

На правах рукописи

МОТИНА НОННА НИКОЛАЕВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА С РОСТОМ
УГЛЕВОДОРОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СЫРЬЕ**
(на примере ОАО «Сода», г.Стерлитамак)

Специальность 03.00.16 – «Экология»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа – 2005

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Сода кальцинированная является одним из основных продуктов неорганического синтеза и используется во многих отраслях промышленности. Наиболее крупные объемы соды потребляются в химической, целлюлозно-бумажной промышленности и предприятиях топливно-энергетического комплекса.

В настоящее время подавляющее большинство предприятий содовой промышленности в той или иной мере соприкоснулись с проблемой ограниченности природных ресурсов, в частности известнякового сырья. Остро стоит вопрос исчерпывания поверхностных запасов, что предопределяет возрастание глубинных поисков и добычи, ухудшение горно-геологических условий, выход в районы, более трудные для освоения и вовлечения в оборот сырья худшего качества. При этом в промышленном производстве, как правило, происходит рост негативного воздействия на окружающую среду.

Из проблемы истощения источников известнякового сырья для содовой промышленности вытекает ряд отрицательных последствий, находящихся в тесной взаимосвязи между собой: ухудшение условий добычи сырья, рост затрат на переработку и на производство готовой продукции; увеличение объемов загрязнения окружающей среды отходами производства.

При развитии тенденции уменьшения доступных для производства объемов ресурсов и ухудшения качества известнякового сырья возможно сокращение объемов производства кальцинированной соды. В условиях промышленного роста снижение объемов выпуска кальцинированной соды нанесет значительный ущерб ряду отраслей промышленности. Исследование проблем ограниченности природных минеральных ресурсов и ухудшения их качества, с учетом прогнозирования развития как негативных, так и позитивных факторов, оказывающих влияние на обозначенный круг проблем, является актуальной задачей, требующей изучения и решения.

В настоящей диссертационной работе решаются задачи, связанные с ограниченностью и ухудшением качества природных ресурсов в содовой промышленности, в частности проблема роста примесей нефтяного происхождения в

известняковом сырье, рассматривается влияние изменения качества сырья на объемы и номенклатуру отходов. Исследования направлены на развитие методологических подходов в вопросах планирования и прогнозирования природопользования предприятий содового производства и оценку влияния негативных факторов на окружающую среду.

Цель работы

Анализ комплекса проблем, связанных с ограниченностью и ухудшением качества известнякового сырья для содовой промышленности; разработка методологии моделирования и прогнозирования степени загрязнения окружающей среды при изменении качества сырья; решение задач, связанных с уменьшением негативного влияния содового производства на окружающую среду.

Задачи исследований

1. Анализ проблем ограниченности сырьевыми ресурсами ОАО «Сода», определение закономерностей и тенденций изменения качества известняка месторождения Шах-Тау.

2. Выявление причин ухудшения качества известняка, анализ состава примесей в виде локальных битуминозных включений, изучение их происхождения.

3. Определение закономерностей, связывающих ухудшение качества природного карбонатного сырья и увеличение доли загрязнителей в стоках предприятия.

4. Изучение процессов трансформации углеводородных примесей, содержащихся в известняковом сырье в процессе производства кальцинированной соды.

5. Разработка методологии моделирования и прогнозирования изменения степени загрязнения окружающей среды при ухудшении качества используемого сырья.

6. Разработка способов вывода примесей углеводородных компонентов из технологического цикла с использованием вторичных материальных ресурсов предприятия – шламовых отходов и некондиционного сырья.

Методы решения задач

Поставленные задачи решались путем анализа статистических и аналитических данных, обобщения литературных и патентных материалов, проведения теоретических, лабораторных исследований и промышленных экспериментов, внедрением результатов в производство.

Научная новизна

1. Обоснованы основные положения теории появления углеводородных примесей в известняковом сырье, доказано их природное происхождение, установлена динамика изменения их количества при разработке карьера Шахтау.

2. Определены закономерности трансформации углеводородных включений в процессе получения технологического газа при производстве кальцинированной соды.

3. Предложена методика прогнозирования динамики загрязнения окружающей среды вследствие изменения качества природного сырья и ряда других факторов.

4. Разработаны способы вывода и утилизации углеводородных примесей из производственного цикла с использованием шламовых отходов предприятия и некондиционного сырья.

Практическая ценность работы

Разработанная методика моделирования и прогнозирования степени загрязнения окружающей среды даст возможность гибко и оперативно изменять режимы технологического процесса производства кальцинированной соды без снижения качества готового продукта, с переработкой известнякового сырья худшего качества и с минимальным ущербом окружающей среде.

В результате экспериментальных исследований, проведенных в рамках решения поставленных задач, разработана возможность вывода из технологического процесса и утилизации значительной доли углеводородных включений с использованием вторичных материальных ресурсов содового производства.

Результаты исследований переданы на ОАО «Сода», г.Стерлитамак, основные подходы к прогнозированию и моделированию динамики образования отходов будут применены на предприятии с целью своевременного проектирования и внедрения необходимых природоохранных мероприятий, уменьшения

выплат за загрязнение окружающей среды и улучшения экологических показателей производства.

Предлагаемая методология прогнозирования и моделирования динамики образования отходов в зависимости от ухудшения качества сырья и других факторов используется в учебном процессе Стерлитамакского филиала ВЭГУ при чтении курса лекций по дисциплине «Природопользование».

Апробация работы

Отдельные разделы работы докладывались и обсуждались на конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (Уфа, УГНТУ, 2003 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Реновация: отходы-технологии-доходы» (г.Уфа, ВЦ БашЭКСПО, 2004 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и экологической безопасности», (г.Стерлитамак, ЗАО «Каустик», 2004 г.); научно-практической конференции «Энергоэффективность. Проблемы и решения», проводимой в рамках IV Российского энергетического форума «Уралэнерго - 2004» (г.Уфа, , 2004 г).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, в том числе 2 статьи депонированы в ВИНТИ, 7 тезисов докладов.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и 5 приложений, содержит 25 рисунков, 30 таблиц, список литературы из 123 наименований. Материалы диссертации изложены на 156 страницах машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность решаемых в диссертации задач, сформулированы цель и основные задачи исследований, методы их решения.

Глава 1. Тенденции и перспективы обеспечения сырьем содовой промышленности. Основой производства кальцинированной соды является природное карбонатное сырье и раствор поваренной соли. Размещение завода в

городе Стерлитамаке обусловлено наличием месторождения высококачественных известняков.

Производство кальцинированной соды – это совокупность сложных многостадийных технологических процессов. Большинство из них можно классифицировать как совмещенные реакционно-массообменные процессы. Основная цель технологии производства кальцинированной соды и ее аппаратурного оформления – поддержание в процессе эксплуатации предельных стационарных состояний, обеспечивающих максимально возможную при заданных условиях степень превращения сырьевых компонентов.

Химизм процесса позволил создать малоотходную технологию производства кальцинированной соды на ОАО «Сода». Структурная схема малоотходного аммиачного содового комплекса показана на рис. 1.

В качестве ресурсной базы производственное объединение использует месторождение Шах-Тау, расположенное на правом берегу реки Белой, в 6-ти км восточнее города Стерлитамака и в 1,2 км к юго-востоку от впадения реки Селеук в реку Белую (рис. 2). В настоящее время большая часть месторождения известняков Шах-Тау выработана. Всего добыто более 70% разведанных запасов известняков. По состоянию на 01.01.2002 г. оставшиеся запасы составляют 59,5 млн т.

Ниже уровня грунтовых вод (абсолютная отметка 127 м) расположены массивы обводненных известняков. Проблематика разработки обводненных известняков представляет собой основное содержание вопросов ограниченности природных минеральных ресурсов на предприятии.

Высокая водообильность известняков обусловлена прямой связью с водоносными горизонтами, развитыми в районе месторождения, имеющих единый уровень подземных вод на абсолютной отметке 125 м, тесно взаимосвязанных между собой и с водами реки Селеук.

В результате исследования, проводимого в рамках доразведки месторождения, установлена высокая минерализация подземных вод. Указанные гидрогеологические условия месторождения по мере углубления карьера будут ухудшаться, в частности, в воде возможно появление сероводорода и нефти.

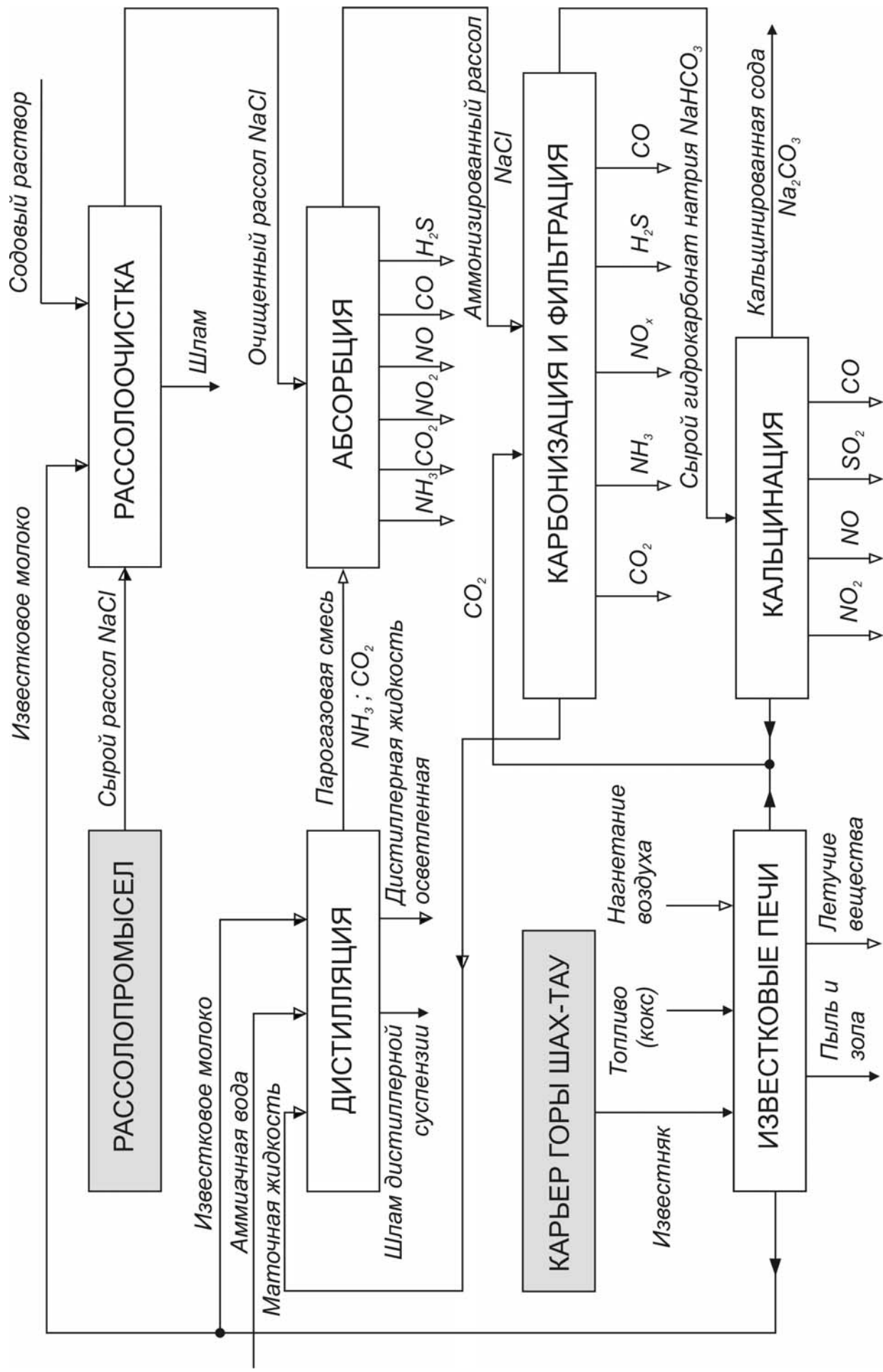


Рис. 1. Схема производства кальцинированной соды на ОАО “СОДА”, Стерлитамак

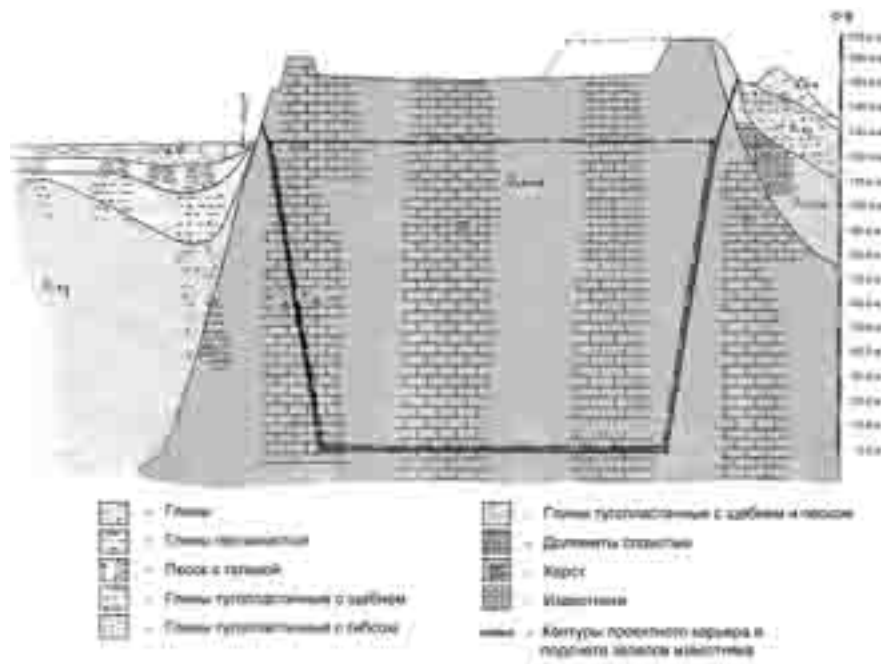


Рис. 2. План карьера горы Шах-Тау в разрезе

Потребность в сбросах подземных вод будет возрастать в уже разрабатываемом и осушаемом интервале 125-65 м с 25 до 140 тыс. м³/сут.

В процессе отработки известняков и, соответственно, снижения динамического уровня подземных вод, возможно вскрытие в известняках зон с высоким содержанием сероводорода, от 30 до 100 мг/кг, также вероятность его поступления в атмосферу через дно карьера с поверхности динамического уровня подземных вод. Так как при осушении карьера водоотлив возрастает многократно, произойдет интенсивное подтягивание воды с повышенной минерализацией из глубоких горизонтов. Все вышесказанное свидетельствует о невозможности разработки карьера ниже горизонта 127 м.

Другой важной проблемой, имеющей прямое отношение к обеспеченности предприятия природными минеральными ресурсами, является изменение качественного состава известняка. В известняковом камне, поступающем с карьера Шах-Тау на обжиг в известково-обжигательные печи, с начала 90-х годов, когда наиболее качественная часть месторождения была уже разработана, стали появляться локальные битуминозные включения и налеты смолистых веществ.

Анализ статистических данных за прошедший период времени выявил, что количество загрязненных смолистыми примесями известняковых камней в об-

щем объеме добываемого сырья тем больше, чем ниже на карьере находится разрабатываемый в данный момент горизонт.



Рис. 3. Образцы чистого камня и известняка с налетом смолистых масс

Примесные включения резко выделяются по цвету на фоне светло-серых и серых камней известняка (рис. 3). Они имеют окраску от бурых и темно-коричневых тонов до черного, с глянцевым отблеском, оттенка. Включения в известняке имеют отчетливый нефтяной запах; если загрязненный камень промыть в небольшом количестве воды, то на ее поверхности появится характерная маслянистая пленка с радужными разводами.

Смолянистые включения могут находиться в нескольких физических состояниях. На некоторых образцах камня это может быть практически твердый налет, на других – твердые темные вкрапления в виде локальных пятен различных размеров. Достаточно часто встречаются образцы камня с трещиноватой структурой, заполненной густыми вязкотекучими или высокоэластичными смолистыми включениями.

Глава 2. Исследование свойств сырья, сырьевые ресурсы в производственном цикле. Косвенным признаком, по которому можно судить, что углеводородные примесные компоненты в сырье - природного происхождения, является характер расположения смолистых включений в структуре породы. На отдельных образцах камня мелкозернистая структура известняка насквозь пронизана вкраплениями и включениями твердых смолистых примесей. Есть образцы камня, имеющие цельную, без пор и трещин структуру внешней поверхности с внутренними полостями, заполненные густыми смолистыми включениями.

В 2001 году на карьере Шах-Тау было произведено обследование отложений. Результатом обследования явилось предположение, что гора Шах-Тау представляет собой разрушенное рифовое нефтяное месторождение. В течение геологического периода времени легкая нефтяная фракция испарилась естественным путем через поры в известняке, а оставшаяся часть представляет собой тяжелые битуминозные отложения и локальные вкрапления.

Анализ изменения количества примесей нефтяного происхождения в известняке по горизонтам позволяет говорить о существовании явно выраженной тенденции увеличения доли вредных примесей в природном сырье с углублением карьера Шах-Тау. На рис. 4 показаны обобщенные данные о содержании примесей на той или иной отметке. Из графика видно, что среднее содержание примесей на более низких отметках 140 м и 127 м значительно выше, чем на отметках 170 м и 155 м.

Из анализа статистической информации о доли примесей нефтяного происхождения в известняковом камне следует, что предпосылки снижения или сохранения на современном уровне содержания нефтепродуктов в известняковом сырье при дальнейшей разработке карьера горы Шах-Тау отсутствуют. Ситуация будет развиваться в сторону ухудшения качества исходного минерального сырья для производства кальцинированной соды.

Процессы, которые происходят с примесями нефтяного происхождения при обжиге известнякового сырья, представляют собой сложную цепочку физико-химических превращений высокомолекулярных углеводородных соединений. Вместе с загружаемой шихтой примеси подвергаются постепенному нагреву в верхней части печи в потоке горячих отходящих печных газов.

Постепенный нагрев известняка и входящих в его состав примесей в потоке горячего печного газа ведет к разрушению высокомолекулярных углеводородных соединений, составляющих большую часть примесей нефтяного происхождения в природном карбонатном сырье, сопровождающуюся выделением продуктов дистилляции и образованием углерода. Помимо расщепления высокомолекулярных соединений, входящих в состав примесей нефтяного происхожде-

ния, при нагреве до 500°C происходят процессы выкипания прямогонных фракций.



Рис 4. Динамика изменения массовой доли примесей нефтяного происхождения в известняковом сырье с углублением карьера

Газы и жидкие продукты, отгоняемые в процессе нагрева, практически в полном объеме переходят в печной газ и отводятся из печи и при температуре около 200 °С поступают в скруббера или в трубы Вентури (первая ступень очистки). Здесь происходит охлаждение до 40 °С и грубая очистка от пыли технологического газа. Вторая ступень очистки представляет собой электрофильтры, на которых производится тонкая очистка технологического газа. В процессе промывки и охлаждения технологического газа происходит конденсация углеводородных компонентов, содержащихся в нем, и переход нефтяных примесей в сточные воды.

С помощью аналитических методов ИК-спектроскопии выявлено сходство структурных элементов примесных углеводородных компонентов известняка месторождения Шах-Тау и нефтепродуктов в сточных водах узла очистки технологического газа.

Глава 3. Моделирование и прогнозирование темпов загрязнения окружающей среды при возрастании в сырье доли углеводородных компонентов. Степень загрязнения окружающей среды находится в тесной взаимосвязи с рядом существенных факторов. В первую очередь - это ухудшение качества используемого сырья. Использование в производстве минерального сырья худшего качества сопровождается рядом трансформаций, происходящих с вредными примесями, что приводит к росту количества отходов, образующихся на различных стадиях технологического процесса.

Прямое влияние на количество образующихся отходов оказывает изменение объемов выпуска готовой продукции. В тесной взаимосвязи с указанными факторами, оказывающими влияние на количество образующихся на предприятии отходов, находятся проблемы износа технологического оборудования, отклонения от норм технологического режима. В результате комплексного анализа перечисленных факторов существует возможность прогнозирования объемов образования отходов на предприятии. Прогнозирование объемов загрязнения окружающей среды на предприятии перерабатывающего природное сырье комплекса предлагается производить по следующей методике.

Информационной основой методики являются статистические показатели изменения физико-химических свойств сырья, динамика изменения объемов выпуска продукции и изменения спроса на выпускаемую продукцию в течение исследуемого промежутка времени. При прогнозировании объемов загрязнения окружающей среды допустимым является объяснение моделируемыми данными 90% фактического изменения анализируемого параметра.

Целью моделирования является отыскание связи между двумя независимыми показателями (изменение доли примесей в природном сырье и изменение объемов производства готового продукта) и зависимым фактором (изменение объемов загрязнения окружающей среды). Для моделирования предлагается использовать математический аппарат корреляционного и регрессионного анализа, в частности множественной регрессии.

В общем случае результирующий показатель y является функцией существенных (x_1, \dots, x_k) и несущественных $(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)$ факторов:

$$y = F(x_1, \dots, x_k, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n). \quad (1)$$

В случае линейной множественной регрессии модель имеет следующий вид:

$$y = \tilde{y}(x) + \varepsilon, \quad \tilde{y}(x) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i x_i, \quad (2)$$

где $\tilde{y}(x)$ - детерминированная составляющая, зависящая от

$$\text{факторов } x = \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_k \end{pmatrix};$$

α_0 - значение y для точки, в которой функция пересекает ось ординат;

α_i - коэффициент регрессии при i -м факторе, показывающий, насколько изменится $\tilde{y}(x)$, если i -й фактор изменится на 1;

ε - случайная составляющая с независимыми значениями.

Введем следующие обозначения. $Q_{ij}(T)$ - временной ряд изменения количества отходов производства j -го вида продукции при использовании природного сырья, содержащего i -й компонент примесей; $P_i(T)$ - временной ряд изменения количества i -го компонента примесей в природном сырье; $V_j(T)$ - временной ряд объемов выпуска j -го вида продукции.

Модель изменения объема загрязнения окружающей среды i -м загрязнителем при выпуске j -го вида продукции на основе уравнения 2, с учетом того, что анализируемые факторы и моделируемый параметр представлены в виде временных рядов, примет вид

$$\begin{aligned} Q_{ij}(T) &= \tilde{Q}_{ij}(P_i, V_j, T) + \varepsilon, \\ \tilde{Q}_{ij}(P_i, V_j, T) &= \alpha_0 + \alpha_1 P_i(T) + \alpha_2 V_j(T), \end{aligned} \quad (3)$$

где $\tilde{Q}_{ij}(P_i, V_j, T)$ - детерминированная составляющая временного ряда $Q_{ij}(T)$, зависящая от факторов $P_i(T)$ и $V_j(T)$.

В соответствии с описанными выше общими условиями моделирования, на изменение объемов загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, поступающими со сточными водами стадии обжига природного известнякового сырья и получения технологического газа ($Q_{НП}(T)$, т/год), оказывают влияние из-

менение количества примесей нефтяного происхождения в известняке, добываемом на карьере Шах-Тау ($P_{НП}$, %) и динамика объемов выпуска кальцинированной соды, исходным сырьем для производства которой, является известняковый камень (V_C , %):

$$\begin{aligned} Q_{НП}(T) &= \tilde{Q}_{НП}(P_{НП}, V_C, T) + \varepsilon, \\ \tilde{Q}_{НП}(P_{НП}, V_C, T) &= \alpha_0 + \alpha_1 P_{НП}(T) + \alpha_2 V_C(T), \end{aligned} \quad (4)$$

где $\tilde{Q}_{НП}(P_{НП}, V_C, T)$ - детерминированная составляющая временного ряда $Q_{НП}(T)$.

На примере ОАО «Сода» анализируются данные за период 1997-2002 гг.

Основой моделирования динамики изменения количества нефтяных примесей в известняке являются данные аналитических исследований массовой доли нефтепродуктов. Обозначим как $P_{НП}(T)$ временной ряд изменения содержания примесей нефтяного происхождения в исходном сырье - известняковом камне, поступающем на обжиг. Тогда зависимость содержания углеводородных компонентов примесей в известняке ($P_{НП}(T)$, %) от структуры разработки карьера будет иметь вид

$$P_{НП}(T) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^{zop}(T) \cdot \bar{c}_i^{zop}}{100}, \quad (5)$$

где v_i^{zop} - объем добываемого известняка на i -м горизонте в течение периода времени T , %;

\bar{c}_i^{zop} - среднее содержание примесей нефтяного происхождения в известняке на i -м горизонте, %;

n – количество разрабатываемых в период T горизонтов.

На рис. 5 показан временной ряд $P_{НП}(T)$, описывающий изменение содержания углеводородных компонентов примесей в известняке с течением времени.

Вычисление коэффициентов регрессионной прямой и дополнительной регрессионной статистики на основе статистических и расчетных данных производится с помощью пакета анализа электронной таблицы MS Excel.

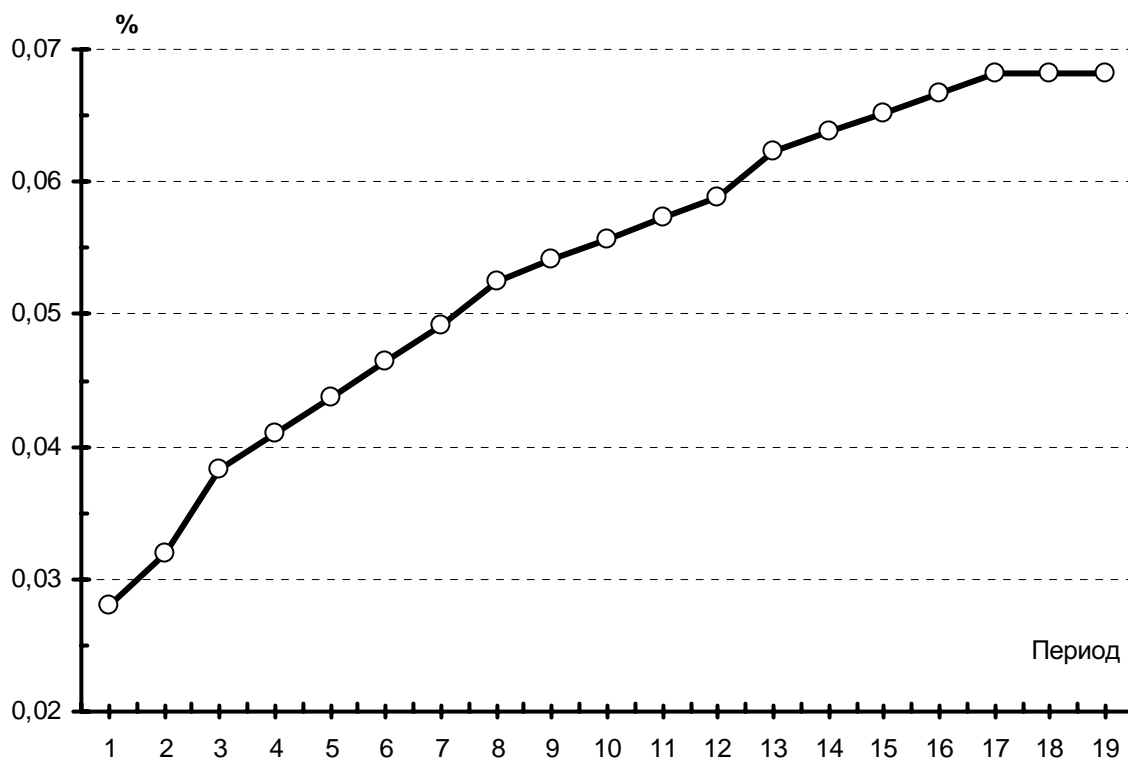


Рис 5. График временного ряда $P_{НП}(T)$

В результате расчетов уравнение 4 примет вид

$$\tilde{Q}_{НП}(P_{НП}, V_C, T) = -14,685 + 399,676P_{НП}(T) + 1,653 \cdot 10^{-5}V_C(T). \quad (6)$$

Значение R-квадрата (квадрат критерия Пирсона) является индикатором степени адекватности полученной функциональной зависимости к фактическим данным. Полученное в результате расчетов значение R-квадрата показывает, что $\approx 87\%$ изменений (вариаций) полученной регрессионной прямой обуславливается вариациями в учтенных факторах. Значение индекса корреляции $R=0,931$ характеризует силу связи как очень значительную.

Причиной недостаточно высокого уровня надежности полученной функциональной зависимости является неоднородность статистической информации, лежащей в основе исследуемого временного ряда, в частности сильный выброс в точке, соответствующей 1999 году. Для ликвидации отрицательного влияния неоднородности статистики на результат прогнозирования воспользуемся методом экспоненциального сглаживания.

Алгоритм расчета экспоненциально сглаженных значений в любой точке ряда основан на трех величинах: наблюдаемом значении Y_i в данной точке ряда, рассчитанном сглаженном значении для предшествующей точки ряда \tilde{Y}_{i-1} и не-

котором заранее заданном коэффициенте сглаживания W , постоянным по всему ряду. В первой точке ряда нет сглаженного значения для предшествующей точки (нет самой такой точки), и сглаженным значением \tilde{Y}_1 считается сама наблюдаемая в этой точке величина отклика Y_1 . Все следующие точки ряда вычисляются по формуле

$$\tilde{Y}_i = W \cdot Y_i + (1 - W) \cdot \tilde{Y}_{i-1}. \quad (7)$$

В результате расчета коэффициентов регрессионной прямой и дополнительной регрессионной статистики с учетом экспоненциального сглаживания временного ряда $Q_{НП}(T)$ получаем

$$\tilde{Q}_{НП}(P_{НП}, V_C, T) = -15,346 + 424,366 \cdot P_{НП}(T) + 1,602 \cdot 10^{-5} \cdot V_C(T). \quad (8)$$

На рис.6 приведены графики исходного временного ряда объемов загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, поступающими со сточными водами содового производства и временного ряда $\tilde{Q}_{НП}(P_{НП}, V_C, T)$, полученного в результате моделирования.

Уровень надежности описания искомой функциональной зависимостью анализируемого временного ряда ($R^2=0,941$) является достаточным для выбранных условий моделирования.

Для достижения сопоставимости коэффициенты регрессии исходного уравнения стандартизуют, взяв вместо исходных переменных их отношения к собственным среднеквадратичным отклонениям. Значения бета-коэффициентов для регрессионного уравнения: $\beta_1 = 0,431$, $\beta_2 = 0,590$. Анализ β -коэффициентов показывает, что стандартные ошибки каждого из параметров модели практически в равной мере влияют на изменения результирующего признака, причем это изменение достаточно мало.

При интерпретации результатов корреляционно-регрессионного анализа также используют частные коэффициенты эластичности (E_{x_i}). Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов в среднем изменится значение результирующего признака при изменении факторного на 1% и при постоянстве (фиксированном уровне) других факторов: $E_{x_1} = 0,90$, $E_{x_2} = 0,95$. Рассчитанные значения частных коэффициентов эластичности показывают, что степень влия-

ния параметров модели на результирующий признак высока и практически в равной мере значима.

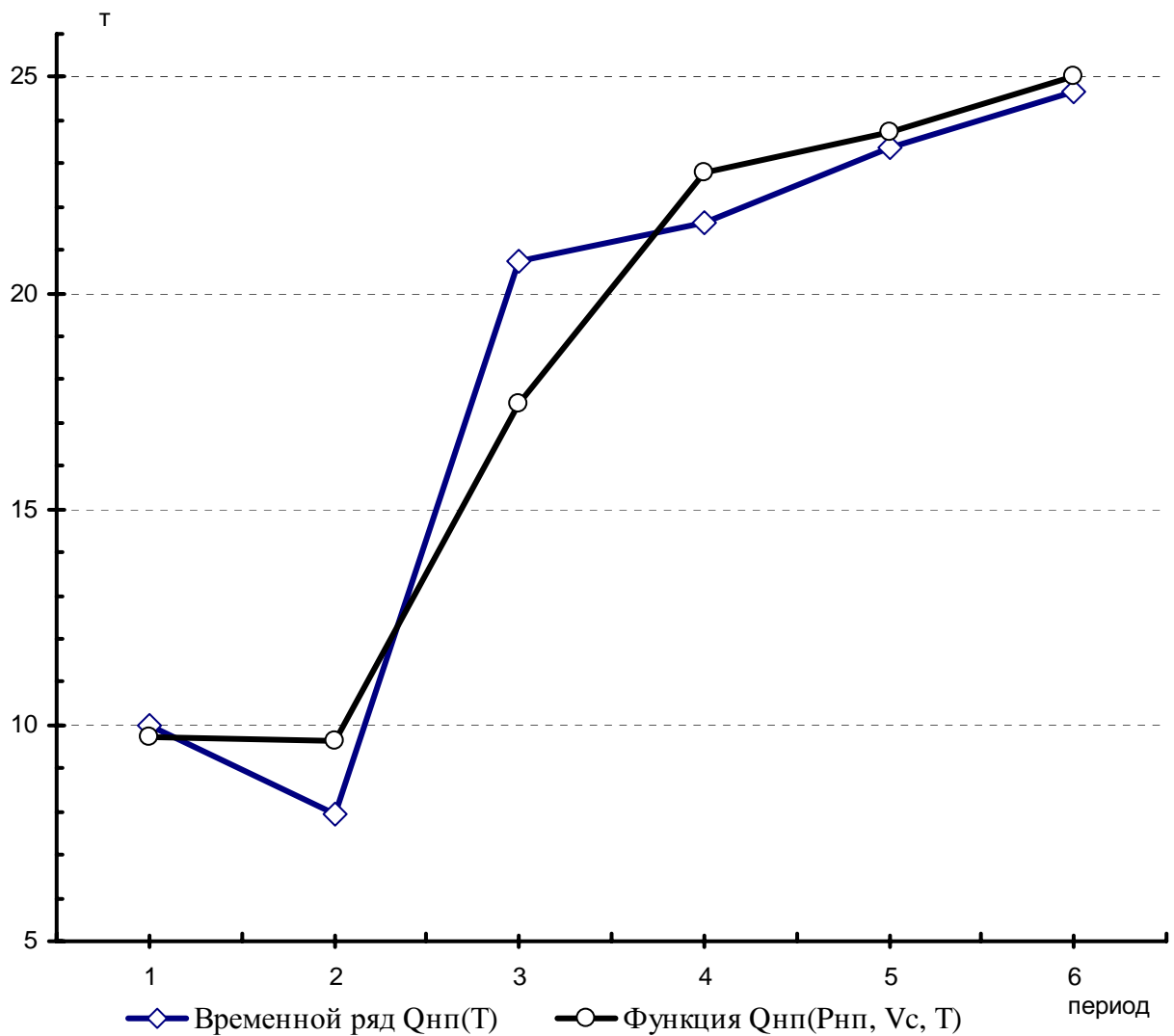


Рис. 6. Результат моделирования временного ряда $Q_{HP}(T)$

Необходимость прогнозирования выпуска готовой продукции, а соответственно и непосредственно связанных с ним показателей (изменение объемов добычи и использования сырьевых ресурсов, объемы загрязнения окружающей среды и т.д.) определяется достаточно высокими темпами роста российской экономики в целом, и в частности, минерально-сырьевого комплекса.

На основании статистических данных о выпуске товарной продукции с помощью численных математических методов, можно определить соответствие между данными по рассматриваемому предприятию за выбранный период времени и макроэкономическими показателями развития экономики страны, региона, отрасли.

Использование математического аппарата корреляционного анализа позволило установить неслучайность (значимость) изменения показателей динамики объема выпуска кальцинированной соды ΔV_C и степень их зависимости от динамики индекса интенсивности промышленного производства (в химической и нефтехимической промышленности) $\Delta I_{ИПП}$. Определение точных количественных характеристик изменения динамики объема выпуска кальцинированной соды ΔV_C производится с использованием методов регрессионного анализа.

Уравнение линейной регрессии динамики объема выпуска кальцинированной соды на динамику индекса интенсивности промышленного производства в химической и нефтехимической промышленности определяется в следующем виде:

$$\Delta V_C = \alpha_1 \Delta I_{ИПП} + \alpha_0, \quad (9)$$

где α_0, α_1 – искомые параметры регрессионной функции.

С учетом вычисленных значений параметров α_0, α_1 искомое уравнение регрессии примет вид

$$\Delta V_C = 2,062 \cdot \Delta I_{ИПП} - 109,648. \quad (10)$$

Полученное значение критерия $R^2=0,919$ для исследуемой регрессионной зависимости свидетельствует о том, что динамика индекса интенсивности промышленного производства в химической и нефтехимической промышленности в достаточной мере определяет изменение объемов выпуска кальцинированной соды. Качество модели определяется по критерию Фишера. Рассчитанное значение критерия Фишера $F=45,509$ больше табличного значения F -распределения ($df1=1, df2=4$) для уровня значимости $\alpha=0,05$ ($F = 7,709$).

С учетом динамики прогнозируемых Правительством РФ реальных объемов произведенного ВВП в промышленности рассчитаны прогнозируемые значения объема выпуска кальцинированной соды на период 2003-2008 гг. (табл. 1).

Динамика прогнозируемого роста объемов загрязнения окружающей среды нефтепродуктами до 2008 г. с учетом прогнозируемой динамики объемов выпуска кальцинированной соды и прогнозируемой динамики доли примесей углеводородных компонентов в исходном сырье (рис.5) показана на рис. 7.

Прогноз динамики объема выпуска кальцинированной соды на
ОАО «Сода» за период 2003-2008 гг.

Наименование показателя	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Неблагоприятный прогноз ΔV_C , в % к пред. году	105,5	104,2	105,0	105,9	105,9	105,9
Неблагоприятный прогноз V_C , т.	1359368	1416461	1487284	1575034	1667961	1766371
Благоприятный прогноз ΔV_C , в % к пред. году	105,5	106,3	107,5	107,9	107,9	107,9
Благоприятный прогноз V_C , т.	1359368	1445008	1553384	1676101	1808513	1951386

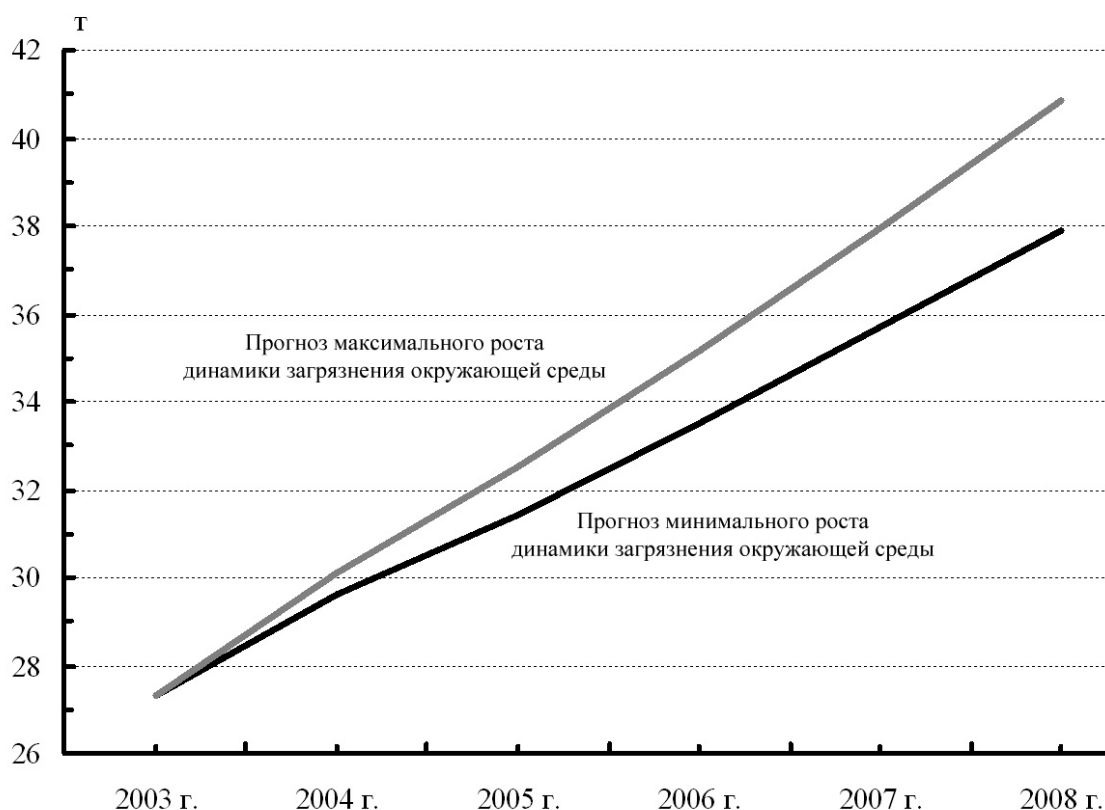


Рис. 7. Прогноз объемов загрязнения окружающей среды нефтепродуктами

В прогнозе загрязнения окружающей среды до 2008 г. рост объемов производства кальцинированной соды, обусловленный растущим спросом и интенсивным развитием производства в нашей стране и динамика примесей нефтяного происхождения в известняке оказывают соизмеримое влияние на исследуемый параметр. Однако при достижении предприятием объемов выпуска на уровне проектной мощности вклад составляющей, обусловленной ростом примесей нефтяного происхождения в известняковом сырье, будет расти, и дина-

мика объемов загрязнения окружающей среды нефтепродуктами будет в большей степени определяться именно ухудшением качества природного карбонатного сырья.

Глава 4. Разработка схем вывода нефтяных примесей из технологического процесса. Исследование эффективности очистки сточных вод содового производства от нефтепродуктов выявило ряд проблем, основная из которых – неудовлетворительная степень очистки стоков. Рядом факторов обусловлена необходимость разработки дополнительных природоохранных мероприятий, направленных на существенное снижение доли нефтепродуктов в сбрасываемых водах содового производства.

При разработке схем вывода примесей нефтяного происхождения из технологического цикла существует два основных направления. Первое – выделение нефтепродуктов непосредственно из технологического газа, выходящего из известково-обжигательных печей. Второе направление – выделение нефтепродуктов из сточных вод, образующихся в результате промывки технологического газа на скрубберах и трубах Вентури перед опытно-промышленной установкой очистки сточных вод.

В результате снижения нагрузки на существующую установку очистки сточных вод значительно повысится ее эффективность.

Использование при адсорбции нефтепродуктов из печных газов известково-обжигательных печей коксовой мелочи, образующейся в результате отсева при отборе кокса для обжига известняка (значительные запасы которой имеются на предприятии), определяется следующими факторами. Во-первых, выделение адсорбированных продуктов из коксовой мелочи – простой и дешевый процесс, позволяющий получить нефтепродукты практически в чистом виде и утилизировать их в обычных котельных. Во-вторых, адсорбция нефтепродуктов из технологического газа характеризуется высокой степенью эффективности.

Другой предлагаемый способ выделения нефтепродуктов из технологического цикла – адсорбция нефтепродуктов из сточных вод после первой ступени очистки и охлаждения технологического газа. Для использования в качестве сорбентов при очистке сточных вод цеха известковых печей от нефтепродуктов

было решено исследовать свойства ряда шламовых отходов содового производства с развитой удельной поверхностью: шлам рассолоочистки, шлам дистиллерной жидкости и мелкие остатки гашения. По результатам экспериментов, сорбционные свойства шлама рассолоочистки оказались наиболее высокими по сравнению с другими шламовыми отходами.

В рамках обследования эффективности очистки сточных вод производилось изучение адсорбционных свойств коксовой мелочи по нефтепродуктам. Результаты исследований показали, что коксовая мелочь обладает высокими адсорбционными свойствами при очистке сточных вод от нефтепродуктов.

Для рассмотренных схем вывода нефтепродуктов из технологического цикла предложены принципиальные схемы аппаратурного оформления процессов, рассчитан предотвращенный экологический ущерб (табл. 2) согласно прогнозируемой массе количества примесей в известняковом камне.

Таблица 2

Прогнозируемый предотвращенный экологический ущерб, руб.

№	Мероприятие	2004 г.	2006 г.	2008 г.	
1	Адсорбция нефтепродуктов из печного газа	148555,0	170835,5	195990,9	
2	Адсорбция н/п из сточных вод	шламом рассолоочистки	137000,1	157566,8	180759,5
3		коксовой мелочью	140317,3	161353,9	185099,5

На основании проведенных исследований сделаны следующие **основные выводы**:

1. На основе теоретических и экспериментальных исследований произведен анализ основных тенденций ограниченности природного минерального сырья для производства кальцинированной соды: показана невозможность использования обводненной части известняков карьера горы Шах-Тау; исследованы проблемы ухудшения качества известняка, выявлены закономерности роста количества битуминозных включений в сырье, доказано их природное происхождение.

2. Выполнены теоретические исследования физико-химических превращений примесей природного нефтяного происхождения карбонатного сырья в технологическом процессе получения кальцинированной соды.
3. Установлена зависимость роста количества нефтепродуктов в сточных водах цеха известковых печей ОАО «Сода» от ухудшения качества карбонатного сырья.
4. С помощью аналитических методов ИК-спектроскопии выявлено сходство структурных элементов примесных углеводородных компонентов известняка месторождения Шах-Тау и нефтепродуктов в сточных водах узла очистки технологического газа.
5. Разработана математическая модель, на основе которой было выполнено прогнозирование динамики доли нефтепродуктов в сточных водах в зависимости от роста содержания углеводородных примесных компонентов в известняковом сырье и от изменения объемов выпуска кальцинированной соды.
6. Основываясь на принципах безотходного производства, разработаны схемы вывода нефтяных примесей из технологического цикла производства кальцинированной соды с использованием шламовых отходов и некондиционного коксового сырья.
7. По полученным результатам исследования произведен расчет предотвращенного эколого-экономического ущерба.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих печатных работах:

1. Даминева Р.М., Мотина Н.Н. К вопросу о взаимосвязи экологической и экономической политики // Сб. тез. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Стерлитамак: СГПИ, 2001.
2. Мотина Н.Н., Абдрахимов Ю.Р. О некоторых подходах к теории безотходных технологий // Материалы трудов конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. - Уфа, УГНТУ, 2003.
3. Мотина Н.Н., Абдрахимов Ю.Р. Некоторые аспекты теории и практики организации безотходных производств // Реновация: отходы-технологии-доходы: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. - Уфа, 2004. - С.151-152.

4. Мотина Н.Н., Абдрахимов Ю.Р. Применение отходов производства ОАО «Сода» для очистки сточных вод предприятия // Реновация: отходы-технологии-доходы: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. - Уфа, 2004. - С.7-10.
5. Мотина Н.Н., Шатов А.А., Мотин В.В., Абдрахимов Ю.Р. Моделирование и прогнозирование темпов загрязнения окружающей среды // Современные проблемы химии, химической технологии и экологической безопасности: Материалы Всерос. научн.-практ. конф. – Стерлитамак: ЗАО «Каустик»; Уфа: Гилем, 2004 - С. 261-266.
6. Мотина Н.Н., Абдрахимов Ю.Р., Мотин В.В., Ишмаков Р.М. Моделирование загрязнения природы нефтяными фракциями при производстве кальцинированной соды. - М., 2004 – 17 с.- Деп. в ВИНТИ № 1623- В2004.
7. Мотина Н.Н., Абдрахимов Ю.Р., Мотин В.В., Ишмаков Р.М. Прогнозирование загрязнения окружающей среды при производстве кальцинированной соды. - М., 2004 – 16 с. - Деп. в ВИНТИ № 1622- В2004.
8. Мотина Н.Н., Абдрахимов Ю.Р. Моделирование и прогнозирование объемов загрязнения энергоносителей при производстве соды // Уралэнерго-2004: Материалы IV Российс. форума; Энергоэффективность. Проблемы и решения: Материалы научн.-практ. конф. – Уфа; ТРАНСТЭК, 2004. - С.118-119.
9. Мотина Н.Н., Абдрахимов Ю.Р. Методологические аспекты моделирования объемов загрязнения окружающей среды // Состояние и перспективы правового регулирования природоохранной деятельности на региональном уровне: Материалы Межрегиональной научн.-практ. конф. - Уфа, 2004.

Подписано в печать 30.12.2004 г. Бумага офсетная. Формат 60x84 1/16.

Печать трафаретная. Печ. л. 1,5. Тираж 90 экз. Заказ №

Типография Уфимского государственного технического университета.

Адрес типографии: 4500062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.