

УДК 504.064:001.8:622.012

На правах рукописи

**СИВАРАКША ДАЛИДА МАРАТОВНА**

**Разработка системы управления риском загрязнения воздушной  
среды на открытых разработках угольных месторождений**

25.00.36 - «Геоэкология»

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Республика Казахстан  
Алматы, 2010

Работа выполнена в Екибастузском инженерно-техническом институте  
имени К.И. Сатпаева

Научные руководители: академик НАН РК, заслуженный деятель РК,  
доктор технических наук, профессор  
Ракишев Баян Ракишевич

доктор технических наук, профессор  
Молдабаев Серик Курашович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Жалгасулы Нариман Жалгасович

кандидат технических наук, доцент  
Нурмакова Сауле Мукановна

Ведущая организация: ЦЕЛСИМ (Центральная лаборатория сертификационных  
испытаний строительных материалов)

Защита состоится «26» ноября 2010 года в «14» часов на заседании дис-  
сертационного совета Д 14.15.07 при Казахском национальном техническом  
университете им. К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22,  
ауд. 809 НК. Телефон: 8 (7272) 577156, факс: 8 (7272) 926437

*E-mail: b.rakishev@mail.ru*

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КазНТУ им. К.И.  
Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, ГМК

Автореферат разослан «23» октября 2010 года.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор



Д.М. Шейх-Али

## Введение

**Общая характеристика работы.** В результате исследований получены зависимости ореола распространения пыли от механизма его образования, концентрации пыли от интенсивности пылеобразования на основных технологических процессах, вероятности оптимальных их показателей от времени безотказной работы оборудования и эффективности атмосферно-охранной стратегии от параметров информационного обеспечения технологии добычи угля открытым способом.

**Объектом исследования** являются источники загрязнения приземной атмосферы в районах открытой разработки угольных месторождений Республики Казахстан.

**Предметом исследования** являются уровни загрязнения атмосферы пылью на угольных разрезах во взаимосвязи с режимом работы горнотранспортного оборудования на технологических процессах.

**Актуальность работы.** Эффективность современного горного производства определяется не только экономическими показателями, но и эффективностью прогнозирования и оптимизации системно-экологических процессов охраны окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость оптимизации природоохранных стратегий, направленных на минимизацию загрязнения окружающей среды в процессе добычи полезных ископаемых.

Приоритетной природоохранной задачей является охрана атмосферы. Угледобывающие предприятия являются для Экибастуза и региона основным источником загрязнения. Как правило, добыча угля сопровождается возникновением целого комплекса природоохранных проблем. Существенным образом меняется ландшафт на значительных территориях. Имеют место выбросы в атмосферный воздух, причиной которых является, как сама технология горнодобывающих работ, так и вторичные факторы, к примеру, пыление и горение отвалов. Современный этап развития угольных разрезов на Экибастузском месторождении характеризуется переходом на циклично-поточные технологии с внедрением в качестве сборочного звена автосамосвалов на добычных и вскрышных работах и более широкого применения одноковшовых экскаваторов, что предопределяет повышенные требования к снижению экологической нагрузки на окружающую среду.

Для управления уровнем загрязнения атмосферы применяют методику, базирующуюся на данных инвентаризации источников выбросов, которая проводится сравнительно редко, требует больших затрат на осуществление и характеризуется малой достоверностью полученных результатов. В практике эксплуатации угольных разрезов также отсутствует показатель уровня оценки загрязнения приземной атмосферы в зависимости от применяемого горнотранспортного оборудования. В связи с этим, вопросы управления риском опасного загрязнения атмосферы угольных разрезов пылью при использовании существующих технологических процессов и оборудования являются актуальной теоретической и практической задачей в области открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

**Целью работы** является разработка системы по снижению риска опасного загрязнения атмосферы угольных разрезов пылью во взаимосвязи с вероятностью безотказной работы горнотранспортного оборудования на технологических процессах, что позволит повысить эффективность вырабатываемой атмосферно-охранной стратегии на открытых горных работах.

**Идея работы** заключается в использовании закономерностей пылевого загрязнения для управления состоянием атмосферы на основе рационального взаимодействия природоохранного органа, недропользователей и природной среды с использованием информационных технологий.

Для решения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

1. Исследование системных связей и закономерностей формирования загрязнением атмосферы, анализ и синтез системы управления риском опасного загрязнения атмосферы, разработка модели исследуемой системы.

2. Формализация задачи выработки оптимальной атмосферно-охранной стратегии при ограниченных материальных ресурсах, разработка методики и алгоритма реализации ее решения и критерия рациональности управления уровнем загрязнения атмосферы.

3. Разработка программного обеспечения системы по снижению риска опасного загрязнения атмосферы и эколого-экономическое обоснование разработанной системы управления.

На защиту выносятся следующие **научные положения**:

1. Дифференциация и полнота учета показателей технологических процессов при формировании системы ограничения загрязнения атмосферы должны осуществляться на единой экологической основе путем оценки параметров выброса не по данным инвентаризации, а по режиму работы карьерного оборудования в его реальном состоянии.

2. Прогнозирование интегрального уровня загрязнения атмосферы на открытых горных работах осуществляется на основе математической модели, целевой функцией которой является минимум пылевыделения, а ограничивающими условиями – индивидуальные характеристики применяемого оборудования, свойства пород и горно-геологические условия.

3. Эффективность и действенность ограничения загрязнения атмосферы обеспечивается привлечением методов информационных технологий на основе реального учета взаимодействия природоохранного органа, недропользователей и природной среды.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1. Экспериментально установлены пылеобразующая способность, интенсивность пыления и величина разброса уровня запыленности воздуха на технологических процессах угольных разрезов путем выделения характерных операций, существенно влияющих на выход пыли при эксплуатации горнотранспортного оборудования.

2. Установлена зависимость риска опасного загрязнения атмосферы угольных разрезов от времени безотказной работы горнотранспортного оборудова-

ния на технологических процессах и экологической значимости региона.

3. Разработана методика минимизации риска опасного загрязнения атмосферы на угольных разрезах по режиму работы горнотранспортного оборудования в его реальном состоянии на основе рационального взаимодействия природоохранного органа, недропользователей и природной среды с использованием информационных технологий.

**Методы исследований** включают: анализ и обобщение литературных источников и передового опыта, физическое и математическое моделирование, экономические расчеты с использованием методов математической статистики, математический анализ и исследование операций, дискретная оптимизация, обработка информации и эколого-экономический анализ информационных систем и классификаций, информационные методы моделирования и нормативно-методического обеспечения.

**Достоверность научных положений, выводов и результатов** обеспечивается представительностью и надежностью исходных данных, полученных в ходе долговременных наблюдений, сопоставимостью результатов исследований и практики, использованием современных способов исследований и практикой их применения на технологически прогрессивных предприятиях.

**Научное значение работы.** Установлены закономерности между параметрами пылеобразования, режимом работы горнотранспортного оборудования на технологических процессах и состоянием атмосферы горнопромышленного региона и разработан механизм регулирования взаимоотношений между природоохранным органом, недропользователями и природной средой на основе информационных технологий.

**Практическая ценность работы** заключается в получении ранжирования источников пыли по их воздействию на атмосферу, разработке методики прогнозирования параметров опасного загрязнения атмосферы и методики снижения риска опасного загрязнения атмосферы с учетом экологической значимости региона на основе информационных технологий.

**Реализация рекомендаций.** Методика управления риском опасного загрязнения атмосферы использована при разработке программы модернизации угольных разрезов Экибастузского региона и в курсе лекций для студентов КазНТУ и ЕИТИ. На основе выполненных экспериментальных исследований с применением системы управления риском опасного загрязнения атмосферы на угольных разрезах ТОО «Богатырь Комир» достигнут рост эффективности вырабатываемой атмосферно-охранной стратегии по сравнению с существующим подходом на 5%.

**Личный вклад автора** состоит в постановке задач, разработке методики управления атмосферным воздухом на открытых горных работах, включающей: обоснование критерия рациональности оптимизационной задачи; формализацию задачи управления риском при ограниченных ресурсах; алгоритмизацию оптимизационной задачи; машинную реализацию процесса выработки охранной стратегии.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертации докладывались и получили одобрение на: научно-практ. конференции «Геоэколо-

гические и инженерно-геологические проблемы развития гражданского и промышленного комплексов города Москвы» (г. Москва, Российская Федерация, 2008г.); межвузовской научной конф. студентов, аспирантов и молодых ученых РГГРУ (г. Москва, Российская Федерация, 2008г.); международной научной конф. «Современные проблемы математики, информатики и управления, посвященной 60-летию д.ф.-м.н., проф., академика МАИ М.Б. Айдарханова» (г. Алматы, 2008г.); международной научно-практ. конф. «Современные проблемы инновационных технологий в образовании и науке» (г. Шымкент, 2009г.); международных научно-практических конференциях в рамках Сатпаевских чтений (г. Экибастуз, 2009, 2010гг.); международной научно-практ. конф. «Современное состояние и проблемы инженерной экологии, биотехнологии и устойчивого развития, посвященной 70-летию д.т.н., проф. Нуркеева С.С.» (г. Алматы, 2010г.); международной конф. по ресурсам недр «Инновации в горнодобывающую промышленность – геологию, добычу, металлургию и менеджмент» (г. Фрайберг, Германия, 2010г.).

Работа выполнена в соответствии с программой фундаментальных и прикладных исследований КазНТУ имени К.И. Сатпаева по теме № 723 УГМ.09 «Технологии для углеводородного и горно-металлургического сектора и связанных с ними сервисных отраслей» по направлению «Создание и внедрение технологий добычи полезных ископаемых в сложных горно-геологических и геоэкологических условиях».

**Публикации.** По теме диссертации соискателем опубликовано 16 печатных трудов, из них 8 в изданиях дальнего и ближнего зарубежья и 5 в изданиях (3 различных названия), рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованной литературы и приложений. Она изложена на 125 страницах машинописного текста, содержит 40 рисунков, 36 таблиц, список использованных источников из 133 наименований и 4 приложений на 13 страницах.

## Основная часть

Проблемные вопросы экологии горнопромышленных регионов рассмотрены в трудах Д.М. Бронникова, К.Н. Трубецкого, Е.И. Шемякина, Г.М. Малахова, Б.Р. Ракишева, П.Ч. Чулакова, Н.Н. Мельникова, М.Т. Жараспаева, Н.Ж. Жалгасулы, Р.И. Вагапова, Ж.Е. Дарибаева, М.Е. Певзнер, М.Ж. Сатова, Т.К. Султанбекова, Г.А. Круглова, М.Б. Тлебаева, В.Н. Уманец, К.З. Ушакова, Д.В. Шейх-Али и др. В них показано, что методическое и информационное обеспечение решения экологических проблем в основном фрагментарно, а сами проблемы в своем большинстве имеют лишь локальную содержательную постановку, не соответствующую системному характеру экологических последствий.

Анализом методик определения риска пылевого загрязнения установлены их основные недостатки: большая погрешность; неточность получаемых результатов при недостаточно длинном временном ряде статистической инфор-

мации, долговременном прогнозировании и др. Применяемые способы расчета распространения пыли в атмосфере ориентированы на худшие условия рассеяния вредных веществ, одновременное сосуществование которых маловероятно.

Нами исследованы источники пылеобразования от технологических процессов на угольном разрезе «Богатырь» по общепринятой методике (таблица 1).

Таблица 1 - Выход пыли при выполнении технологических процессов

Процессы	Операции пылеобразования	Доля, %	Пылеобразующая способность, г/м <sup>3</sup>	Масса, кг
Взрывные работы	Сжатие трещин разрыва	14,4	22	2533
	Соударение кусков при взлете	3,3	5	690
	Соударение кусков при падении	3,9	6	730
	Удар упавших кусков по лежащим	19	29	4170
	Итого	40,6	62	8123
Выемка и погрузка горной массы	Царапание ковшом экскаватора	6,5	10	1462
	Истирание и раздавливание ковшом	8,5	13	1480
	Скатывание при наборе в ковш	2,6	4	453
	Соударение при разгрузке руды в кузов	11,1	17	2196
	Итого	28,7	44	5591
Транспорт	Истирание кусков шинами	17	26	2860
	Разгрузка из самосвалов в бункер	8,5	13	2101
	Итого	25,5	39	4961
Обрушение	Всего по всем источникам	5,2	8	150
	Всего по всем источникам	100	153	18825

Для установления параметров распространения мелкодисперсной пыли ее улавливали на реперах из бумаги, покрытой клейким слоем, установленных в окрестностях разреза. Экраны на пикетах располагали дважды с продолжительностью измерения 24 часа: первый раз в нерабочее время, когда техника в разрезе бездействует, а второй - при работе карьерных механизмов. Экраны сжигали и взвешивали на электронных весах с точностью до 1 мг. По разности весов определяли величину запыленности окрестностей угольного разреза.

Экспериментально установлена закономерность увеличения запыленности в интервале 500-1000 м за счет отклонения пылевидных частиц от центра рассеивания рабочей зоны при диффузии частиц в пылевом массиве, с дальнейшим уменьшением до фонового значения (таблица 2).

В окрестностях выделены зоны:

- критического загрязнения в радиусе 1500 м;
- опасного загрязнения в радиусе от 1500 до 3000 м;
- загрязнения в пределах ПДК в радиусе более 3000 м.

Таблица 2 - Результаты исследования параметров миграции мобильной пыли

Расстояние от центра, м	Запыленность, мг/м <sup>3</sup>		Коэффициент увеличения
	нерабочее время	рабочее время	
500	8	20	2,5
1000	10	25	2,5
1500	9	15	1,5
2000	7	12	1,4
2500	6	8	1,4
3000	5	7	1,4
3500	4	5	1,2
4000	4	4	1,0

Фактическая приземная концентрация пыли не совпадает с расчетной в 2-3, а при неблагоприятных условиях - в 6 раз. Для определения приземных концентраций выполнено моделирование параметров приземной концентрации пыли на участке разреза при обычных условиях (таблица 3).

Таблица 3 - Результаты исследования неорганизованных источников образования пыли

Источник пыления	Высота выброса пыли, м	Пылеобразующая способность, г/м <sup>3</sup>	Интенсивность пыления, г/с
Погрузка	20	30,1	4,1
Бурение	66	21,0	1,4
Транспорт	12	14,6	8,6
Бульдозерование	6	7,0	0,2

Источники механического пылеобразования в пределах угольного разреза характеризуются пылеобразующей способностью в пределах 7,0-30,1 г/м<sup>3</sup> и интенсивностью пыления в пределах 0,2-4,1 г/с., что позволяет ранжировать их по степени опасности для определения приоритетов профилактических мероприятий.

Интегрирующий показатель состояния приземной атмосферы разреза или суммарное ее загрязнение определяется пылегазовой съемкой. Съемка требует значительных организационных и трудовых ресурсов. Полученные результаты отличаются большой вариацией. Так, различие между минимальными и максимальными значениями пыли, полученное практически в одинаковых условиях, превышает 50 раз (таблица 4). Поэтому результаты расчета интегрального показателя запыленности атмосферы получаются мало достоверными, а сама съемка лишается смысла (рисунок 1).

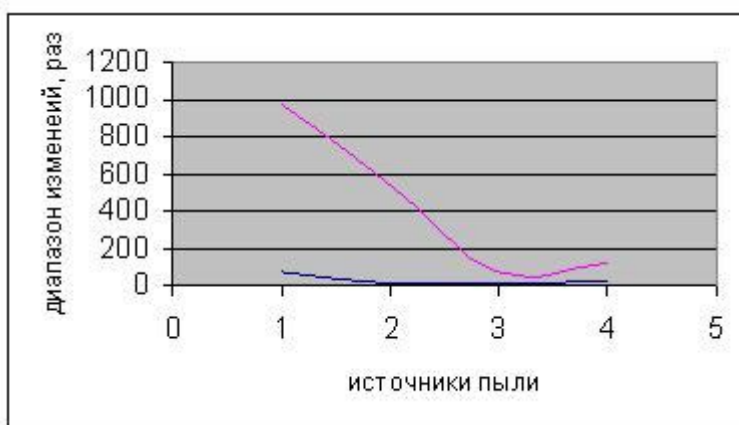
Объект управления представляет собой подсистему, состоящую из горнодобывающего производства и воздушной среды. В процессе хозяйственной деятельности горное предприятие воздействует на воздушную среду путем выброса вредных ингредиентов, которые переносятся воздушными потоками по территории региона в соответствии с законами диффузии и адвекции. На объ-



ект управления воздействуют неконтролируемые возмущения - климатические и метеорологические условия.

Таблица 4 - Запыленность воздуха от видов горного оборудования

Источник	Запыленность, мг/м <sup>3</sup>		
	минимум	максимум	диапазон
Экскаваторы в зависимости от вместимости ковша	40	860	22
	50	930	19
	70	970	14
Автосамосвалы	10	540	54
Буровые станки	10	80	8
Бульдозеры	20	120	6



1-экскаваторы, 2- автосамосвалы, 3- буровые станки, 4- бульдозеры; верхняя кривая - максимальные значения, нижняя- минимальные значения

Рисунок 1 - Диапазон изменения запыленности атмосферы угольного разреза от различных источников

Снижение риска опасного загрязнения воздушной среды оптимизируется с помощью автоматизированных систем. Основной недостаток официального способа расчета такого типа (методика 2008г.) - использование самых неблагоприятных метеорологических условий завышает расчетный показатель, что оправдано только в случае разработки нормативов загрязнения для применения в течение продолжительного времени.

Усредненный состав пылевых частиц по результатам систематических измерений на разрезе «Богатырь», полученный ситовым анализом с последующей математической обработкой результатов, характеризуется данными таблицы 5. В объеме не классифицируемых фракций доля частиц мобильной фракций составляет 18,1%, в том числе 4,3% мельчайшей фракции, наиболее опасной для окружающей среды. Фактическое количество пыли согласуется с расчетным количеством с вариацией 15% . Распределение пыли по классам носит стохас-

тический характер, но может быть описано графиком с экстремумами (рисунок 2).

Таблица 5 - Гранулометрический состав пыли

Номера сит	Диаметр сит, мм	Крупность, %					
		1	2	3	4	5	средняя
1	>2,5	10,5	17,4	13,7	16,3	14,7	15,8
2	1,6-2,5	9,6	12,3	11,0	12,9	8,9	11,6
3	1,0-1,6	11,7	8,9	10,0	9,1	11,0	10,7
4	0,63-1,0	8,2	6,7	7,8	6,9	8,9	7,9
5	0,1-0,63	22,2	23,1	23,0	22,8	24,5	23,7
6	0,63-0,1	9,8	12,0	11,0	12,9	10,6	11,9
7	0,05-0,063	13,3	14,6	12,6	13,7	13,6	13,8
8	< 0,05	4,2	4,0	4,5	4,7	4,1	4,3

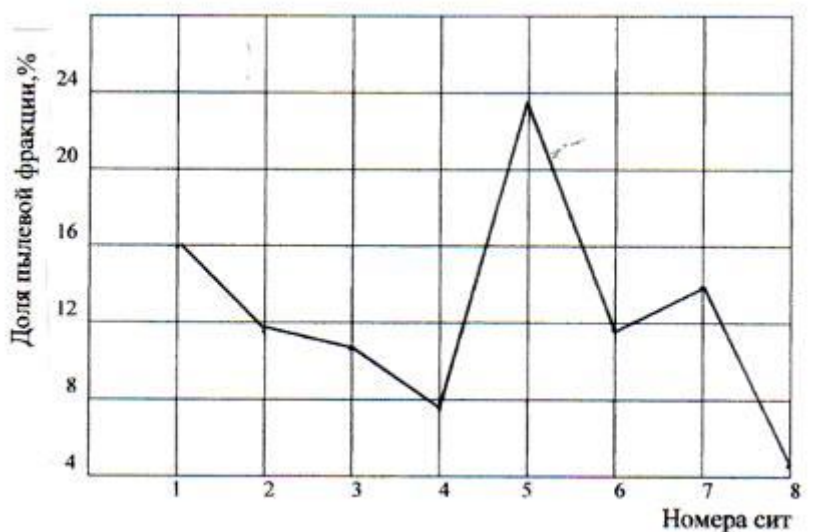


Рисунок 2 - Распределение пыли по фракциям

Предложено для определения интегрального уровня загрязнения применять численное моделирование распространения пыли в атмосфере. Входными параметрами для моделирования являются их объемы выбросов, характеристика (диаметр и плотность пылегазовых частиц) и природные условия (направление и скорость ветра, температура внешней среды, метеорологические условия).

Разработка функции загрязненности атмосферы осуществляется с помощью математического моделирования процесса добычи и распространения примесей в атмосфере. В окрестностях разреза выделяется  $N$  экологических зон, для каждой из которых дается экспертная оценка экологической значимости  $\mathcal{E}$  и фоновая концентрация  $q_{\phi}$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) по каждому пылевому загрязнителю.

Показатель уровня пылевого загрязнения разреза:

$$\bar{z}_{cp} = \frac{\sum_1^N Q_n \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_{cp}}}{N} \quad (1)$$

Наибольший уровень загрязнения контролируемой территории:

$$z_{max} = \max_n \frac{\sum_1^N Q_n \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_{cp}}}{N}, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}_n$  - экологическая значимость зоны;  $\mathcal{E}_{cp}$  - среднее значение экологической значимости зоны;  $Q_n$  - комплексный показатель уровня загрязнения зоны, определяемый как:

$$Q_n = \sum_1^m Q_{nm} = \sum_1^m \left( \frac{q_{cp}}{ПДК_m} \right), \quad (3)$$

где  $m$  - количество пыли, выбрасываемой в атмосферу;  $Q_{nm}$  - единичный индекс уровня пылевого загрязнения;  $q_{cp}$  - концентрация пыли в зоне, мг/м<sup>3</sup>;  $ПДК_m$  - предельно допустимая концентрация пыли, мг/м<sup>3</sup>.

Концентрация загрязнителя  $q_{cp}$  определяется суммированием фонового загрязнения  $q_{\phi}$  и выбросов пыли при выполнении производственных процессов.

Для численного моделирования процесса распространения вредных примесей в атмосфере региона от технологических процессов используется оператор:

$$\Omega(n, m, a, b, c), \quad (4)$$

где  $a$  - множество величин выбросов загрязнителя;  $b$  - множество характеристик выбросов загрязнителя;  $c$  - множество метеорологических условий распространения пыли.

Следовательно, можно записать:

$$q_{cp} = q_{\phi} + \Omega(n, m, a, b, c). \quad (5)$$

Имея данные о параметрах технологических процессов и режимах работы горнотранспортного оборудования, можно с достаточной надежностью прогнозировать состояние атмосферы.

Прогнозируемая концентрация пыли  $q_{cp}$ :

$$q_{cp} = q_{\phi} + \Omega(n, m \{ a(\xi, m, t) \dots n(b, \xi, m) \} \dots \{ b(\xi, m) \dots b(\xi, m) \} c) \quad (6)$$

где  $n$  - количество зон на угольном разрезе;  $m$  - количество пыли, выбрасываемой в атмосферу;  $q_{\phi}$  - фоновая концентрация пыли в зоне;  $a(o, \alpha, \beta)$  - функция информации о  $o$ -ом загрязнителе  $\alpha$ -ом процессе  $\beta$ -ого предприятия;

$b(o, \alpha, \beta, t)$  – математическое выражение для определения во время  $t$  массы  $o$ -ого загрязнителя, г/с, от  $\alpha$ -ого процесса  $\beta$ -го предприятия:

$$b(o, \alpha, \beta, t) = V_n \overset{o}{O} [1 - \omega_{m\alpha\beta} \xi_{m\alpha\beta}(t)] \quad (7)$$

где  $V_n$  – масса  $o$ -го загрязняющего вещества, г/с, в единицу времени на  $\alpha$ -ом процессе  $\beta$ -го предприятия;  $O$  – меры защиты атмосферы на  $\alpha$ -м процессе  $\beta$ -го предприятия;  $\omega_{m\alpha\beta}$  – коэффициент улавливания  $o$ -ого выброса на  $\alpha$ -ом процессе  $\beta$ -го предприятия;  $\xi_{m\alpha\beta}(t)$  – вероятность безотказной работы  $o$ -го оборудования на  $\alpha$ -м процессе  $\beta$ -го предприятия во время  $t$ .

Прогнозируемое запыление окрестностей разреза с учетом экологической их значимости:

$$Z_{cp} = \frac{\sum_1^N \left( \sum_1^o \left( \frac{q_{\phi_{dz}} + \Omega \overrightarrow{h, v, a(\xi, m, o, t), (\xi, o, m), c}}{ПДК_z} \right) \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_{cp}} \right)}{N} \quad (8)$$

$$Z_{max} = \max n \left( \sum_1^o \left( \frac{q_{\phi_{dz}} + \Omega \overrightarrow{h, o, a(\xi, o, m, t), b(\xi, m, o), c}}{ПДК_z} \right) \right) \quad (9)$$

Алгоритм управления состоянием атмосферы:

$$\vec{X} = \Omega(Y, Z), \quad (10)$$

где  $\vec{X}$  – совокупность координат процесса запыления атмосферы;  $Y$  – совокупность управляющих воздействий по охране атмосферы;  $Z$  – множество возмущающих воздействий;  $\Omega$  – оператор – математическое выражение алгоритма.

Управляющие воздействия заключаются в совершенствовании технологических процессов и парка оборудования, участвующих в процессах образования пыли. Для определения объема выбросов при модернизированных технологических процессах для расчета полей концентрации пыли в атмосфере карьера принимается уменьшенный выброс загрязнителей.

Показатели загрязнения с учетом экологической значимости зоны:

$$Z_{cp} = \frac{\sum_1^N \left( \sum_1^o \left( \frac{q_{\phi_{dz}} + \Omega \overrightarrow{h, v, a(\xi, m, o, t), (\xi, o, m), c}}{ПДК_z} \right) \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_{cp}} \right)}{N}, \quad (11)$$

$$Z_{cp} = \frac{\sum_1^N K_i \left( \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_{cp}} \right)}{N}$$

$$Z_{\max} = \max n(K_i^1), \quad (12)$$

где  $K_i$  – комплексный индекс загрязнения атмосферы:

$$K_i = \sum_1^M K_n' = \sum_1^M \left( \frac{q_{cp dz}}{ПДК} \right)', \quad (13)$$

где  $K_n^1$  – индекс вероятного загрязнения  $m$ -ым веществом  $n$ -ой зоны;  $q_{cp}$  – вероятная величина концентрации  $m$ -ого вещества в  $n$ -ой зоне:

Показатель загрязненности атмосферы учитывает вероятное увеличение объемов выбросов пыли из-за несовершенства технологических процессов добычи и применяемого добычного оборудования. Возможность выбросов пыли определяется вероятностью положительных показателей технологии в течение предыдущего времени.

Технология добычи полезного ископаемого представляет собой совокупность технологически сопряженных процессов, вероятность оптимальной работы каждого из которых не зависит от работы остальных, но отказ одного прекращает работу всех. Вероятность оптимальной с точки зрения пылеобразования работы:

$$\xi = \overset{a}{A}_1 \xi_a(t_a) \overset{o}{A}_1 \xi_o(t_o), \quad (14)$$

где  $\xi_a(t_a)$  – вероятность оптимального выполнения технологического процесса  $a$  за время  $t_a$ ;  $\xi_o(t_o)$  – вероятность оптимальной работы оборудования на  $o$ -ом процессе в течение времени  $t_o$ .

Функция распределения вероятности оптимальной работы  $o$ -го оборудования на  $\alpha$ -м процессе  $\beta$ -го предприятия с учетом модернизации процессов и оборудования:

$$\xi_{o\alpha\beta}(t) = B_{o\alpha\beta} R_{o\alpha\beta} = \overset{B}{\xi}_1 e^{-\frac{t-T_b}{T_{cpb}}} \overset{R}{\xi}_1 e^{-\frac{t-T_r}{T_{cpr}}}, \quad (15)$$

где  $B_{o\alpha\beta}$  – количество оборудования  $o$ -го  $\alpha$ -го процесса  $\beta$ -го предприятия;  $R_{o\alpha\beta}$  – процессы эксплуатации  $o$ -го оборудования  $\alpha$ -го процесса  $\beta$ -го предприятия.

Экспериментально установлена закономерная связь между вероятностью хороших показателей состояния атмосферы и продолжительностью безотказ-

ной работы (таблица 6). Установлено, что чем больше вероятность безотказного осуществления производственных процессов и режимов работы горно-транспортного оборудования, тем больше время безотказной работы разреза, в том числе минимизация негативного воздействия на состояние атмосферы региона. Имея данные о параметрах технологических процессов и режимах работы горно-транспортного оборудования, можно с достаточной надежностью прогнозировать состояние атмосферы.

Таблица 6 - Зависимость вероятности показателей технологии добычи от времени безотказной работы

Годы эксплуатации	Время безотказной работы, годы						
	5	7	10	12	15	20	25
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0,82	0,87	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96
5	0,37	0,49	0,61	0,66	0,72	0,78	0,82
10	0,14	0,24	0,37	0,44	0,51	0,61	0,67
15	0,05	0,12	0,22	0,29	0,37	0,47	0,55
20	0,02	0,06	0,14	0,19	0,26	0,37	0,45
25	0,01	0,03	0,08	0,12	0,19	0,29	0,37
28	0,004	0,018	0,06	0,10	0,15	0,25	0,33
29	0,003	0,016	0,06	0,09	0,14	0,23	0,31
30	0,002	0,014	0,05	0,08	0,14	0,22	0,30

Получены аналитические зависимости прогнозирования запыленности окрестностей разреза с учетом экологической их значимости. Управляющие воздействия заключаются в совершенствовании технологических процессов и парка оборудования, участвующих в процессах образования пыли. Для определения объема выбросов при модернизированных технологических процессах для расчета полей концентрации пыли в атмосфере разреза принимается уменьшенный выброс загрязнителей по комплексному индексу загрязнения атмосферы, который определяет соотношение между воздействиями природоохранного органа, недропользователей и природной среды, суть которых состоит в оперировании вероятными величинами выбросов (рисунок 3).

Концепция основана на положениях:

- система ограничения пылевого загрязнения атмосферы базируется на единой основе путем оперативной и достоверной оценки соблюдения индивидуальных для каждого загрязнителя критериев ограничения;
- прогнозирование уровня загрязнения атмосферы осуществляется на основе математической модели, целевой функцией которой является минимум пы-

левыделения, а ограничивающими условиями – индивидуальные характеристики применяемого оборудования и горно-геологические условия;

- эффективность ограничения пылевого загрязнения атмосферы обеспечивается привлечением методов информационных технологий на основе взаимодействия природоохранного органа, недропользователей и воздушной среды.

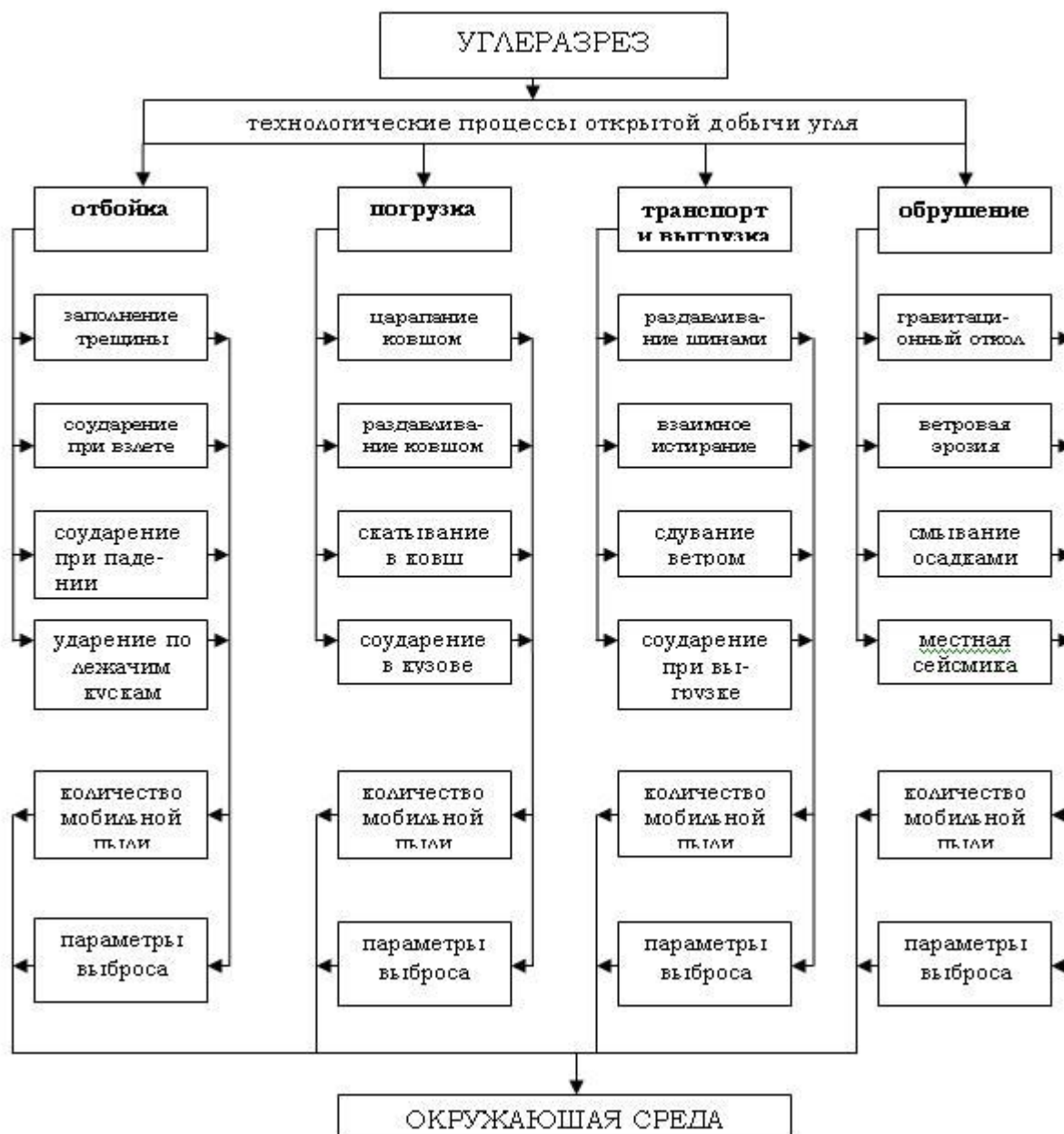


Рисунок 3 – Схема корректировки выбросов загрязнителей

Для прогнозирования состояния карьерной атмосферы предложена модель интенсивности образования пылевых масс  $M$ , мг/с:

$$M = \left( \sum_1^n C - C_{\text{ф}} \right) L^2 g v / k, \quad (16)$$

где  $C$  – суммарная концентрация пыли от всех источников пыления, мг/м<sup>3</sup>;  $n$  – количество единиц горного оборудования;  $C_{\text{ф}}$  – фоновая концентрация в ре-

гионе расположения разреза, мг/м<sup>3</sup>;  $L$  – расстояние от разреза до прогнозируемого объекта, м;  $g$  – коэффициент, зависящий от влажности воздуха;  $v$  – скорость ветра в регионе разреза, м/с, м;  $k$  – коэффициент, зависящий от эффективности принудительного проветривания разреза.

Критерием рациональности предлагаемой методики является показатель риска опасного загрязнения атмосферы, обусловленный: учетом опасности загрязнения экологически значимого региона; определением параметров выбросов не по данным инвентаризации, а по режиму работы карьерного оборудования с учетом его реального состояния.

Процессы финансирования модернизации технологий при ограниченных материальных ресурсах математически описываются матрицей:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_n^a \rightarrow \min; \\ \sum_1^Q \sum_1^N \sum_{l=1}^L a_{\beta cd} s \leq S; \\ \forall l \in \{L\}: \sum_1^Q \sum_1^N a_{\beta cd} \in \{0,1\}; \\ \forall p \in \{Q\}: i \in \{N\}: l \in \{L\} \in \{0,1\}; \\ \forall \beta \in \{Q\}: \alpha \in \{N\}: l \in \{L\} \in \{0,1\}; \\ \forall \beta \in \{Q\}: \alpha \in \{N\}: v \in \{M\}: l \in \{0,1\}; \\ \forall \beta \in \{Q\}: \alpha \in \{N\}: m \in \{M\}: a(\beta, \alpha, m, t) \geq a(\beta, \alpha, v, t) \vee a(\beta, \alpha, m, t) \leq a(\beta, \alpha, m); \\ \forall \beta \in \{Q\}: \alpha \in \{N\}: \sum_1^L a_{\beta cd} s_{\beta cd}' \leq \sum_1^M (\mathcal{E}(a(\beta, \alpha, m, t), m) - \mathcal{E}(a(\beta, i, m, t), m)); \end{array} \right. \quad (17)$$

где  $Z_n^a$  – прогнозируемое загрязнение атмосферы без изменения технологических процессов и оборудования;  $Q$  – совокупность источников пыления в регионе;  $N$  – множество источников пылевого загрязнения;  $L$  – совокупность технологических новаций и нового оборудования;  $s$  – затраты на реализацию  $l$ -ого атмосферно охранного мероприятия, тг.;  $V$  – множество выделений пыли источниками загрязнения;  $M$  – множество контролируемых загрязнителей;  $l$  – новации на источниках выделения пыли;  $S$  – имеющиеся материальные ресурсы для реализации новаций, тг.;  $t$  – глубина прогнозирования;  $\mathcal{E}$  – экологическая значимость объекта прогнозирования;  $a(\beta, \alpha, m)$  – оператор, определяющий величину лимита выбросов  $m$ -ого загрязняющего вещества, г/с, для  $\alpha$ -ого источника  $\beta$ -ого предприятия;  $a(v, m, t)$  – оператор, определяющий величину платежей, тг., за годовое загрязнение атмосферы  $m$ -ым веществом, соответствующее выбросу массы  $v$ , г/с, в единицу времени;  $a(\beta, \alpha, m, t)$  – оператор, определяющий на момент времени  $t$  массу  $m$ -ого вещества, г/с, в единицу времени от  $\alpha$ -ого источника  $\beta$ -ого предприятия.

Для нахождения экстремума функции используются методы дискретного программирования, среди которых наиболее распространен метод ветвей и границ. Приемлемым методом остается метод полного перебора.

Имеется  $L$  новаций, которые можно реализовать на  $N$  источниках пыления.



Все новации можно реализовать  $(N+1)^L$  способами при количестве видов пыли  $M$  (загрязнителей).

Время на поиск решения:

$$t = t_6 \sum_1^L (N+1)^{l-1} + Mt_l \sum_1^L (N+1)^l, \quad (18)$$

где  $t_6$  – время разработки прогноза на основании имеющегося банка данных;  $t_l$  – время вычисления оценки.

Нужный для хранения оценок объем памяти пропорционален  $V$ :

$$V = v_6 \sum_1^L (N+1)^l, \quad (19)$$

где  $v_6$  – объем памяти для хранения оценки, соответствующей одной вершине дерева ветвлений.

Условием допустимости рассматриваемых планов модернизации является соблюдение экологических нормативов по выбросам пыли. Верхняя граница времени поиска оптимального плана зависит от количества элементов модернизации технологии и от видов пылевых загрязнителей, поскольку численное моделирование процесса распространения загрязнителей в атмосфере производится по каждому из них в отдельности:

$$t_{\max}(M, L) = Mt_l 2^L, \quad (20)$$

где  $t_l$  – время, затрачиваемое на оценку при одном источнике пыли.

Время выработки рациональной стратегии сокращается путем введения критерия завершения поиска, улучшающего значение целевой функции. Зависимость скорости возрастания эффективности мероприятий по минимизации загрязнения пылью от количества этапов улучшения технологии носит убывающий характер, близкий к функции вида  $f(x) = 0,0428x^{-0.8539}$  с достоверностью аппроксимации  $R^2 = 0,84$  (таблица 7).

Выработка решений в области охраны атмосферы сопряжена с обработкой значительного объема разнородной информации и затруднена в связи с необходимостью проведения трудоемких вычислений. Предлагаемая программная реализация компьютерной системы управления риском возникновения опасного загрязнения воздушной среды направлена на выбор эффективного оборудования в условиях ограниченных ресурсов; информационную поддержку решений в области охраны атмосферы; ситуационное моделирование, включающее: прогнозирование влияния угольного разреза на состояние атмосферы, моделирование состояния технологических процессов и моделирование влияния погодных условий на загрязнение.

Критерием экономической эффективности предложенной компьютерной системы управления риском опасного загрязнения атмосферы является величина

на предотвращенного экологического ущерба. Для ее определения сопоставляются индексы загрязнения при оптимальном финансировании охранных технологий, рекомендуемых в результате функционирования разработанной компьютерной системы, и при случайно выработанной стратегии, моделирующей существующий в настоящее время процесс принятия решений (таблица 8), а графики изменения эффективности стратегий изображены на рисунке 4.

Таблица 7 - Скорость увеличения эффективности стратегии при увеличении количества этапов улучшения целевой функции

Случайное решение		Номер эксперимента					
		1		2		3	
		Время поиска (мин)	Скорость (%/мин)	Время поиска (мин)	Скорость (%/мин)	Время поиска (мин)	Скорость (%/мин)
Этапы улучшения целевой функции	1	13,117	0,030	7,940	0,028	7,291	0,020
	3	19,635	0,014	13,643	0,015	11,544	0,020
	5	23,363	0,007	17,995	0,017	16,408	0,019
	7	31,978	0,007	25,036	0,012	18,359	0,011
	9	38,179	0,007	25,054	0,010	20,309	0,012
	11	73,849	0,003	39,085	0,004	33,502	0,009
	13	96,950	0,003	47,348	0,005	39,165	0,008
	15	159,107	0,002	71,985	0,004	50,967	0,004
	17	228,578	0,001	100,032	0,003	71,846	0,004
18	229,784	0,001	105,691	0,003	79,432	0,002	
Эффективность (%)		4,496		4,591		4,214	

Таблица 8 - Результаты прогнозирования риска загрязнения атмосферы пылью

Процессы	Отбойка		Погрузка		Транспортировка		Всего		Эффективность, %	
	Случайный выбор	Прогнозный показатель	Эффективность, %	Прогнозный показатель	Эффективность, %	Прогнозный показатель	Эффективность, %	Прогнозный показатель		Эффективность, %
		25,115		16,531		16,751		62,010		
Этапы улучшения	1	24,063	0,352	15,473	0,498	16,718	0,165	61,875	0,318	0,338
	3	23,993	0,656	14,368	1,008	16,624	0,669	61,571	0,809	0,778
	5	23,982	0,704	14,315	1,691	16,620	0,943	61,253	1,321	1,113
	7	23,923	0,917	14,193	2,562	16,528	1,305	60,967	1,783	1,595
	8	23,859	1,313	14,160	2,797	16,466	1,373	60,551	2,253	1,828
	9	23,818	1,498	14,124	3,185	16,464	1,527	60,551	2,453	2,070
	10	23,553	2,286	14,100	3,495	16,432	1,764	60,331	2,807	2,515

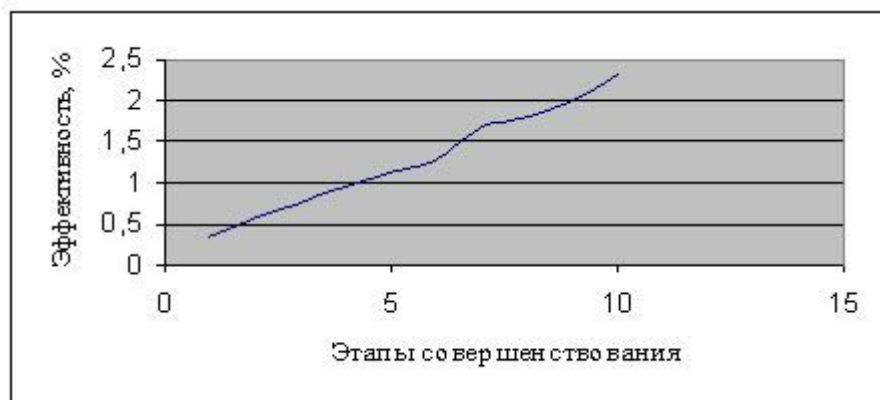


Рисунок 4 - Эффективность выбора атмосферно-охранной стратегии

В процессе функционирования разработанного программного обеспечения достигнут рост эффективности вырабатываемой атмосферно-охранной стратегии по сравнению с существующим подходом до 5 %.

### Заключение

В диссертационной работе содержатся новые научно обоснованные результаты по решению важной прикладной задачи - разработки системы по снижению риска опасного загрязнения атмосферы угольных разрезов пылью во взаимосвязи с вероятностью безотказной работы горнотранспортного оборудования на технологических процессах, что позволит повысить эффективность вырабатываемой атмосферно-охранной стратегии на открытых горных работах.

Основные научные результаты, практические выводы и рекомендации, полученные лично автором, заключаются в следующем:

1. Предложена система снижения риска опасного загрязнения атмосферы при использовании существующих технологических процессов с учетом экологической значимости загрязняемого региона.

2. Для управления состоянием атмосферы на основе экологически рационального взаимодействия природоохранного органа, недропользователей и природной среды при ограниченных материальных ресурсах использованы закономерности пылевого загрязнения окружающей среды при открытой разработке угольных месторождений.

3. Доказано, что дифференциация и полнота учета показателей технологических процессов при формировании системы ограничения загрязнения атмосферы должны осуществляться на единой экологической основе путем оценки соблюдения удельных критериев ограничения.

4. Определено, что прогнозирование интегрального уровня загрязнения атмосферы на открытых горных работах рационально осуществлять на основе математической модели, целевой функцией которой является минимум пыле-

выделения, а ограничивающими условиями – индивидуальные характеристики применяемого оборудования, свойства пород и горно-геологические условия.

5. Выявлены новые зависимости: ореола распространения пыли от механизма ее образования, концентрации пыли от интенсивности пылеобразования в ходе технологических процессов, вероятности оптимальных показателей технологии добычи от времени безотказной работы оборудования и эффективности атмосферно-охранной стратегии от параметров информационного обеспечения технологии.

6. Получены практические результаты: ранжирование источников пыли по их воздействию на атмосферу; методика прогнозирования параметров опасного загрязнения атмосферы; методика снижения риска опасного загрязнения атмосферы с учетом экологической значимости региона на основе информационных технологий.

7. Экспериментальные исследования с применением компьютерной системы управления состоянием атмосферы на угольных разрезах ТОО «Богатырь Комир» показали, что привлечение методов информационной энтропии, на основе реального учета взаимодействия элементов окружающей среды, обеспечивает снижение риска опасного загрязнения на 5%, что эквивалентно уменьшению экологического ущерба на 125 млн. тенге в год.

#### **Оценка полноты решений поставленных задач.**

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований до конца были решены следующие задачи:

- выполнен анализ методов оценки и прогнозирования опасного загрязнения окружающей среды на открытых разработках;
- выделены зоны загрязнения пылью окрестности углеразреза и смоделированы параметры приземной концентрации пыли при обычных условиях;
- предложено численное моделирование распространения пыли в атмосфере для определения интегрального уровня его загрязнения от применяемых технологических процессов;
- установлена закономерная связь между вероятностью хороших показателей состояния атмосферы и продолжительностью безотказной работы оборудования;
- разработана методика, алгоритм и компьютерная программа управления риском опасного загрязнения атмосферы.

#### **Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов.**

Результаты исследований позволили апробировать и внедрить в практику модернизации угольных разрезов Экибастузского месторождения методику минимизации риска опасного загрязнения атмосферы с привлечением методов информационной энтропии на основе реального учета взаимодействия элементов окружающей среды.

#### **Оценка технико-экономической эффективности внедрения.**

На основе выполненных экспериментальных исследований с применением системы управления риском опасного загрязнения атмосферы на угольных разрезах ТОО «Богатырь Комир» достигнут рост эффективности вырабатываемой

атмосферно-охранной стратегии по сравнению с существующим подходом на 5%.

**Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области.** В данной работе впервые получены следующие результаты:

- оперативное управление приземной атмосферой возможно осуществлять не только по данным параметров выброса на основе инвентаризации, а и по режиму работы горнотранспортного оборудования в его реальном состоянии;

- прогнозирование интегрального уровня загрязнения атмосферы на открытых горных работах рационально осуществлять на основе математической модели, целевой функцией которой является минимум пылевыведения, а ограничивающими условиями – индивидуальные характеристики применяемого оборудования, свойства пород и горно-геологические условия;

- методика минимизации риска опасного загрязнения атмосферы на открытых горных работах с привлечением методов информационной энтропии на основе реального учета взаимодействия элементов окружающей среды - природоохранного органа, недропользователей и воздушной среды.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации:**

1 Бобровников Л.З., Марденова Д.М. Компьютерная система управления экологическими процессами охраны окружающей среды при открытой разработке угольных месторождений //Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – М.: РГГРУ, 2008. - № 2. – С. 89-91.

2 Брюховецкий О.С., Марденова Д.М. Информационные технологии как основа организации работ по снижению уровня загрязнения воздушной среды при открытой разработке месторождений //Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – М.: РГГРУ, 2008. - № 2. – С. 91-92.

3 Жузбаев С.С., Марденова Д.М. Минимизация риска опасного загрязнения воздушной среды при открытой разработке месторождений Экибастузского региона //Мат. межд. научн. конф. «Современные проблемы математики, информатики и управления, посвященной 60-летию д.ф.-м.н., профессора, академика МАИ М.Б. Айдарханова». – Алматы: КазНУ им. Аль-Фараби, 2008. – С. 154-155.

4 Марденова Д.М., Брюховецкий О.С. Управление риском опасного загрязнения карьерной атмосферы на основе компьютерных технологий //Мат. межвузовской научн. конф. «Молодые - наукам о земле», М.: РГГРУ им. С. Орджоникидзе, 2008. - С. 236-237.

5 Молдабаев С.К., Хамметова Ж.Н., Марденова Д.М. Оптимизация интенсивного развития горных работ на смежных участках карьерного поля при пологонаклонном падении залежи //Мат. межвузовской научн. конф. «Молодые - наукам о земле», М.: РГГРУ им. С. Орджоникидзе, 2008. - С. 322-323.

6 Брюховецкий О.С., Марденова Д.М., Дребенштедт К. Возможности современных информационных технологий при проектировании и планировании горных работ //Мат. научн.-практ. конф. «Геоэкологические и инженерно-

геологические проблемы развития гражданского и промышленного комплексов города Москвы», М.: РГГРУ им. С. Орджоникидзе, 2008. - С. 302-304.

7 Брюховецкий О.С., Марденова Д.М. Реализация компьютерных систем при управлении риском загрязнения воздушной среды //Мат. научн.-практ. конф. «Геоэкологические и инженерно-геологические проблемы развития гражданского и промышленного комплексов города Москвы», М.: РГГРУ им. С. Орджоникидзе, 2008. - С. 308-310.

8 Жузбаев С.С., Марденова Д.М. Анализ условий открытой разработки месторождений Экибастузского региона //Тр. межд. научн.-практ. конф. «Современные проблемы инновационных технологий в образовании и науке». - Шымкент: МКТУ им. А. Ясауи и АИУ, 2009. - Т. III. - С. 3-8.

9 Марденова Д.М., Кошева М.Н., Ярошенко Т.В. Эффективные направления рекультивации породных отвалов для условий Экибастузского угольного месторождения //Мат. межд. научн.-практ. конф. в рамках VIII Сатпаевских чтений. – Екибастуз: ЕИТИ им. К.И. Сатпаева, 2009. – С. 240-243.

10 Жузбаев С.С., Марденова Д.М. Математическое моделирование процессов рассеяния загрязняющих веществ в атмосферном воздухе //Мат. межд. научн.-практ. конф. в рамках VIII Сатпаевских чтений. – Екибастуз: ЕИТИ им. К.И. Сатпаева, 2009. – С. 403-407.

11 Жузбаев С.С., Марденова Д.М. Инновационные технологии оздоровления атмосферы Экибастузского региона //Мат. межд. научн.-практ. конф. в рамках IX Сатпаевских чтений. – Екибастуз: ЕИТИ им. К.И. Сатпаева, 2010. – С. 326-330.

12 Молдабаев С.К., Марденова Д.М., Нургалиева М.С., Дребенштедт К. Реализация технологий с конвейерным перемещением угля при крутом выходе крыльев мульды на дневную поверхность //Мат. межд. научн.-практ. конф. в рамках IX Сатпаевских чтений. – Екибастуз: ЕИТИ им. К.И. Сатпаева, 2010. – С. 119-123.

13 Zhuzbaev S.S., Mardenova D.M. Deposits evaluations in the Ekibastuz region //Scientific Reports on Resource Issues 2010 «Innovations in Mineral Industry – Geology, Mining, Metallurgy and Management». – Freiberg: Germany Publisher: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, 2010. – Volume 3. - S. 13-16.

14 Moldabaev S.K., Hammetova G.N., Mardenova D.M. Modellierung der Verteilung der Kohlengewinnung zwischen den Sektoren eines Tagebaufeldes //Scientific Reports on Resource Issues 2010 «Innovations in Mineral Industry – Geology, Mining, Metallurgy and Management». – Freiberg: Germany Publisher: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, 2010. – Volume 3. - S. 130-134.

15 Ракишев Б.Р., Марденова Д.М., Молдабаев С.К., Шулаева Н.А. Стратегия снижения риска опасного загрязнения окружающей среды на открытых разработках //Горный журнал Казахстана, 2010. - № 6. – С. 36-39.

16 Ракишев Б.Р., Марденова Д.М. Управление риском опасного загрязнения атмосферы на действующих угольных разрезах //Мат. межд. научн.-практ. конф. «Современное состояние и проблемы инженерной экологии, биотехнологии и устойчивого развития, посвященной 70-летию юбилею д.т.н., профессора Нуркеева С.С.». – Алматы: КазНТУ, 2010. – С. 310-313.

25.00.36. «Геология» мамандығы бойынша

**«Көмір кенорындарын ашық әдіспен игеру кезінде қоршаған ауаны ластау қаупін басқару жүйесін жасау»**

**Сиваракша Далида Маратқызының  
диссертация түйіні**

Қазақстан Республикасының көмір шығу орнының жер атмосферасының ластану әзірлемесі ашық аудандарда экологиялық қауіптігі зерттеу объектісі болып табылады.

**Жұмыс мақсаты** – технологиялық үрдістерде тау-кен тасымалдау жабдықтарының тоқтаусыз жұмыс жасау ықтималдығына байланысты көмір разрездерінің атмосферасын ластау қаупін төмендету жүйесін жасау болып табылады, бұл ашық кен қазбаларындағы атмосфераны қорғау стратегиясының тиімділігін жоғарылатады.

**Еңбек барысындағы әдіс пен әдістемесі:** әдебиет көздері мен тәжірибе, физикалық және математикалық моделдеу, математикалық экономикалық санау, статистика әдістерін қолданумен, математикалық анализі және зерттеу операциялары, дискреттік оптималдау, ақпараттық жүйенің эколого-экономикалық анализі және ақпаратты талдау, моделдеу ақпараттық әдістер және оның қамтамасыз етуі:

- ашық түрінде көмір табудың қоршаған ортаға қауіптілігінің жобалауы мен бағалау әдісінің анализі жасалды;

- «Богатырь» кешенінің аймағындағы шаң-тозаңданған аймағы белгіленіп, күнделіктегі шаңның жиналу жерлері моделденді;

- шаңның атмосферада жайылу моделі ұсынылып, технологиялық процесінде қолданып оның интегралдық деңгейі жасалды;

- жабдықтардың кедергісіз істеуі мен атмосферадағы жақсы көрсеткіштер арасында байланыс орнатылды;

- атмосфераның ластануы интегралдық деңгейінің жорамалы математикалық моделіне негізделіп істеу, оның мақсаты шаңның шығуы

төмендеу, ал шектеу шарты-қолданатын жабдықтардың ерекшелігі, породаның қасиеті және тау-геологиялық жағдайы дәлелденген;

- ақпараттық технологияларды пайдаланып табиғатты қорғау мекемесінің, табиғатты пайдаланушының және табиғат ортасының тиімді өзара әсерлесуінің негізінде тау-кен қазымалдау жабдығының жұмыс режимі бойынша оның нақты күйінде көмір разрездерінде атмосфераны ластау қаупін төмендету әдістемесі жасалды.

**Негізгі конструктивтік, технологиялық және технико-қолданыстық сипаттамалар.** Зерттеу барысында шаңның жайылуы оның пайда болу механизміне оның құрамына және жайылу жылдамдығына, технологияның кедергісіз істеуімен бірге және атмосфераны қорғау стратегиясының тиімділігіне байланысты нәтижесі көрсетіледі.

**Қолданысқа енгізу дәрежесі.** Бұл жұмыстың нәтижесі Екібастұз аймағының кешендерінде модернизация бағдарламасының әзірлемесі ҚазТҰУ және ЕИТИ студенттерге дәріс курстарында қолданған.

**Ғылыми-зерттеу жұмысының енгізу нәтижесі мен ұсыныстары.** Сынақ зерттеулер негізінде ЖШС «Богатырь Көмір» көмір кешенінде атмосфераның ластану қауіптігі бойынша 5%-ға тиімділігі бұрынғы әдістерге қарағанда жоғарлаған.

**Қолдану аясы.** Пайдалы қазбалар ашық түрінде табу.

**Еңбектің маңызы және экономикалық тиімділігі.** Ақпараттық технология негізінде атмосфера жағдайы тауөнеркәсібі аймағында технология үрдісінің барысында заңдылығы белгіленген. Ауаға шаң-тозаңның шығу көрсеткіштер инвентаризациясына негізделмей, жабдықтардың жағдайына, объектінің жобалауына негізделіп Екібастұз ауданына келтірген зиянының кесірі 1,25 млн теңгеге азаяды.

**Зерттеу объектісінің дамуы және оның жорамалы.** Экологиялық жағдайын көмірді ашық түрінде пайдалы қазбалар табуын жақсарту мақсатында, қауіптігін төмендету стратегиясының әзірлемесін экологиялық қауіпсіздігін кешенді бағалау өлшеуіштері ретінде қолдану.



## **The Summary**

**of Sivaraksha Данага Maratovna's  
thesis for the scientific degree of a candidate in Technical Sciences  
made on the theme "The development of risk control system of air pollution  
in open-cast mining of coal deposits"**

Specialty 25.00.36 - "Geoecology"

**The object of the research** is the ecological risks of the pollution of the surface atmosphere in the regions of opencast coal mines in the Republic of Kazakhstan.

**The purpose of the work** is to develop a system to reduce the risk of dangerous air pollution of coal mines dust when using the existing technological processes and equipment. The purpose is to develop a system to reduce the risk of dangerous air pollution by dust in coal mines interrelation with the probability of failure-free operation of mining transport equipment manufacturing processes, which can improve the efficiency of atmospheric-security strategy at the open cast mining.

**Methods and the methodology of performing work** include analysis and generalization of literary sources and advanced experience, physical and mathematical simulation, economic calculations with the use of methods of mathematical statistics, mathematical analysis and operations research, discrete optimization, information processing and ecological- economic analysis of information systems and classifications, the information methods of simulation and normative - systematic guarantee.

### **Results of the work:**

- It is made the analysis of estimating methods and risk predicting the dangerous environmental pollution in open-cast mining;
- It is isolated the areas of contamination by dust of coal mine "Bogatyr" environment and the parameters of the surface dust concentration under the normal conditions are simulated;
- It is proposed the numerical simulation of the propagation of dust in the atmosphere for determining the integral level of its contamination by the applied technological processes;
- It is established the regular connection between the probability of good indices of the atmosphere state and the duration of the reliable work of equipment - it is proved that the prediction of the integral level of air pollution in open cast mining is rationally accomplished on the basis of the mathematical model, objective function of which is the minimum of the dust isolation, and limiting the conditions, individual

characteristics of the used equipment, rock properties and mining geological conditions;

- It is developed the technique to minimize the risk of dangerous air pollution at coal mines in operation mode of mining transport equipment in its real state on the basis of rational interaction of the nature protection authority, nature-users and the environment with use information techn

**The main constructive, technological, technical and operational characteristics.**

As a result of the research the dependences of the halo of the dust distribution are obtained from the mechanism of its formation, concentration of dust, from the intensity of dust formation on the basic technological processes, the probabilities of their optimal indices from the time of the reliable work of equipment and effectiveness of atmospheric- guarding strategy from the parameters of the information management technology of opencast mining of coal deposits.

**The degree of the introduction.** The results of work are used in the development of the program to modernize coal mines Ekibastuz region and in the course of lectures for students KazNTU and EETI.

**Recommendations about the introduction or the results of introducing the scientific research work.** On the basis of the executed experimental researches using a system of risk management of dangerous air pollution at coal mines PLC “Bogatyr Komir “ achieved the effectiveness of manufactured atmospheric- guarding strategy in comparison with the existing approach to 5% scope open-cast mining of minerals

**Economic effectiveness and the significance of the work.** It is established the regular relation between the parameters of dust formation in the course of the technological processes of the extraction of mineral and state of the atmosphere of mining region and the control mechanism of these relations is developed on the basis of information technologies.

The determination of the parameters of ejections is not according to the data of the inventory, but in accordance with the conditions of the work of career equipment taking into account its real state must be considered in the complex at the stage of the design of the objects of mountain production.

The decrease of ecological damage for the conditions of Ekibastuz region will compose not less than 1,25 million tenge per year.

**Forecast assumptions about the development of the research subject.** For approaching taking into consideration the system nature ecological consequences opencast mineral deposits developed strategy reducing risk pollution it is possible to use with the developing complex criterion of the estimation of ecological safety mastering subsoil.

Подписано в печать 22.10.2010 г.  
Формат 60x84 1/16. Печать KYOCERA.  
Бумага офсетная. Объем 1,0 усл. п.л.  
Тираж 100 экз. Заказ № 352

---

Типография ТОО «Копир&Ка»  
050022, г. Алматы, пр-т Абая, 36  
т: 2-606-300; 2-606-400

