия	Экологичность продукции	Оценка экологической безопасности
1	Чрезвычайно опасное			Чрезвычайно опасное
2		Чрезвычайно опасное		Чрезвычайно опасное
3	Высоко опасное		Чрезвычайно опасная	Чрезвычайно опасное
4	Высоко опасное		Высоко опасная	Высоко опасное
5	Высоко опасное	Высоко опасное		Высоко опасное
6	Высоко опасное	Умеренно опасное		Высоко опасное
7	Умеренно опасное	Высоко опасное	Высоко опасная	Высоко опасное
8	Умеренно опасное	Умеренно опасное	Высоко опасная	Умеренно опасное
9	Мало опасное	Умеренно опасное	Чрезвычайно опасная	Умеренно опасное
10	Мало опасное	Умеренно опасное	Высоко опасная	Умеренно опасное
11	Мало опасное	Умеренно опасное	Умеренно опасная	Умеренно опасное
12	Мало опасное	Умеренно опасное	Мало опасная	Мало опасное
13	Мало опасное	Умеренно опасное	Неопасная	Мало опасное
14	Мало опасное	Высоко опасное		Умеренно опасное
15	Мало опасное	Мало опасное	Чрезвычайно опасная	Умеренно опасное
16	Мало опасное	Мало опасное	Высоко опасная	Умеренно опасное

Комплексный показатель влияния деятельности предприятия на природную среду ($Y_{пс}$) также рассчитывается на основе эвристических правил продукции. Оценка $Y_{пс}$ аналогично комплексному показателю экологической безопасности измеряется по пятибалльной шкале и может принимать значения: 1 – чрезвычайно опасное; 2 – высоко опасное; 3 – умеренно опасное; 4 – мало опасное; 5 – неопасное.

Значение $Y_{пс}$ зависит от значений показателей предыдущего уровня иерархии:

$$Y_{пс} = f(Y_{нв}, Y_{рб}, Y_{э}, Y_{а}), \quad (2)$$

где $Y_{нв}$ – комплексный показатель негативного воздействия (сбросы, выбросы, отходы) на природную среду; $Y_{рб}$ – показатель ресурсного баланса предприятия; $Y_{э}$ – показатель, характеризующий экономическую деятельность предприятия (вложения в охрану окружающей среды); $Y_{а}$ – показатель, характеризующий ущерб окружающей среде от аварий.

Примеры эвристических правил продукции для расчета $Y_{пс}$ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Правила продукции для расчета показателя «Влияние на природную среду»

№	Негативное воздействие	Ресурсный баланс	Эк-кие показатели	Аварии	Влияние на природную среду
1	Высоко опасное			0,1-2	Чрезвычайно опасное
2	Умеренно опасное			0,1-2	Высоко опасное
3	Умеренно опасное	≤ 1		0	Умеренно опасное
4	Умеренно опасное	1.01-1.05		0	Умеренно опасное
5	Умеренно опасное	1.06-1.15		0	Умеренно опасное
6	Умеренно опасное	> 1.15		0	Высоко опасное
7	Мало опасное	> 1.15	0%	0,1-2	Умеренно опасное
8	Мало опасное	> 1.15	1-5%	0,1-2	Умеренно опасное
9	Мало опасное	> 1.15	5-15%	0,1-2	Мало опасное
10	Мало опасное	> 1.15	$> 15\%$	0,1-2	Мало опасное

Аналогично, комплексный показатель негативного воздействия на работников предприятия (Y_{рп}) зависит от значений показателей предыдущего уровня иерархии Y_т (показатель травматизма) и Y_{пв} (показатель постоянного негативного воздействия на работников) и определяется по эвристическим правилам продукции, представленным в таблице 3.

Таблица 3 – Правила продукции для показателя «Влияние на работников предприятия»

№	Травматизм	Постоянное влияние	Влияние на работников (Y _{рп})
1		Чрезвычайно опасное	Чрезвычайно опасное
2		Высоко опасное	Высоко опасное
3	Опасно		Высоко опасно
4	Умеренно опасно	Умеренно опасное	Умеренно опасное
5	Неопасно	Умеренно опасное	Умеренно опасное
6	Умеренно опасно	Мало опасное	Умеренно опасное
7	Неопасно	Мало опасное	Мало опасно
8	Умеренно опасно	Неопасное	Мало опасно
9	Неопасно	Неопасное	Неопасное

В диссертации приведены расчетные формулы для определения экологических показателей 2 и 3 уровней («Негативные воздействия», «Ресурсный баланс», «Травматизм», «Сбросы», «Выбросы», «Отходы» и др.), а также правила, по которым значения этих показателей переводятся в пятибалльную шкалу: 1 (чрезвычайно опасно), 2 (высоко опасно), 3 (умеренно опасно), 4 (мало опасно), 5 (неопасно).

Разработанная иерархическая модель и алгоритмы расчета оценки экологической безопасности промышленного предприятия могут служить основой и для **оценки экологического менеджмента предприятия**, поскольку обеспечение экологической безопасности является главной задачей экологического менеджмента. Однако в представленном выше виде оценка экологической безопасности не учитывает динамики изменений за отчетный период. Очевидно, что если имеет место положительная динамика экологической ситуации на предприятии, то оценка экологического менеджмента должна быть выше, чем если бы такая динамика отсутствовала, или, наоборот, имело место ухудшение экологической ситуации. Кроме этого, для оценки экологического менеджмента может иметь значение сравнение со среднеотраслевыми и среднерегиональными показателями.

В основе оценки экологического менеджмента предприятия за отчетный период лежит оценка экологической безопасности за отчетный период Y_{эб}, полученная по описанной выше модели и алгоритмам расчета.

Y^б_{эб} – значение комплексного показателя экологической безопасности в базовом периоде, с которым сравнивается отчетный.

Первоначально значение оценки экологического менеджмента Y_{эм} в отчетном периоде полагается равным оценке экологической безопасности:

$$Y_{эм} = Y_{эб} . \quad (3)$$

Если Y_{эб} ≠ Y^б_{эб} , то оценка экологического менеджмента Y_{эм} за отчетный период уточняется по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{эб} - Y_{эб}^6). \quad (4)$$

Если значения $Y_{эб}$ и $Y_{эб}^6$ равны ($Y_{эб} = Y_{эб}^6$), то для учета динамики экологической безопасности за отчетный период рассматриваются изменения (за отчетный период) по направлениям: «Влияние на природную среду», «Воздействия на работников предприятия», «Экологичность продукции».

Учет изменений по направлению **«Влияние на природную среду»**.

Если $Y_{пс} \neq Y_{пс}^6$, то оценка экологического менеджмента $Y_{эм}$ за отчетный период уточняется по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{пс} - Y_{пс}^6) / 3. \quad (5)$$

Если $Y_{пс} = Y_{пс}^6$, то рассматриваются изменения за отчетный период по направлениям: «Негативные воздействия (сбросы, выбросы, отходы)», «Инвестиции в природоохранные мероприятия» и «Аварии».

Учет изменений по разделу **«негативные воздействия»** производится по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{нв} - Y_{нв}^6) / 9. \quad (6)$$

Учет изменений по разделу **«Инвестиции в природоохранные мероприятия»** производится по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{э} - Y_{э}^6) / 9. \quad (7)$$

Учет изменений по разделу **«Аварии»** производится по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{а} - Y_{а}^6) / 9. \quad (8)$$

Учет изменений по направлению **«Воздействия на работников предприятия»**.

Если $Y_{рп} \neq Y_{рп}^6$, то оценка экологического менеджмента $Y_{эм}$ за отчетный период уточняется по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{рп} - Y_{рп}^6) / 3. \quad (9)$$

Если $Y_{рп} = Y_{рп}^6$, то рассматриваются изменения за отчетный период по направлениям: «Постоянные влияния (свет, вибрация, шум и т.п.)» и «Травматизм».

Учет изменений по разделу **«Постоянные влияния»** производится по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{пв} - Y_{пв}^6) / 6. \quad (10)$$

Учет изменений по разделу **«Травматизм»** производится по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{т} - Y_{т}^6) / 6. \quad (11)$$

Учет изменений по направлению **«Экологичность продукции»** производится по формуле:

$$Y_{эм} = Y_{эм} + (Y_{эп} - Y_{эп}^6) / 3. \quad (12)$$

Таким образом, общая модель оценки экологического менеджмента за отчетный период имеет следующий вид:

$$Y_{эм} = Y_{эб} + (Y_{эб} - Y_{эб}^6) + k_1 ((Y_{пс} - Y_{пс}^6) / 3) + k_2 ((Y_{нв} - Y_{нв}^6) / 9 + (Y_{э} - Y_{э}^6) / 9 + (Y_{а} - Y_{а}^6) / 9) + (Y_{рп} - Y_{рп}^6) / 3 + k_3 ((Y_{пв} - Y_{пв}^6) / 6 + (Y_{т} - Y_{т}^6) / 6) + (Y_{эп} - Y_{эп}^6) / 3. \quad (13)$$

$$\text{В данной модели } k_1 = \begin{cases} 1, \text{ если } Y_{\text{эп}} = Y^{\text{б}}_{\text{эп}} \\ 0, \text{ если } Y_{\text{эп}} \neq Y^{\text{б}}_{\text{эп}} \end{cases}, \quad k_2 = \begin{cases} 1, \text{ если } Y_{\text{пс}} = Y^{\text{б}}_{\text{пс}} \\ 0, \text{ если } Y_{\text{пс}} \neq Y^{\text{б}}_{\text{пс}} \end{cases},$$

$$k_3 = \begin{cases} 1, \text{ если } Y_{\text{рп}} = Y^{\text{б}}_{\text{рп}} \\ 0, \text{ если } Y_{\text{рп}} \neq Y^{\text{б}}_{\text{рп}} \end{cases}.$$

Отметим, что в представленной модели оценки экологического менеджмента предполагается, что весовые значения экологических показателей одного уровня иерархии равны между собой. В диссертации рассмотрен случай, когда весовые значения показателей различны.

Рассчитанный по модели (13) показатель оценки экологического менеджмента промышленного предприятия может быть уточнен путем сравнения со среднеотраслевым (среднерегиональным) уровнем.

Для этого выбирается база сравнения: предприятия отрасли, предприятия региона, предприятия региона определенной отрасли.

Для выбранной группы предприятий определяются (по статистическим источникам) средние значения показателей, которые в модели оценки экологической безопасности определены как «реальные данные». Затем по представленным выше алгоритмам расчета и эвристическим правилам продукции, представленным в таблицах, определяются значения всех показателей дерева решений, соответствующие выбранной базе сравнения (среднеотраслевые, среднерегиональные и т.п.). После этого значение комплексного показателя оценки экологического менеджмента рассматриваемого предприятия может быть уточнено по модели (13), где в качестве показателей $Y^{\text{б}}_{\text{эб}}$, $Y^{\text{б}}_{\text{пс}}$, $Y^{\text{б}}_{\text{нв}}$, $Y^{\text{б}}_{\text{э}}$, $Y^{\text{б}}_{\text{а}}$, $Y^{\text{б}}_{\text{рп}}$, $Y^{\text{б}}_{\text{пв}}$, $Y^{\text{б}}_{\text{т}}$, $Y^{\text{б}}_{\text{эп}}$ используются рассчитанные среднеотраслевые (среднерегиональные) значения соответствующих показателей.

В современных условиях многие промышленные предприятия Норильского региона представляют собой интегрированные бизнес-структуры, построенные по дивизиональному принципу. В диссертации предложена модель формирования плана мероприятий (экологической программы) такого предприятия, направленного на повышение экологической безопасности его функционирования

Пусть некоторое интегрированное промышленное предприятие состоит из n бизнес-единиц (предприятий, производств, цехов), оказывающих негативное влияние на экологическую обстановку. Каждая бизнес-единица предлагает мероприятия (в общем случае несколько) для повышения экологической безопасности своей деятельности. Из головного бюджета бизнес-структуры планируется определенная сумма на повышение экологической безопасности, которая должна быть распределена между бизнес-единицами и предлагаемыми мероприятиями.

Введем следующие обозначения математической модели:

i – индекс бизнес-единицы, $i = 1, n$;

j_i – индекс мероприятия (в рамках i -ой бизнес-единицы) по улучшению экологической обстановки, $j = \overline{1, m_i}$; m_i – количество возможных мероприятий по i -ой бизнес-единице;

c_{ij} – затраты на j -ое мероприятие по i -ой бизнес-единице;

u_i – объем собственных средств i -ой бизнес-единицы, выделяемых на экологию;

k – индекс вида загрязнителя окружающей среды, $k = \overline{1, r}$; r – общее количество загрязнителей;

p_k – удельный вес (относительная важность) снижения загрязнения по k -ому показателю загрязнения; $\sum p_k = 1$;

e_{ijk} = эффект (например, снижение выброса k -ого загрязнителя в результате осуществления j -ого мероприятия на i -ой бизнес-единице);

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-ое мероприятие по } i\text{-ой бизнес-единице включается в план} \\ 0, & \text{если } j\text{-ое мероприятие по } i\text{-ой бизнес-единице не включается в план.} \end{cases}$$

S – общая сумма финансовых средств выделяемых на экологию из головного бюджета бизнес-структуры;

x_i – объем средств головного бюджета, выделяемых i -ому предприятию.

Тогда математическая модель формирования программы повышения экологической безопасности промышленного предприятия с учетом сделанных обозначений будет иметь вид:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} z_{ij} \sum_{k=1}^r p_k e_{ijk} \rightarrow \max ; \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^{m_i} c_{ij} z_{ij} \leq x_i + u_i, \quad i = \overline{1, n}; \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq S. \quad (16)$$

Модель (14) – (16) может быть модифицирована с учетом использования представленной выше модели оценки экологической безопасности промышленного предприятия.

Первоначально определяется базовое значение комплексного показателя экологической безопасности интегрированной бизнес-структуры Уэб в рассматриваемом периоде при отсутствии каких-либо мероприятий по охране окружающей среды и улучшению экологической обстановки. Затем для каждого варианта определяется значение этого же показателя, если внедрить рассматриваемое мероприятие при отсутствии остальных

мероприятий. Обозначим через $Y_{эб}(ij)$ значение комплексного показателя экологической безопасности при осуществлении j -ого мероприятия по i -ой бизнес-единице и отсутствию остальных мероприятий. Эффект от внедрения j -ого мероприятия по i -ой бизнес-единице составит: $e_{ij} = (Y_{эб}(ij) - Y_{эб})$, а модель формирования программы повышения экологической безопасности примет вид:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} z_{ij} e_{ij} \rightarrow \max; \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^{m_i} c_{ij} z_{ij} \leq x_i + u_i, \quad i = \overline{1, n}; \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq S. \quad (24)$$

Представленный вариант является базовым вариантом модели формирования программы повышения экологической безопасности промышленного предприятия. В диссертации представлены модификации базовой модели, в частности, вариант, когда рассматривается не один, а несколько плановых периодов.

В третьей главе «Автоматизированная информационная система экологического менеджмента промышленного предприятия» представлена разработанная при участии автора автоматизированная система экологического менеджмента промышленного предприятия, с помощью которой выполнен анализ экологической безопасности ряда конкретных промышленных предприятий Норильского региона.

Разработанная АИС экологического менеджмента включает следующие основные функции:

1) информационная поддержка постоянного мониторинга (учета) экологической ситуации (контроль за качеством сточных вод, газовых выбросов, содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны, уровнем освещенности и шума в производственных помещениях и т.п.) и предоставления статистической отчетности по формам ЦСУ РФ и отчетов по результатам контроля воздушной среды, сточных вод, шума, освещенности в Центр Госсанэпиднадзора;

2) информационная поддержка оценки экологической безопасности предприятия и его отдельных производств (бизнес-структур);

3) информационная поддержка процесса разработки планов мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов (разработка инвестиционных планов экологического менеджмента).

В соответствии с этим проект АИС экологического менеджмента включает модули: «Комплексная оценка экологической безопасности», «Оценка качества экологического менеджмента», «Текущий мониторинг

экологической обстановки», «Экологическая отчетность» «Инвестиционное планирование».

Общая архитектура АИС экологического менеджмента представлена на рисунке 2.

Данная схема иллюстрирует основные этапы использования ИС.

В блоке «Сбор информации» предусмотрен сбор как первичной, так и вторичной информации. Первичная информация включает в себя информацию о фактических выбросах в атмосферу, сбросах сточных вод, размещаемых отходах производства, которые измеряются ежедневно, а также данные ежегодного измерения шума, вибрации, света и др. в помещениях

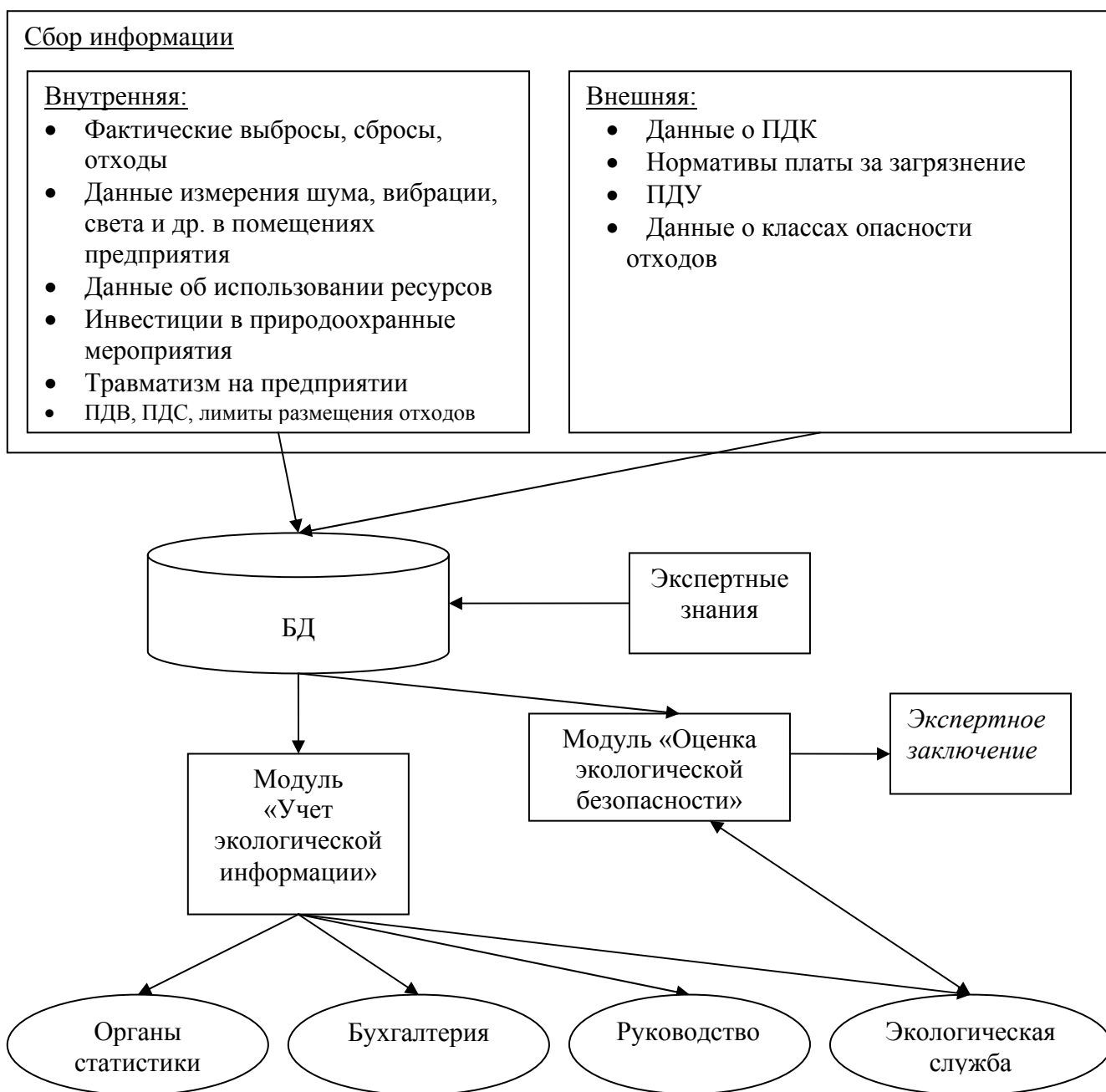


Рисунок 2 – Общая архитектура АИС экологического менеджмента промышленного предприятия

предприятия, данные об использовании ресурсов, в частности, забор воды из водных источников, периодичность учета которого зависит от функционирования предприятия.

Вторичная информация получается в результате обработки бухгалтерской отчетности предприятия (из нее берется информация об экологических платежах предприятия и его инвестициях в экологию), отчетности отдела по охране труда (информация о травматизме), законодательной базы (информация о предельно-допустимых нормативах воздействия на окружающую среду и др.).

Все данные, собираемые в блоке «Сбор информации» заносятся в таблицы базы данных.

Модуль «Учет экологической информации» выполняет обработку информации для составления статистической отчетности, а также внутренней отчетности предприятия и выполняет выгрузку данной отчетности в Excel.

Модуль «Оценка экологической безопасности» предназначен для построения дерева показателей, формирования (редактирования) правил продукции, а также расчета оценки экологической безопасности предприятия и оценки качества экологического менеджмента.

На рисунке 3 представлено главное меню системы, а на рисунке 4 - форма построения гибридной модели оценки экологической безопасности

Разработанная АИС экологического менеджмента внедрена на руднике «Таймырский» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель», где с помощью внедренной АИС проводится постоянный мониторинг всех экологических показателей, формируется внутренняя и внешняя экологическая отчетность. Кроме этого, с помощью разработанной АИС была проведена оценка экологической безопасности ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» в целом, которая показала, что данное предприятие является высоко опасным. Это объясняется в первую очередь негативным влиянием на природную среду. Оценка по этому комплексному показателю близка к 1 (чрезвычайно опасное) из-за превышения выбросов в атмосферу диоксида серы – в 4,6 раза, диоксида азота – в 5 раз, серной кислоты – в 2,8 раза, свинца – в 2 раза, неорганической пыли – в 2.33 раза, меди – в 1.25 раза. Что касается комплексного показателя негативного воздействия на работников предприятия, то его оценка – «Умеренно опасное» из-за превышения ПДУ по уровню шума в 1.6 раза, вибрации – в 1.13 раза, пыли – 1.18 раза.

В заключении приведены основные результаты и выводы, которые сводятся к следующему:

1. На основе анализа теории и практики экологического менеджмента уточнено его место в системе управления промышленным предприятием. Обоснован подход к рассмотрению промышленного предприятия как основного элемента эколого-экономической системы, а подсистемы экологического менеджмента как одной из основных подсистем управления предприятием. Сформулированы направления развития и совершенствования экологического менеджмента на отечественных промышленных предприятиях на базе использования современных информационных технологий.

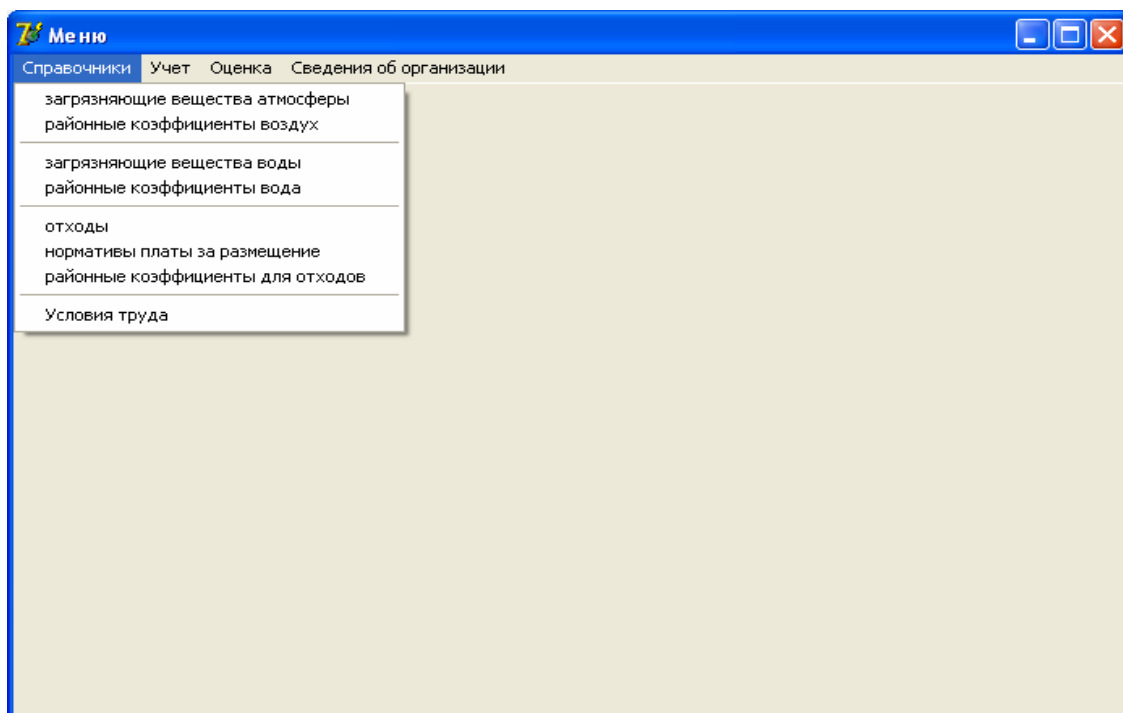


Рисунок 3 – Главное меню АИС экологического менеджмента промышленного предприятия

Расчет за период с 07.06.2007 по 07.06.2007 Изменить период расчета влияние на природную среду

Дерево показателей экологическая безопасность

- экологическая безопасность
 - влияние на природную среду
 - негативное воздействие
 - сбросы
 - выбросы
 - отходы
 - ресурсный баланс
 - экономический показатель
 - инвестиции в экологию
 - размер прибыли
 - аварии
 - экологичность продукции
 - влияние на работников
 - травматизм
 - количество нетрудоспособных дней
 - среднесписочный состав работающих
 - постоянное

Допустимые значения элемента

чрезвычайно опасное
высоко опасное
умеренно опасное
мало опасное
неопасное

Правила продукции

Если негативное влияние=чрезвычайно опасное то влияние на природную среду=чрезвычайно опасное
 Если негативное влияние=высоко опасное и аварии=0.1-2 то влияние на природную среду=высоко опасное
 Если негативное влияние=высоко опасное и аварии=3-5 то влияние на природную среду=умеренно опасное
 Если негативное влияние=высоко опасное и аварии>5 то влияние на природную среду=неопасное
 Если негативное влияние=умеренно опасное и аварии=0 то влияние на природную среду=умеренно опасное
 Если негативное влияние=умеренно опасное и аварии>5 то влияние на природную среду=неопасное

Способ расчета

правила продукции

Учетное значение из таблицы

поле

Вводимое значение

Расчитать

негативное воздействие=неопасное
 инвестиции в экологию=5500
 размер прибыли=400000
 экономический показатель=1.3750
 экономический показатель=1-5%
 ресурсный баланс=1.05-1.15
 аварии=0
 экологичность продукции=неопасная
 количество нетрудоспособных дней=142
 среднесписочный состав работающих=142
 травматизм=умеренно опасно
 постоянное=1.12
 Если травматизм=умеренно опасно и постоянное=умеренно опасно то влияние на работников=умеренно опасное
 влияние на работников=умеренно опасное
 Если негативное влияние=неопасное и аварии=0 то влияние на природную среду=неопасное
 влияние на природную среду=неопасное
 Если влияние на природную среду=неопасное и экологичность продукции=неопасная и влияние на работников=умеренно опасное то экологическая безопасность=мало опасно
 экологическая безопасность=мало опасно

Рисунок 4 – Форма построения модели оценки экологической безопасности

2. В рамках развития концепции системы сбалансированных показателей (ССП) сформирован методический подход к формированию комплексной оценки деятельности промышленного предприятия в виде связного шестиуровневого графа. На нижнем (первом уровне) отображаются первичные учетные показатели; на втором уровне – агрегированные первичные учетные показатели, получаемые из показателей первого уровня по расчетным формулам; на третьем уровне – множество исходных аналитических показателей, образованных на основе учетных показателей по известным расчетным формулам. Аналитические показатели третьего уровня составляют основу бухгалтерской, налоговой и статистической отчетности, и группируются по объектам анализа (направления деятельности, бизнес-процессы, производственные звенья) в зависимости от принятого подхода к декомпозиции СПП. Четвертый уровень составляют аналитические показатели оценки отдельных свойств сформированных объектов анализа, пятый – комплексные аналитические показатели, характеризующие функционирование объектов анализа. Наконец на шестом уровне формируется комплексный показатель оценки деятельности промышленного предприятия за рассматриваемый временной период.

3. Разработана модель экологической составляющей деятельности промышленного предприятия в виде дерева (системы) сбалансированных экологических показателей. В данной модели представлены три основных вида экологических результатов деятельности промышленного предприятия:

- воздействие на природную среду (выбросы, сбросы, отходы, ресурсный баланс);
- воздействие на работников предприятия (в том числе, постоянного действия: шум, свет, вибрация, электромагнитное и тепловое излучения и т.п. и случайного действия: травматизм);
- воздействие на окружающую среду и людей через продукцию предприятия (экологичность продукции).

4. Разработаны модели, методы и алгоритмы комплексной оценки экологической безопасности промышленного предприятия за рассматриваемый период функционирования. Разработанные модели и алгоритмы базируются на построенной модели экологической составляющей деятельности промышленного предприятия. В качестве инструментария построения и оценки системы сбалансированных экологических показателей использованы экспертные системы. Разработаны эвристические правила продукции для оценки комплексных показателей «Влияние на природную среду», «Влияние на работников предприятия» и итогового показателя «Комплексная оценка экологической безопасности предприятия».

На базе оценки экологической безопасности предприятия разработаны критерии, модели и алгоритмы оценки качества экологического менеджмента, учитывающие изменения экологической обстановки за отчетный период.

5. Разработана экономико-математическая модель формирования инвестиционной экологической программы корпоративной бизнес-структуры, в которой использована представленная выше модель оценки экологической безопасности промышленного предприятия.

6. Разработана и внедрена на руднике «Таймырский» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» автоматизированная информационно-аналитическая система экологического менеджмента, обеспечивающая информационную поддержку следующих задач:

- постоянный мониторинг экологической обстановки;
- формирование экологической отчетности в государственные и контролирующие органы;
- комплексная оценка экологической безопасности;
- оценка качества экологического менеджмента.

Работы автора по теме диссертации

1. **Долженко Е.Н.** Классификационный анализ экологических рисков//Организация сложных производственных систем : сб. научных трудов. – Норильск : Изд-во Норильского индустриального ин-та, 2004. – С. 31-38.

2. **Долженко Е.Н.** Системный анализ экологических сред – существующая теория и практика / Е.Н. Долженко, М.А. Труш // Организационно-технологические проблемы эффективности производства в условиях крайнего севера : сб. научных трудов. – Норильск : Изд-во Норильского индустриального ин-та, 2005. – С. 134-139.

3. **Долженко Е.Н.** Структурно-функциональная организация системы управления / Е.Н. Долженко, Н.В. Кармановская // Организационно-технологические проблемы эффективности производства в условиях крайнего севера: Молодые ученые Норильского промышленного района – Российскому северу : сб. научных трудов. – Норильск : Изд-во Норильского индустриального ин-та, 2005. – С. 69-71.

4. **Долженко Е.Н.** Описание уровня безопасности экосред методом шкалирования / Е.Н. Долженко, М.А. Труш // Молодые ученые Норильского промышленного района – Российскому северу : сб. науч. ст. в 2 ч. Ч.1. – Норильск : Изд-во Норильского индустриального ин-та, 2006. – С. 173-175.

5. **Долженко Е.Н.** Комплексная оценка экологической безопасности промышленного предприятия // Вопросы совершенствования управления предприятиями и отраслями экономики в современных условиях : Сб. научных трудов. – Барнаул, 2007. – С. 27-36.

6. Блем А.Г. Комплексный анализ деятельности машиностроительного предприятия на основе формирования системы сбалансированных показателей / А.Г. Блем, Л.В. Верещагина, **Е.Н. Долженко** // Ползуновский вестник. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006, № 1. с.29-33