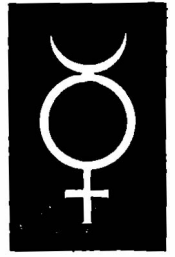


**ВЫБОР
ЭФФЕКТИВНОЙ
СТРАТЕГИИ
РАЗВИТИЯ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ
В НОВЫХ УСЛОВИЯХ
ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**

НОВОСИБИРСК 1993



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH

Institute of Economics and Organization of Industrial Production
United Institute of Geology, Geophysics and Mineralogy
SSTP "Global Change of Environment and Climate"

**SELECTION OF EFFECTIVE STRATEGY
OF THE DEVELOPMENT
OF MINING - METALLURGICAL
ENTERPRISE
UNDER THE NEW CONDITIONS
OF MANAGEMENT**

**modelling, simulation, taking a decision,
environmental control**

Chief Editor Dr.Econ.Sci. G.M.Mkrtchan

NOVOSIBIRSK 1993

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Институт экономики и организации
промышленного производства
Объединенный институт геологии, геофизики
и минералогии
ГНТП России
"Глобальные изменения природной среды и климата"

**ВЫБОР
ЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ
РАЗВИТИЯ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ
В НОВЫХ УСЛОВИЯХ
ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**

**моделирование, имитация, принятие решений,
охрана окружающей среды**

Ответственный редактор д-р экон. наук Г.М. Мкртчян

ББК У9(2)305.450

В 92

Выбор эффективной стратегии развития горно-металлургического предприятия в новых условиях хозяйствования (моделирование, имитация, принятие решений, охрана окружающей среды)/ Ягольницер М.А., Оболенский А.А., Бабич В.В. и др. - Новосибирск, 1993. - 123 с.

ISBN 5-7623-0777-8

Предложен подход к построению системы информационной поддержки принятия управленческих решений на крупном горно-металлургическом предприятии, который реализован в виде диалогового имитационно-статистического модельного комплекса, объединяющего экономическую модель технологической системы с геологической моделью развития сырьевой базы. Модель используется для принятия стратегических решений по выбору наиболее эффективных направлений технической политики на предприятии, изменения структуры производства, улучшения экологических условий и др.

Книга может быть полезна специалистам в области системного моделирования производства, информатизации управленческих процессов на крупном предприятии, а также студентам и аспирантам экономических специальностей.

Авторский коллектив

М.А. Ягольницер, А.А. Оболенский, В.В. Бабич, Р.Г. Курманаев,
Б.Б. Розин, В.М. Соколов, Г.И. Улитина, В.А. Караваев

Рецензенты

Ю.Ш.Блам (ИЭиОПП СО РАН), В.И.Сотников (ОИГГМ СО РАН)

ISBN 5-7623-0777-8

© М.А. Ягольницер,
А.А. Оболенский,
В.В.Бабич и др.,
1993

ПРЕДИСЛОВИЕ

В производствах с последовательной переработкой сырья выбор оптимального решения на каждом участке должен учитывать взаимные технологические связи и ориентироваться на достижение наилучших результатов. Сложность технологических процессов, необходимость учета их взаимосвязей с конечными результатами работы, существенное влияние стохастических факторов определяет необходимость и актуальность разработки и применения специального методического аппарата для определения экономически выгодных параметров работы отдельных переделов и производственного процесса в целом. Для решения таких задач разработан специализированный гибридный комплекс, включающий модели различных типов (статистические, балансовые, теоретические и др.), позволяющий изучить как отдельные технологические переделы, так и их взаимные связи и влияние на показатели эффективности производства. Комплекс позволяет осуществлять прогнозирование промежуточных и конечных показателей работы предприятия при изменении качества и объемов добычи сырья из разных месторождений; управлять качеством сырья, поступающего в переработку; оценивать влияние изменения независимых параметров на работу последовательных переделов для целей управления производством; производить экономическое сравнение вариантов научно-технической политики на предприятии; осуществлять оценку экологического ущерба от производственной деятельности. Помимо чисто производственных задач, с помощью модельного комплекса можно установить влияние внешних условий (в частности спроса на продукцию, цен) на эффективность производственной деятельности, а также оценить меры, позволяющие удерживать эффективность на заданном уровне.

Комплекс реализован в форме диалоговой системы на ПЭВМ IBM/AT и апробирован при построении имитационной технологико-экономической модели Хайдарканского ртутного комбината. Модель применяется в стратегическом планировании производства и оценки перспектив развития комбината с использованием достижений научно-технического прогресса.

P R E F A C E

In production with successive processing of raw materials it is necessary to take into account mutual technological relations and to orient to the achievement of the best final results. A complexity of technological processes with due regard for their relationships with final results as well as significant influence of stochastic factors define the necessity and actuality of the design and application of special methodical techniques which helps to determine economically profitable processing parameters of individual conversions and a process on the whole. To solve this tasks a specialized hybrid model complex was worked out involving various type models (statistical, balanced, theoretical, etc.) allowing to investigate both separate technological conversions and their mutual relations and influence on production efficiency. The complex permits to forecast intermediate and final results with respect to the quality and volume changes in raw materials output from different deposits; to control the quality of processing raw materials; to estimate the influence of independent parameter variations on the work of successive conversions for management, to make economic comparisons of the variants of scientific and technical politics at an enterprise; to evaluate ecological damage of production activity. Besides problems of the production, the model complex allows to determine the influence of outer (external) conditions on effectivity of production activity as well as to evaluate the measures maintaining the effectivity in the defined level.

The complex is realized in form of interactive system on PC/AT computer and verified in the construction of imitated technologic -economical model of Khaidarkan integrated mercuric plant. The model is used in strategic planning of the production as well as in evaluation of the perspectives of integrated plant development using the achievements of scientific and technical progress.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы заключается в выявлении резервов и оценке перспектив развития Хайдарканского ртутного комбината. Актуальность работы определяется тем, что комбинат является основным производителем ртути в странах СНГ, его сырьевая база претерпевает существенные изменения, требуется проведение реконструкции производства с необходимостью выбора наиболее эффективной и экологически чистой технологии.

Методическая особенность работы заключается в использовании аппарата многомерного статистического анализа и имитационного моделирования на ЭВМ. Основным инструментом анализа и прогнозирования выступает технолого-экономическая модель функционирования предприятия, позволяющая оценивать влияние изменений условий функционирования предприятия на экономические показатели его деятельности, а также проводить нормативно-аналитические расчеты.

В работе получили освещение и развитие следующие проблемы:

- анализ состояния хозяйственной деятельности комбината в целом и экономическая постановка задачи выбора стратегии развития горно-металлургического предприятия;

- опертивный контроль за процессом добычи и планирование горных работ на базе имитационного моделирования;

- методические подходы к построению имитационной статистической модели предприятия; модификация модели в случае перехода к освоению новых технологий;

- конкретные прогнозные имитационные расчеты, экономический анализ результатов, выработка рекомендаций.

В заключение рассматриваются дополнительные возможности повышения эффективности работы комбината за счет мероприятий, не зависящих от развития сырьевой базы и основных технологических процессов.

Анализ хозяйственной деятельности Хайдарканского комбината включает оценку современного состояния и перспектив развития сырьевой базы комбината, технологий производства и использование альтернативных технологических схем переработки рудного сырья. Группа экономических проблем функционирования и развития предприятия связана с оценкой структуры производимой продукции, использованием внутрипроизводственных резервов с целью снижения производственных затрат по технологическим переделам, комплексностью использования сырья, потребностью в продукции и др. Прогнозируется потребность в ртути по странам СНГ и ожидаемые тенденции развития подотрасли с учетом конъюнктуры мирового рынка ртути.

Моделирование функционирования рудников Хайдарканского месторождения - основных поставщиков товарной руды для металлургического предприятия - заключалось в разработке компьютерной системы оперативного контроля за добычей руды (по схеме оперативного подсчета запасов) и оптимального планирования горных работ на базе имитационного моделирования. Математической основой модельных построений явилась известная формула подсчета запасов, а параметрами моделей - показатели качества товарной руды и горно-геологических условий ее добычи (объем товарной руды, запасы и содержание ртути, коэффициент рудоносности, разубоживание и т.д.). Информационной базой моделирования служит совокупность данных опробования рудных тел, получаемых в процессе их разведки и отработки. Проведенные расчеты показали, что разработанная компьютерная технология позволяет оперативно отслеживать изменения в производственном процессе по добыче руды и адекватным образом корректировать стратегию добычи, выбирая наиболее оптимальный вариант.

Имитационное моделирование функционирования и развития предприятия на этапе переработки руд основано на использовании современных методов экономико-математического моделирования. Данный подход включает проведение ряда последовательных этапов исследования производственной системы, логически и информационно связанных между собой.

На первом этапе решаются в основном задачи аналитического и описательного характера с целью построения общей дескриптивной экономико-статистической модели функционирования исследуемой

производственной системы. С использованием статистических методов (корреляционного, регрессионного, дисперсионного анализа, многомерной классификации, исследования временных рядов и др.) и эвристических приемов строится модель, адекватно отражающая структуру изучаемого объекта по основным технологическим переделам (добыча руды, обогащение, металлургия), оцениваются основные параметры и их взаимосвязи. На втором этапе с учетом полученных параметров дескриптивной модели производятся прогнозные расчеты показателей работы комбината в имитационном режиме для различных сочетаний условий его функционирования. В качестве результирующих параметров в данном случае выступают ожидаемые показатели работы предприятия: объем производства основных видов продукции, затраты, прибыль, а также некоторые показатели, характеризующие влияние производства на экологическую обстановку. Эти параметры разворачиваются через цепочки зависимостей до технико-экономических показателей работы отдельных переделов. Последние, в свою очередь, являются функциями параметров технологического режима, характеристик сырья и условий его добычи.

В качестве информационной базы для построения имитационной статистической модели предприятия и как основы для проведения прогнозных расчетов на перспективу служит анализ современного состояния экономики комбината. Анализировались фактические данные месячной, квартальной и годовой отчетности в разрезе производственных подразделений Хайдарканского ртутного комбината с 1984 по 1990 гг.

Выполнена серия имитационных модельных расчетов по прогнозированию показателей функционирования комбината при различных сценариях его развития. В ходе имитационных расчетов выявлены "узкие места" в производстве, препятствующие достижению наиболее эффективных результатов работы комбината, определяется степень влияния основных факторов функционирования предприятия на его конечные результаты. Оценивается также эффективность различных проектных вариантов и сценариев развития комбината (совершенствование технологии, стратегии освоения сырьевой базы, изменение структуры выпускаемой продукции и т.д.) с позиций конечных показателей хозяйственной деятельности.

Для проведения расчетов по оценке новых перспективных технологических схем и направлений развития производства модель функционирования предприятия корректируется с учетом имеющихся

экспериментальных данных о характере взаимодействия параметров и показателей новых производственно-технологических процессов, дополняется проектируемыми зависимостями нормативного характера. В результате расширяется спектр моделируемых условий развития комбината.

Вся совокупность проведенных расчетов позволила выработать рекомендации по совершенствованию производства и хозяйственной деятельности комбината как на ближайшие годы, так и на более отдаленную перспективу. Разработанный методический подход достаточно универсален и может использоваться для оценки стратегий развития других горно-металлургических предприятий.

Исследования проводились сотрудниками Института экономики и организации промышленного производства, Объединенного института геологии, геофизики и минералогии Сибирского отделения РАН совместно со специалистами Хайдарканского ртутного комбината.

Работа над отдельными разделами книги распределилась следующим образом: Р.Г.Курманаев - 1.1. - 1.4., 4.1. - 4.5; В.А.Караваев - 1.1, 1.3, 1.4, 3.2, 4.5; А.А.Оболенский - 1.1 - 1.4, 4.1 - 4.5; Б.Б.Розин - 1.2, 1.4, 3.1 - 3.4, 4.1 - 4.4, введение; В.М.Соколов - 1.2, 1.3, 3.1, 3.2, 4.5; Г.И.Улитина - 3.3 - 3.5, 4.1 - 4.4; М.А.Ягольницер - 1.2, 1.4, 3.1 - 3.4, 4.1 - 4.4; В.В. Бабич - 2.1 - 2.5.

Помимо авторов работы в исследованиях участвовали: к.г.-м.н. Л.А.Бондаренко, инженер первой категории Н.П.Ионина, младший научный сотрудник Ю.А.Андерсон, старший лаборант Г.С.Колмогорова, заместитель главного геолога Хайдарканского ртутного комбината Л.А.Беккер.

Авторы благодарят специалистов Хайдарканского и Никитовского ртутных комбинатов, института СредазНИИпроцветмет за содействие, оказанное при выполнении настоящего исследования. Особую благодарность авторы выражают бывшему главному геологу Хайдарканского комбината О.С.Султанову, инициатору постановки данной работы.

Глава 1. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1. Краткая технико-экономическая характеристика объекта исследования

Объектом исследования настоящей работы выступает Хайдарканский горно-металлургический комбинат - одно из крупнейших предприятий сурьмяно-ртутной подотрасли и основной производитель ртути в СНГ.

Главной сырьевой базой предприятия являются монометалльные ртутные руды и комплексные ртутно-сурьмяно-флюоритовые руды Хайдарканского месторождения.

Монометалльные руды добываются на двух рудниках Хайдарканского месторождения, а также на рудниках Чаувай и Улуу-Тоо и имеют среднее содержание ртути около 0.12%. Получение ртути из них осуществляется путем прямого обжига без предварительного обогащения и рудоподготовки в трубчатых вращающихся печах. Данная технологическая цепочка включает два основных технологических передела - добычу руды на подземном руднике и пирометаллургическую ее переработку на металлургическом заводе. Из монометалльных руд в настоящее время на комбинате получают более 90% металлической ртути. Монометалльные руды Хайдарканского месторождения имеют сильную дифференциацию по содержанию ртути.

Комплексные руды подземного рудника 3 Хайдарканского месторождения, введенного в эксплуатацию в 1989 г., перерабатываются по комбинированной схеме, включающей три основных технологических передела: добычу руды на руднике; обогащение руды с получением из нее концентратов на обогатительной фабрике и обжиг концентратов в печи кипящего слоя (КС).

Флюоритовый концентрат после доводки его на фабрике до необходимых кондиций выпускается как готовая товарная продукция. Сурьмяно-ртутный концентрат, содержащий 3-4% ртути и около 15% сурьмы, поступает с фабрики на обжиг в печь кипящего слоя. Кроме того, на металлургический завод поступает сурьмяно-ртутный концентрат с Анзобского ГОКа. Этот концентрат имеет среднее содержание ртути 0.5-1% и сурьмы около 40%.

В настоящее время более 70% товарной продукции комбината

составляет металлическая ртуть (причем большая ее часть - это ртуть рядовой марки РЗ). Кроме ртути комбинат выпускает еще продукты переработки комплексных руд и концентратов - флюоритовый концентрат, промпродукт сурьмяно-ртутного производства и сурьмяный концентрат (продукт обжига Анзобского концентрата), доля которых составляет 23-28% товарной продукции.

Предприятие практически не производит продуктов переработки ртути и ее соединений, а также продукции из отходов основного производства - отвалной породы, хвостов обогащения, огарков. Такая структура товарной продукции Хайдарканского комбината с преобладанием сырьевых продуктов является экономически неэффективной. Это обстоятельство отрицательно сказывается на экономических результатах хозяйственной деятельности предприятия.

Функционирование и развитие Хайдарканского ртутного комбината в настоящее время и в перспективе сопряжено с решением ряда технико-технологических, экономических, социальных и экологических проблем. В соответствии с отраслевыми прогнозами намечается расширение и увеличение производства ртути. В основе такого прогноза лежит оптимистическая оценка развития сырьевой базы комбината.

Большие проблемы встают перед комбинатом в плане технико-технологического развития производства. Metallургическая технология прямого обжига всей монометалльной руды во вращающихся трубчатых печах имеет предел эффективности при содержании ртути в руде около 0.09 - 0.1%, при снижении же содержания резко падает процент извлечения ртути. Большая часть основных фондов metallургического передела сильно изношена и морально устарела. Действующая обогатительная фабрика нуждается в реконструкции и расширении. Отсутствие рудоподготовки и усреднения перед обогащением и metallургической переработкой руды при слабом контроле технологических режимов снижает показатели извлечения металла и выхода готовой продукции, увеличивает потери полезных компонентов. Все это отражается не только на экономических показателях, но и на экологической ситуации в районе комбината.

Остро стоит также проблема снижения уровня вредных выбросов, повышения степени газоочистки и на этой основе извлечения ртути и других ценных компонентов. Кардинальное решение этой проблемы связано с поиском и внедрением на комбинате новой эффективной и

более экологически чистой технологии переработки сырья. Отраслевым институтом «СредазНИИпроцветмет» проведены опытно-промышленные испытания по обогащению монометаллических руд Хайдаркана с обжигом концентратов в печи кипящего слоя. Разработан проект развития производства с комбинированной переработкой монометаллических руд флотационным обогащением и извлечением ртути из концентрата.

Еще одна группа проблем связана с утилизацией и вовлечением в хозяйственное использование отходов обогащения и металлургического производства с извлечением из них ценных компонентов и организацией выпуска побочной продукции. Это позволит не только улучшить экологическую обстановку, но и расширить сырьевую базу основного производства за счет техногенных запасов.

Перспективной представляется также организация на комбинате углубленной переработки продукции и производства новых ее видов на ртутной основе.

Выбор технологий переработки руды и отходов производства, эффективной структуры выпускаемой продукции, уровня и масштабов ее производства в целом на комбинате нуждается в соответствующем экономическом обосновании с учетом перспектив развития сырьевой базы, складывающейся хозяйственной конъюнктуры и решения экологических проблем. Указанные выше проблемы развития комбината являются предметом исследования данной работы.

1.2. Цели и экономические критерии развития предприятия в новых условиях хозяйствования

При формировании целей развития предприятия необходимо учитывать интересы народного хозяйства, территории, где находится предприятие, и самого предприятия. В цветной металлургии с позиций народного хозяйства в качестве критериев эффективности принимается минимум ресурсоемкости производства при достижении необходимых объемов производства.

Для территории наиболее важным в настоящее время является минимизация экологической вредности производства. В то же время территория напрямую заинтересована в росте прибыли предприятия. И, наконец, в трудоизбыточном районе, каким является Средняя Азия, территория заинтересована в создании новых рабочих мест.

Что касается непосредственно предприятия, то к числу его целей следует отнести максимизацию прибыли, рост фонда оплаты труда, улучшение условий труда. При конструировании модели общие цели развития следует конкретизировать в набор конечных технико-экономических показателей работы комбината (глобальные критерии).

С одной стороны, в новых условиях хозяйствования один из главных внешних критериев - прогнозная оценка спроса на продукцию с учетом общезакономерной конъюнктуры (мировой и внутренней).

С другой стороны, возникает потребность в оценке динамики возможного выпуска продукции как внутрипроизводственного критерия обеспечения спроса.

К важным результативным характеристикам относится и качество товарной продукции. Применительно к условиям Хайдарканского комбината это доля ртути и флюоритового концентрата разных марок, глубина переработки продукции.

Учитывая высокую ресурсоемкость производства и комплексный характер сырья цветной металлургии, актуальной является проблема комплексной переработки сырья, которая может быть отражена рядом показателей: извлечением полезных компонентов, степенью использования техногенного сырья и др.

Основным критерием экономической эффективности функционирования предприятия выступает масса прибыли.

Для предприятия цветной металлургии вообще, а для ртутного производства в особенности, немаловажное значение имеют экологические факторы (объемы выбросов и концентрации вредных веществ в окружающей природной среде).

Поскольку горно-металлургическое производство представляет собой взаимосвязанную цепочку технологических переделов (добыча, обогащение, металлургия), то возникает проблема перехода от конечных критериев по комбинату в целом к частным критериям деятельности отдельных подразделений, переделов.

При этом встает задача согласования критериев для отдельных переделов между собой и подчинения их глобальным критериям функционирования предприятия.

Обеспечение конкурентоспособности предприятия в новых условиях хозяйствования во многом определяется комплексом условий и факторов его функционирования и развития. Укрупненно их можно подразделить на следующие группы:

- качество сырьевой базы (запасы, горно-геологические условия добычи, качество руды и др.);
- технический уровень производства и мощность оборудования;
- технология и организация производства;
- сортамент и потребительские свойства продукции.

1.3. Прогноз потребности в продукции

Одна из важных задач прогнозирования стратегии развития горно-металлургического комбината - определение перспективной потребности в его продукции. Применительно к Хайдарканскому ртутному комбинату - это оценка общей потребности СНГ в ртути и источников ее покрытия.

Запасы ртути [1-5]. В мире имеется более тысячи месторождений ртути. Большая часть запасов (свыше 95%) заключена в месторождениях собственно ртутных существенно киноварных руд. Содержание ртути в рудах колеблется от 0.1 до 1.5%, достигая на уникальных объектах 20%. Незначительные запасы ртути заключены в комплексных рудах: ртутно-сурьмяных, сурьмяно-ртутных, ртутно-полиметаллических и разнообразных ртутьсодержащих - полиметаллических, медно-полиметаллических, медно-серебряных и золоторудных. По некоторым зарубежным оценкам общие разведанные запасы ртути в мире составляют 240-250 тыс. тонн. Помимо этого, полная оценка запасов ртути в капиталистических и развивающихся странах затруднена тем, что оцениваются только те руды, которые выгодно разрабатывать при действующих ценах на ртуть.

Первое место по запасам ртути занимает Испания. Ртутные месторождения расположены в районе Альмаден. Наиболее крупные из них - Альмаден, Эль-Энтредичо, Лас-Куэвас. Содержание ртути в жильной массе 20%, в товарной руде, поступающей на фабрику - 5%. Это по крайней мере в 5 раз выше, чем в любом другом ртутном руднике мира.

В Италии выявлено более 40 месторождений и рудопроявлений ртути, наиболее крупное месторождение - Монте-Амиата.

В Финляндии и Германии месторождений собственно ртутных руд нет. Ртуть производится как побочный продукт при переработке цинковых (Финляндия) и свинцово-цинковых (Германия) концентратов. имеет место также производство вторичной ртути.

В Алжире крупные запасы ртути разведаны на месторождениях Исмаил, Рас-Эль-Ма, Мрасма.

В Турции наиболее крупные месторождения ртути - Халикей, Кутай. Помимо собственно ртутных в Турции известны также комплексные месторождения (Гьюншлер).

В Канаде наиболее крупные месторождения Пинчи-Лейк и Бралори-Такла в Британской Колумбии.

В Мексике выявлено более 200 месторождений собственно киноварных руд. Наиболее крупным является месторождение Гуитцукке, где киноварь имеет подчиненное значение, промышленным минералом является ливингстонит.

В США наиболее крупные месторождения - Мак-Дермитт, Нью-Альмаден, Нью-Идриа, причем на долю первого приходится почти все запасы ртути.

В Югославии имеется одно из крупнейших месторождений ртути в Европе - Идриа, суммарные запасы ртути - более 12 тыс. тонн.

В Китае запасы ртути оцениваются примерно в 14 тыс. тонн. Такая же оценка делается западными специалистами и по СНГ [5].

Динамика мирового производства ртути. В обозримом прошлом мировое производство и потребление первичной ртути росло с середины прошлого до начала 70-х годов нашего столетия, особенно в 60-е годы [1-5].

За увеличением спроса на ртуть и скачком цен в середине шестидесятых годов последовало естественное расширение сырьевой базы: возросло производство ртути в Канаде, Турции, на Филиппинах; началось строительство завода в Алжире; на рынок поступали излишки запасов Комиссии по атомной энергии и стратегических запасов США.

Но уже в конце 60-х годов начался кризис в ртутной промышленности, вызванный заражением окружающей среды ртутьсодержащими отходами различных отраслей промышленности, потребляющих ртуть, а также ее соединениями, применяемыми в сельскохозяйственной химии. В связи с этим в США, Канаде, Японии и других странах были приняты жесткие законы об охране окружающей среды, потребовавшие разработки технологии очистки отходов и установки дорогостоящих очистных сооружений, что вызвало падение потребления металла в развитых капиталистических странах в 1.7 раза. В этот же период в развивающихся странах потребление ртути возросло.

Падение потребления ртути вызвало сокращение ее добычи в 70-х годах примерно в 1,5 раза. Были закрыты рудники на таких крупных месторождениях, как Монте-Амиата и Идриа; в США продолжалась эксплуатация только месторождения Мак-Дермитт; прекратилась добыча ртути в Канаде, Японии, Перу, на Филиппинах.

Цены на ртуть в начале семидесятых годов падали еще более высокими темпами. Для их стабилизации и охраны интересов стран-производителей в апреле 1975 года была создана международная организация стран-производителей ртути (ASSIMER). В нее вошли Алжир, Италия, Югославия, Испания, Турция и Перу, так как эти страны производят более 50% мировой продукции ртути.

Рассмотрим динамику производства первичной ртути в основных производящих странах.

В целом в мировом производстве ртути довольно четко выделяются два периода. Первый (1972-1978 гг.) - это падение производства ртути, сопровождаемое закрытием рудников на ряде крупных месторождений. Второй (1980-1990 гг.) характеризуется стабилизацией производства ртути, причем производство в результате концентрируется в небольшом числе стран. Среди капиталистических и развивающихся стран это в первую очередь Испания, обладающая самыми богатыми месторождениями и целенаправленно сдерживающая производство ртути ради поддержания цен. Далее следует выделить США, где производство ртути определяется как экономическими, так и стратегическими соображениями. Особняком стоит Финляндия, получающая первичную ртуть как попутный продукт. И, наконец, имеется группа стран с достаточно богатыми месторождениями и относительно дешевой рабочей силой, что и обеспечивает им в сумме рентабельность производства: Алжир, Турция, Мексика.

Важно иметь в виду, что почти каждая из стран-производителей ртути может резко увеличить производство или возобновить его, если оно прекращено в последнее десятилетие - стоит только измениться мировой конъюнктуре [5].

Говоря о производстве ртути в целом, следует учитывать, что из года в год растет производство вторичной ртути. Эта ртуть несколько уступает по качеству первичной, область использования ее уже, но и цена ниже примерно на 15%. Производство вторичной ртути относительно дешево и является экологически более чистым процессом. Основные источники получения вторичной ртути - амальгамы, промышленные и городские

отстои, вышедшие из употребления промышленные и лабораторные контрольно-измерительные приборы, отходы производства хлора и каустической соды, а также оксид ртути. В 1985 г. в США производство вторичной ртути составило более 25% общего производства. Япония с 1975 г. не производит первичную ртуть, но занимает ведущее место по производству вторичной.

Основные направления потребления ртути [1].

П р о и з в о д с т в о хлора и каустической соды. В мировой практике для производства хлора и каустической соды ртуть используется при электролизе как катод. Конкурирующий технологический способ - электролиз с помощью диафрагмы. Сравнение технологий позволяет сделать вывод о небольшой разнице в удельных затратах на производство конечных продуктов. Качество хлора одинаково, но при использовании ртутного способа получают 50% каустической соды высокого качества, а при электролизе с применением диафрагмы - не более 11%, причем сода загрязнена солями. При использовании ртути потребляется меньше энергии, чем при диафрагменном способе.

Главный недостаток ртутного способа производства хлора и соды - загрязнение окружающей среды: в отходы идет до 50% ртути. Разработка эффективного и экономичного процесса очистки сточных вод при производстве высококачественных хлора и каустической соды может способствовать более широкому применению ртутного способа.

К р а с и т е л и. Выделяется два **важнейших** направления использования ртути: а) компоненты в красителях для строительства с 0.1 - 0.5% ртути; б) антикоррозийные морские красители с концентрацией ртути до 5%. Последнее направление является экологически опасным, однако альтернативные продукты по приемлемым ценам отсутствуют и спрос на морские красители сохраняется.

Р т у т н ы е батареи. Выделяется 4 типа батарей:

- цинкортутные батареи с оксидом ртути в качестве катода;
- цинкосеребряные батареи с оксидом серебра в качестве катода;
- марганцево-земельные батареи;
- углеродно-цинковые батареи.

Батареи первого типа содержат в среднем 27-28% ртути относительно их общего веса. Батареи второго и третьего типов содержат приблизительно 1% ртути в амальгаме; ртуть для этих батарей требуется очень высокой чистоты. Наконец, батареи четвертого типа имеют изоляционную бумагу, которая пропитывается оксидом ртути.

Ртутные элементы имеют большой срок службы, небольшие размеры, дают стабильное напряжение, большую разрядную емкость на единицу объема, являются стабильными в широком интервале температур. Использование долговременных батарей, содержащих ртуть, возрастает в первую очередь в развитых странах.

С е л ь с к о е хозяйство. Основные направления использования ртути - защита от насекомых, предотвращение болезней зерновых, овощей, фруктов. В развитых странах потребление ртути на эти цели резко снизилось вследствие нескольких трагических случаев. Эффективной замены ртутным соединениям пока еще не найдено.

Р е ц и р к у л я ц и я элементов питания. Искользованные батареи и другие электрические приборы содержат различные металлы: марганец, ртуть, золото, галлий и др. Один из процессов извлечения редких металлов из отходов - это амальгамирование. При новом методе, разработанном Японским национальным исследовательским институтом проблем загрязнения окружающей среды и ресурсов, ртуть, полученную из батарей, используют для очистки других извлеченных металлов. Ртуть, образуя амальгаму, взаимодействует с большинством металлов. Технология превращения различных металлов в амальгаму известна давно, а новшество состоит в том, что процесс идет в обратном порядке, т. е. из амальгамы извлекают металлы.

Д р у г и е цели. Имеется еще ряд направлений использования ртути, такие, как стоматология, производство электроаппаратуры, лабораторные и контрольные приборы, лампы, амальгама (порошок), катализ, гремучая ртуть - взрывчатое вещество для капсулей и детонаторов.

Из новых направлений применения ртути выделим следующие.

А т о м н а я энергетика. В будущем эта отрасль может стать крупным потребителем ртути, особенно при производстве обогащенного урана, что сделает ненужным использование плутония. В настоящее время в развитых странах над этой проблемой уже работают некоторые лаборатории по атомной энергетике.

П р о и з в о д с т в о ламп. Существует два типа ламп, использующих пары ртути. Первый - флюоресцентные лампы, содержащие 50 мг ртути. По сравнению с лампами накаливания они могут экономить 15% энергии, второй - лампы с парами ртути, содержащие до 30 мг ртути. Эти лампы дают еще большую экономию энергии, но пока могут использоваться только в больших помещениях, так как выпускаются мощностью более 300-400 Вт.

Восстановление энергии. Высокий удельный вес ртути позволяет использовать ее как регенератор энергии, например, в маховиках.

Потребление и направления использования ртути в развитых странах. В основном потребление ртути сосредоточено в промышленно развитых странах. Среди них крупнейшие потребители - США, Германия, Великобритания, Италия; в меньшей степени - Франция и Испания. Япония, переведя заводы по производству хлора и каустической соды на диафрагменный и мембранный способы, резко сократила в последние годы потребление ртути, став экспортером вторичной ртути. Потребление ртути в развивающихся странах растет с пуском заводов по производству хлора.

Изменение структуры потребления ртути можно рассмотреть на примере крупнейшего в мире потребителя - США. Соответствующие данные приведены в табл.1.

Таблица 1

Потребление ртути в США в 80-е годы [6]

Потребление	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Всего, тонн	1772	1974	1543	1911	2000	1700
В том числе, в %						
на производство:						
электротехнической						
продукции	54	56	57	55	64	60
хлора и каустичес-						
кой соды	16	12	13	16	14	14
красок	15	12	14	12	9	10
контрольно-измери-						
тельных приборов	5	10	7	5	6	5
Прочее	10	10	9	12	7	11

Стабильно более половины ртути в настоящее время идет на производство электротехнической продукции. На производство хлора и каустической соды расходуется менее 300 т ртути ежегодно - в два с лишним раза меньше, чем ранее. В основном это объясняется резким падением удельного расхода ртути на тонну хлора.

В Японии в 1986 г. из общего объема потребления ртути в 222 т на производство батарей пошло около 70%. Следующие статьи потребления -

производство неорганических химикатов (15 %) и контрольно-измерительных приборов (10 %).

Какие изменения в потреблении ртути можно ожидать в перспективе? Прогнозы ожидаемого потребления ртути сделаны Горным Бюро США в 1985 г. путем обработки данных за прошлые годы с учетом экономической информации на перспективу и приведены в табл.2,3 [6].

Из табл.2 видно, что ожидаемая потребность США в ртути может изменяться от 590 до 2970 т, а наиболее вероятная величина около 1590 т в год, что примерно соответствует уровню начала 80-х годов.

Подводя краткий итог отметим, что общая ежегодная мировая торговля в настоящее время довольно велика - порядка 4 тыс. тонн ртути в год, из них около 20% составляет вторичная ртуть. Основные страны - экспортеры первичной ртути - Испания, Алжир, Китай, Турция и Мексика.

Вторичную ртуть экспортируют Япония и США. Основные страны импортеры ртути - США, Западная Европа (кроме Испании), Индия, Бразилия. Цены заметно реагируют на дополнительный спрос или продажу, особенно быстро падая при росте предложения.

Производство и основные направления использования ртути в СНГ. Внутреннее потребление ртути в СНГ в 80-е годы оценивается в 1250 т в год. Структура потребления отличается стабильностью. Главные потребители ртути в стране - хлорные заводы. Объемы ртути, идущей на производство хлора и каустической соды, сравнимы с объемами в США в 1969 г.(табл.4). Но в США в это время потреблялось в целом почти в 2,2 раза больше ртути, чем в 80-е годы в нашей стране. Таким образом, сравнение данных табл.4 с данными табл. 2 и 3, а также приведенными выше цифрами по Японии, позволяет сделать вывод о несоответствии структуры потребления ртути в нашей стране с мировой тенденцией. Основная масса ртути идет на наиболее экологически вредные производства. Удельный вес потребления ртути в электротехнике в СНГ в 20 раз меньше, чем в США.

В перспективе ожидается изменение структуры потребления ртути. Так, в химической промышленности планировалось после 1990 года в производстве хлора и каустической соды вытеснить метод электролиза с ртутным катодом диафрагменным методом. Однако наметившиеся и имеющие место уже с 1991 г. изменения структуры капиталовложений в целом по стране - со значительным снижением темпов роста вложений в тяжелую промышленность - позволяют прогнозировать замедление этого

перехода, сопровождающееся улучшением очистки сточных вод с соответствующим уменьшением потерь ртути.

Таблица 2

Прогноз потребности в ртути в США (т)

Отрасль	Базовый 1985 г.	Прогноз на 2000 г.		
		мин.	макс.	вероятный
Электротехника	930	520	2070	1035
Производство соды и хлора	270	0	276	170
Лаки, краски	208	0	276	210
Контр. приборы	86	35	138	70
Зубовр. препараты	55	17	70	35
Прочие	151	18	140	70
Всего	1700	590	2970	1590

Таблица 3

Прогноз мирового потребления ртути в 1990 и 2000 гг. (т)

Производство	Потребление (базовый, 1985 г.)	Прогноз на 2000 г.		Вероятный прогноз на 2000 г.		Вероятный годовой прирост
		мин.	макс.	1990	2000	
Первичная ртуть	6480	6141	10350	8349	8245.5	1.2
Вторичная ртуть	1110	1173	1932	1000	1276.5	2.5
Всего	7590	7314	12282	9349	9522	1.4

Таблица 4

Потребление ртути в СНГ, %

Отрасль	1980 г.	1985 г.
Цветная металлургия	1.8	2.0
Химические процессы	63.4	61.0
Электротехника	3.0	3.1
Приборостроение	13.5	13.8
Здравоохранение	2.1	2.2
Прочие расходы	16.2	17.9

Ожидается увеличение потребления ртути в производстве катализаторов, используемых в производстве винилхлорида; электротехнических и осветительных приборов, содержащих ртуть; радиационной техники; цинковых антикоррозионных сплавов, содержащих ртуть и используемых для защиты морских судов и других сооружений от морских вод.

С учетом мировой практики и возможных новых направлений использования ртути можно в ближайшем будущем и в нашей стране ожидать расширения областей применения ртути. Потребности в ртути должны удовлетворяться за счет собственного производства.

Экспорт ртути достиг в 1975 г. 310 тонн, но в последнее время его величина нестабильна и характеризует разовые распродажи излишних запасов ртути. Эффективность участия в торговле ртутью в основном определяется мировыми ценами на ртуть и внутренними затратами на ее производство.

Мировые цены на ртуть варьировали в последние годы от 7.5 до 10-11 тыс. дол. за 1 тонну. В 1988 г. цены в Европе колебались по месяцам в пределах 8.1 - 11 тыс. долларов. Себестоимость производства ртути в СНГ в 80-х годах превышала 30 тыс. рублей за 1 тонну, что делало ее экспорт значительно менее выгодным, чем других металлов. Последнее определяется колебаниями курса рубля по отношению к доллару и конъюнктурой мирового рынка. Однако, учитывая относительную бедность ртутьсодержащих руд СНГ, ожидать сколько-нибудь серьезного экспорта ртути не представляется возможным. Следовательно, производство должно в основном ориентироваться на покрытие внутренних потребностей.

Рассмотрим теперь, эффективен ли импорт ртути.

Производственные мощности развитых и развивающихся стран настолько велики, что не надо даже их полного использования, чтобы удовлетворить и наши потребности в ртути. Но, даже оставляя в стороне стратегическое значение ртути, мы и по экономическим причинам не можем пойти на импорт ртути в больших объемах. В стране есть более нужные и эффективные направления расходования валюты. Кроме того, появление на рынке крупного импортера при стабильном спросе на ртуть автоматически приведет к резкому повышению цен. Импорт ртути станет значительно менее выгодным. В то же время возможно, что целесообразны небольшие закупки у тех стран-экспортеров ртути, с

которыми мы в целом имеем положительное торговое сальдо.

Сказанное позволяет сделать вывод, что ориентация на обеспечение отраслей народного хозяйства собственной ртутью является правильной, хотя нельзя исключать возможность импорта или экспорта небольшого количества ртути. Структура потребления ртути и продуктов ее переработки будет изменяться без значительного роста объемов ее производства.

1.4. Экономико-статистический анализ показателей работы Хайдаркаисского ртутного комбината

Экономико-статистический анализ производственно-хозяйственной деятельности предприятия является основой построения дескриптивных экономико-статистических моделей (глава 3), базой для построения сценариев развития комбината в прогнозном периоде и информационной базой для выполнения имитационных расчетов.

Исследованием охвачены основные технико-экономические показатели развития комбината и его подразделений за период с 1984 по 1990 гг. в разрезе месячных значений. Их перечень и основные динамические характеристики приведены в табл.5. Анализ изменения основных технико-экономических показателей развития комбината свидетельствует о том, что в период с 1984 по 1987 гг. наблюдалось превышение затрат на производство товарной продукции комбината над значениями валового выпуска, т. е. в целом производство было в этот период убыточным. И лишь начиная с 1988 г. экономическая ситуация начинает улучшаться. Следует отметить, что хотя среднемесячные абсолютные значения затрат в 1984-1987 гг. и превышали соответствующие объемы производства валовой продукции, темпы роста затрат ниже темпов прироста валового выпуска. Однако разница среднегодовых темпов роста рассматриваемых показателей незначительная (3% для выпуска и 2% для затрат). Сохранение этой тенденции крайне нежелательно, так как при данном соотношении затрат и выпуска эффективность производства мала и не отвечает требованиям, предъявляемым к предприятиям в новых условиях хозяйствования.

Основной причиной сложившейся ситуации можно, по-видимому, считать доминирующее влияние горно-геологических факторов в развитии производства. Действительно, нетрудно видеть, что увеличение темпов роста производства тесно связано с ростом среднего содержания

ртути в руде (среднегодовой темп роста 3%). Поэтому при практически неизменном объеме переработки сырья на металлургических заводах производство ртути растет в среднем на 2% в год.

Изучение взаимосвязей исследуемых технико-экономических показателей подтверждает вывод об экстенсивном характере развития производства. Производительность труда, рассчитанная по валовому выпуску, в основном определяется экстенсивными факторами: содержанием ртути в руде и объемами переработки руды и концентратов (табл.6).

Один из путей повышения эффективности производства - это снижение удельных затрат за счет повышения объема выпуска продукции. Однако наиболее радикальные решения по повышению эффективности производства могут быть получены за счет внедрения в производство новых технологических схем, позволяющих снизить переменную компоненту затрат.

Добыча руды. Р у д н и к 1. Среднемесячный объем добычи руды в 1986-1989 гг. снижался в среднем на 4.6% в год. Среднее содержание ртути в руде в этот период возрастало на 4.6% в год, что позволило стабилизировать в итоге объем содержания ртути в добытой руде, который лишь незначительно снизился к 1989 г. Изменение полных затрат (так же, как и цеховых) по руднику слабо связано с изменением объема добычи руды. Затраты имели тенденцию к росту во времени в среднем на 3% в год.

Р у д н и к 2 - крупнейший на комбинате. По объему добычи руды за период 1986-1989 гг. наблюдается тенденция падения во времени, среднегодовой темп снижения объема 2.57%. Наблюдается также тенденция к падению объема добычи руды на 1 рубль затрат (коэффициент корреляции $r = 0.790$). В рассматриваемый период среднее содержание ртути в добытой руде росло во времени ($r = 0.519$), среднегодовой рост составил 2.9% (с 0.148% в 1986 г. до 0.162% в 1989).

В итоге объем ртути в добытой руде за период с 1986 по 1989 гг. оставался стабильным.

Изменение полных затрат (так же, как и цеховых) по руднику практически не связано с изменением объема добычи руды. В динамике наблюдается рост полных затрат на добычу руды со средним темпом 3.8% в год, а цеховых затрат - с темпом 4.8% в год. Соответственно растет себестоимость 1 тонны руды в среднем на 6.9% в год (а цеховая себестоимость - на 9.9%).

**Динамика основных технико-экономических показателей
Хайдарканского ртутного комбината**

Показатель	Темпы прироста по отношению к базовому 1984 г.,%				Средне- годовой темп прироста, %
	1985	1986	1987	1988	
Производство Hg на комбинате из сырья, кг	-2	-2	0	+10	+2
Производство Hg из концентратов, кг	-36	-52	-47	-36	-9
Добыча руды подземным и открытым способом, т	0	+4	+4	+4	+1
Содержание Hg в руде, %	+3	+6	+9	+15	+3
Валовая продукция комбината, тыс.руб	0	+4	+8	+16	+3
Промпродукт, тыс.руб	-7	-9	-13	-16	-4
Анзобский сурьмяный концентрат, тыс.руб	0	+2	+3	+6	+1
Флюоритовый концентрат, тыс.руб	+30	+39	+35	+57	+9
Переработка сырья на металлургическом заводе комбината, т	-1	+2	0	+1	0
Содержание ртути в сырье, %	+4	+6	+10	+15	+3
Переработка концентратов в печи КС, т	-3	-6	-4	0	0
Содержание Hg в концентрате, %	-11	-11	+11	0	0
Себестоимость товарной продукции, тыс. руб	-1	+3	+5	+9	+2
Численность ППП по комбинату, чел	-1	+4	+6	+7	+1
Валовая производительность по комбинату, руб/чел	+1	0	+2	+7	+1

Экономико-статистические модели взаимосвязи технико-экономических показателей Хайдарканского ртутного комбината

Параметры модели	Валовая производительность по комбинату, руб/чел.	Моделируемый показатель				
		Себестоимость товарн.продукции, тыс.руб	Себестоимость товарн. продукции тыс.руб	Валовая продукция комбината, тыс.руб	Себестоимость товарн. продукции тыс.руб	Себест. товарн. продук. тыс.руб
Коэффициент детерминации R^2	0.54	0.13	0.63	0.42	0.38	0.77
Остаточное средне-квадратичное отклонение $S_{ост}$	24.0	92.98	59.7	88.9	69.2	41.9
F-критерий	17.7	3.45	82.4	20.9	17.8	98.3
V_1 / V_2	3/46	2/47	1/48	1/29	1/29	1/29
Свободный член A_0	234.3	1313.3	-105.3	1827.3	2006.4	814.3
Козэф. регрессии при факторах: Содержание Hg в руде, %	3216.3					
Объем переработанного сырья на метал. заводе, т	0.006	0.012				
Объем переработанного концентрата в печи КС, т	0.167	0.267				
Валовая производительность, руб/чел			2.27			
Валовая продукция комбината, тыс. руб				8.15	5.86	0.66
Время, месяц						

Несколько меньше растет себестоимость 1 т металла в руде - на 3.5% в год.

В целом из анализа видно совпадение тенденций изменения большинства основных экономических показателей по рудникам 1 и 2.

Наблюдалось падение объемов добычи руды при некотором повышении содержания ртути в руде, что позволяло поддерживать относительно стабильный уровень объемов ртути в добытой руде.

Как на руднике 1, так и на руднике 2 растет себестоимость добычи 1 тонны руды на 5-7% в год. Это обусловлено в основном ростом затрат на заработную плату, содержание и эксплуатацию оборудования, а также стоимости геолого-разведочных работ и цеховых расходов. Рост по этим статьям опережает снижение энергоемкости и затрат материалов. Себестоимость 1 тонны ртути в руде росла медленнее - на 0.6 - 3% в год и по руднику 1 была более стабильной.

В целом можно отметить слабую связь изменения объемов добычи и себестоимости. Таким образом, значительную долю расходов на добычу руды можно отнести к условно-постоянным.

Обогащение руды. О б о г а щ е н и е монометалльных руд на Хайдарканском ртутном комбинате в настоящее время не проводится. При построении имитационной статистической модели эта технология была включена в состав технологической цепочки как один из перспективных вариантов развития предприятия. Информационной базой для оценки технолого-экономических зависимостей послужили данные экспериментов по обогащению монометалльных руд, проведенные институтом СредазНИИпроцветмет.

Основные технолого-экономические зависимости, построенные по результатам экспериментов, приведены в главе 3.

В процессе эксперимента измерялись параметры по 76 технологическим пробам, характеризующие качество руды, концентрата и отвальных продуктов обогащения (потери). К ним относятся:

- содержание ртути в руде, %;
- содержание сурьмы в руде, %;
- содержание ртути в концентрате, %;
- содержание сурьмы в концентрате, %;
- содержание ртути в отвальных хвостах, %;
- содержание сурьмы в отвальных хвостах, %;
- извлечение ртути в концентрат, %.

Взаимосвязи указанных параметров для разных типов руд приведены в табл.7.

Имея подобные статистические зависимости не только на обогатительном переделе, но и на металлургическом, можно

Технико-экономические зависимости обогащения монометаллической руды (по данным экспериментальных исследований)

Параметры модели	Моделируемый показатель Содержание ртути в руде > 0.06%			
	Содержание Hg в концентрате	Содержание Hg в хвостах	Извлечение Hg в концентрат	Извлечение Hg в концентрат
Коэффициент детерминации R ²	0.59	0.35	0.47	0.84
F - критерий	24.5	9.1	15.0	188.1
Свободный член A ₀	6.64	-0.006	108.47	98.41
Коэффициент регрессии при факторах:				
содержание Sb в руде	-21.70	0.085	-105.73	
содержание Sb в концентрате	2.67			
содержание Hg в хвостах контрольной флотации		0.46	-826.24	
содержание Hg в хвостах				-1133.32
Параметры модели	Содержание ртути в руде ≤ 0.06%			
	Содержание Hg в концентрате	Содержание Hg в хвостах	Извлечение Hg в концентрат	Содержание Hg в концентрате
Коэффициент детерминации R ²	0.07	0.65	0.47	0.13
F-критерий	2.83	33.9	15.7	5.58
Свободный член A ₀	8.72	-0.002	100.97	9.50
Коэффициент регрессии при факторах:				
содержание Sb в руде		0.023	-33.54	-8.89
содержание Sb в концентрате	0.67			1.01
содержание Hg в хвостах контрольной флотации		0.84	-1144.24	

прогнозировать сквозное извлечение и на этой основе рассчитать сравнительную эффективность прямого обжига с комбинированной схемой, включающей предварительное обогащение руды и обжиг ртутного концентрата.

И с л е д о в а н и е обогатимости комплексных руд подземного рудника 3. Анализировались сменные данные по технико-технологическим показателям переработки комплексных руд (86 смен). Анализ статистических характеристик изучаемых параметров обогащения свидетельствует о том, что как входные параметры качества руды (содержание ртути, сурьмы, флюорита, кальцита), так и выходные параметры обогатительного процесса, определяющие качество концентратов (содержание, извлечение, выход полезных компонентов), варьируют в весьма широких пределах (30-50%). Наличие значительной вариации параметров обогатительного производства (входных и выходных)• позволяет провести исследование на существование взаимосвязи между ними и выявить зависимости в обогащении комплексных руд.

Содержательный анализ факторов, влияющих на качество концентратов, позволяет отметить падение извлечения ртути в концентрат и рост ее содержания в хвостах обогащения с ростом содержания кальцита в руде. Увеличение содержания полезных компонентов в руде ведет к росту потерь их в отвальных продуктах. Это, по-видимому, объясняется отсутствием оперативного контроля и управления процессом флотации, т. е. относительно слабым реагированием технологии обогащения на изменение качества сырья.

Полученные соотношения использованы в имитационной модели функционирования комбината для выбора экономически выгодных траекторий развития производства.

А н а л и з экономики обогатительного производства. Исследование экономики процесса обогащения проводилось на основе анализа месячных данных по затратам в соответствии со статьями калькуляции себестоимости, объемом переработки руды и выпуску продуктов обогащения в период с 1986-1989 гг. Анализ динамики удельных затрат, связанных с переработкой 1 тонны руды приведен в табл.8. Нетрудно видеть, что расширение объемов переработки, связанное с освоением проектной мощности фабрики, позволило в 1989 г. на 15% уменьшить себестоимость по сравнению с 1987 г. Этому, по-видимому, способствовала определенная техническая политика, направленная на

увеличение доли выпуска флюоритового концентрата. Действительно, выпуск флюоритового концентрата в 1989 г. возрос на 21% по сравнению с 1986 г., а попутного полуфабриката (ртутно-сурьмяный концентрат) - за этот период снизился на 20%.

Таблица 8

**Динамика удельных затрат и выпуска по обогатительной фабрике
(на 1 тонну переработанной руды)**

Показатель	Темп прироста к базовому 1986 г., %			Средне- годовой темп при- роста, %
	1987	1988	1989	
Выпуск флюоритового концентрата	+5	+5	+21	+6
Руда	-6	-14	-5	-2
Транспорт	+25	0	-33	-13
Вспомогательные материалы	+32	+46	+2	+1
Топливо	-4	-11	+3	+1
Энергозатраты	+3	+4	-6	-2
Пар	+2	+1	-10	-4
Электроэнергия	+10	+13	+3	+1
Сжатый воздух	-4	0	-6	-2
Вода	0	-20	-10	-3
Зарплата	+17	+48	+39	+12
Соц. страхование	0	+31	+35	+11
РЭСО	-6	+3	-31	-12
Цеховые расходы	+12	-7	0	0
Попутный полуфабрикат	+2	+12	-20	-7
Заводские расходы	+1	-16	-32	-12
Внепроизводственные расходы	-43	-40	-58	-25
Полная себестоимость	1	-6	-15	-5

В структуре себестоимости можно выделить статьи затрат, определяющие основные расходы на обогатительном переделе. К ним относятся: добыча руды (порядка 32% общих); вспомогательные материалы (9%); энергетические затраты (16%); расходы по эксплуатации и содержанию оборудования (16%); общезаводские расходы (20%).

Затраты по указанным статьям калькуляции составляют около 95% всех расходов по обогащению комплексных руд.

Представляет интерес исследование взаимосвязи затрат обогатительного передела с объемами переработки руды, а также характеристиками ее качества по основным элементам и характеристиками качества получаемых концентратов.

Аппроксимируя изменение затрат от объемов переработки руды линейной зависимостью, получаем следующее соотношение:

$$Y = 79514 + 13,5 \cdot X; R^2 = 0,54; S_{\text{ост}} = 22365,$$

где Y - полные месячные затраты обогатительного передела, руб; X - месячный объем перерабатываемой руды, т; R^2 - коэффициент детерминации модели; $S_{\text{ост}}$ - стандартная ошибка модели, руб.

Из построенной модели следует, что доля затрат, связанная с увеличением масштабов переработки сырья (переменная часть затрат), составляет около 54%. Следовательно, оставшиеся необъясненными 46% изменений приходится на так называемую постоянную часть затрат, сосредоточенную в свободном члене модели (79514). Исходя из такого представления затрат нетрудно видеть, что переменная часть, отнесенная к единице перерабатываемого сырья, не зависит от объема переработки и равна 13,5 руб. Постоянная же часть с ростом объемов переработки (или выпуска продукции, так как выпуск концентратов зависит от объема переработанной руды) уменьшается по гиперболическому закону. В этом скрыт один из механизмов эффективности обогатительного передела, поскольку путем изменения объемов и качества концентратов можно существенно снизить удельные затраты за счет экономии на условно постоянных расходах. В условиях существования технологических резервов указанный механизм снижения удельных затрат оказывается экономически оправданным, так как не требует для своей реализации привлечения дополнительных существенных капитальных вложений.

Металлургический передел. Анализ затрат на производство ртути на трубчатых печах. Затраты на получение 1 т ртути при переработке руды на вращающихся печах последовательно снижались (на 9% за 3 года). Начиная с 1988 г. наметилась тенденция к росту затрат. Причины таких изменений себестоимости становятся понятными, если рассмотреть структуру себестоимости. Основная доля расходов (около 70%) приходится на добычу руды. Этот показатель фактически определяет величину себестоимости и направления ее изменения. Затраты на весь металлургический передел составляют 14-16%. Здесь

наиболее крупные статьи - это расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (около 5%), заработная плата (35 - 45%), цеховые расходы (2 - 2.5%), топливо (2 - 2.7%). Остальная часть затрат приходится на долю общезаводских расходов (10 - 15%). Затраты на добычу руды, снижаясь в период 1984-1986 гг., с 1987 г. начали расти, что и отразилось на полной себестоимости. Рост затрат на добычу руды объясняется изменениями в структуре добычи, увеличением доли подземной добычи. Кроме этого, существенно возросли общезаводские и цеховые расходы.

Представляет определенный интерес исследование изменения затрат в зависимости от изменений объема производства. Построенное уравнение полных затрат на выпуск металлической ртути от объема выпуска имеет вид:

$$C = 348807 + 12.98 \cdot V, R^2 = 0.23,$$

где C - себестоимость, руб ; V - объем выпуска ртути, кг.

Величина коэффициента R^2 указывает на то, что объем выпуска определяет только 23% вариации себестоимости. Остальные 77% вариации определяются условно-постоянными расходами, не зависящими от объема производства, если он меняется в определенных пределах.

Перейдя к удельным затратам на 1 т ртути, мы получим следующую зависимость:

$$S_M = \frac{348807}{V} + 12.98,$$

где S_M - удельные затраты, руб.

Отсюда видно, что увеличивая каким-либо образом выпуск, можно снижать себестоимость 1 т ртути за счет экономии на условно-постоянных расходах. Объем выпуска, в свою очередь, является функцией трех переменных: объема переработки руды, содержания ртути в руде и извлечения. Учитывая тот факт, что увеличение получения ртути за счет большого объема переработки руды наталкивается на ряд серьезных трудностей, связанных с условиями добычи, производительностью печей и др., а также то, что в перспективе не ожидается существенного роста содержания, реальная возможность снижения затрат заключается в поиске технологических режимов, позволяющих увеличить извлечение. В случае выбора оптимального технологического режима извлечение будет зависеть только от содержания ртути в руде.

Тогда формула себестоимости дает возможность, зная содержание и объем переработки руды, получать значение удельной себестоимости, т. е.

знать итоговые экономические показатели уже на начальном этапе процесса производства, а значит сознательно управлять этим процессом.

А н а л и з технико-технологических показателей переработки концентратов в печи кипящего слоя (КС). Исследованием охвачены показатели переработки покупного и собственного ртутно-сурьмяных концентратов. Анализ статистических характеристик технико-экономических показателей позволяет заключить следующее. Объем переработки покупного концентрата в 15 раз превышает объем переработки собственного сырья. Но благодаря тому, что качество собственного концентрата (содержание ртути) в 5,5 раза выше покупного, объем производства готовой продукции (ртути) из него лишь в три раза ниже, чем из привозного сырья. Что касается уровня значений всех остальных показателей, то для обоих видов концентратов они примерно одинаковы. Отличие, не очень существенное, наблюдается в содержании ртути в пылях циклонов и выхлопных газах, которое выше при переработке собственного ртутно-сурьмяного концентрата.

Анализируя динамику рассматриваемых технико-экономических показателей следует отметить, что в привозном концентрате наблюдается значительное увеличение содержания ртути, составляющее в исследуемый период от 0,2 до 1,1%, то есть содержание изменилось более чем в 5 раз.

Для собственного концентрата наблюдается менее значительная вариация качества, которое в отдельные месяцы меняется от 1.7 до 3.9% (содержание ртути в концентрате). Потери ртути при переработке этого концентрата также значимо возрастают, хотя их темп существенно ниже темпа роста потерь при переработке привозного концентрата. Причем существенный вклад в общие потери вносят потери неучтенные, темп роста которых также значителен.

Анализировались данные по обжигу привозного и собственного ртутно-сурьмяных концентратов в печи кипящего слоя Хайдарканского ртутного комбината. Зависимости показателей металлургического передела от качества концентратов приведены в табл.10. Резюмируя результаты исследования, можно сказать следующее. Переработка более богатого ртутью ртутно-сурьмяного концентрата и экономически, и экологически более предпочтительна. Экономический аспект связан с общим сокращением потерь металла в процессе транспортировки и переработки концентрата, а также со снижением удельных затрат ресурсов на получение единицы готового металла (ртути).

Экологический же аспект связан с общим снижением загрязнения окружающей среды отходами переработки.

Анализ затрат на производство ртути в печи кипящего слоя. Анализ изменения затрат при обжиге концентратов в печи кипящего слоя от объемов получаемой при этом металлической ртути позволяет выдвинуть предположение о линейности формы связи этих показателей.

Таблица 10

Модели взаимосвязи показателей переработки ртутно-сурьмяных концентратов в печи кипящего слоя

Факторы и характеристики моделей	Моделируемый показатель					
	Объем ртути, т	Содержание ртути в пылях, %	Содержание ртути в газах, мг/м ³	Объем огарков, т	Объем отходящих газов, м ³	Доля потерь на ед. выпущенной ртути, б/р
Покупной концентрат:						
коэфф. корреляции	0.5	0.53	0.29	0.92	0.39	0.36
уровень значимой связи	0.003	0.002	0.07	0.00	0.02	0.03
свободный член регрессии	1874.4	0.076	39.99	-94.21	-337276	0.06
Коэфф. регрессии при факторах:						
содержание Hg в концентрате	3692.3	0.083	17.73			0.065
объем переработанного концентрата			1.04	1713.4		
Собственный концентрат:						
коэффициент корреляции	0.68	-0.26	0.28	0.7	-0.31	0.47
уровень значимой связи	0.00	0.09	0.07	0.00	0.06	0.006
свободный член регрессии	637.7	0.278	21.83	-0.65	1538882	0.06
Коэфф. регрессии при факторах:						
содержание Hg в концентрате	215.3	-0.031	11.41			0.01
объем переработанного концентрата				0.9	-27254	

Восстановление зависимости по имеющимся статистическим данным приводит к следующему соотношению:

$$Y = 50609.7 + 9.79 \cdot X,$$

$$R^2 = 0.44; \quad S_{\text{ост}} = 23117,$$

где Y - среднemesячные затраты на обжиг концентратов, руб; X - среднemesячный объем производства ртуты из концентратов, кг; R^2 - коэффициент детерминации; $S_{\text{ост}}$ - стандартная ошибка уравнения.

Структура производственных затрат по основным технологическим цепочкам. В действующем производстве выделяются 4 автономных технологических цепочки по производству ртуты:

- прямой обжиг монометалльных руд Хайдарканского месторождения в трубчатых вращающихся печах;
- переработка комплексных руд Хайдарканского месторождения с получением сурьмяно-ртутного концентрата и обжигом последнего в печи кипящего слоя;
- прямой обжиг монометалльных руд месторождения Чаувай в вращающихся трубчатых печах;
- прямой обжиг монометалльных руд месторождения Улуу-Тоо в вращающихся трубчатых печах.

Структура технологического процесса и структура затрат на получение ртуты принципиально различаются лишь для монометалльных и комплексных руд. Поэтому в дальнейшем изложении остановимся на рассмотрении структуры затрат по двум технологическим цепочкам, перерабатывающим руды Хайдарканского месторождения.

П е р е р а б о т к а монометалльных руд Хайдарканского месторождения включает две основные стадии: добычу руды и ее обжиг в трубчатых печах. Из суммарных производственных затрат на добычу руды приходится более 80%. Учитывая то обстоятельство, что большую часть затрат рудников составляют условно-постоянные расходы, ясно, что основными путями снижения затрат являются уменьшение объема переработки руды на 1 т ртуты (что эквивалентно повышению сквозного извлечения металла) и переход на новые технологические способы проведения горных работ, позволяющие существенно снизить удельные затраты в добыче. Возможности сокращения затрат на металлургическом перделе при существующей технологии значительно скромнее.

П е р е р а б о т к а комплексных руд Хайдарканского месторождения включает три основные стадии: добычу руды, обогащение

руды с получением сурьмяно-ртутного и флюоритового концентратов и металлургический обжиг собственного сурьмяно-ртутного и привозного Анзобского концентратов.

Доли отдельных переделов в суммарных затратах равны: добыча - 75%; обогащение - 20,5%, металлургия - 4,5%. Таким образом, так же, как и в случае переработки монометаллических руд, основная доля затрат на получение ртути, связана с добычей руды. Следовательно, основными путями снижения затрат здесь также является повышение сквозного извлечения, в том числе повышение извлечения ртути в концентрат при обогащении и переход на более эффективные системы добычи руды.

Глава 2. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ДОБЫЧИ РУДЫ НА ХАЙДАРКАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Важнейшее значение в производственной деятельности Хайдарканского ртутного комбината имеет функционирование рудников Хайдарканского месторождения - основного поставщика рудного сырья для комбината. Подтверждением тому являются приведенные в предыдущей главе расчеты, показывающие, что 70 - 80% производственных затрат по получению ртути приходится на добычу руды. Кроме того, как уже отмечалось, металлургическая технология прямого обжига руды во вращающихся трубчатых печах, применяемая на Хайдарканском комбинате, требует содержания ртути в рудах не менее 0,09 - 0,1%, при снижении этого показателя, соответственно, падает процент извлечения ртути. Вышесказанное позволяет сформулировать основные требования, предъявляемые к горно-добывающему звену предприятия - поставлять руду для металлургической переработки в необходимых объемах, определенного качества, с соблюдением четкого временного графика и, естественно, с наименьшими затратами.

Выполнение всех перечисленных требований возможно лишь в том случае, если в реализуемой предприятием схеме добычных работ будет предусмотрен механизм оперативного контроля за процессом добычи, позволяющий гибко реагировать на изменения горно-геологических и иных условий, возникающих при отработке месторождения. Последний момент особенно важен для месторождений пластового типа, как

Хайдарканское, характеризующихся сложной дизъюнктивной тектоникой, широкой вариацией мощности рудных тел и содержания полезного компонента, наличием зон окисления и выклинивания и т.д.

Постоянный контроль за добычей руды и быстрое принятие решения при каких-либо изменениях немыслимы без применения электронно-вычислительной техники, поскольку базируются на подходах имитационного моделирования и требуют больших расчетов. Именно поэтому система оперативного контроля и планирования горных работ была реализована в виде компьютерной диалоговой системы для ЭВМ типа IBM PC AT/XT.

2.1. Принципы построения системы и ее формальная структура

Обычно для характеристики добычных работ используется ряд геолого-технологических показателей, а именно:

N - перечень рудных тел (камер), в которых ведется отработка руды;

V_t - объем выработанной товарной руды;

P - запасы металла в товарной руде;

\bar{a}_t - средневзвешенное содержание металла в товарной руде;

\bar{a}_k - средневзвешенное содержание металла в кондиционной руде (для Хайдарканского месторождения бортовое содержание металла равно 0.08%);

Q_t - вес товарной руды;

Q_k - вес кондиционной руды;

K_p - линейный коэффициент рудоносности;

R - процент разубоживания;

D_t - объемный вес товарной руды (для Хайдарканского месторождения эта величина равна 2.6 г/см^3).

Перечисленные параметры могут характеризовать ситуацию с добычей руды на различных уровнях: в целом по месторождению, по отдельному руднику, по обрабатываемому рудному телу или рабочей камере.

Информационной базой для вычисления данных показателей являются результаты опробования рудных тел, получаемые на разведочных и эксплуатационных стадиях освоения месторождения, а функциональные зависимости между ними описываются следующими уравнениями:

$$\bar{a}_k = \frac{\sum_{i=1}^g M_{k,i} \cdot a_{k,i}}{\sum_{i=1}^g M_{k,i}} ;$$

$$\bar{a}_t = \frac{\sum_{i=1}^g M_i \cdot a_{t,i}}{\sum_{i=1}^g M_i} ;$$

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^g M_{k,i}}{\sum_{i=1}^g M_i} ;$$

$$Q_t = V_t \cdot D_t ;$$

$$Q_k = Q_t \cdot K_p ;$$

$$R = \frac{Q_t - Q_k}{Q_t} \cdot 100 ;$$

$$P = \frac{a_t \cdot D_t \cdot V_t}{100} ,$$

где $a_{t,i}$ и $a_{k,i}$ - содержание металла в товарной и кондиционной руде по результатам опробования в i -й точке; M_i и $M_{k,i}$ - полный интервал опробования и интервал опробования кондиционных руд в i -й точке; g - число точек опробования.

Приведенные уравнения, используемые в хорошо известной процедуре оперативного подсчета запасов, представляют собой математическое выражение модели, лежащей в основе описываемой системы контроля и планирования горных работ.

В зависимости от того, какие из параметров модели являются заданными, а какие требуется найти, будем говорить либо о задаче контроля, либо о задаче планирования горных работ. Задача контроля горных работ имеет место, когда задается некоторая реализованная (или планируемая к реализации) стратегия добычи, т. е. информация о том, из каких рудных тел (N) и в каких объемах ($V_{t,i}$; $i=1, \dots, N$) выбрана (будет выбрана) руда за некоторый фиксированный отрезок времени, и требуется определить, прежде всего, качество получаемой товарной руды, а также все остальные параметры модели. В задаче же планирования

горных работ задается качество ($\bar{a}t$) товарной руды и запасы в ней полезного компонента (Р) и требуется определить, какой стратегии добычи следует придерживаться, чтобы достичь желаемого результата, а также все остальные параметры модели (рис.1).

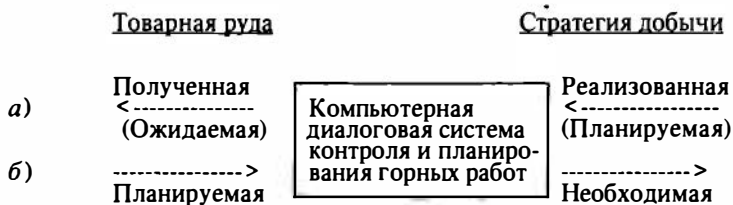


Рис. 1. Схема соотношения задач контроля (а) и планирования (б) горных работ

Все вышесказанное определило формальную структуру компьютерной системы контроля и планирования горных работ, отображенную на рис. 2.



Рис. 2. Формальная схема компьютерной диалоговой системы контроля и планирования горных работ

Главное управляющее меню системы выполняет диспетчерские функции и позволяет в диалоговом режиме осуществлять выбор режима работы.

Блок работы с базой данных предусматривает функционирование в семи режимах: просмотр списка файлов, визуализация файлов, редактирование, формирование новых файлов, наращивание файлов, уничтожение и переименование файлов. Информационными единицами

базы данных являются файлы, содержащие сведения о результатах опробования рудных тел, номера точек опробования и собственно проб, мощность интервала опробования, содержание полезного компонента и его метропроцент. Для удобства файлам присваиваются имена описываемых ими рудных тел (см. табл. 1*).

Два оставшихся блока позволяют осуществлять контроль и планирование проводимых горных работ добывающего предприятия.

2.2. Оперативный подсчет запасов

Оперативный подсчет запасов - одна из наиболее трудоемких и ответственных операций на любом горно-добывающем предприятии, которая позволяет отслеживать основные показатели его деятельности. Существуют различные методики подсчета запасов, выбор которых определяется характером и уровнем проводимых геологических работ, видом полезного ископаемого, типом оруденения, наконец, сложившимися традициями. На Хайдарканском месторождении, как и на большинстве месторождений подобного типа, для оперативного подсчета запасов применяется один из методов среднего арифметического, описываемый вышеприведенными формулами.

Оперативный подсчет запасов подразделен на три этапа: 1) выявление ураганных проб; 2) нивелирование ураганных проб; 3) собственно подсчет запасов и сопутствующих характеристик. Этим определяется и формальная архитектура данного блока системы (рис. 3).



Рис. 3. Формальная структура блока оперативного подсчета запасов

* Исходные данные и результаты расчетов даны в приложении.

Ввод начальных условий оперативного подсчета запасов производится в диалоговом режиме. При этом в ЭВМ вводятся номера рудных тел, задействованных при реализации некоторой стратегии добычи, выбранные из них объемы товарной руды и номера точек опробования в соответствующих информационных файлах из базы данных, характеризующих отработанные объемы рудных тел. После этого управление работой системы передается диспетчеру, который в автоматическом режиме, в зависимости от получаемых промежуточных результатов, подключает к работе ту или иную подпрограмму.

На первом этапе оперативного подсчета запасов производится обращение к базе данных и осуществляется поиск и извлечение данных опробования в соответствии с указанными ранее начальными условиями. Если при этом выявляются ошибки (указаны точки опробования, отсутствующие в базе данных), автодиспетчер информирует об этом пользователя и предлагает уточнить начальные условия.

На втором этапе по каждому рудному телу производятся следующие расчеты:

а) усреднение результатов опробования в точках, где взято несколько проб;

б) вычисление величин, используемых в дальнейших расчетах: суммарное число точек опробования, общий суммарный интервал опробования и суммарный интервал опробования кондиционных руд, общий суммарный метропроцент по результатам опробования и суммарный метропроцент по кондиционным рудам;

в) вычисление средневзвешенного содержания металла в товарной руде с целью выявления ураганных проб.

В случае наличия ураганных проб (для Хайдарканского месторождения - содержание ртути от 1% и выше) автодиспетчер обращается к подпрограмме нивелирования ураганных проб, составляющей третий этап расчетов. При этом все ураганные содержания металла заменяются на их средневзвешенное значение, полученное на предыдущем этапе, и производится перерасчет всех указанных выше характеристик.

На четвертом этапе по приведенным ранее формулам по каждому рудному телу подсчитываются запасы металла (в тоннах), а также другие характеристики: вес товарной и кондиционной руды (в тоннах), содержание металла в товарной и кондиционной руде (в %), линейный коэффициент рудоносности, процент разубоживания. Аналогичные

параметры рассчитываются также по всей совокупности привлеченных к обработке рудных тел. Результаты расчетов в табличной форме выводятся на экран, а также заносятся в базу данных под указанным заранее именем. Если в расчетах одно и то же рудное тело используется несколько раз (наличие нескольких рабочих камер), то результаты расчетов автоматически индексируются порядковыми номерами. По желанию пользователя, визуализироваться (на экран или на принтер) могут либо только конечные результаты оперативного подсчета запасов, либо результаты всех охарактеризованных выше этапов.

Очевидно, что если расчеты при оперативном подсчете запасов производятся на реально выработанных объемах рудных тел, то полученные результаты характеризуют итоги реализации определенного этапа добычи руды. Если же расчеты строятся на предполагаемых к выработке объемах рудных тел, то конечные данные характеризуют ожидаемые от реализации рассматриваемой стратегии добычи результаты. Таким образом, оперативный подсчет запасов позволяет не только контролировать результаты уже проделанной работы, но и "проигрывать" любые теоретические стратегии на предмет ожидаемых результатов.

2.3. Имитационное моделирование стратегий добычи руды как основа планирования горных работ

Задача планирования горных работ решается на базе аппарата имитационного моделирования. Суть данного подхода заключается в том, что априори формулируются некоторые требования к конечным результатам, выступающим в качестве оптимизирующих факторов, а затем моделируются все теоретически возможные варианты добычи и проверяется их соответствие заданным условиям. В данном случае оптимизирующими параметрами являются показатели, характеризующие качество руды, а именно: содержание металла в товарной руде и его запасы. Структура описываемого блока системы отражена на рис. 4.

В начале работы в диалоговом режиме производится ввод в машину значений оптимизирующих параметров, а также ряда ограничивающих условий, позволяющих избежать полного просчета всех теоретически возможных вариантов стратегии добычи, а именно:



Рис. 4. Формальная структура блока планирования горных работ

- количество металла в товарной руде (P) и допустимые отклонения (λ);
- диапазон допустимых содержаний металла в товарной руде ($\bar{a}_{t_{\min}} \div \bar{a}_{t_{\max}}$);
- максимальный допустимый суммарный объем товарной руды ($V_{t_{\max}}$);
- число рудных тел, в которых предполагается вести отработку ($N \leq 10$).

Далее по каждому из N вовлекаемых в обработку рудному телу указываются следующие исходные данные и ограничения:

- номера точек опробования, характеризующих предполагаемый к отработке объем рудного тела;
- максимальный допустимый объем отработки рудного тела ($V_{t_{\max}i}$);
- минимальный допустимый объем отработки рудного тела ($V_{t_{\min}i}$);
- объемный градиент (ρ_i), определяющий, с каким шагом следует просматривать возможные варианты отработки рудного тела.

Очевидно, что перечисленные условия и ограничения определяются временем, на которое планируется стратегия добычи, а также горно-

геологическими особенностями отработки рудных тел и технико-экономической ситуацией.

После задания всех необходимых начальных и ограничивающих условий управление работой системы передается диспетчеру, который в автоматическом режиме, в зависимости от получаемых результатов, обращается к тем или иным подпрограммам.

Первые расчетные этапы блока планирования горных работ полностью аналогичны таковым при подсчете запасов. В соответствии с начальными условиями из базы данных выбирается соответствующая исходная информация. В случае ошибки (указаны точки опробования, отсутствующие в информационном файле, или же число блоков или рабочих камер превышает 10) автодиспетчер предлагает пользователю уточнить начальные условия. Затем по каждому рудному телу (рабочей камере) рассчитываются средние характеристики и при выявлении ураганных проб производится их нивелирование. На этом подготовка исходной информации для имитационного моделирования завершается и автодиспетчер обращается к подпрограмме генерирования и селекции вариантов стратегии добычи - основному этапу решения задачи планирования горных работ.

Очевидно, что набор вариантов отработки любого из всех выбранных рудных тел в соответствии с заданными начальными условиями отображается возрастающим рядом:

$$0; V_{t_{\min}i}; V_{t_{\min}i} + \rho_i; V_{t_{\min}i} + 2\rho_i; V_{t_{\min}i} + 3\rho_i; \dots; V_{t_{\max}i},$$

где $V_{t_{\min}i}$ и $V_{t_{\max}i}$ - установленные для i -го рудного тела минимальный и максимальный допустимые объемы отработки, а ρ_i - объемный градиент для i -го рудного тела. Обозначим через F_i целое число, получаемое в результате округления (в большую сторону) дроби:

$$(V_{t_{\max}i} - V_{t_{\min}i}) / \rho_i,$$

тогда число возможных вариантов отработки рудного тела равно

$$T_i = F_i + 2,$$

а общее число теоретически возможных вариантов одновременной отработки всей отобранной совокупности рудных тел (стратегий добычи) равно:

$$T = \prod_{i=1}^N (F_i + 2)$$

Однако благодаря применению процедуры последовательной селекции стратегий на основании введенных ранее ограничений, нет необходимости полностью просчитывать все варианты. Практически достигается это следующим образом.

Из всех отобранных рудных тел (камер) для генерации теоретически возможных стратегий горных работ используются только первые $N-1$. Очевидно, что число таких стратегий будет равно:

$$T = \prod_{i=1}^{N-1} (F_i + 2) .$$

Последнее рудное тело остается в резерве (смысл такого резервирования будет раскрыт ниже).

Первым селекционным фильтром является проверка каждого варианта из T на превышение предполагаемого по данной стратегии к отработке суммарного объема рудных тел ограничивающей величины $V_{t_{\max}}$. Если такое превышение наблюдается, то нет смысла просчитывать данную стратегию на всю глубину и она отбраковывается.

Прошедшие данный селекционный отбор стратегии поступают на второй фильтр, который предусматривает вычисление запасов металла в товарной руде, предполагаемой к отработке при анализируемой стратегии, и если они превышают величину $P + \lambda$, то стратегия отбраковывается. Если запасы металла лежат в интервале $P \pm \lambda$, то данная стратегия пропускается на следующий этап отбраковки (при этом предполагаемый объем отработки резервного рудного тела в рассматриваемой стратегии равен 0 м^3). Если же запасы металла окажутся меньше величины $P - \lambda$, то недостающее до P количество металла компенсируется за счет находящегося в резерве последнего рудного тела. Если необходимый для компенсации объем отработываемой руды из резервного рудного тела не превышает $V_{t_{\max}}N$ и не ниже $V_{t_{\min}}N$, а также суммарный объем отработки по всей полученной стратегии не выше $V_{t_{\max}}$, то она поступает на дальнейший анализ, в противном случае она отбраковывается.

Наконец, последний этап фильтрации сводится к тому, что для каждой из оставшихся стратегий вычисляется средневзвешенное содержание металла в товарной руде и если оно выходит за указанный в начальных условиях диапазон ($\bar{a}_{t_{\min}} \div \bar{a}_{t_{\max}}$), то стратегия отбраковывается.

Оставшиеся после фильтрации стратегии составляют набор вариантов проведения горных работ, удовлетворяющих априорно заданным условиям, и для них вычисляется весь спектр характеристик, аналогичный таковому при оперативном подсчете запасов.

Окончательные результаты моделирования стратегий горных работ высвечиваются на экране, где указывается, сколько всего вариантов проанализировано, сколько забраковано и сколько признано пригодными. Всем стратегиям, признанным пригодными, присваиваются имена VR.T.* с расширением в виде порядкового номера, под которыми они со всеми сопутствующими параметрами заносятся в базу данных. По желанию пользователя они могут также визуализироваться на экран или на принтер. При наличии большого количества удовлетворяющих заданным начальным условиям стратегий горных работ их генерация автоматически прекращается, если их число достигло 100.

Проводимое по описанной схеме имитационное моделирование вариантов построения горных работ позволяет не только планировать производственную деятельность горно-добывающего предприятия на некоторый период, но и оперативно ее корректировать. С этой целью достаточно регулярно, с учетом новых данных опробования, появляющихся в процессе реализации намеченной стратегии горных работ, повторять расчеты по моделированию приемлемых для достижения поставленной цели стратегий и вносить в нее соответствующие коррективы.

2.4. Иллюстрация работы системы оперативного контроля и планирования горных работ

Проиллюстрируем работу компьютерной системы контроля и планирования горных работ применительно к Хайдарканскому ртутному месторождению на исходных данных, близких к реальным.

Предположим, что перед горно-добывающим предприятием стоит задача добыть к некоторому фиксированному сроку руду с содержанием ртути от 0.09 до 0.11% и общими запасами ртути 2.0 т. Допустим, что отработка руды в процессе достижения сформулированной цели велась по двум рудным телам - 6052 и 1322, причем к моменту оценки полученных промежуточных результатов объемы отработки по ним

составили, соответственно, 100 и 500 м³. Результаты опробования, характеризующие отработанные объемы, отражены в табл. 1 (точки с номерами от 1 до 14) и табл.2 (точки с номерами от 1 до 19) приложения.

В процессе машинной обработки указанной исходной информации по схеме оперативного подсчета запасов по рудному телу 6052 обнаружилось наличие ураганной пробы (точка 13). По условиям нивелирования содержание ртути по этой пробе заменяется на средневзвешенное по всему информационному фрагменту (0.197%) с последующим перерасчетом метропроцентов, среднего содержания ртути и других параметров (см. табл. 3, прил.). Анализ данных опробования по рудному телу 1322 показал отсутствие в нем ураганных проб (см. табл. 4, прил.).

На базе полученной после описанных преобразований информации осуществлен подсчет запасов ртути в добытой товарной руде с учетом указанных ранее объемов отработки рудных тел, а также расчет других сопутствующих параметров. Указанные характеристики рассчитываются как отдельно по каждому рудному телу, так и по всему объему товарной руды. Конечные результаты оперативного подсчета запасов, дающие геолого-технологическую характеристику реализованной стратегии добычи, отражены в табл. 5 (см. прил.).

Анализ этих данных показывает, что рудное тело 6052 характеризуется существенно более богатыми рудами, чем рудное тело 1322 (содержание ртути в товарной руде, соответственно, 0.131 и 0.079%; в кондиционной руде - 0.168 и 0.146%; коэффициент рудоносности - 0.71 и 0.38; разубоживание - 29.2 и 61.9%). В целом же совокупная товарная руда характеризуется содержанием ртути 0.088%, т.е. ниже требуемого уровня, а из запланированных к добыче 2 тонн металла на данный момент добыто 1.369 тонны. Таким образом, для успешного выполнения стоящей перед добывающим предприятием задачи необходимо внести некоторые коррективы в реализуемую стратегию добычных работ. С этой целью проведем имитационное моделирование стратегий с учетом уже достигнутых результатов.

Моделирование проводилось при следующих начальных условиях: требуемые запасы ртути в товарной руде (с учетом уже добытых 1.369 т.) - 2 тонны при допустимых отклонениях от этой величины не более 2%; содержание металла в руде - от 0.09 до 0.11 %; максимально допустимый суммарный объем товарной руды (с учетом уже отработанных 600 м³) - 2000 м³; максимальный допустимый объем дополнительной отработки по

каждому из рудных тел 6052 и 1322 - 500 м³ ; номера точек опробования, характеризующих предполагаемые к дальнейшей отработке объемы рудных тел 6052 и 1322, соответственно, - с 15 по 20 (см. прил. табл.1) и с 20 по 36 (см.прил. табл.2); объемный градиент при генерировании стратегий добычи - 50 м³. Допустим, что кроме указанных двух рудных тел к добычным работам можно подключить рудное тело 664, результаты опробования которого приведены в табл. 6 (см. прил.). Минимальный допустимый объем его отработки установлен в 50 м³, а максимальный - в 500 м³.

С учетом указанных начальных условий и ограничений было проведено генерирование всех теоретически возможных стратегий добычи и их последующая селекция. Всего, судя по информации ЭВМ, было проанализировано 144 варианта возможного проведения горных работ, до последнего фильтра (проверка на процентное содержание ртути в товарной руде) был допущен 121 вариант, из них признано пригодными всего лишь 5, по которым в полном объеме проведен оперативный подсчет запасов (см. прил. табл.7).

Анализ конечных результатов проведенного моделирования показывает, что достичь требуемых показателей добычи руды можно различными путями (но с обязательным привлечением рудного тела 664):

а) продолжая эксплуатационные работы по рудному телу 6052, вовлечь в отработку рудное тело 664 (варианты 1 - 3);

б) продолжая эксплуатационные работы по рудному телу 1322, вовлечь в отработку рудное тело 664 (вариант 4);

в) вести добычные работы сразу по всем трем рудным телам (вариант 5).

Исходя из реально складывающихся на предприятии экономических, технических и иных причин, среди перечисленных вариантов построения добычных работ для продолжения производственной деятельности предприятия следует выбрать наиболее оптимальный.

В завершение отметим, что на решение данной задачи планирования, включая диалог с ЭВМ, затрачено около 2 мин, а непосредственный перебор вариантов построения горных работ, их анализ и расчеты заняли менее 0,5 мин.

2.5. Особенности программной реализации системы

При программной реализации системы оперативного контроля и планирования горных работ авторы руководствовались двумя принципами - простота и удобство в обращении.

Принцип удобства реализован через диалоговый режим работы системы: запрос машины - ответ пользователя. Число запросов сведено к минимуму, предусмотрена возможность возвращения к уже отработанному фрагменту диалога.

Принцип простоты нашел отражение прежде всего в том, что для поддержания работы с банком данных умышленно не использовались известные пакеты. Создан оригинальный, узкоспециализированный блок работы с банком данных, предусматривающий лишь те операции и преобразования с исходной информацией, которые необходимы для обеспечения расчетов по оценке запасов и планированию горных работ применительно к Хайдарканскому месторождению.

Указанные особенности позволили максимально упростить систему, избежать излишней ее перегруженности, сориентировать на широкий круг пользователей, не имеющих глубокой подготовки в области электронно-вычислительной техники.

Программная реализация системы имеет блочно-иерархическую структуру. Верхний уровень блоков представлен диспетчерами, реализующими распределительные функции в соответствии с логической схемой расчетов. Средний уровень системы состоит из расчетных модулей, нижний - из модулей, осуществляющих сервисные функции (диалог, экранная и принтерная визуализация и т.д.). Структура системы открыта, позволяет вносить изменения и дополнения, легко совмещается с описываемой ниже системой имитационного моделирования функционирования Хайдарканского комбината на этапе переработки руд.

Глава 3. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1. Особенности горно-металлургического предприятия как объекта имитационного статистического моделирования

Выделение горно-металлургического производства в особый объект экономико-статистического исследования обусловлен тем, что в отраслях с непрерывной технологией основные производственные процессы носят аппаратурный физико-химический характер, отличаются высокой материало-, энерго- и фондоемкостью, основные агрегаты и процессы играют определяющую роль в эффективности производства. В производственный процесс одновременно вовлекаются большие массы сырых материалов, топлива и полуфабрикатов. При этом имеет место взаимоувязанность технологических процессов как внутри отдельных переделов, так и во всем производственном потоке, что требует строгой увязки всех параметров производственного процесса. Отрицательные последствия работы участков, стоящих в начале технологической цепочки, например, рудников, карьеров, обогатительных фабрик, часто невозможно исправить на последующих стадиях производства.

Важной особенностью рассматриваемого типа производства является их тесная связь с сырьевой базой - месторождениями полезных ископаемых, их природными особенностями.

Особое значение это обстоятельство приобретает на предприятиях цветной металлургии. Руды цветных металлов, как правило, отличаются низкими содержаниями полезных компонентов, а также многокомпонентностью состава, что предусматривает большие объемы добычи и переработки рудной массы на единицу готовой продукции, значимую роль процессов обогащения в производственном цикле, необходимость комплексной переработки сырья. В свою очередь, это определяет и особую форму организации производственного процесса - горно-металлургические комбинаты.

В последние годы наметилась тенденция ухудшения технико-экономических показателей работы предприятий, эксплуатирующих месторождения полезных ископаемых. Так, в цветной металлургии происходит переход от использования богатых руд к бедным, труднообогатимым, нетрадиционным. Повышаются требования по охране

окружающей среды. При этом очевидно, что традиционно применяемый путь решения экологических задач - строительство очистных сооружений - не решает полностью проблемы защиты биосферы от вредного воздействия промышленного производства.

Технико-экономические показатели непрерывного производства зависят не только от основных закономерностей, присущих физико-химическим процессам, но также от различного рода "шумов" и волевых действий, величина и направление которых заранее не всегда известны. Присутствуют и другого рода помехи, например, резкие изменения качества сырья, обусловленные характером рудообразования. Так, для ртутьсодержащих руд характерна неравномерность содержания полезного компонента, обусловленная гнездовым характером залегания. Содержание ртути в руде в пределах одной выработки может варьировать в 10 и более раз.

Таким образом, эффект непрерывного производства определяется прежде всего течением самого технологического процесса, характеризующими его параметрами, причем между этими параметрами и обобщенными экономическими показателями можно установить непосредственную зависимость. Здесь конструктивные особенности и технологические характеристики основного оборудования (агрегатов) на длительное время предопределяют организацию производства, которая характеризуется как устойчивая, а стохастика свойственна самому технологическому процессу.

Возникновение вариации результирующих экономических показателей деятельности предприятия и его подразделений следует объяснить, т. е. найти источники вариации и оценить меры их участия в изменении каждого исследуемого показателя. Это основная задача статистического моделирования экономических показателей деятельности промышленных объектов.

Сложность технологических процессов, необходимость учета их взаимосвязей с конечными результатами работы, существенное влияние стохастических факторов определяет необходимость и актуальность разработки и применения специального методического аппарата для определения экономически выгодных технологических параметров работы отдельных переделов и производственного процесса в целом.

Улучшение показателей работы технологических переделов не является самоцелью, так как выигрыш на одном участке может привести к потерям на остальных. Необходимо ориентироваться на конечные

результаты работы предприятия. Последнее предопределяет необходимость согласования работы различных технологических переделов и агрегатов как по объемам производства, так и по качеству продукции. Поэтому наиболее эффективным является дифференцированный подход к моделированию производственного процесса предприятия, когда он во всей своей сложности отражается системой взаимосвязанных частных моделей [7]. Для того чтобы система моделей была адекватной отражаемому производственному процессу, необходимо, чтобы каждая частная модель отражала сущность соответствующего участка процесса, а связи между моделями - реальные связи между участками.

3.2. Методические подходы к имитационному статистическому моделированию

Конструирование имитационных систем в общем случае включает следующие основные этапы [8, 9]:

1. Постановка задачи моделирования:

- описание цели исследования;
- описание реальной исходной системы;
- формулировка гипотез функционирования и развития системы.

2. Конструирование имитационной системы:

- разработка структуры модели и выбор методов ее построения;
- сбор и подготовка информации для имитационного моделирования;
- идентификация модели по эмпирическим данным;
- оценка точности и пригодности модели по ретроспективной информации;
- адаптация модели к возможным альтернативам развития системы в будущем периоде.

3. Конструирование имитационной системы для расчетов на ЭВМ:

- выбор языка программирования;
- разработка программы для ЭВМ;
- тестирование программы.

4. Экономический анализ и прогнозирование по имитационной модели.

К целям имитационных исследований можно отнести оценку возможного эффекта от изменения в организации реальной системы, условий ее функционирования, взаимоотношений между подсистемами и т.д.; прогнозирование; проведение параметрического анализа и

анализа чувствительности системы к изменению параметров воздействия; определение наиболее важных (значимых) параметров; тренировка, обучение административно-управленческого персонала в режиме человеко-машинного диалога; оперативное управление производственными процессами; выработка управленческих решений и т.д. После выбора цели необходимо провести выделение критериальных показателей, по которым будут оцениваться результаты исследований.

Определив цель (набор целей), необходимо дать описание системы в терминах, позволяющих отнести ее к некоторому достаточно общему классу систем (технические, экономические, экологические, информационные, управленческие и др.).

В данном случае мы имеем дело с технико-экономической системой, в которой решается проблема выбора экономически наиболее выгодных путей развития объекта. Использование модели для прогнозирования развития системы предполагает ее адаптацию к возможным будущим состояниям.

Дело в том, что в прошлом реализовывалась какая-то определенная стратегия развития и некоторые компоненты, переменные взаимосвязи не получили отражения в ретроспективных данных. Поэтому встает проблема их оценки, конструирования по другим информационным источникам: теории моделируемого процесса, проектным проработкам новых технологических решений; опыта работы других аналогичных объектов; специальных экспериментальных исследований и др.

Таким образом, для прогнозных исследований используется модифицированная модель. Что же касается точности модели для прогнозирования будущего развития системы, то здесь главное - обоснованность исходных предпосылок построения модели (полнота набора переменных, соответствие характера соотношений между переменными и др.), а также степень устойчивости закономерностей функционирования моделируемой системы во времени.

Конструирование имитационной системы для расчетов на ЭВМ требует весьма ответственной и трудоемкой работы по разработке программного обеспечения. При этом обычно используются либо утвержденные, либо специальные языки имитационного программирования. Имитационная программа обычно состоит из основной программы и ряда подпрограмм. В основной программе содержится вся логика вычислений и управление моделью во времени.

Наиболее удобный способ эксплуатации имитационной программы - диалоговый режим общения с ЭВМ. Этот способ дает возможность учесть при принятии управляющих решений профессиональные знания и опыт специалиста.

В анализе и прогнозировании по имитационной модели можно различить два аспекта. Первый - имитация результатов функционирования объекта в стационарном режиме при изменении условий его функционирования. При этом параметры могут быть выбраны случайно из областей их возможных изменений. Набор компонентов модели и соотношений между переменными в этом случае остаются неизменными.

Другой аспект связан с имитацией процессов развития объекта в будущем периоде и выбором наиболее рациональной альтернативы развития из некоторого спектра. В этом случае в имитационной модели следует предусмотреть возможность изменения компонентов системы, переменных и структуры взаимосвязей между переменными. Следует подчеркнуть, что в этом случае главным фактором изменения результатов имитационных исследований является не столько вариация переменных, сколько изменение структуры имитируемой системы. Последнее предполагает разработку сценариев (альтернатив) развития моделируемого объекта.

Сложность технологических процессов, необходимость учета их взаимосвязей с конечными результатами работы, существенное влияние стохастических факторов определяет необходимость и актуальность разработки и применения специального методического аппарата для анализа и прогнозирования экономики горно-металлургического производства. Использование традиционных статистических подходов часто оказывается хотя и эффективным, но явно недостаточным. Повышению адекватности и формированию новых функциональных свойств экономико-статистических моделей производственных процессов может способствовать переход к созданию гибридных моделей, к синтезу моделей с заранее заданными свойствами [10]. На современном уровне развития экономико-математического моделирования значительный прогресс в повышении качества моделей может обеспечиваться путем заимствования принципов и подходов из различных областей прикладной математики. Один из путей решения задачи - расширение собственно статистического инструментария, переход от использования ограниченного круга моделей корреляционно-регрессионного анализа к

более широкому классу моделей анализа данных.

Это направление, помимо традиционных методов многомерного статистического анализа, включает и ряд методов из других областей прикладной математики (распознавание образов, сплайн-аппроксимация, экспертные оценки и др.).

Широкое использование при моделировании горно-металлургических производств находит также комбинирование статистических и балансовых моделей.

Для решения задач анализа, прогноза и оптимизации функционирования предприятий с непрерывным производственным циклом используется следующая общая схема этапов моделирования (рис. 5).



Рис. 5. Последовательность этапов моделирования

Представленные на рисунке этапы исследования функционирования производственной системы логически и информационно связаны между собой. На первом этапе решаются в основном задачи аналитического и описательного характера с целью построения общей дескриптивной модели функционирования исследуемой производственной системы. На втором этапе решаются задачи прогноза состояний производства при изменении внешних

условий и внутренних параметров функционирования, а также задачи оптимизации и анализа плана функционирования. На третьем этапе рассматриваются возможности преобразования модели для имитации более широкого круга внешних условий и альтернатив развития производства в более отдаленной перспективе. Решаются задачи перспективного прогноза состояний системы и оценки различных альтернатив ее развития и обеспечения.

Построение модели объекта на основе "гибридного" подхода не может быть представлено в виде строгой формальной схемы [10]. Подобный процесс включает взаимодополняющие и поочередно используемые элементы логического анализа и обобщения эмпирических знаний о конкретном процессе в сочетании с формальными процедурами математико-статистического анализа. Построение модели носит итеративный характер с возвратом к более ранним его этапам.

Таким образом, на основе уравнений множественной регрессии для отдельных показателей, с учетом логического анализа направленности связей параметров функционирования объекта, строятся цепочки зависимостей. В ряде случаев в уравнения добавляются переменные, включение которых оценивается по данным специальных экспериментов и исследований. Для учета объемных показателей и согласования показателей производства с абсолютным расходом сырья вводятся балансовые ограничения.

Наличие нелинейных условий в модели затрудняет ее аналитическое исследование. В таком случае оператор преобразования, описываемый моделью, требует для своего изучения численных методов анализа, проведения имитационных экспериментов на ЭВМ.

Описание процессов функционирования непрерывных производств при помощи системы уравнений регрессии и ограничений, отражающих цепочки зависимостей между параметрами последовательных переделов, имеет ряд преимуществ по сравнению с другими моделями. Во-первых, в процессе имитации могут быть прослежены все основные последствия изменения той или иной входной переменной, даже если система включает множество связей. Во-вторых, можно оценить изменения зависимой переменной от всех входных переменных системы, даже если связи с некоторыми из них опосредованы длинными цепочками промежуточных влияний. При этом выделяются наиболее существенные по силе влияния изменения параметров внешней среды и управляющих переменных.

Для решения таких задач используются различные варианты расчетов, в процессе которых можно выявить и те сочетания значений входных переменных, которые приводят к недопустимым с позиции ограничений модели вариантам функционирования производства.

Прогноз развития и функционирования производственного объекта на перспективу осуществляется путем имитации того или иного сочетания внутренних и внешних условий производства. Речь здесь идет не о прогнозе на какой-то период времени, а о предсказании состояния исследуемой системы при изменении значений параметров внешней среды и параметров управления.

Имитационные расчеты могут носить характер как нормативного, так и исследовательского прогноза. В первом случае, задавая на входе определенные значения ряда переменных, мы, как правило, рассматриваем варианты изменения управляемых параметров (режима производства) с позиции некоторого выбранного для данных расчетов критерия. В качестве критерия может выступать экстремум какого-либо из выходных показателей (или функции нескольких показателей) системы при ограничениях, накладываемых на другие результирующие показатели.

Направленное изменение управляющих параметров обычно соответствует проведению некоторых реальных мероприятий и усовершенствований в производственном процессе, то есть вовлечению имеющихся внутренних резервов производства.

Во втором случае исследовательский прогноз проводится по схеме "если - то". Здесь могут оцениваться экономические последствия предполагаемых изменений сырьевой базы, а также разные варианты развития предприятия в будущем.

Ранее речь шла о краткосрочных и среднесрочных прогнозных расчетах по модели, построенной на базе информации о прошлом функционировании производственного объекта. Причем принималась гипотеза об устойчивости основных его внутренних и внешних связей. Однако при рассмотрении более отдаленной перспективы необходимо предусматривать возможные изменения состава внешних связей производственного объекта, а также его внутренней структуры. При этом многие зависимости между показателями модели претерпевают существенные изменения.

Однако в некоторых случаях для предприятий с непрерывным производственным циклом действующая технология и основное

оборудование сохраняется без существенных изменений в течение длительного периода времени. Учитывая эту особенность, можно для конкретного производства попытаться выделить наиболее инерционные внутренние связи, устойчивые к изменениям его внешних связей и предполагающим изменениям внутренней структуры. Для последнего можно использовать сравнение с аналогичными предприятиями соответствующей отрасли, мнения специалистов-экспертов и др. Если есть основания считать, что для конкретного объекта часть оцененных зависимостей между параметрами производства будет сохраняться в течение длительного времени, то ее можно оставить в составе модели объекта.

Модель функционирования системы для проведения перспективных расчетов нуждается в преобразовании. Во-первых, надо сделать ее более укрупненной, так как нет смысла моделировать на отдаленную перспективу состояния производства по столь же детальному составу показателей, как на ближайший период. Поэтому дескриптивная модель в этом случае включает только наиболее важные параметры производства и наиболее существенные и устойчивые связи между ними. Те же связи и зависимости между показателями модели, которые имеют менее устойчивый характер, следует оценивать с помощью нормативных методов. Например, здесь могут использоваться разного рода балансовые расчеты и эмпирические формулы, полученные экспериментальным путем для исследуемого типа производств.

Во-вторых, целесообразно часть параметров и показателей, бывших прежде эндогенными переменными модели, рассчитывать с помощью нормативных методов и использовать для дальнейших модельных расчетов как независимые входные переменные. Сказанное предполагает, что нормативные расчеты входных параметров модели должны выполнять роль внешнего "генератора" вариантов условий функционирования системы и служить информационной основой имитационных прогнозных расчетов. Используемая в комплексе с нормативным "генератором" вариантов, модель функционирования объекта позволяет имитировать самые различные альтернативы изменения внешних условий функционирования предприятия, а также "проигрывать" разные сценарии его развития.

Иными словами, для предприятия прогнозируются экономические последствия принимаемых решений разного рода по его обеспечению и развитию в перспективе.

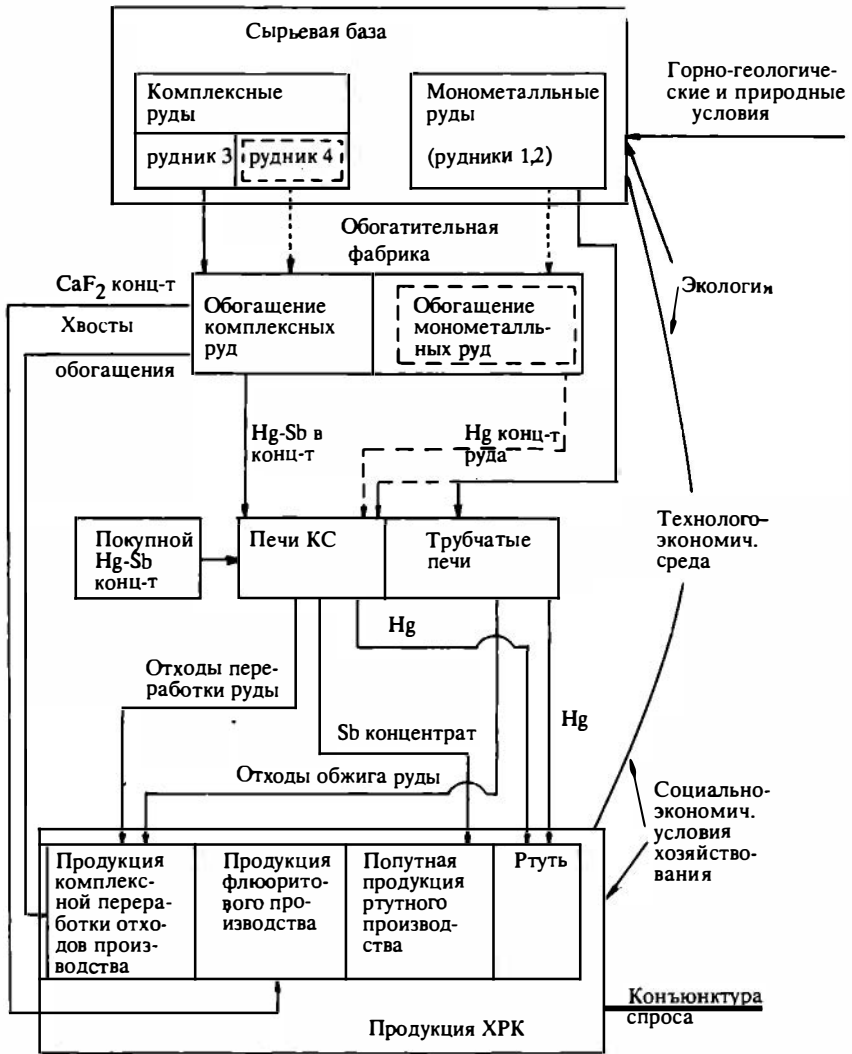


Рис. 6. Схема технолого-экономических связей производств, базирующихся на Хайдарканском месторождении (пунктиром выделены альтернативные технологические варианты).

3.3. Построение имитационной модели действующего производства

Структура имитационной модели соответствует структуре производственного процесса горно-металлургического комбината (рис.6). Особенностью организации производственного процесса является наличие автономных технологических цепочек, объединяющих ряд последовательных переделов. В частности, на комбинате выделяется четыре таких цепочки:

1) прямой обжиг монометалльной руды двух рудников Хайдарканского месторождения в трубчатых печах;

2) переработка комплексных руд Хайдарканского месторождения по цепочке: добыча руды → обогащение руды с получением сурьмяно-ртутного и флюоритового концентратов → обжиг сурьмяно-ртутного концентрата в печи кипящего слоя;

3) прямой обжиг монометалльных руд месторождения Улуу-Тоо в трубчатых печах;

4) прямой обжиг монометалльных руд месторождения Чаувай в трубчатых печах.

Помимо перечисленных основных технологических цепочек имеются общекомбинатовские подразделения, обслуживающие основное производство (транспортные, ремонтные цеха, энергетическое хозяйство, службы управления и др.).

Конкретизация структуры модели, ее информационные взаимосвязи начинаются с формирования блока выходных результативных показателей. В соответствии с изложенными ранее целями развития горно-металлургического предприятия сформировано три укрупненных группы показателей.

Экономические:

- объем производства основной продукции (ртуть, флюоритовый концентрат, сурьмяно-ртутный промпродукт);
- затраты на производство основной продукции;
- суммарная прибыль от основной деятельности.

Технико-экономические:

- качество продукции (сортность);
- сквозное извлечение полезного компонента;
- производственные потери по отдельным переделам.

Эколого-экономические:

- концентрация вредных веществ в окружающей среде;
- экономический ущерб от загрязнения природной среды.

В соответствии с особенностями организации производственного процесса на горно-металлургическом комбинате структура имитационной статистической модели включает четыре частные модели основных технологических цепочек, имитирующие процесс формирования технико-экономических показателей по всем переделам и сводного блока, аккумулирующего отдельные показатели и формирующего конечные показатели по комбинату в целом.

Процесс конструирования частных моделей покажем на примере двух технологических цепочек переработки руд Хайдарканского месторождения.

Моделирование переработки монометалльных руд. Моделирование технологической цепочки начинается с последнего передела - металлургического (рис. 7). В качестве результативных характеристик, в соответствии с упомянутыми выше конечными показателями горно-металлургического предприятия, выбраны:

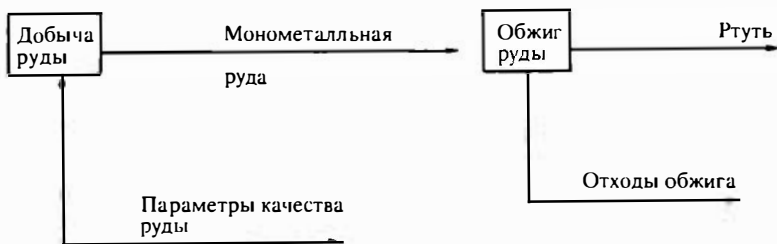


Рис. 7. Блок-схема технологии прямого обжига монометалльных руд

- объем производства металлической ртути V_{Hg}^1 (в тоннах и рублях);
- себестоимость обжига руды, $s_{\text{м}}^1$ (руб/т);
- затраты на обжиг руды, $S_{\text{м}}^1$ (руб);
- условная прибыль технологической цепочки, P^1 (руб);
- извлечение ртути при обжиге, $E_{\text{Hg}}^{\text{м}1}$ (%);

- потери ртути на переделе $V^1_{\text{потерь}}$ (т, руб);
- объемы производственных отходов и выбросов:
- огарки, $V^1_{\text{ог}}$ (т);
- газы, $V^1_{\text{газ}}$ (м³);
- пыли, $V^1_{\text{пыл}}$ (т);
- экологический ущерб от загрязнения природной среды, $Y^1_{\text{(руб)}}$.

В качестве основных переменных производственного процесса использовались:

- объем перерабатываемой руды $V^1_{\text{руд}}$ (т);
- среднее содержание ртути в руде, a_{Hg} (%).

Параметрами технологического процесса выступали:

- содержание ртути в отходах и выбросах:

- огарках, $B^{\text{ог1}}_{\text{Hg}}$ (%);
- газах, $B^{\text{газ1}}_{\text{Hg}}$ (мг/м³);
- пылях, $B^{\text{пыл1}}_{\text{Hg}}$ (%).

При статистических оценках параметров моделей исходной базой служили месячные данные о работе Хайдарканского ртутного комбината и его подразделений за период 1985-1990 гг.

Объем производства ртути рассчитывался по балансовому соотношению вида:

$$V^1_{\text{Hg}} = V^1_{\text{руд}} \cdot a^1_{\text{Hg}} / 100 - V^1_{\text{потерь}}$$

где $V^1_{\text{руд}}$ и a^1_{Hg} - входные переменные, а

$$V^1_{\text{потерь}} = (0.065 \cdot V^1_{\text{руд}} + 8667.945 \cdot a^1_{\text{Hg}}) / 1000$$

определялось по статистической выборке.

Себестоимость обжига руды определялась как статистическая зависимость доли условно-постоянных расходов по отдельным статьям затрат от объема перерабатываемой руды.

На основе полученных зависимостей построена следующая обобщенная формула себестоимости обжига:

$$s^1_{\text{м}} = 0.88 + 99710 / V^1_{\text{руд}}$$

Затраты на обжиг руды.

$$S^1_{\text{м}} = s^1_{\text{м}} \cdot V^1_{\text{руд}}$$

Извлечение ртути по определению:

$$E_{\text{Hg}}^{m1} = V_{\text{Hg}}^1 \cdot 100 / (V_{\text{руд}}^1 \cdot a_{\text{Hg}}^1) / 100,$$

и $V_{\text{потерь}}^1$ определяется на основе статистической оценки и приведена ранее. Подставляя значения элементов в общую формулу имеем:

$$E_{\text{Hg}}^{m1} = 100 \cdot (1 - 0.0065 / a_{\text{Hg}}^1 - 866.79 / V_{\text{руд}}^1).$$

Отходы производства и выбросы пылей и газов по статистическим данным представлены следующими зависимостями:

$$\begin{aligned} V_{\text{ог}}^1 &= 5.6 + 0.9796 \cdot V_{\text{руд}}^1 \\ V_{\text{пыль}}^1 &= -180.2 + 0.025 \cdot V_{\text{руд}}^1 \\ V_{\text{газ}}^1 &= (-3178 + 0.954 \cdot V_{\text{руд}}^1) / 1000. \end{aligned}$$

Потери ртути с соответствующими отходами производства при содержаниях ее в огарках, пылях и газах соответственно $B_{\text{Hg}}^{\text{ог}1}$, $B_{\text{Hg}}^{\text{пыль}1}$ и $B_{\text{Hg}}^{\text{газ}1}$ составляют:

$$\begin{aligned} V_{\text{ог}}^{\text{ог}1} &= V_{\text{ог}}^1 \cdot B_{\text{Hg}}^{\text{ог}1} / 100, \\ V_{\text{пыль}}^{\text{пыль}1} &= V_{\text{пыль}}^1 \cdot B_{\text{Hg}}^{\text{пыль}1} / 100, \\ V_{\text{газ}}^{\text{газ}1} &= V_{\text{газ}}^1 \cdot B_{\text{Hg}}^{\text{газ}1} / 10^9, \end{aligned}$$

Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха производственными выбросами рассчитывался в соответствии с методикой [11] по следующему соотношению:

$$Y = \Gamma \cdot D \cdot \Phi \cdot M,$$

где Γ - константа, равная 2.4 руб/т; D - показатель, характеризующий относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от типа территории и изменяющийся в интервале (0.4 - 2); Φ - коэффициент, учитывающий характер рассеяния примеси в атмосфере и изменяющийся при грубой очистке газов (2.6 - 3.2) и тонкой - (0.6 - 0.7); M - приведенная масса выброса загрязнителя вычисляется по формуле:

$$M = A \cdot m,$$

где A - относительная агрессивность загрязнителя (для ртути: $A = 31623$), m - масса выброса загрязнителя.

Передел, предшествующий металлургической переработке - добыча руды. Здесь моделировались следующие результативные показатели:

- себестоимость добычи руды;
- затраты на добычу руды;
- среднее содержание ртути в руде, поступающей на металлургический передел.

Специфика моделирования блока добычи определялась наличием двух рудников с разными технико-экономическими показателями и качеством руды. В связи с этим себестоимость и затраты моделировались по каждому руднику в отдельности, а содержание ртути - усреднялось.

Методика построения зависимостей себестоимости добычи от объемов руды на каждом руднике не отличается от изложенной для металлургического передела. Статистические зависимости для себестоимости можно записать следующим образом:

$$\text{Рудник 1} \quad s_{д1}^1 = 1.57 + 220803 / V_{руд1}^1.$$

$$\text{Рудник 2} \quad s_{д2}^1 = 2.21 + 291688 / V_{руд2}^1.$$

При средних содержаниях ртути в рудах первого и второго рудника a_{Hg1}^1 и a_{Hg2}^1 и объемах добычи $V_{руд1}^1$ и $V_{руд2}^1$ соответственно, среднее содержание ртути в смеси, подаваемой на обжиг, составляет:

$$a_{Hg}^1 = (V_{руд1}^1 \cdot a_{Hg1}^1 / V_{руд}^1) + (V_{руд2}^1 \cdot a_{Hg2}^1 / V_{руд}^1),$$

где $V_{руд}^1 = V_{руд1}^1 + V_{руд2}^1$.

Объем товарной продукции в стоимостном выражении для технологической цепочки определяется по формуле:

$$V_{Hg}^1 = V_{Hg}^1 \cdot C_{Hg},$$

где C_{Hg} - цена ртути, руб/т.

Полные затраты по переделу равны:

$$S^1 = S_{доб}^1 + S_{м.}^1.$$

Условная прибыль технологической цепочки рассчитывается как разность между стоимостью продукции и затратами на ее производство, включая потенциальные затраты, связанные с ущербом, наносимым природной среде:

$$P^1 = V_{Hg}^1 - S^1 - Y^1.$$

Потери ртути в процессе производства вычисляются по формуле:

$$V_{II}^1 = V_{Hg}^{or1} + V_{Hg}^{пыл1} + V_{Hg}^{газ1}$$

Моделирование переработки комплексных руд. Блок-схема технологической цепочки приведена на рис.8. Как и для технологической цепочки переработки монометалльных руд построение модели начинается с металлургического передела.

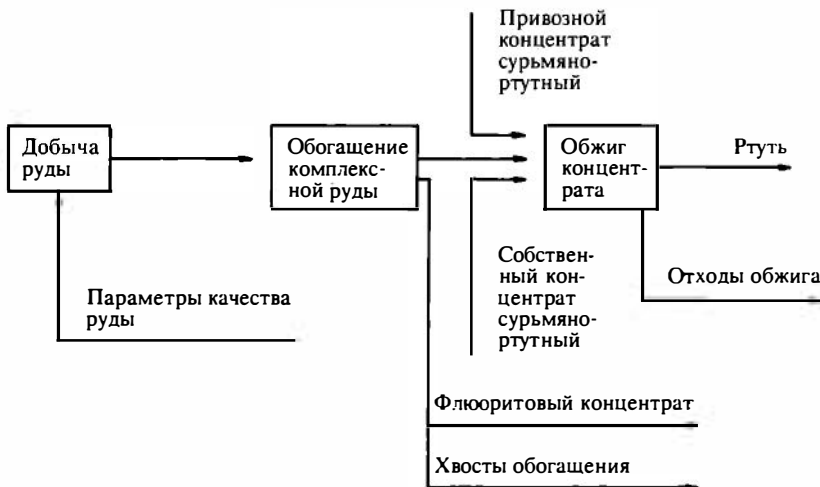


Рис.8 Блок-схема технологии переработки комплексных руд Хайдарканского месторождения

Моделированию подлежат следующие результативные показатели. Объем производства ртути из собственного и привозного сурьмяно-ртутного концентратов V_{Hg1}^2 и V_{Hg2}^2 соответственно равны:

$$V_{Hg1}^2 = V_{Sb-Hg1}^2 \cdot E_{Hg\ m1}^2 \cdot B_{Hg1}^2 / 10000,$$

$$V_{Hg2}^2 = V_{Sb-Hg2}^2 \cdot E_{Hg\ m2}^2 \cdot B_{Hg2}^2 / 10000,$$

где V_{Sb-Hg1}^2 - объем производства собственного сурьмяно-ртутного концентрата, т, V_{Sb-Hg2}^2 - объем привозного Анзобского сурьмяно-ртутного концентрата, т, $E_{Hg\ m1}^2$ - извлечение ртути из собственного

концентрата при металлургической переработке, %, E_{HgM2}^2 - извлечение ртути из привозного концентрата при металлургической переработке, %, B_{Hg1}^2 - содержание ртути в собственном сурьмяно-ртутном концентрате, %, B_{Hg2}^2 - содержание ртути в привозном сурьмяно-ртутном концентрате, %. Также показатели их качества (содержание ртути) являются результативными показателями обогатительного производства и подробно будут рассмотрены ниже. Что же касается зависимости для показателя извлечения ртути из концентрата на металлургическом переделе, то ее параметры оценены по эмпирическим данным статистическими методами. Полученная зависимость одинакова для собственного и привозного концентратов и имеет вид:

$$E_{\text{HgM}}^2 = 84.6233 \cdot (B_{\text{Hg}}^2)^{0.0609482}.$$

С е б е с т о и м о с т ь обжига концентратов. Зависимость себестоимости обжига от объемов производства моделировалась статистическими методами, исходя из анализа статей затрат (табл.11). Исходя из данных таблицы и учитывая, что среднемесячный объем переработки концентратов составляет 817.7 т, можно записать

$$s_{\text{M}}^2 = 3.92 + 8813 / V_{\text{Sb-Hg}}^2$$

где

$$V_{\text{Sb-Hg}}^2 = V_{\text{Sb-Hg1}}^2 + V_{\text{Sb-Hg2}}^2.$$

Соответственно, суммарные затраты на обжиг составят:

$$S_{\text{M}}^2 = s_{\text{M}}^2 \cdot V_{\text{Sb-Hg}}^2.$$

О т х о д ы производства и выбросы. Объемы огарков ($V_{\text{ог1}}^2$, $V_{\text{ог2}}^2$) и газов ($V_{\text{газ1}}^2$, $V_{\text{газ2}}^2$) определялись как статистические зависимости от объемов обжигаемых концентратов:

$$V_{\text{ог}}^2 = -0.65 + 0.90 \cdot V_{\text{Sb-Hg}}^2$$

$$\bullet V_{\text{газ1}}^2 = 1538882 - 27254 \cdot V_{\text{Sb-Hg1}}^2$$

$$V_{\text{газ2}}^2 = -337267 + 1713.4 \cdot V_{\text{Sb-Hg2}}^2$$

Что касается объемов пылей, то поскольку существенной

статистической зависимости от объемов перерабатываемых концентратов выявлено не было, то величина этого показателя принималась на среднем уровне ($V^2_{\text{пыл1}}$, $V^2_{\text{пыл2}}$).

Таблица 11

Оценка доли условно-постоянных расходов в статьях затрат на обжиг сурьмяно-ртутного концентрата комплексной руды

Статья затрат	Доли частей, %		Среднемесячные затраты, руб.	
	постоян-ные	перемен-ные	посто-янные	перемен-ные
Вспомогательные материалы	90	10	196	22
Дизельное топливо	60	40	101	67
Энергозатраты	50	50	459	459
Основная зарплата	80	20	3081	770
Дополнительная зарплата	80	20	741	185
Социальное страхование	100		495	
Содержание и эксплуатация оборудования	50	50	2153	2583
Цеховые расходы	90	10	1588	176
Итого			8813	3214

К о н ц е н т р а ц и я ртути в огарках принималась на уровне средней величины ($B^2_{\text{ог1}}$, $B^2_{\text{ог2}}$), а в газах ($B^2_{\text{газ1}}$, $B^2_{\text{газ2}}$) и пылях ($B^2_{\text{пыл1}}$, $B^2_{\text{пыл2}}$) устанавливалась на основе статистического анализа как функция содержания ртути в соответствующих концентратах:

$$B^2_{\text{газ1}} = 21.83 + 11.41 \cdot B^2_{\text{Hg1}},$$

$$B^2_{\text{газ2}} = 39.99 - 17.73 \cdot B^2_{\text{Hg2}},$$

$$B^2_{\text{пыл1}} = 0.278 + 0.031 \cdot B^2_{\text{Hg1}},$$

$$B^2_{\text{пыл2}} = 0.076 + 0.083 \cdot B^2_{\text{Hg2}}.$$

Общие потери ртути в отходах производства и выбросах соответственно равны :

$$V_{\text{Hg ог}} = B^2_{\text{ог}} \cdot V^2_{\text{ог}} / 100,$$

$$V^2_{\text{Hg газ}} = B^2_{\text{газ}} \cdot V^2_{\text{газ}} / 100,$$

$$V^2_{\text{Hg пыл}} = B^2_{\text{пыл}} \cdot V^2_{\text{пыл}} / 100,$$

где

$$V^2_{\text{ог}} = V^2_{\text{ог1}} + V^2_{\text{ог2}},$$

$$V^2_{\text{газ}} = V^2_{\text{газ1}} + V^2_{\text{газ2}},$$

$$V^2_{\text{пыл}} = V^2_{\text{пыл1}} + V^2_{\text{пыл2}},$$

$$B^2_{\text{ог}} = V^2_{\text{ог1}} \cdot B^2_{\text{ог1}} / V^2_{\text{ог}} + V^2_{\text{ог2}} \cdot B^2_{\text{ог2}} / V^2_{\text{ог}}$$

$$B^2_{\text{газ}} = V^2_{\text{газ1}} \cdot B^2_{\text{газ1}} / V^2_{\text{газ}} + V^2_{\text{газ2}} \cdot B^2_{\text{газ2}} / V^2_{\text{газ}},$$

$$B^2_{\text{пыл}} = V^2_{\text{пыл1}} \cdot B^2_{\text{пыл1}} / V^2_{\text{пыл}} + V^2_{\text{пыл2}} \cdot B^2_{\text{пыл2}} / V^2_{\text{пыл}}.$$

У щ е р б от загрязнения атмосферного воздуха производственными выбросами данной технологической цепочки рассчитывается по той же методике, что и для ранее рассмотренного случая (технологическая цепочка 1).

Металлургической переработке концентрата комплексной руды предшествует стадия его получения - обогащение комплексной руды. Моделированию на этом переделе подлежат следующие результативные показатели.

О б ъ е м ы производства собственного сурьмяно - ртутного концентрата, а также продукта комплексной переработки руды - *флюоритового концентрата* $V^2_{\text{Sb-Hg1}}$ и V^2_{CaF2} соответственно определяются исходя из соотношений, связывающих объемы и качество руды и концентратов.

$$V^2_{\text{Sb-Hg1}} = \frac{(V^2_{\text{руд}} \cdot a^2_{\text{Hg}} / 100) \cdot (E^2_{\text{Hg1}} / 100)}{B^2_{\text{Hg1}} / 100},$$

$$V^2_{\text{CaF2}} = \frac{(V^2_{\text{руд}} \cdot a^2_{\text{CaF2}} / 100) \cdot (E^2_{\text{CaF2}} / 100)}{B^2_{\text{CaF2}} / 100},$$

где $V^2_{\text{руд}}$ - объем добычи комплексной руды, т.; a^2_{Hg} - содержание ртути в комплексной руде, %; a^2_{CaF2} - содержание флюорита в комплексной руде, %; E^2_{Hg1} - извлечение ртути в собственный сурьмяно-ртутный

концентрат, %; $E^2_{CaF_2}$ - извлечение флюорита в флюоритовый концентрат, B^2_{Hg1} - содержание ртути в собственном сурьяно-ртутном концентрате, %; $B^2_{CaF_2}$ - содержание флюорита во флюоритовом концентрате, %

Объем производства привозного Анзобского концентрата и его качество являются переменными в имитационной модели и задаются вне модели. Кроме этого, основными переменными модели являются объем добычи комплексной руды $V^2_{руд}$ и показатели ее качества: содержание (в %) в руде ртути a^2_{Hg} , сурьмы a^2_{Sb} , флюорита $a^2_{CaF_2}$, кальцита $a^2_{CaCO_3}$.

С е б е с т о и м о с т ь обогачения руды. Зависимость себестоимости обогачения от объемов добычи руды моделировалась статистическими методами, исходя из анализа статей затрат на обогачение. Учитывая среднемесячный объем переработки комплексной руды, соотношение для себестоимости обогачения руды записывается в виде:

$$s^2_{об} = 4.08 + 78168 / V^2_{руд}$$

С у м м а р н ы е з а т р а т ы в обогачении составят:

$$S^2_{об} = s^2_{об} \cdot V_{руд}$$

Основными технико-экономическими показателями обогатительного передела, подлежащими моделированию, явились показатели качества сурьяно-ртутного и флюоритового концентратов - содержание ртути и флюорита в концентратах и их извлечение в концентраты. Эти показатели оценивались по статистическим зависимостям от качества перерабатываемой руды на основании выборки сменных данных обогатительной фабрики. В результате получены следующие соотношения:

$$B^2_{Hg1} = -0.72 + 0.11 \cdot B^2_{Sb1} + 27.93 \cdot a^2_{Hg}$$

$$E^2_{Hg1} = 102.22 - 0.67 \cdot a^2_{CaCO_3}$$

$$B^2_{CaF_2} = 89.95 + 146.21 \cdot a^2_{Hg} + 0.35 \cdot B^2_{Hg1}$$

$$E^2_{CaF_2} = 111.46 - 5.72 \cdot a^2_{CaF_2}$$

где B^2_{Hg1} - содержание ртути в собственном сурьяно-ртутном концентрате, %; B^2_{Sb1} - содержание сурьмы в собственном сурьяно-ртутном концентрате, %; E^2_{Hg1} - извлечение ртути в собственный

сурьмяно-ртутный концентрат, % $E_{CaF_2}^L$ - извлечение флюорита во флюоритовый концентрат, %; $B_{CaF_2}^2$ - содержание флюорита во флюоритовом концентрате, % ; a_{Hg}^2 , $a_{CaF_2}^2$, $a_{CaCO_3}^2$ - содержание в руде ртути, флюорита, кальцита соответственно, %.

Отходы обогатительного производства. Объемы хвостов обогащения находились из балансового соотношения:

$$V_{хв}^2 = V_{руд}^2 - V_{Sb-Hg1}^2 - V_{CaF_2}^2$$

Концентрация основных продуктов (ртуть, сурьма, флюорит) в хвостах моделировалась на базе статистических зависимостей содержания этих элементов от параметров качества руды:

$$B_{Hg_{хв1}}^2 = -0.0032 + 0.009 \cdot a_{Hg}^2 + 0.00018 \cdot a_{CaCO_3}^2,$$

$$B_{Sb_{хв1}}^2 = -0.27 + 0.42 \cdot a_{Sb}^2 + 0.021 \cdot a_{CaF_2}^2,$$

$$B_{CaF_2_{хв1}}^2 = -12.54 + 1.61 \cdot a_{CaF_2}^2,$$

где $B_{Hg_{хв1}}^2$, $B_{Sb_{хв1}}^2$, $B_{CaF_2_{хв1}}^2$ - содержание в хвостах обогащения ртути, сурьмы, флюорита.

Потери основных продуктов в хвостах обогатительного передела соответственно составляют:

$$V_{Hg_{хв1}}^2 = B_{Hg_{хв1}}^2 \cdot V_{хв}^2 / 100,$$

$$V_{Sb_{хв1}}^2 = B_{Sb_{хв1}}^2 \cdot V_{хв}^2 / 100,$$

$$V_{CaF_2_{хв}}^2 = B_{CaF_2_{хв}}^2 \cdot V_{хв}^2 / 100$$

И, наконец, приведем основные соотношения имитационной модели для начального блока рассматриваемой технологической цепочки - *блока добычи руды*. Здесь моделировались следующие результативные показатели:

- себестоимость добычи руды, $s_{доб}^2$, руб/т;
- суммарные затраты по добыче руды, $S_{доб}^2$, руб.

Себестоимость добычи руды моделировалась как статистическая функция объемов добычи исходя из анализа статей затрат в блоке добычи. Учитывая среднемесячный объем добычи, уравнение для себестоимости имеет вид:

$$s_{\text{доб}}^2 = 6.2 + 137762 / V_{\text{руд}}^2$$

Суммарные затраты на добычу руды составляют:

$$S_{\text{доб}}^2 = s_{\text{доб}}^2 \cdot V_{\text{руд}}^2$$

П о л н ы е затраты по переделу в рассматриваемой технологической цепочке составляют:

$$S^2 = S_{\text{доб}}^2 + S_{\text{обог}}^2 + S_{\text{м}}^2$$

О б ъ е м товарной продукции в стоимостном выражении для данной технологической цепочки составляет:

- по ртути

$$V_{\text{Hg}}^2 = (V_{\text{Hg1}}^2 + V_{\text{Hg2}}^2) \cdot C_{\text{Hg}}$$

- по флюориту

$$V_{\text{CaF}_2}^2 = V_{\text{CaF}_2}^2 \cdot C_{\text{CaF}_2}$$

где C_{Hg} - цена ртути, руб/т; C_{CaF_2} - цена флюоритового концентрата, руб/т.

Основной технологический показатель - сквозное извлечение данной технологической цепочки определяется как произведение извлеченной ртути на обогатительном и металлургическом переделах

$$E_{\text{Hg}}^2 = E_{\text{Hg м}}^2 \cdot E_{\text{Hg1}}^2 / 100$$

Условная прибыль данной технологической цепочки рассчитывается как разница между стоимостью продукции переделов цепочки и затратами на ее производство, включая потенциальные затраты, связанные с ущербом, наносимым производством окружающей природной среде:

$$P^2 = (V_{\text{Hg}}^2 + V_{\text{CaF}_2}^2) - S^2 - Y^2$$

где Y^2 - стоимостная оценка ущерба от загрязнения окружающей среды, руб.

П о т е р и ртути в процессе производства:

$$V_{\text{п}}^2 = V_{\text{Hg ог}}^2 + V_{\text{Hg пыл}}^2 + V_{\text{Hg газ}}^2 + V_{\text{Hg хв1}}^2$$

Что касается потерь сурьмы и флюорита, то соотношения для их расчета приведены в обогатительном блоке данной технологической цепочки.

Аналогично строились модели для двух оставшихся цепочек действующего производства. Кроме того, имитационная статистическая модель включала блок формирования общекомбинатовских показателей,

а также сервисные блоки, обеспечивающие диалог, ввод, вывод и обмен информацией между основными расчетными блоками.

В целом, имитационная статистическая модель действующего производства включает 98 соотношений, в том числе 39 статистических зависимостей, 14 балансовых соотношений и 45 расчетных аналитических формул. В модели используются 24 входных переменных и параметров, а промежуточные и конечные результаты деятельности технологических цепочек и комбината в целом описываются 76 выходными технико-экономическими показателями.

3.4. Включение в имитационную модель перспективных технологий производства ртути

Ухудшение показателей сырьевой базы и ориентации производства на преимущественный выпуск ртути по технологии прямого обжига руды во вращающихся трубчатых печах может создать в перспективе неблагоприятную экологическую ситуацию на комбинате. Технология прямого обжига начинает терять эффективность при содержании ртути ниже 0,09 %. Одновременно при этом резко возрастают потери ртути с газами и пылями, что крайне неблагоприятно сказывается на экологической обстановке в районе производства и прилегающих к нему территориях. Поэтому важно рассмотрение в рамках имитационной модели альтернативных технологий производства ртути и проведение сравнительной оценки их эффективности с действующими на комбинате технологическими схемами. Блок-схема технологической цепочки приведена на рис.9.

Как и ранее, моделирование схемы начинается с конечного металлургического передела и охватывает три стадии: обжиг концентрата, обогащение монометалльной руды и ее добычу.

Основная сложность при построении моделей альтернативных технологических цепочек заключалась в отсутствии данных о функционировании новой технологии. Решение проблемы было найдено за счет:

- использования результатов экспериментальных исследований, проведенных СредазНИИпроцветметом;
- данных о функционировании элементов подобных технологий на других предприятиях;
- литературных источников;
- теоретических и нормативных расчетов.

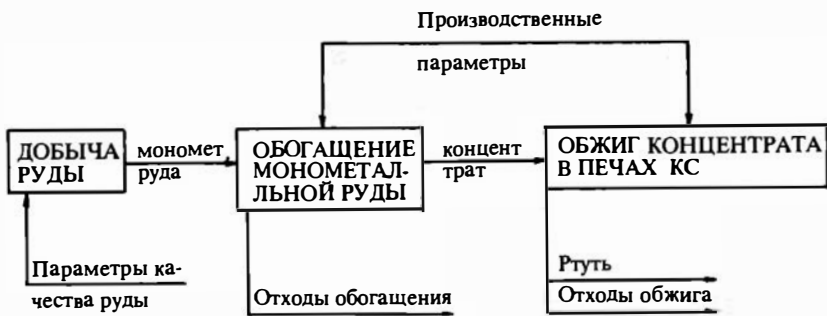


Рис.9. Блок-схема комбинированной технологии переработки монометаллических руд

При моделировании металлургического передела выбраны следующие результирующие показатели:

- объем производства металлической ртути V_{Hg}^5 (в т и руб.)
- себестоимость обжига концентрата монометаллической руды s_m^5 , руб/т;
- затраты на обжиг концентрата S_m^5 , руб;
- извлечение ртути $E_{\text{Hg м}}^5$, %;
- потери ртути на переделе $V_{\text{потерь}}^5$ (в т и руб.);
- потенциальный экологический ущерб от загрязнения природной среды, Y^5 , руб;
- объемы производства отходов и выбросов:
 - огарки $V_{\text{ог}}^5$, т,
 - газы $V_{\text{газ}}^5$, м^3 ,
 - пыли $V_{\text{пыль}}^5$, т.

В качестве основных переменных производственного процесса использовались:

- объем перерабатываемого ртутного концентрата, $V_{\text{Hg конц.}}^5$, т.;
- качество ртутного концентрата (содержание ртути в концентрате) B_{Hg}^5 , %.

Параметрами технологического процесса являлись:

- среднее извлечение ртути из концентрата $E_{\text{Hg м}}^5$, %;
- содержание ртути в отходах и выбросах металлургического производства: огарках, $B_{\text{Hg}}^{\text{ог}}^5$, %; газах, $B_{\text{газ}}^5$, %; пылях, $B_{\text{пыль}}^5$, %.

При построении и оценке параметров моделей по каждому из указанных результативных показателей использовались теоретические знания и результаты экспериментальной апробации схемы, предложенной институтом СредазНИИпроцветмет.

Объем производства ртути определяется по формуле:

$$V_{\text{Hg}}^S = V_{\text{Hg конц}}^S \cdot B_{\text{Hg}}^S \cdot E_{\text{Hg м}}^S / 10000,$$

где $V_{\text{Hg конц}}^S$ - объем производства концентрата монометалльной руды, т.

Извлечение ртути из концентрата вследствие его невысокой варьированности в совокупности экспериментальных данных устанавливалось на среднем уровне (96.3 %) и вводилось в модель параметрически.

Себестоимость обжига концентрата. В качестве оценки использовалось соотношение, полученное для себестоимости обжига концентрата комплексной руды ввиду отсутствия экономических расчетов для экспериментальных партий концентрата монометалльных руд:

$$s_{\text{м}}^S = 3.92 + 8813 / V_{\text{Hg конц}}^S.$$

Затраты на обжиг концентрата вычисляются так:

$$S_{\text{м}}^S = s_{\text{м}}^S \cdot V_{\text{Hg конц}}^S.$$

Отходы производства и выбросы. Объемы образующихся при обжиге концентрата газов и огарков ($V_{\text{газ}}^S$, $V_{\text{ог}}^S$) по экспериментальным данным составляют:

$$V_{\text{ог}}^S = -0.65 + 0.9 \cdot V_{\text{Hg конц}}^S,$$

$$V_{\text{газ}}^S = -337267 + 1713.4 \cdot V_{\text{Hg конц}}^S.$$

Объемы образующихся при обжиге пылей определялись из балансового соотношения:

$$V_{\text{пыль}}^S = B_{\text{Hg}}^S \cdot V_{\text{Hg конц}}^S \cdot E_{\text{Hg пыль}}^S / B_{\text{Hg пыль}}^S \cdot 100,$$

где $E_{\text{Hg пыль}}^S$ - извлечение ртути в пыли, %; $B_{\text{Hg пыль}}^S$ - содержание ртути в пылях, %.

Извлечение ртути в пыли определялось по статистическому соотношению:

$$E_{\text{Hg пыл}}^5 = 1 / (0.22 + 16.44 \cdot B_{\text{Hg}}^5).$$

Потери ртути в отходах производства и выбросах рассчитывались по следующим соотношениям:

$$V_{\text{Hg от}}^5 = V_{\text{от}}^5 \cdot B_{\text{Hg от}}^5 / 100,$$

$$V_{\text{Hg пыл}}^5 = V_{\text{пыл}}^5 \cdot B_{\text{Hg пыл}}^5 / 100$$

$$V_{\text{Hg газ}}^5 = V_{\text{газ}}^5 \cdot B_{\text{Hg газ}}^5 / 10^9.$$

Суммарные потери ртути на переделе определялись из балансового соотношения:

$$V_{\text{спот}}^5 = V_{\text{пот}}^5 - (V_{\text{Hg от}}^5 + V_{\text{Hg газ}}^5 + V_{\text{Hg пыл}}^5).$$

Ущерб от загрязнения воздуха производственными выбросами рассчитывался по методике, изложенной выше.

Обжигу концентрата предшествует стадия его получения из руды путем *обогащения* последней флотационным методом. Главными моделируемыми показателями обогатительного цикла являются:

- объем концентрата монометалльной руды, $V_{\text{Hg конц}}^5$, т;
- себестоимость обогащения монометалльной руды, $s_{\text{об}}^5$, руб/т;
- затраты на обогащение руды, $S_{\text{об}}^5$, руб;
- содержание ртути в концентрате, B_{Hg}^5 , %;
- извлечение ртути в концентрат, $E_{\text{Hg об}}^5$, %;
- объем хвостов обогащения, $V_{\text{хв}}^5$, т;
- содержание ртути в хвостах, $B_{\text{Hg хв}}^5$, %;
- потери ртути в хвостах, $V_{\text{Hg хв}}^5$, т.

Основными переменными для данного передела были:

- качество руды;
- содержание ртути в руде, a_{Hg}^5 , %;
- содержание сурьмы в руде, a_{Sb}^5 , %;
- объем добычи руды, $V_{\text{руд}}^5$, т.

В качестве параметра обогащенного процесса выступало содержание сурьмы в концентрате монометаллической руды, B_{Sb}^5 , %.

Содержание ртути в концентрате монометаллической руды рассчитывалось по статистической зависимости, оцененной на основе выборки данных, полученных институтом СредазНИИпроцветмет в эксперименте по обогащению монометаллической руды:

$$B_{Hg}^5 = 3.52 + 62.86 \cdot a_{Hg}^5 + 1.2 \cdot B_{Sb}^5.$$

Извлечение ртути в концентрат монометаллической руды рассчитывалось по статистической зависимости, оцененной по упомянутым выше данным:

$$E_{Hg\text{ об}}^5 = 97.73 - 1144.92 \cdot B_{Hg\text{ хв}}^5.$$

Содержание ртути в хвостах также оценивалось по статистической зависимости исходя из данных эксперимента:

$$B_{Hg\text{ хв}}^5 = -0.0076 + 0.11 \cdot a_{Hg}^5 + 0.052 \cdot a_{Sb}^5.$$

Объем производства концентрата монометаллической руды определяется из уравнения баланса:

$$V_{Hg\text{ конц}}^5 = V_{руд}^5 \cdot a_{Hg}^5 \cdot E_{Hg\text{ об}}^5 / B_{Hg\text{ конц}}^5.$$

Объем хвостов обогащения определяется из соотношения:

$$V_{хв}^5 = V_{руд}^5 - V_{Hg\text{ конц}}^5.$$

Потери ртути в хвостах составляют:

$$V_{Hg\text{ хв}}^5 = V_{хв}^5 \cdot B_{Hg\text{ хв}}^5 / 100.$$

Себестоимость обогащения монометаллической руды оценивалась по статистическому соотношению, полученному для комплексной руды, так как экономического расчета для экспериментальных серий не производилось. Однако, как представляется, эта оценка может служить верхней границей себестоимости обогащения

монометалльной руды, так как процессы схожи, а при обогащении комплексной руды учитываются еще и дополнительные затраты, связанные с выделением флюоритового продукта.

$$s_{об}^5 = 4.08 + 78168 / V_{руд}^5.$$

З а т р а т ы по обогащению монометалльной руды определяются следующим образом:

$$S_{об}^5 = s_{об}^5 \cdot V_{руд}^5.$$

Для блока добычи руды в данной технологической цепочке справедливы те же соотношения, что и для технологической цепочки 1, связанной с переработкой монометалльных руд Хайдарканского месторождения, добываемых на подземных рудниках 1,2. То есть, если на рудниках 1 и 2 добываются соответственно $V_{руд1}^5$ и $V_{руд2}^5$ тонн руды, то суммарная добыча для данной технологической цепочки составит:

$$V_{руд}^5 = V_{руд1}^5 + V_{руд2}^5.$$

При моделировании себестоимости добычи руды на рудниках 1 и 2 учтено удешевление, связанное с переходом от селективного способа добычи к методу валового обрушения. Тогда *затраты на добычу* по рудникам составят:

$$\begin{aligned} S_{д1}^5 &= s_{д1}^5 \cdot V_{руд1}^5, \\ S_{д2}^5 &= s_{д2}^5 \cdot V_{руд2}^5, \end{aligned}$$

а *общие затраты* в блоке добычи –

$$S_{д}^5 = S_{д1}^5 + S_{д2}^5.$$

Среднее содержание ртути в монометалльной руде, подаваемой на обогатительную фабрику, составит:

$$a_{Hg}^5 = (V_{руд1}^5 \cdot a_{Hg1}^5 / V_{руд}^5) + (V_{руд2}^5 \cdot a_{Hg2}^5 / V_{руд}^5),$$

а среднее содержание сурьмы -

$$a_{Sb}^5 = (V_{руд1}^5 \cdot a_{Sb1}^5 / V_{руд}^5) + (V_{руд2}^5 \cdot a_{Sb2}^5 / V_{руд}^5).$$

Объем товарной продукции в стоимостном выражении для данной технологической цепочки составляет:

$$V_{Hg}^{5'} = V_{Hg}^5 \cdot C_{Hg},$$

где C_{Hg} - цена ртути, руб /т.

Полные затраты по переделу определяются:

$$S^5 = S_{д}^5 + S_{об}^5 + S_{м}^5.$$

Условная прибыль для данной технологической цепочки составит:

$$P^5 = V_{Hg}^{5'} - S^5 - Y^5,$$

где Y^5 - оценка экологического ущерба, наносимого данной технологией окружающей среде.

Потери ртути в процессе производства будут равны:

$$V_{п}^5 = V_{спот}^5 + V_{Hg\ хл}^5.$$

Дополнительный блок модели, описывающий влияние новой технологии на результативные показатели производства, включает 32 соотношения.

3.5. Программная реализация имитационной статистической модели

Диалоговая имитационная система реализована на ПЭВМ IBM PC/AT. Исполняющая система с языка Basic предоставляет хорошие возможности для ведения диалога из программы, включения в программу графики, цвета, наиболее полного использования технических возможностей ПЭВМ.

Набор типов данных языка Basic позволяет выполнять все требуемые в имитационной программе расчетов на ЭВМ операции с заданной точностью. Данные сохраняются в файлах в коде ASCII, что

удобно при сопряжении с другими пакетами. Исполняющая система с языка Basic имеет хорошую библиотеку, реализована в системе Turbo. Программа имитационной системы имеет иерархическую, сетевую структуру и открыта.

Верхний уровень структуры представляет диспетчер, реализующий логику исследования. Он выполняет загрузку требуемых логикой исследования расчетных модулей, обеспечивает работу с данными, организует работу сервисных модулей.

Нижний уровень структуры программы реализуется совокупностью модулей, выполняющих функции ввода-вывода данных с(на) экран терминала, вывода на печатающее устройство. Модули этого уровня обеспечивают сервис имитационной системы.

В структуре программы имитационной системы расчетов на ЭВМ заложено использование разделяемых областей памяти и оверлейность загрузочных модулей. Передача данных выполняется через разделяемые области и файлы. Расчетные показатели сохраняются в файлах. Загрузочные модули программы расчета разделены по функциональному назначению. Структура программы открыта для дополнений, что позволяет включать обработку новых технологических схем переработки сырья, добавлять новые расчетные и сервисные модули.

Глава 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИМИТАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЦЕПОЧКАМ

Варианты функционирования и развития предприятия можно классифицировать по-разному. Во-первых, они могут различаться по объектам приложения. Можно рассматривать варианты: для отдельных переделов технологической цепочки (добыча, обогащение, металлургия и др.); для отдельных технологических цепочек; для предприятия в целом. Во-вторых - по характеру технологических решений: вариантов функционирования объектов в рамках действующих технологий, ориентированных на повышение экономической эффективности производства и учет изменений сырьевой базы; вариантов,

ориентированных на введение новых технологий, требующих увеличения капитальных вложений и ввода дополнительных основных фондов.

Как показал анализ экономики производственного процесса, в связи с большой ресурсоемкостью производства основными направлениями снижения затрат являются: уменьшение расходов на добычу руды за счет внедрения новых технологий горных работ, а также повышение извлечения металла из руды на последующих переделах. Кроме того, эффективность производства может быть также повышена путем более глубокой переработки продукции с соответствующим повышением цен.

Например, по технологической цепочке переработки монометалльной руды Хайдарканского месторождения (основной на комбинате) могут быть рассмотрены следующие сценарии:

1. Действующая технология - обжиг руды во вращающихся трубчатых печах:

а) Горный передел:

- изменение качества руды (среднее содержание ртути в руде; доля рядовых и штуфных руд);
- изменение объемов добычи руды;
- изменение соотношений в объемах добычи по рудникам (рудники 1 и 2);
- изменение горно-геологических условий добычи.

б) Металлургический передел:

- улучшение качества пыле- и газоочистки.

2. Новая технология - обогащение монометалльных руд и обжиг концентрата в печах кипящего слоя. Переход на комбинированную технологию создает возможности для эффективной переработки бедных руд с содержанием ртути порядка 0.06 %. Тем самым создается возможность перехода от селективного способа добычи руды (богатые, штуфные, рядовые руды) к системе сплошной добычи с массовым обрушением, что по различным оценкам [12, 13] обеспечивает 2-3-кратное снижение затрат на добычу. При этом значительно меньше возрастут затраты, связанные с введением дополнительного передела - обогащения руды.

Реализация этого варианта может быть осуществлена либо за счет использования резервов мощностей действующей обогатительной фабрики, либо за счет некоторого ее расширения.

3. Действующая технология - обогащение комплексных руд с выделением сурьмяно-ртутного и флюоритового концентратов и обжиг сурьмяно-ртутного концентрата в печи кипящего слоя:

а) Горный передел:

- изменение качества руды (содержание ртути, сурьмы, флюорита, кальцита);
- изменение объемов добычи;
- изменение горно-геологических условий разработки месторождения.

б) Обогащительный передел:

- изменение качества концентратов;
- изменение объемов обогащения за счет изменения объемов добычи;
- изменение объемов обогащения за счет изменения соотношения между объемами производства собственного и привозного сурьмяно-ртутного концентратов;
- доводка флюоритового концентрата до более высокого качества.

в) Металлургический передел:

- изменение качества концентратов (привозного и собственного);
- изменение объемов переработки концентратов;
- совершенствование системы пыле- и газоочистки.

4.1. Оценка влияния факторов на технико-экономические показатели переработки монометалльных руд Хайдарканского месторождения по действующей технологии

На основе имитационной модели оценивалось влияние изменения качества руд, объемов добычи, соотношение в объемах добычи по рудникам на комплекс технико-экономических показателей каждого передела и всей технологической цепочки. В их число входили: объем производства металлической ртути, извлечение ртути при обжиге руды, потери ртути с отходами производства и выбросами, затраты по переделам и по технологической цепочке в целом, оценка ущерба от загрязнения окружающей среды, условная прибыль по технологической цепочке.

Оценка влияния каждого из перечисленных факторов проводилась при закреплении других на среднем сложившемся в рассматриваемом периоде уровне. Сравнение различных вариантов проводилось по

отношению к так называемому базовому, в качестве которого принимался вариант, рассчитанный для средних условий производства.

Влияние качества руды (содержание ртути). За исследуемый период среднемесячное содержание ртути в монометалльных рудах Хайдарканского месторождения колебалось: по руднику 1 - от 0.09 до 0.12%; по руднику 2 - от 0.13 до 0.17%.

На металлургический передел поступала руда с содержанием ртути от 0.11 до 0.14% (среднее - 0.12%).

В имитационных исследованиях анализировались два варианта: 1) фактически имевший место в ретроспективном периоде и 2) гипотетический, преследовавший оценку влияния качества руд в более широком диапазоне изменения содержания ртути.

В первом случае сравнивались три реализовавшихся варианта: "базовый", "минимальный" и "максимальный". Изменение среднего содержания ртути в руде ведет к изменению объема выпуска ртути. Так, увеличение содержания ртути на 0.02% по сравнению с базовым вариантом (17%) дает рост объема производства ртути на 21%. Это происходит как за счет увеличения массы металла в руде, так и за счет роста извлечения ртути при обжиге. Снижение же содержания ртути на 0.01% приводит к снижению выпуска ртути на 12%.

Изменение качества сырья также резко сказывается на уровне удельных производственных затрат. Так, увеличение содержания относительно базового варианта на 0.02% дает снижение производственной себестоимости более чем на 20%. А ухудшение качества руды на 0.01% (в "минимальном" варианте) дает повышение производственной себестоимости более чем на 12%.

Исследование гипотетических вариантов проводилось для оценки характера изменения эффективности прямого обжига при резком ухудшении качества руды. В этом случае в имитационных расчетах фиксировались объемы добычи руды по рудникам на сложившихся уровнях и уровни удельных затрат на добычу руды. Результаты имитационных экспериментов свидетельствуют о резком ухудшении всех технико-экономических показателей технологии прямого обжига руды во вращающихся трубчатых печах, при снижении содержания ртути в руде ниже 0.09% (рис.10). При обжиге руд, содержание ртути в которых ниже 0.09%, производственные затраты превышают цену на готовый металл. Естественно, что в этом случае подобная технология теряет целесообразность и нужны новые технологические решения.

Учитывая очень высокую чувствительность экономики процесса прямого обжига к качеству сырья, для повышения его эффективности требуется поиск путей повышения содержания ртути в руде, поступающей на металлургический передел. При действующей технологии в условиях функционирования предприятия просматриваются два основных пути повышения качества руд: 1) совершенствование селективной добычи и 2) повышение удельного веса добычи рудника с более высокими показателями качества руды.

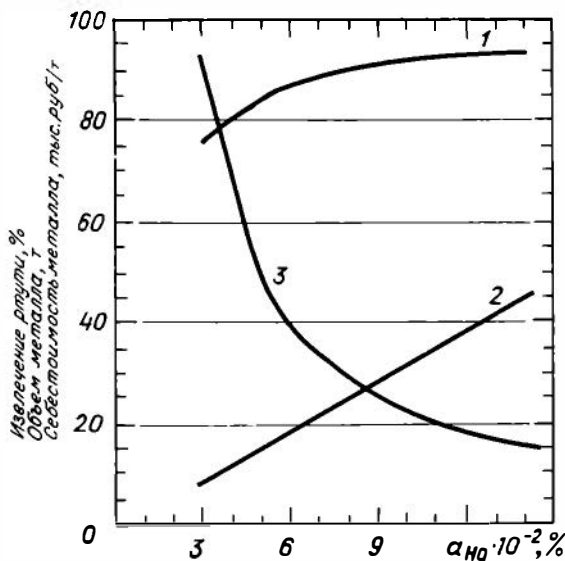


Рис. 10. Зависимость извлечения (1), объема производства (2) и себестоимости ртути (3) от качества руды

Основными мероприятиями, способствующими повышению качества поступающей на обжиг рудной массы, являются:

- применение дифференцированной по условиям залегания руды технологии разработки;
- введение предварительной рудоподготовки;
- совершенствование системы раздельной переработки промышленных сортов руд с соответствующими режимами дробления и обжига;
- совершенствование системы экономического стимулирования горных предприятий за качество руды.

Существующая в настоящее время на комбинате система планирования и стимулирования горных предприятий ориентирована в основном на валовый объем добычи руды. Она не создает достаточных стимулов для повышения качества руды. Необходима переориентация системы экономического стимулирования на конечные результаты всей технологической цепочки - выпуск металла и себестоимость его производства.

Влияние удельного веса (доли) рудников. На Хайдарканском месторождении монометалльных руд имеет место следующая ситуация. Рудник 1 имеет более низкое качество руды и в то же время более низкую себестоимость добычи. Поэтому уменьшение его доли в общей добыче способствует повышению среднего качества руд, но соответственно увеличивает средние затраты на добычу.

В перспективе можно ожидать значительное падение объемов производства на руднике 1 при примерно одинаковых изменениях содержания ртути. Это приведет в будущем к повышению доли рудника 2 и по мере его дальнейшего освоения - к сближению уровней удельных затрат на добычу руды. Учитывая то обстоятельство, что руды рудника 2 являются более богатыми, его интенсивная эксплуатация станет более эффективной.

Результаты имитационных расчетов по изучению влияния доли добычи руды на руднике 2 на основные показатели технологической цепочки приведены на рис. 11. Они свидетельствуют об улучшении всех технико-экономических показателей производства при увеличении доли этого рудника. Так, например, увеличение доли рудника 2 в добыче на 20% (от 40 до 60%) приводит к росту среднего содержания металла в руде, поступающей на обжиг от 0,11 до 0,12%, что ведет к росту выпуска ртути и снижению производственной себестоимости металла на 10%.

Влияние объема добычи руды. Результаты соответствующих имитационных расчетов приведены на рис. 12. Из графика видна линейная зависимость объема выпуска металла и гиперболическая зависимость удельных затрат от объемов добычи руды. В практически реализуемом по существующему проекту диапазоне производственной мощности рудников увеличение месячной добычи руды на 1000 т дает увеличение производства металла на 1,1% и снижение себестоимости 1 т металла на 470 руб.

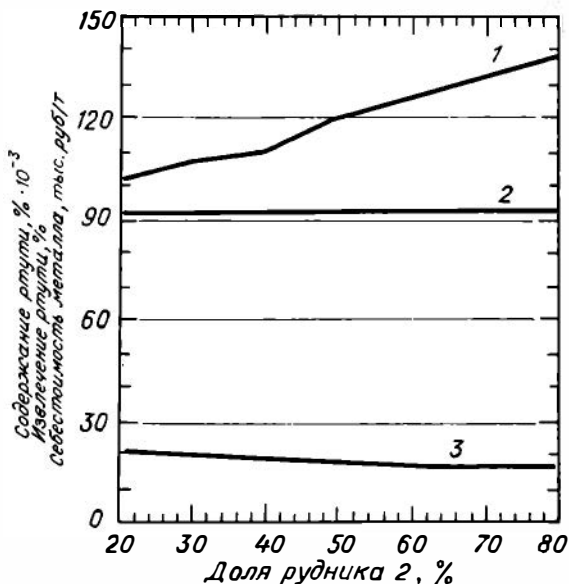


Рис. 11. Зависимость среднего содержания ртути в руде (1), извлечения металла (2) и производственной себестоимости металла (3) от доли рудника 2 в общем объеме добычи руды

Проведенное исследование отражает влияние каждого из независимых факторов на результативные показатели производства при условии фиксации (элиминирования влияния) остальных на постоянном уровне.

4.2. Оценка результативных показателей производства при переходе на новую технологическую схему переработки монометалльных руд

Основная цель введения комбинированной схемы заключается в создании возможности перехода от селективной выемки руды, обеспечивающей сравнительно высокое содержание ртути в руде (более 0.09%), к валовому способу добычи руды со сплошным обрушением, снижающему качество руды, но одновременно позволяющему резко удешевить добычу. Переход на такой способ выемки руд требует

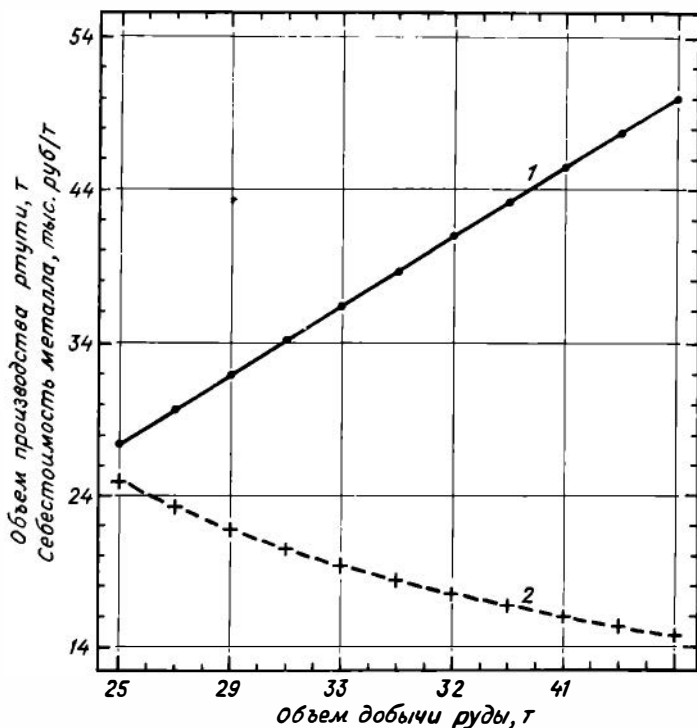


рис. 12. Зависимость объема производства ртути (1) и производственной себестоимости металла (2) от объема добычи руды, % к среднему

изменения технологии последующей переработки руд, так как традиционная технология прямого обжига руды в трубчатых печах не обеспечивает эффективной переработки бедных руд; резко снижается извлечение ртути и возрастают затраты. Включение в технологию предварительного обогащения руды и последующего обжига концентрата позволяет преодолеть указанные трудности.

Помимо этого, комбинированная схема более предпочтительна экологически, так как существенно снижаются выбросы ртутьсодержащих газов из-за снижения объемов перерабатываемого материала на металлургическом переделе.

При селективной выемке обеспечивается более высокое качество руды, а иногда и снижение себестоимости металла. Однако такая

отработка ограничивает масштабы производства, ведет к быстрому истощению запасов недр, увеличению потерь металла и сокращению срока существования рудника. Теряемые при этом запасы металлов в виде мелких гнезд и маломощных рудных прослоек могут достигать 30-40% всех запасов рудного поля.

Валовая выемка руды на таких месторождениях позволяет увеличить объем добычи руды вследствие расширения фронта работ, повысить их безопасность и снизить затраты на добычу.

Недостаток валовой выемки - снижение извлекаемой ценности добываемой ртутной массы.

Задачи сравнения раздельной и валовой выемки и переработки приходится решать в случаях, когда:

а) совместно с богатыми рудами в пределах одной залежи находятся бедные руды того же сорта, а также породные прослойки и включения; б) при разработке жильных месторождений приходится прихватывать забалансовые руды и пустые вмещающие породы; в) в пределах одной рудной залежи имеются включения и прослойки руд разных сортов; г) руды разных сортов одного и того же месторождения находятся в разных рудных залежах.

К основным факторам, определяющим целесообразность применения валовой или селективной разработки сложных руд, в частности ртутных месторождений, относят качество товарной руды, себестоимость и выпуск металла, а также полноту отработки промышленных запасов рудных месторождений.

Валовая выемка руды по сравнению с селективной имеет следующие преимущества:

- высокую производительность труда по добыче руды благодаря массовой скважинной отбойке;
- возможность увеличения добычи руды и выпуска металла вследствие повышения интенсивности горных работ;
- значительно (иногда в несколько раз) меньшие удельные затраты и время на разведку запасов и подготовку блоков;
- меньшие потери руды и большие извлекаемые запасы металла;
- большую безопасность работ.

Недостатки валовой выемки - увеличение объема внутриконтурных работ и примешивание прослоек пустых разубоживающих пород с отбитой рудой, в результате чего снижается извлекаемая ценность добываемой рудной массы (товарной руды).

Обеспечение постоянного роста добычи полезных ископаемых при сокращении запасов богатых руд в настоящее время невозможно без вовлечения в эксплуатацию забалансовых руд при установлении оптимального объема их добычи - важный резерв повышения эффективности капиталовложений и использования недр.

Из литературных источников, посвященных исследованию процессов добычи и переработки ртутных руд [12], следует, что себестоимость 1 тонны руды при селективном способе выемки (ввиду большого удельного расхода проходческих выработок) превышает себестоимость добычи валовым методом в 1.62 - 3.97 раза.

Исходя из указанных содержательных предпосылок выполнены расчеты по имитационной модели с включением перспективной технологической цепочки.

Области изменения основных независимых переменных модели приняты следующие:

- среднее содержание ртути в руде в интервале 0.03 - 0.14 %;
- коэффициент удешевления затрат на добычу руды в связи с изменением системы разработки 1.5, 2.0, 3.0;
- затраты на обогащение руды и обжиг концентрата монометалльной руды принимались на уровне сложившихся при переработке комплексных руд;
- зависимости извлечения ртути при обогащении руды и обжиге концентрата моделировались исходя из экспериментальных данных.

Результаты имитационных расчетов с использованием новой комбинированной технологии переработки представлены в табл. 12.

Перейдем к сопоставлению результатов действующей и перспективной технологий по основным технико-экономическим показателям.

Сквозное извлечение металла. Зависимости извлечения ртути для сравниваемых технологических схем приведены на рис. 13.

Как видно из рисунка, для бедных руд (a_{Hg} до 0.07 %) комбинированная схема дает выигрыш в сквозном извлечении металла. Что касается руд с более высоким содержанием ртути, то заложенная в модели зависимость для извлечения является весьма заниженной. Это обусловлено, во-первых, стремлением повысить надежность оценки эффективности комбинированной технологии, во-вторых, экстраполяцией зависимости в область изменения переменных, не вошедших в экспериментальную выборку ($a_{Hg} > 0.1$ %).

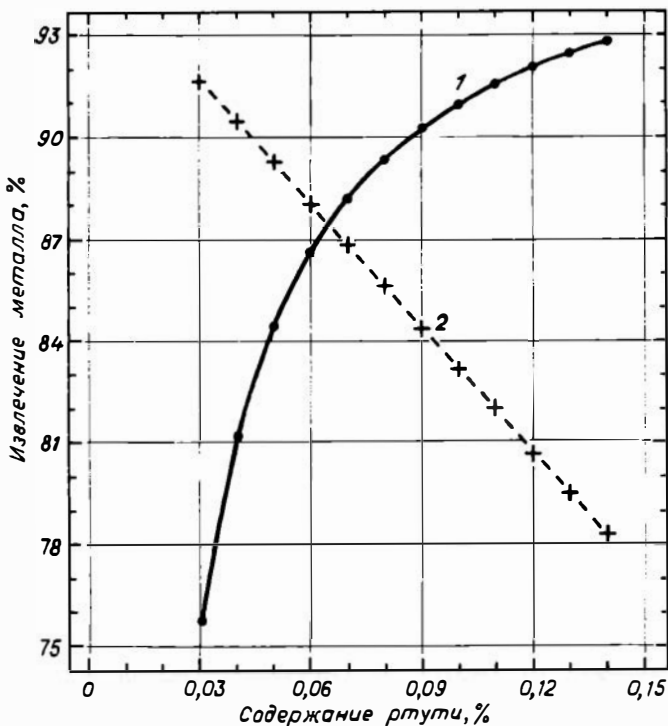


Рис. 13. Зависимость сквозного извлечения металла от содержания ртути в монометалльной руде для схемы прямого обжига (1) и комбинированной схемы (2)

В этом диапазоне, вероятно, падение извлечения не будет столь резким, и его значение не будет ниже 84 %.

Косвенным подтверждением этих рассуждений могут служить данные по Никитовскому комбинату. При переработке очень бедных руд с содержанием металла 0.037-0.052 % без обогащения в печи кипящего слоя сквозное извлечение колеблется от 82 до 86 %. Данные, заложенные в проект СредазНИИпроцветмета, при среднем содержании ртути в руде 0.13 %, предполагают сквозное извлечение для комбинированной схемы 93.3 %.

**Результаты имитационных расчетов при использовании новой
комбинированной технологии переработки комплексных руд**

N п/п	Среднее содержание ртути в руде, %	Сквозное извлечение руды, %	Ожидаемые производственные затраты на получение 1 т ртути при различных коэффициентах снижения затрат на добычу, руб/т		
			1.5	2.0	3.0
1	0.03	91.67	58429	49518	40608
2	0.04	90.46	44425	37651	30877
3	0.05	89.24	36018	30527	25036
4	0.06	88.03	30431	25792	21153
5	0.07	86.82	26453	22421	18389
6	0.08	85.61	23480	19902	16323
7	0.09	84.39	21171	17945	14718
8	0.10	83.18	19333	16387	13441
9	0.11	81.97	17833	15116	12399
10	0.12	80.76	16597	14068	11539
11	0.13	79.54	15554	13184	10814
12	0.14	78.33	14664	12430	10196

Таким образом, видно, что в приводимых расчетах содержится значительный резерв роста сравнительной эффективности комбинированной схемы.

Потери ртути с выбросами существенно снижаются для комбинированной схемы. Для руд с содержанием ртути менее 0.06% в 5-7 раз, а для более богатых руд - в 3-5 раз. Резко различаются сравниваемые технологии по экологически наиболее вредным выбросам - технологическим газам. При комбинированной технологии объем этих выбросов снижается в десятки раз, что объясняется снижением нагрузки на металлургический передел в 50-70 раз.

Объем производства металла. Для бедных руд ($a_{Hg} \leq 0.06\%$) комбинированная схема обеспечивает более высокие объемы производства ртути. Для руд с более высоким содержанием ртути комбинированная схема при одинаковых объемах добычи дает более низкий выход готовой продукции. Однако это падение может быть перекрыто увеличением объемов добычи руды.

Удельные производственные затраты. Зависимости удельных производственных затрат от качества руды и коэффициентов

удешевления затрат на добычу для сравнимых технологических схем приведены на рис. 14 .

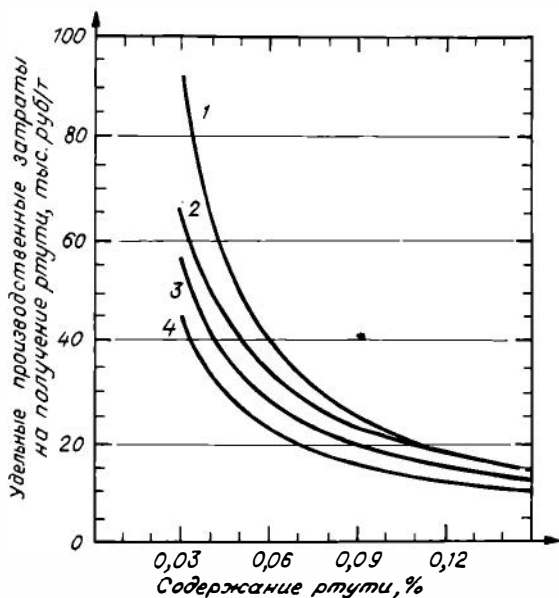


Рис. 14.Изменение удельных затрат на получение 1 т металлической ртути в зависимости от содержания ее в руде для схемы прямого обжига (1) и комбинированной технологии(2-4) с различными коэффициентами удешевления работ по добыче руды

Как видно из графика, при всех пессимистических допущениях (занижение сквозного извлечения и завышение затрат на обогащение) комбинированная схема по текущим производственным затратам эффективнее традиционной. Ее эффективность растет при переходе к переработке более бедных руд. Так, при коэффициенте удешевления горных работ $k=2$ экономия на каждой тонне ртути составит для руд с содержанием ртути: 0.05% - 15.3 тыс. руб.; 0.08% - 6.9 тыс. руб.; 0.11% - 3.8 тыс. руб.

Годовой экономический эффект на производственных затратах от применения комбинированной технологии может составить порядка 1.3 - 2.7 млн руб.

Следует отметить, что комбинированная технология остается эффективной и при самом низком коэффициенте удешевления горных

работ - 1.5. Дополнительный резерв повышения эффективности комбинированной технологии - некоторое повышение производительности рудников.

Дополнительные капитальные вложения. Промышленное освоение комбинированной схемы переработки мономентальных руд практически может быть осуществлено без существенных капитальных затрат. Так, обогатительная фабрика имеет определенный резерв мощностей, а производительность имеющейся печи кипящего слоя позволит переработать дополнительный объем концентрата монометаллической руды. Кроме того, следует учесть вариант приостановки технологической цепочки переработки комплексных руд из-за недоразведанности сырьевой базы и ее экономической неэффективности.

В случае ориентации на полную переработку монометаллических руд по комбинированной технологии потребуется дополнительный ввод обогатительных мощностей, капитальные вложения в которые могут составить в ценах 1990 г. порядка 9 млн руб. Приведенные затраты по сравниваемым технологиям при нормативном коэффициенте эффективности капитальных вложений равном 0.11, коэффициенте удешевления горных работ - 2 составят для схемы прямого обжига 8.5, а для комбинированной схемы - 7.2 млн рублей. То есть годовая экономия приведенных затрат по рассматриваемой технологической цепочке составит 1.3 млн рублей.

4.3. Оценка влияния факторов на результативные показатели производства при переработке комплексных руд

На основе имитационной модели оценивалось влияние изменения качества руды, объемов добычи руды, качества и доли привозного (Анзобского) концентрата на основные технико-экономические показатели отдельных переделов и всей технологической цепочки. К их числу относятся: качество концентрата; извлечение ртути и флюорита при обогащении; извлечение ртути при обжиге сурьмяно-ртутного концентрата; сквозное извлечение ртути; потери ртути с отходами производства и выбросами; объемы производства флюоритового концентрата и ртути; производственные затраты по отдельным переделам и технологическим цепочкам в целом.

Расчеты велись по трем вариантам: "базовому" (среднему, сложившемуся за исследуемый период) и двум крайним ("минимальному"

и "максимальному") в сложившемся диапазоне вариации факторов.

Влияние качества руды. Исследовалось влияние двух характеристик качества: содержание ртути и кальцита в руде. Величина первой характеристики изменялась в диапазоне 0.01 - 0.096 %. Геологическая оценка комплексной руды рудника 3 позволяет прогнозировать изменение среднего содержания ртути в руде от 0.04 в 1990 г. до 0.055 % в 2005 г., то есть прогнозируемое изменение находится в интервале фактических значений.

Выполненные расчеты свидетельствуют, что изменение содержания ртути в руде оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели переделов. В частности с ростом содержания ртути в руде несколько возрастает сквозное извлечение ртути и объем производства металла увеличивается почти вдвое. Это обстоятельство ведет к резкому снижению удельных производственных затрат, так как суммарные производственные затраты по переделу практически не зависят от качества руды.

Что касается изменения содержания кальцита в руде, то оно существенного влияния на технико-экономические показатели не оказывает. Однако выявляется тенденция снижения сквозного извлечения ртути и соответственно объема готового металла с ростом содержания кальцита в руде.

Влияние качества и объемов привозного концентрата. Исследовалось влияние содержания ртути в Анзобском концентрате на технико-экономические показатели передела. Улучшение качества этого концентрата существенно повышает все основные технико-экономические показатели: возрастает извлечение ртути; примерно в 1.5 раза снижается объем выбросов ртутьсодержащих газов в атмосферу, резко возрастает объем производства ртути (в 2.2 раза).

Естественно, что при сравнительно стабильном уровне затрат по технологической цепочке существенно снижаются удельные затраты на производство ртути.

Разработка специального механизма экономического стимулирования может заинтересовать Анзобский ГОК в повышении качества поставляемого концентрата (обеспечение стабильного и более высокого содержания ртути).

Изменение объема переработки руды. Оценивалось влияние объемов добычи и переработки собственной руды при фиксированном ее качестве ($a_{Hg} = 0.028 \%$), а также сложившихся средних объемах и

качестве ($a_{\text{Hg}} = 0.52 \%$) поставляемого на Хайдарканский ртутный комбинат сурьмяно-ртутного Анзобского концентрата. Данные для расчетов свидетельствуют о том, что увеличение объемов производства ведет к улучшению технико-экономических показателей: растут объемы выпуска ртути и флюоритового концентрата, снижается себестоимость добычи, обогащения и обжига. Однако эти изменения не обеспечивают достижения рентабельности технологической (при действовавших в 1990 г. ценах) цепочки, хотя убытки в некоторой степени снижаются.

Имитационные расчеты по различным вариантам функционирования технологической цепочки (изменения объемов добычи и качества руды, изменение объемов поставок и качества привозного концентрата и др.) свидетельствуют, что при существовавшем уровне цен на продукцию данная цепочка является убыточной даже на уровне чистых производственных затрат, не учитывающих дополнительные общезаводские расходы. Реальным путем снижения убытков может быть стабилизация уровня качества (сортности) флюоритового концентрата. Разрыв в ценах на различные сорта флюоритового продукта довольно велик (от 150 до 500 рублей за тонну).

4.4. Экономическая оценка общих результатов деятельности комбината

Помимо приведенных ранее результатов имитационных расчетов по технологическим цепочкам, перерабатывающим руды Хайдарканского месторождения, проведены расчеты по цепочкам добычи и переработки руд месторождений Чаува и Чонкоя. Содержательные выводы, полученные при оценке влияния факторов на технико-экономические показатели производства, аналогичны результатам, полученным для переработки монометаллических руд Хайдарканского месторождения.

При анализе технико-экономических показателей на уровне комбината оценивались следующие характеристики:

- объем производства металлической ртути и флюоритового концентрата в натуральном и стоимостном выражении;
- потери ртути в натуральном и стоимостном выражении;
- производственные отходы и выбросы;
- суммарные производственные затраты (без учета заводских и транспортных расходов);
- эколого-экономическая оценка ущерба;
- условная прибыль (убытки).

И м и т а ц и о н н ы е р а с ч е т ы проводились для "базового" варианта (средних условий, сложившихся в исследуемом ретроспективном периоде), прогнозных оценок специалистов комбината по изменению сырьевой базы на перспективу, а также вариантов, предусматривающих возможные изменения технологий производства. Результаты сравнения "базового" варианта с перспективными изменениями в сырьевой базе представлены в табл. 13. Все расчеты приведены в условиях действовавших на момент анализа цен, тарифов и других финансовых показателей. Для учета изменений финансовой обстановки потребуется определенная корректировка параметров модели при сохранении ее структуры и основных технологических зависимостей и балансовых соотношений.

Основные изменения условий производства, прогнозируемые специалистами комбината, сводятся к следующему:

1. Некоторое снижение добычи (на 29 %) на Хайдарканском месторождении монометалльных руд (рудники 1 и 2) при практически постоянном качестве руды на отдельных рудниках. Однако общее снижение добычи руды в определенной степени компенсируется увеличением доли более богатой руды рудника 2 (с 46 до 52 %). В целом по этому месторождению можно прогнозировать небольшое увеличение удельных затрат за счет снижения объемов производства.

2. Освоение производственной мощности рудника 3 по добыче комплексных руд и связанное с этим увеличение добычи в 1.6 раза. Помимо этого, прогнозируется также увеличение содержания ртути в этих рудах в перспективе в 2 раза. В связи с этим ожидается рост производительности ртути из комплексных руд в 3, а флюорита - в 2 раза. Естественно, что в этих условиях резко повышается экономическая эффективность переработки комплексных руд. Так, в предполагаемых условиях последнего периода соответствующая технологическая цепочка из убыточной становится прибыльной.

Сравнение перспективных вариантов с базовым

Условия и показатели производства (к базовому варианту, %)	Базовый вариант 1985-1990	Перспективные варианты по периодам		
		1	2	3
1. Условия производства				
1.1. Рудник 1: объем добычи	100	80.2	71.3	66.8
- содержание ртути в руде	0.09	0.1	0.095	0.09
1.2. Рудник 2:				
- объем добычи	100	86.7	82.9	75.8
- содержание ртути в руде	0.15	0.156	0.145	0.14
1.3. Рудник 3:				
- объем добычи	100	127.2	143.4	161.3
- содержание ртути в руде	0.028	0.04	0.05	0.055
1.4. Рудник Чаувай:				
- объем добычи	100	100.4	100.4	100.4
- содержание ртути в руде	0.093	0.1	0.1	0.1
1.5. Рудник Улуу-Тоо:				
- объем добычи	100	132.1	142.6	150.2
- содержание ртути в руде	0.087	0.125	0.13	0.14
1.6. Привозной концентрат:				
- объем добычи	100	100	100	100
- содержание ртути в руде	0.52	0.52	0.52	0.52
2. Показатели				
2.1. Выпуск ртути	100	111.4	109.8	110.5
2.2. Выпуск флюорита	100	161.8	179.3	200.3
2.3. Товарная продукция	100	113.5	112.7	114.2
2.4. Потери ртути с отходами	100	95.2	91.21	88.6
2.5. Объем отходящих газов:				
- млн м ³	609.6	596.4	586.4	577.2
- количество ртути	100	100	100	100
2.6. Суммарные производственные затраты	100	99	102.7	103.7
2.7. Экологический ущерб от выбросов ртути в атмосферу (тыс. руб)	174*	172.8	171.6	170.4
	486	476.4	469.2	427.6
2.8. Условная прибыль	<u>100</u>	<u>318.6</u>	<u>286.7</u>	<u>295.6</u>
	100	462	411.2	427.6

*Приведены показатели при различных коэффициентах рассеяния ртути в атмосфере.

3. Увеличение добычи монометаллической руды на руднике Улуу-Тоо в 1.5 раза с одновременным улучшением ее качества в 1.6 раза приводит к резкому снижению удельных затрат и повышению прибыльности производства.

Сочетание рассматриваемых тенденций в развитии сырьевой базы монометаллических и комплексных руд Хайдарканского месторождения и монометаллических руд месторождения Чонкой приводит к ожидаемому росту условной прибыли комбината примерно в 3 раза. Прогноз, естественно, относится к сложившемуся к 1990 г. уровню цен на продукцию комбината и элементов затрат (энергия, транспорт, отчисления на ГРП и др.).

Обращает на себя внимание излишне оптимистический вариант развития, прогнозируемый на перспективу, где предполагается реализовать все возможности сырьевой базы в первом периоде со стабилизацией объемов производства и эффективности в последующих.

Более реалистичным представляется прогноз, связанный не только с освоением проектных мощностей новых рудников (3, Улуу-Тоо и др.), но и с использованием *новых* технологических решений по добыче и переработке руд. Имитационные расчеты по влиянию различных вариантов изменения технологии на конечные результаты работы приведены в табл. 14.

Таблица 14

Сравнение вариантов технологических решений

Показатели производства (к базовому,%)	Базовый вариант	Варианты технологических решений			
		1	2	3	4
1. Выпуск ртути	100	90.2	103.7	81.7	84.5
2. Товарная продукция	100	86.6	107.6	78.5	81.1
3. Объем отходящих газов					
-млн м ³	609.6	594.0	606.0	218.4	232.8
- %	100	103.9	103.9	40.8	38.5
4. Суммарные производственные затраты	100	75.8	99.9	61.95	62.8
5. Экологический ущерб, тыс. руб	174	105.6	168	38.4	38.4
6. Условная прибыль	100	277.5	372.9	372.9	407.2
	100	382.4	582	582	638.1

В качестве основных вариантов рассматривались:

1. Временное исключение из производственного процесса технологической цепочки переработки комплексных руд.

2. Повышение качества привозного сурьмяно-ртутного концентрата и доработка флюоритового продукта до более высокой сортности.

3. Временное исключение из производственного процесса технологической цепочки переработки комплексных руд и обогащение всей монометалльной руды Хайдарканского месторождения с последующим обжигом концентрата в печи кипящего слоя.

4. Временное исключение из производственного процесса технологической цепочки переработки комплексных руд, обогащение рядовых и бедных руд Хайдарканского месторождения с последующим обжигом концентрата, прямой обжиг богатых и штучных руд Хайдарканского месторождения в трубчатых печах.

Расчеты по указанным вариантам приведены в условиях сложившихся к настоящему времени объемов добычи и качеству сырьевой базы (т. е. в условиях "базового" варианта). В связи с этим расчеты, приведенные в табл. 14, отражают "чистое" влияние технологических изменений в производственном процессе при элиминировании влияния сырьевой базы. Реально возможно различное сочетание изменений сырьевой базы и технологических схем. Их оценка может быть легко получена на основе имитационной модели.

Как следует из табл. 14, все рассмотренные технологические варианты обеспечивают большую экономическую эффективность по сравнению с существующей ("базовой") технологией.

Так, снижается себестоимость ртути и затраты на рубль товарной продукции, резко возрастает условная прибыль. Например, в случае переработки рядовой и бедной руды по комбинированной технологии, а богатой и штучной - методом прямого обжига в трубчатых печах и отказе от переработки комплексных руд (вариант 4), условная прибыль возрастает более чем в 4 раза. Кроме того, резко улучшается экологическая обстановка: объем ртутьсодержащих газов снижается в 2,6, а экологический ущерб от выбросов ртути в атмосферу - в 4,5 раза. К некоторым отрицательным моментам вариантов 1, 3, 4 относится уменьшение объемов выпуска металла из руд Хайдарканского месторождения, которое легко компенсируется освоением мощностей рудников Улуу-Тоо, а также возможностью некоторого увеличения

объема добычи на рудниках Хайдарканского месторождения при использовании системы разработки с валовым обрушением.

Что касается варианта 2, то он фактически сохраняет существующую на комбинате технологию, предусматривая лишь стабилизацию качества привозного сурьмяно-ртутного концентрата и доработку флюоритового продукта, в то же время обеспечивает значительное повышение эффективности производства, условная прибыль возрастает в 2.4 раза.

4.5. Дополнительные возможности повышения эффективности работы комбината

В данном разделе рассмотрены некоторые мероприятия, позволяющие улучшить экономические показатели деятельности комбината, не зависящие от развития сырьевой базы и основных технологических процессов. Видятся две основные группы таких мероприятий:

- более глубокая переработка ртути с созданием ртутьсодержащих продуктов;
- переработка отходов основного производства с выпуском преимущественно строительных материалов.

Что касается более глубокой переработки металла, например, в диодид ртути, являющийся основой производства детекторов радиоактивного излучения, то технология находится лишь в стадии научно-исследовательской проработки и по ней нет технико-экономических данных и проектных разработок. Однако можно предположить, что это производство будет достаточно эффективным в связи с резким ростом стоимости конечной продукции при сохранении затрат на основные переделы получения ртути на прежнем уровне (добыча и обжиг руды). О том, что такое направление является экономически оправданным, свидетельствует опыт Никитовского ртутного комбината, где более 60 % товарной продукции составляют новые продукты, получаемые на основе переработки металлической ртути. Такая структура позволяет поддерживать эффективность функционирования предприятия при низком качестве сырьевой базы (содержание ртути в руде составляет около 0.04 %, т. е. практически в 3 раза ниже, чем на основных объектах Хайдарканского ртутного комбината).

Металл извлекается путем возгонки при обжиге сырьевых смесей на цементный клинкер с последующим улавливанием возгонов в аппарате пенного режима.

Производство цемента осуществляется по энергосберегающей технологии в интервале температур 1100-1200°C и в присутствии хлорсодержащего минерализатора для интенсификации формирования основных минералов алинитового клинкера. Переработка ртутных отходов проводилась в лабораториях и полупромышленных условиях. Лабораторными исследованиями показана возможность использования всех видов ртутных отходов для производства алинитового цемента. Достигнута высокая степень отгонки ценных компонентов: Hg > 99 %, Sb - 76-85 %, Se - 99 %.

Алинитовый цемент, полученный из ртутных отходов, подвергался физико-механическим испытаниям, по результатам которых его можно характеризовать как общестроительный алинитовый цемент марки 400.

Изучена возможность использования цемента для изготовления строительных бетонов. На основе исследований установлено, что цемент можно использовать для изготовления бетона марки 300.

Предварительный технико-экономический расчет показал перспективность строительства цементного завода, работающего на отходах ртутного производства и местных сырьевых материалах.

Исходные условия оценки эффективности строительства цементного завода по выпуску цемента сухим способом следующие:

- строительство цементного завода с печами 4x60 м производительностью 42.3 т/ч и годовой производственной мощностью 628 тыс. тонн. Суммарные капитальные вложения составляют 18 - 25 млн руб , в том числе 20 - 25 % этой суммы идет на строительство карьера;

- продукция предприятия - алинитовый цемент марки 400 с попутным извлечением из сырьевой смеси ртути, сурьмы и селена. Годовой объем попутной продукции цементного производства ртути 10 т, селена 1.7 т.

При цене цемента в республике 28 руб/т стоимость товарной продукции составит 16.1 млн руб, в том числе: цемента - 15.7; ртути - 0.24 ; сурьмы - 0.18 ; селена - 0.01 (в ценах 1990 г.).

Себестоимость, удельные капитальные вложения и приведенные затраты производства 1 т цемента устанавливались по аналогам с себестоимостью производства Катав-Ивановского цементного завода (табл. 15).

Твердые отходы ртутного производства - огарки, пески циклонов и пылевых камер, пыли коллекторов, хвосты обогатительных фабрик - складироваться в специальные отвалы и хвостохранилища. Использование этих отвалов в качестве сырья для получения строительных материалов повышает рентабельность действующих предприятий, решает вопрос утилизации твердых отходов, очистки сточных вод, токсичности, гигиены и охраны труда, экономики и рекультивации земель.

Без дополнительной термообработки твердые отходы могут использоваться в натуральном виде в качестве заполнителя в тяжелых бетонах, как песчано-щебеночные смеси, балластный слой автодорог, закладочный материал для выработанного пространства шахт, в качестве добавки - микрозаменителя при изготовлении бетонов и растворов на портландцементе (после их помола), а также для изготовления алинитового цемента.

В огарках, прошедших дополнительный обжиг, имеется свободный оксид кальция и кремнезема, в связи с чем они могут быть использованы в качестве известняково-кремнистого сырья при производстве силикатного кирпича и других силикатных изделий.

Кроме того, данное сырье используется для изготовления жидкостекольных формовочных и стержневых смесей. Введение в формовочную смесь обычного состава огарков, песков и пылей от обжига ртутных руд листовенитового типа значительно увеличивает сухую прочность стержней. При этом резко сокращается количество жидкого стекла в смеси, и тем самым дополнительно улучшается выбиваемость из отливок при сохранении на низком уровне осыпаемости стержней.

В меньшей мере данные отходы можно использовать в качестве заполнителя бетонов, балластного слоя автодорог и как закладочный материал.

Институтами СредазНИИпроцветмет и ТашНИИстройпроект изучена возможность применения отходов ртутного производства в цементной промышленности.

Разработанная технология позволяет:

- комплексно перерабатывать отходы ртутного производства с высокой степенью извлечения металлов и высокими строительными свойствами полученных цементов (алинитовый цемент);
- создать безотходное производство;
- улучшить экологические условия ртутного производства;
- расширить сырьевую базу цементной промышленности.

**Статьи затрат и некоторые показатели эффективности
производства цемента**

Статьи расходов, показатели эффективности производства	Катав-Ивановский цементный завод, руб/т	Принятый к стро- ительству на Хайдаркане,руб /т
Сырье, основные и вспомо- гательные материалы	3.18	6.58
Топливо	1.65	1.24
Электроэнергия	1.4	1.4
Зарплата с начислениями	0.29	0.29
Подготовка и освоение производства	0.08	0.08
Содержание и эксплуатация оборудования	4.9	4.77
Расходы (общие)	1.44	0.71
Итого	13.24	15.07
Удельные капвложения	31	40
Приведенные затраты	17.89	21.07
Цена 1 т цемента	25	25

Таким образом, даже при самых неблагоприятных условиях, принятых для нового завода, производство цемента из отходов основного производства будет прибыльным.

Кроме того, следует учесть дополнительную народнохозяйственную эффективность такого производства в условиях республики, где имеется большой дефицит строительных материалов и существенная нехватка рабочих мест. Параллельно достигается улучшение экологической обстановки в районе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход к рыночным отношениям резко усиливает роль систем управления промышленными предприятиями, обеспечивающих эффективность их функционирования. В то же время появляются новые требования к этим системам, более жесткие, чем в условиях централизованной плановой экономики. В общем эти требования сводятся к более гибкому реагированию на изменение внешних условий производственно-хозяйственной деятельности, большему вниманию к внутризаводскому хозяйству и финансовым аспектам производства.

В условиях переходного периода система анализа, прогнозирования и управления должна позволять оперативно оценивать конечные экономические результаты принимаемых решений, проводить ситуационный анализ, оценку экономической динамики и перспектив, открывающихся перед предприятием в случае реализации изменений в снабжении, регулировании и организации производства, а также внешних условий деятельности предприятия (конъюнктура рынка, цены, налоговая система и т. п.).

Следовательно, проблема заключается в переориентации централизованной жесткой системы управления предприятием к гибким, адаптивным механизмам, позволяющим в условиях рыночной экономики учитывать неопределенность каких-то ситуаций при принятии управленческих решений и их корректировку с изменением условий функционирования предприятий и др..

Переход от централизованного планирования и управления к рыночным отношениям особенно сложен для предприятий, ориентированных на добычу и переработку сырьевых ресурсов (в частности, предприятия цветной металлургии). Для них необходимо учитывать тесную связь с сырьевой базой, наличие последовательных взаимосвязанных технологических переделов, существенное влияние на результаты производственного процесса стохастических факторов, большие масштабы и капиталоемкость этих производств, значительную цену ошибки управления и др. Указанные факторы предопределяют необходимость выделения таких предприятий в особый объект исследования и моделирования.

Выполненная работа является попыткой реализовать эти требования применительно к крупному горно-металлургическому

предприятию по производству ртути. Разработанный диалоговый имитационно-статистический модельный комплекс, объединяющий в себе экономическую модель технологической системы с геологической моделью развития сырьевой базы, может рассматриваться как базисный вариант информационной системы поддержки управленческих решений на предприятии непрерывного производства.

Модели в этих системах используются не только для получения решений, которые были бы полностью готовы к использованию, но и для определения и формирования самой задачи управления. Например, разработка стратегии развития предприятия требует учета многих факторов, связанных как с деятельностью самой фирмы, так и ее взаимодействием с окружающей средой. Причем большинство из этих факторов с трудом поддается формализации. Принятие решений в этих ситуациях требует привлечения широкого спектра методов для построения адекватного решающего правила.

В частности в настоящей работе широко использован спектр методов анализа данных (многомерная статистика, кластер-анализ, анализ временных рядов и др.) в совокупности с математическими методами имитационного моделирования на ПЭВМ.

Развитие системы информационной поддержки управленческих решений, описанной в работе, может идти по следующим основным направлениям. Во-первых, это расширение спектра решаемых задач (стратегические решения на предприятии, выбор наиболее эффективных направлений технической политики и инвестирования, изменение структуры производства и др.). Во-вторых, методическое обобщение и типизация способов решения задач для широкого круга предприятий непрерывного производства (черная и цветная металлургия, химическая промышленность, микробиология и др.). И, наконец, в-третьих, совершенствование самих информационных систем (модельного и математического аппарата, программной реализации).

Общая проблема выбора эффективной стратегии развития предприятия в условиях переходного периода включает целый комплекс типичных производственно-экономических задач, методика решения части которых получила отражение в настоящей работе. Другая же часть требует дополнительных разработок. В частности это относится к таким задачам, как анализ и оценка результатов финансово-экономической деятельности предприятия (комплексная оценка и прогнозирование финансового состояния предприятия по набору критериев, возможности

развития внешнеэкономической деятельности и др.), оценка стабильности и устойчивости работы предприятия, анализ и обоснование решений по обеспечению нормального хода производства (рациональная загрузка производственных мощностей, эффективность использования материальных и трудовых ресурсов), совершенствование нормативной базы и внутрипроизводственного хозрасчета и т.п.

Сущность проблемы расширения возможного круга объектов приложения разработанной методики сводится к максимальной степени типизации отдельных блоков модельного комплекса, а также повышению разнообразия используемого набора критериев и параметров.

Основная проблема совершенствования информационных систем поддержки управленческих решений заключается в разработке методологии и методики принятия решений в таких ситуациях, например, как принятие долгосрочных стратегических решений в условиях рынка. По-видимому, эти потребности могут быть удовлетворены с развитием и использованием экспертных систем. Эти системы предназначены для представления и применения знаний предметных областей и экспертиз для решения проблем. Они сочетают факты, предпосылки, гипотезы в компьютерных программах для поиска "достаточно хороших" ответов при имеющихся ресурсах. В практике управления предприятием типична ситуация, когда необходимо решать как структурированные, так и неструктурированные задачи. Отсюда следует преимущественная ориентация информационных систем на смешанный тип (вычислительные и системы принятия решений) и диалоговые человеко-машинные процедуры, как способ их реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Боброва Л.И., Кондрашова О.В., Федорчук И.В.** Экономика геолого-разведочных работ на ртуть, сурьму и висмут.- М.: Недра, 1990.- 156 с.
2. **Казанцева Ю.Н.** Состояние и перспективы развития капиталистического рынка ртути // БИКИ, 1986.- N 38.
3. **Austral Miner Industry.** Annual Revue.- Canberra, 1988.
4. **Quecksilber-Weltmarkt,** Bergwirtschaft, Bergbau I.Markt und Produzenten. Peters Winfried// Erstmetall.- 1982.- 35.- N 6.- P. 326-332.
5. **Strappa O.** Il mercurio-1986// Il industria mineraria, N 81.- P. 15-21.
6. **Minerals Year-book** 1971-1985 (annual) US Bureau of Mines, Washington.
7. **Розии Б.Б., Соколов В.М., Ягольницер М.А.** Статистические модели в экономическом анализе, планировании и управлении непрерывными производствами.- Новосибирск: Наука, 1991.- 254 с.
8. **Нейлор Т. и др.** Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем.- М.: Мир, 1975.- 500 с.
9. **Имитационные системы** принятия экономических решений.- М.: Наука, 1989.- 164 с.
10. **Розии Б.Б., Ягольницер М.А.** Конструирование экономико-статистических моделей с заданными свойствами.- Новосибирск: Наука, 1981.- 175 с.
11. **Временная отраслевая** методика оценки экономической эффективности перехода на малоотходную технологию действующих, реконструируемых и проектируемых производств.- М.: Минцветмет, 1987.- 74 с.
12. **Жуков Н.А.** Интенсификация экономики ртутных предприятий.- Фрунзе: Илим, 1989.- 270 с.
13. **Шестаков В.А.** Рациональное использование недр.- М. : Недра, 1990.- 223 с.

-

ПРИЛОЖЕНИЕ

Данные опробования рудного тела 6052

Б Л О К Р1-116 Г О Р И З О Н Т 6				
Номер точки	Проба (скв.)	м	a_{Hg}	Ma_{Hg}
1	48916	2.00	0.250	0.500
2	48917	2.00	0.070	0.140
3	48918	2.00	0.213	0.426
4	48919	2.00	0.155	0.310
5	48920	2.00	0.081	0.162
6	48921	2.00	0.088	0.176
7	48922	2.00	0.108	0.216
8	48923	2.00	0.103	0.206
9	48924	2.00	0.078	0.156
10	48925	2.00	0.010	0.020
11	15522-18	1.00	0.100	0.100
11	15522-15	2.50	0.000	0.000
12	15552-19	1.00	0.080	0.080
12	15552-20	1.00	1.120	1.120
12	15552-21	2.00	0.000	0.000
12	15552-23	1.00	0.100	0.100
13	34649	2.00	1.266	2.532
14	34631	2.00	0.083	0.166
15	19738-0	1.00	0.100	0.100
15	19738-1	2.00	0.180	0.360
16	19734-15	13.00	0.000	0.000
17	19735-28	1.00	0.080	0.080
17	19744-4	1.00	0.080	0.080
17	19744-5	2.00	0.000	0.000
18	19744-7	1.00	0.220	0.220
19	19743-5	1.00	0.180	0.180
20	19741-9	1.00	0.280	0.280

Данные опробования рудного тела 1322

Б Л О К С2-4 Г О Р И З О Н Т 3				
Номер точки	Проба (скв.)	м	a_{Hg}	M^a_{Hg}
1	8166	2.00	0.140	0.280
2	8167	2.00	0.015	0.030
3	8168	2.00	0.123	0.246
4	8169	2.00	0.160	0.320
5	13583	2.00	0.030	0.060
6	13584	2.00	0.087	0.174
7	13585	2.00	0.020	0.040
8	13587	4.00	0.074	0.296
9	13592	2.00	0.175	0.350
10	13593	2.00	0.039	0.078
11	13594	2.00	0.037	0.074
12	13595	2.00	0.039	0.078
13	13596	2.00	0.048	0.096
14	13597	2.00	0.256	0.512
15	13598	2.00	0.143	0.286
16	13600	4.00	0.022	0.088
17	13603	2.00	0.041	0.082
18	13604	2.00	0.029	0.058
19	13605	2.00	0.085	0.170
20	13606	2.00	0.101	0.202
21	13607	2.00	0.757	1.514
22	13608	2.00	0.023	0.046
23	13609	2.00	0.075	0.150
24	13610	2.00	0.145	0.290
25	13613	2.00	0.032	0.064
26	13615	2.00	0.136	0.272
27	13619	2.00	0.060	0.120
28	13623	2.00	0.062	0.124
29	13624	2.00	0.138	0.276
30	2954-7	1.00	0.000	0.000
31	5100-9	1.00	0.030	0.030
31	5100-10	1.00	0.098	0.098
32	2943	4.00	0.000	0.000
33	2976-12	1.00	0.180	0.180
33	2976-13	1.00	0.060	0.060
34	2977-7	1.00	0.192	0.192
34	2977-8	1.00	0.250	0.250
34	2977-9	1.00	0.320	0.320
34	2977-10	1.00	0.160	0.160
35	2977-11	1.00	0.168	0.168
36	2977-12	1.00	0.120	0.120

Результаты выявления ураганных проб по рудному телу 6052

Номер точки	Проба (скв.)	м	a_{Hg}	$m a_{Hg}$
1	1	2.00	0.250	0.500
2	1	2.00	0.070	0.140
3	1	2.00	0.213	0.426
4	1	2.00	0.155	0.310
5	1	2.00	0.081	0.162
6	1	2.00	0.088	0.176
7	1	2.00	0.108	0.216
8	1	2.00	0.103	0.206
9	1	2.00	0.078	0.156
10	1	2.00	0.010	0.020
11	2	3.50	0.029	0.101
12	4	5.00	0.260	1.300
13	1	2.00	1.266	2.532
14	1	2.00	0.083	0.166
14	18	32.50	-	6.410
Среднее		-	0.197	-

ВНИМАНИЕ !!! ПРИСУТСТВУЮТ УРАГАНЫЕ ПРОБЫ: N 13

Результаты нивелирования ураганных проб по рудному телу 6052

Номер точки	Проба (скв.)	м	a_{Hg}	$m a_{Hg}$
1	1	2.00	0.250	0.500
2	1	2.00	0.070	0.140
3	1	2.00	0.213	0.426
4	1	2.00	0.155	0.310
5	1	2.00	0.081	0.162
6	1	2.00	0.088	0.176
7	1	2.00	0.108	0.216
8	1	2.00	0.103	0.206
9	1	2.00	0.078	0.156
10	1	2.00	0.010	0.020
11	2	3.50	0.029	0.101
12	4	5.00	0.260	1.300
13	1	2.00	0.197	0.394
14	1	2.00	0.083	0.166
14	18	32.50	-	4.272
Среднее		-	0.131	-

Результаты выявления ураганных проб по рудному телу 1322

Номер точки	Проба (скв.)	м	a_{Hg}	$m \cdot a_{Hg}$
1	1	2.00	0.140	0.280
2	1	2.00	0.015	0.030
3	1	2.00	0.123	0.246
4	1	2.00	0.160	0.320
5	1	2.00	0.030	0.060
6	1	2.00	0.087	0.174
7	1	2.00	0.020	0.040
8	1	4.00	0.074	0.296
9	1	2.00	0.175	0.350
10	1	2.00	0.039	0.078
11	1	2.00	0.037	0.074
12	1	2.00	0.039	0.078
13	1	2.00	0.048	0.096
14	1	2.00	0.256	0.512
15	1	2.00	0.143	0.286
16	1	4.00	0.022	0.088
17	1	2.00	0.041	0.082
18	1	2.00	0.029	0.058
19	1	2.00	0.085	0.170
19	19	42.00	-	3.318
Среднее		-	0.079	-
<i>УРАГАНЫЕ ПРОБЫ ОТСУТСТВУЮТ</i>				

Таблица 5

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ДАННЫХ ОПЕРАТИВНОГО ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Рудное тело	Содерж. Hg в товарной руде, %	Вес товарной руды, т	Запасы металла, т	Объемный вес товарной руды, т/м ³	Коэффициент рудоносности	Объем товарной руды, м ³	Вес кондиционной руды, т	Содержание Hg в кондиционной руде, %	Разубоживание, %
6052	0.131	260.0	0.342	2.60	0.71	100.0	184.0	0.168	29.2
1322	0.079	1300.0	1.027	2.60	0.38	500.0	495.2	0.146	61.9
2	0.088	1560.0	1.369	2.60	-	600.0	679.2	-	56.5

Данные опробования рудного тела 664

Б Л О К Р1-116 Г О Р И З О Н Т 6				
Номер точки	Проба (скв.)	м	a_{Hg}	$m \cdot a_{\text{Hg}}$
1	17015-3	1.00	0.050	0.050
1	17015-4	1.00	0.109	0.109
2	17016-4	1.00	0.096	0.096
2	17016-5	1.00	0.050	0.050
3	17017-6	1.00	0.250	0.250
3	17017-7	1.00	0.030	0.030
4	17018-7	1.00	0.120	0.120
4	17018-8	1.00	0.850	0.850
4	17018-9	1.00	0.320	0.320
4	17018-10	1.00	0.030	0.030
5	17074-7	1.00	0.030	0.030
5	17074-8	1.00	0.098	0.098
6	17075-7	1.00	0.070	0.070
6	17075-8	1.00	0.260	0.260
6	17075-9	1.00	0.980	0.980
7	17076-10	1.00	1.150	1.150
7	17076-11	1.00	0.270	0.270
8	17077-6	1.00	0.550	0.550
8	17077-7	1.00	0.650	0.650
8	17077-8	1.00	0.060	0.060
9	17008-10	1.00	0.500	0.500
9	17008-11	1.00	0.280	0.280
9	17008-12	1.00	0.050	0.050
10	17009-10	1.00	0.680	0.680
10	17009-11	1.00	1.090	1.090
10	17009-12	1.00	0.040	0.040
11	11236-14	1.00	0.200	0.200
11	11236-15	0.50	0.000	0.000
11	11236-16	1.00	0.090	0.090
12	11237-16	1.00	0.130	0.130

Б Л О К Р1-116
Г О Р И З О Н Т 6

Номер точки	Проба (скв.)	м	a_{Hg}	$m'a_{Hg}$
12	11237-17	1.00	0.970	0.970
13	13233-6	1.00	0.540	0.540
13	13233-7	1.00	0.120	0.120
13	13233-8	3.00	0.000	0.000
13	13233-11	1.00	0.060	0.060
13	13233-12	1.00	0.080	0.080
14	13234-5	1.00	0.080	0.080
14	13234-6	1.00	0.000	0.000
15	13235-6	2.00	0.000	0.000
16	13236-7	1.00	0.900	0.900
16	13236-8	1.00	0.600	0.600
17	13286-1	1.00	1.000	1.000
18	13287-0	1.00	0.180	0.180
18	13287-1	1.00	0.150	0.150
18	13287-2	1.00	0.400	0.400
18	13287-3	1.00	0.360	0.360
19	31191	2.00	3.620	7.240
20	13288-1	1.00	0.060	0.060
20	13276-0	2.00	0.000	0.000
20	13276-2	1.00	0.550	0.550
20	13276-3	1.00	0.120	0.120
21	31247	2.00	0.516	1.032
22	31248	2.00	0.002	0.004
23	31249	2.00	0.117	0.234
24	31191	2.00	3.620	7.240
25	31192	2.00	0.055	0.110

Результаты моделирования стратегий добычи

Вариант	Рудное тело	Содерж. Hg в товар. руде, %	Вес товарной руды, т	Запасы металла, т	Объемный вес товарной руды, т/м ³	Кэффициент рудоносности	Объем товарной руды, м ³	Вес кондиционной руды, т	Содержание Hg в кондиционной руде, %	Разубоживание, %
1	6052/1	0.131	260.0	0.342	2.60	0.71	100.0	184.0	0.168	29.2
	6052/2	0.057	390.0	0.220	2.60	0.26	150.0	101.7	0.190	73.9
	1322/1	0.079	1300.0	1.027	2.60	0.38	500.0	495.2	0.146	61.9
	664	0.275	149.4	0.411	2.60	0.79	57.5	117.5	0.337	21.4
4	0.095	2099.4	2.000	2.60	-	807.5	898.5		57.2	
2	6052/1	0.131	260.0	0.342	2.60	0.71	100.0	184.0	0.168	29.2
	6052/2	0.057	260.0	0.147	2.60	0.26	100.0	67.8	0.190	73.9
	1322/1	0.079	1300.0	1.027	2.60	0.38	500.0	495.2	0.146	61.9
	664	0.275	176.1	0.484	2.60	0.79	67.7	138.5	0.337	21.4
4	0.100	1996.1	2.000	2.60		767.7	885.6		55.6	
3	6052/1	0.131	260.0	0.342	2.60	0.71	100.0	184.0	0.168	29.2
	6052/2	0.057	130.0	0.073	2.60	0.26	50.0	33.9	0.190	73.9
	1322/1	0.079	1300.0	1.027	2.60	0.38	500.0	495.2	0.146	61.9
	664	0.275	202.9	0.558	2.60	0.79	78.0	159.5	0.337	21.4

	4	0.106	1892.9	2.000	2.60		728.0	872.7		53.9	
	4	6052/1	0.131	260.0	0.342	2.60	0.71	100.0	184.0	0.168	29.2
		1322/1	0.079	1300.0	1.027	2.60	0.38	500.0	495.2	0.146	61.9
		1322/2	0.132	130.0	0.172	2.60	0.51	50.0	66.9	0.222	48.6
		664	0.275	167.0	0.459	2.60	0.79	64.2	131.3	0.337	21.4
	4	0.108	1857.0	2.000	2.60		714.2	877.4		52.8	
	5	6052/1	0.131	260.0	0.342	2.60	0.71	100.0	184.0	0.168	29.2
		6052/2	0.057	130.0	0.073	2.60	0.26	50.0	33.9	0.190	73.9
		1322/1	0.079	1300.0	1.027	2.60	0.38	500.0	495.2	0.146	61.9
		1322/2	0.132	130.0	0.172	2.60	0.51	50.0	66.9	0.222	48.6
		664	0.275	140.2	0.386	2.60	0.79	53.9	110.3	0.337	21.4
	5	0.102	1960.2	2.000	2.60		753.9	890.3	-	54.6	

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
Глава 1. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	11
1.1. Краткая технико-экономическая характеристика объекта исследования	
1.2. Цели и экономические критерии развития предприятия в новых условиях хозяйствования	13
1.3. Прогноз потребности в продукции	15
1.4. Экономико-статистический анализ показателей работы Хайдарканского ртутного комбината	24
Глава 2. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ДОБЫЧИ НА ХАЙДАРКАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.....	37
2.1 Принципы построения системы и ее формальная структура.....	38
2.2 Оперативный подсчет запасов	41
2.3 Имитационное моделирование стратегий добычи руды как основа планирования горных работ	43
2.4 Иллюстрация работы системы оперативного контроля и планирования горных работ	47
2.5 Особенности программной реализации системы	50
Глава 3. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ	51
3.1. Особенности горно-металлургического предприятия как объекта имитационного статистического моделирования	
3.2. Методические подходы к имитационному статистическому моделированию	53
3.3. Построение имитационной модели действующего производства	61
3.4. Включение в имитационную модель перспективных технологий производства ртути	73
3.5. Программная реализация имитационной статистической модели	79

Глава 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИМИТАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЦЕПОЧКАМ	80
4.1. Оценка влияния факторов на технико-экономические показатели переработки монометалльных руд Хайдарканского месторождения по действующей технологии	82
4.2. Оценка результативных показателей производства при переходе на новую технологическую схему переработки монометалльных руд	86
4.3 Оценка влияния факторов на результативные показатели производства при переработке комплексных руд	93
4.4. Экономическая оценка общих результатов деятельности комбината	95
4.5. Дополнительные возможности повышения эффективности работы комбината	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	107
ПРИЛОЖЕНИЕ	109

CONTENTS

PREFACE	6
INTRODUCTION	7
Part 1. PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT OF MINING-METALLURGICAL ENTERPRISE	11
1.1. Brief technical-economic characteristics of the subject under investigation	-
1.2. Aims and economic criteria of the development	12
1.3. A forecast of need for production	15
1.4. Economic-statistical analysis of Khaidarkan mercuric enterprise operation	24
Part 2. CONSTRUCTION OF ROUTINE MONITORING SYSTEM AND PLANNING OF MINING WORK AT THE KHAIDARKAN DEPOSIT	37
2.1. The principles of the system construction and its formal structure	38
2.2. Effective estimation of reserves	41
2.3. Simulation modelling of mining strategy as a basis of planning of mining works	43
2.4. Illustration of how the routine monitoring system works and planning of mining works	47
2.5. The peculiarities of the program realization of the system	50
Part 3. THE CONSTRUCTION OF THE SYSTEM OF STATISTICAL SIMULATORS OF FUNCTIONING AND DEVELOPMENT OF ENTERPRISE	51
3.1. The peculiarities of mining metallurgical enterprise as a subject of simulation statistical	-
3.2. Methodological approach to simulation statistical modelling	53
3.3. The construction of a simulation of operating enterprise	61
3.4. The inclusion of promising technologies of mercury production into the simulator	73
3.5. The program realization of simulation statistical models	80

Part 4. A FORECAST OF THE PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT AND ECONOMIC ANALYSIS OF SIMULATION CALCULATIONS OF INDIVIDUAL TECHNOLOGICAL CHAINS	80
4.1. The evaluation of the factors affecting the technical economic indicators of reworking of monomineralic ores of Khaidarkan deposit by the operating technology	82
4.2. The evaluation of effective production indicators at transition to new technological scheme of monomineralic ores reworking	86
4.3. The evaluation of factors influencing the effective production indices at reworking of complex ores	93
4.4. Economic estimation of total outcome of the enterprise activity	95
4.5. Additional possibilities of increasing enterprise production efficiency	100
CONCLUSION'	104
REFERENCES	107
APPENDIX	109

Доп. темат. план выпуска самост. изд. СО РАН
на 1993 г.

Научное издание

*Ягольницер Мирон Аркадьевич
Оболенский Александр Александрович
Бабич Валерий Васильевич и др.*

**ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ**
Моделирование, имитация, принятие решений,
охрана окружающей среды

Утверждено к печати
Ученым советом Института геологии СО РАН

Редактор А.В.Владимирова
Технический редактор О.М.Вараксина

Подписано к печати 22.10.93.
Бумага 60x84/16. Печл. 7,2. Уч.-издл. 6,85.
Тираж 350. Заказ 178.

Новосибирск, 90, Университетский просп., 3,
ОИГГМ СО РАН, УОП