

На правах рукописи



**АЙДАРУС АБДУЛРАХМАН АБДУЛЛА КАТАН**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ  
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДДЕН (ЙЕМЕН)**

Специальность: 25.00.36 –Геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

Москва – 2005 г.

Работа выполнена на кафедре «Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности» экологического факультета Российского университета дружбы народов.

Научный руководитель:  
кандидат технических наук, профессор Тагасов Виктор Иванович

Официальные оппоненты:  
доктор технических наук, профессор Ломоносов Геральд Григорьевич  
доктор геолого-минералогических, профессор Комarov Евгений Иванович

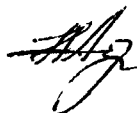
Ведущая организация: ГУП Государственный научный институт проектирования предприятий цветных металлов «Типроцветмет»

*16.06*  
Защита состоится ... 2005 г. в *12<sup>00</sup>* часов, на заседании диссертационного совета Д 212.203.17, на экологическом факультете Российского университета дружбы народов по адресу: 113090, Москва, Подольское шоссе, дом 8/5

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Российского университета дружбы народов по адресу; г. Москва, 117198, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

Автореферат разослан *27.05* 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета.  
доктор биологических наук, профессор



Черных Н.А.

2006-4  
10610

2167278

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Горное предприятие представляет собой комплексный источник влияния на окружающую среду и характеризуется разнообразием воздействия средств и состава загрязняющих веществ.

Специфика влияния золоторудного горного предприятия на окружающую среду обусловлена геолого-геохимическими особенностями месторождения, применяемой техникой и технологией его разработки. Распространение загрязняющих веществ в технологических цепях связано с технологией добычи и обогащения добываемой рудной массы. Кроме того, горное предприятие оказывает негативное воздействие на окружающую природную среду посредством нарушения недр и земной поверхности.

Извлеченные из недр громадные объемы горных пород и размещенные в отвалах и пламохранилищах нарушают значительные регионы, как по площади, так и по глубине.

Негативные факторы воздействия на окружающую среду соответствуют условиям географических регионов, где есть в достаточном количестве вода, умеренная температура воздуха, достаточное для обслуживания горных предприятий количество рабочих рук. Мало изучены возможности разработки месторождений во взаимосвязке технологии добычных работ с физическими свойствами добываемой руды, структурой и текстурой минерала, а так же с климатическими и географическими условиями субтропиков.

Поэтому детальное изучение геологической и гидрологической характеристики и минералогического состава руды и вмещающих пород и разработка технологических рекомендаций, сводящих к минимуму негативное влияние горных работ на окружающую среду является актуальной задачей, особенно для Йемена, где частые пыльные бури, недостаточно воды для пищи, тем более для технических нужд, практически отсутствует рабочая сила должной квалификации.

В связи с вышеизложенным определена задача изыскания и обоснования технологии первичной переработки рудной массы, извлекаемой из золотосодержащих жил месторождения Медден, учитывающей ограниченность ресурсов исследуемого геологического района, и оказывающей минимальное негативное воздействие на окружающую среду (атмосферу, поверхность, среду обитания людей, животного и растительного мира).

**Цель работы:** Установление факторов сохранения экологических параметров региона месторождения Медден при извлечении драгоценных и тяжелых металлов технологией обогащения руд без применения воды.

**Идея работы:** Сохранить геоэкологические параметры региона месторождения Медден при разработке и первичной переработке золоторудных залежей возможно применением гравитационного обогащения в воздушной среде и при извлечении пыли из технологических блоков (сот) одним, двумя или тремя циклонами.



### **Задачи исследования:**

1. Обобщить геоэкологическую информацию по региону месторождения Медден с обобщением и выделением факторов, сдерживающих или нарушающих экологию при ведении работ по первичной переработке руды.
2. Изыскать теоретические и технологические решения извлечения золота и тяжелых металлов в воздушной среде без применения воды.
3. Выявить технические и технологические решения сохранения чистоты воздуха и подземных водотоков путем извлечения пыли из технологических блоков (сот) и её пакетирования.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач использовались расчетные и экспериментальные исследования с помощью современной измерительной и аналитической аппаратуры в лабораторных и натуральных условиях. В частности: электронный микроскоп, электронные весы и электронная вычислительная техника.

### **Научные положения, разработанные лично соискателем, и их новизна:**

1. Проведено обобщение и анализ геологических отчетов по месторождению и в частности: наличия водоносных горизонтов и их дебет, гран-состав самородного золота в рудах и количественное содержание его и тяжелых металлов по фракциям.
2. Установлена целесообразность гравитационного обогащения руд в воздушной среде и обеспыливания в циклонах с последующим воздействием на черновой концентрат реагентами, что обеспечит незначительное негативное воздействие на геоэкологию месторождения Медден.
3. Доказано, что уровень негативного воздействия гравитационного обогащения в воздушной среде и извлечение золота и тяжелых металлов из сухого черного концентрата оказывает минимальное негативное воздействие на окружающую среду, так как хвосты обогащения могут использоваться в качестве закладочного материала или песка для строительных целей и в фильтрационных установках в городах Йемена.
4. Наибольший экологический эффект и государственный интерес внедрения технологии золотодобычи в регионе Медден достигается при разработке рудных залежей с получением черного концентрата на установках гравитационного обогащения и обеспыливания в высокоскоростных потоках воздушно-рудной смеси в специальных устройствах.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** обеспечивается использованием современной измерительной аппаратуры, современных математических методов, а так же подтверждается сходимостью полученных практических результатов с теоретическими расчетами.

**Практическая значимость.** Экспериментальные исследования, проведенные в лабораторных и натуральных условиях на месторождении Медден

(Йеменской республики), показали высокий эффект применения результатов исследований и могут быть применены при проектировании горного предприятия в подобных условиях.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на всероссийской конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования (г. Москва, РУДН. 2003 и 2004 годы).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 2 статьи.

**Структура и объем работ.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Соискатель выражает благодарность консультанту академику МАЭП и МАНЭБ, д.т.н., профессору РУДН Мусаеву В.К.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, цели и задачи исследований. Изучение геологической и гидрологической характеристики и минералогического состава руды и вмещающих пород и разработка технологических рекомендаций, сводящих, к минимуму негативное влияние горных работ на окружающую среду, является актуальной задачей.

**В первой главе** изложен обзор литературных источников по загрязнению и охране окружающей среды при золотодобыче.

Основные источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ обобщены по технологическим процессам.

Обобщено содержание пыли и ядовитых газов в атмосфере золоторудных карьеров после массовых взрывов ВВ.

Пылящие поверхности сооружений прииска являются одним из мощных источников пылевыделений. К ним относятся откосы отвалов и хвостохранилищ. Их воздействие на окружающую среду усугубляется большими площадями, которые они занимают. Эти площади имеют нарушенную поверхность, на которой под воздействием атмосферных условий интенсивно происходят процессы пылеобразования.

Обобщены показатели сдувания пыли с пылящих поверхностей.

Мощными источниками шума на приисках являются энергетические и технологические машины и установки, транспортные средства.

Под влиянием загрязняющих веществ в водных объектах происходят первичные, вторичные и третичные изменения.

Первичные изменения возникают при прямом воздействии загрязняющих веществ на водные объекты. Выражаются они в изменении физико-химических и биологических свойств воды, ее состава, температуры, годового режима и других условий обитания гидробионтов.

Первичные изменения в дальнейшем усиливаются сложной цепью вторичных изменений, возникающих при взаимодействии загрязняющих веществ с составными частями воды, в результате чего образуются новые вещества, отрицательно влияющие на водные организмы. Могут жить и пере-

мешаться отложения с образованием токсичных веществ, усиливаться или ослабляться биологические процессы в воде и грунтах и процессы самоочищения воды и минерализации и т.д. Все это приводит к дальнейшему ухудшению гидрохимического режима и невозможности использования воды для питьевых, культурно-бытовых целей, технического водоснабжения, а также к резкому ухудшению условий обитания водных организмов.

Вследствие этих изменений нарушается сложный комплекс взаимосвязей гидробионтов с внешней средой и взаимоотношения между обитающими в водоеме организмами, может нарушаться весь жизненный цикл развития.

Горными работами нарушается гидрологическая сеть и режим подземных вод.

При разработке месторождений полезных ископаемых производство работ может сопровождаться комплексом гидрогеологических и инженерно-геологических явлений, которые в большинстве случаев оказывают отрицательное влияние на естественные гидрогеологические условия. Это сказывается на следующем: изменяются условия питания, движения и разгрузки подземных вод, вызывающие нередко формирование глубоких и достаточно больших по площади депрессионных воронок, что ведет к широкому взаимодействию водопонижительных систем с водозаборами подземных вод, к нарушению режима малых рек, озер и других небольших водоемов. В ряде случаев происходит деформация поверхности земли под влиянием глубоких водопонижительных и водоотливных работ.

Горными работами происходит нарушение и загрязнение земной поверхности. В результате ежегодного изъятия земель для гражданского и иного строительства, роста населения, отвода земель под горные разработки и на другие нужды площадь сельскохозяйственных угодий в расчете на душу населения в мире непрерывно уменьшается.

В Йемене в настоящее время на душу населения приходится 4,7 сельскохозяйственных угодий, в т.ч. 0,05 га пашни.

Земельный отвод горного предприятия представлен нарушаемыми и не нарушаемыми землями. Удельный вес нарушаемых земель земельного отвода составляет 60-95%.

Основой жизни местного населения района Медден, занимающегося, главным образом, овцеводством, являются подземные воды, используемые в хозяйственно-питьевых целях через родники и колодцы. На подземных водах устроен и водозабор поселка Медден. Поэтому проблема сохранности подземных вод от загрязнения является главной, жизненноважной задачей.

**Вторая глава** содержит основные сведения о месторождении Медден.

Климат района аридный, жаркий и сухой со среднегодовой температурой 26,9° С (зимой 23,6°, летом 30,6°). Самый жаркий период май-сентябрь с температурами до 48° С. Влажность на побережье 70-80%, вдали от берега порядка 50%.

Дожди редки и не обильны — 3-5 дней в году. Чаще выпадают в период летнего муссона. Годовое количество осадков менее 50 мм, в редкие годы составляет 100-350 мм. Наиболее сильные дожди бывают на побережье в по-

ябре-январе, во внутренних частях — в июле-августе. Большая часть годового количества осадков может выпасть за один раз. По данным метеостанции Ель Код (район Абиана, 60 км к СВ от Адена), расположенной в аналогичных Медден географических условиях, удельная испаряемость воды составляет 2357 мм/год (6,54 мм/сутки).

Гидросеть представлена системой сухих вадей. Поверхностных водотоков практически нет, имеются единичные места вклинивания подпорных вод в искусственные колодцы в вадах с расходным дебитом сотые-десятые доли л/сек. Только в 25 км к западу от Меддена в Хагер имеется постоянный водоток от устья до впадения в море за счет питания карстовыми ключами с плато. Расход около 200 тыс. м<sup>3</sup> в год.

В главе рассматриваются геохимические особенности пород района Медден. Региональные геохимические поля некоторых рудогенных элементов характеризуются наличием закономерностями: меди, свинца, цинка, висмута, бора, серебра и золота.

Изменчивость полезных компонентов - золота и серебра - значительно высокая. Содержание золота изменяется в сечениях от долей г/т до нескольких десятков г/т (в единичных пробах - до 200- 300г/т), в подсчетных блоках от 8 до 35 г/т, в балансовых рудах (среднее 14,77 г/т) от 5 до 19 г/т, в забалансовых рудах (среднее 7,25 г/т). Среднее содержание серебра составляет соответственно 9,24 и 4,45 г/т. В разведанных запасах в целом среднее содержание золота составило 12,55 г/т и серебра — 7,82 г/т.

В последнем разделе рассматривается анализ публикаций по извлечению золота и тяжелых элементов из золотосодержащей руды. В большинстве районов, где разрабатываются золотосодержащие руды, извлекается, в основном, самородное золото. При этом руда дробится и измельчается. Дробленую руду пропускают через несколько последовательно установленных шлюзов. По шлюзам руда транспортируется в смеси с водой в соотношении 1:8-1:12 т/м<sup>3</sup>. На этих установках извлекается самородное золото крупностью +0,5мм до 90%. Золото крупностью - 0,5мм уходит в хвосты. В хвосты уходит и химически связанное золото любой крупности.

В геологических отчетах содержание тяжелых элементов в руде приводится с незначительным объемом информации.

На некоторых горных предприятиях извлечение золота осуществляется из концентрата, полученного методом флотации. И здесь извлечение золота не полное, хотя возможно (и извлекается) химически связанное золото и другие элементы (серебро, медь, цинк и др.).

Тяжелые металлы извлекаются из дробленых и измельченных частиц крупностью более 0,5 мм. При этом из частиц руды указанной крупности извлекается до 62% самородного золота. На некоторых приисках наибольшее извлечение (до 97%) приходится на частицы крупностью +0,07мм. Расход цианистого раствора составляет не менее 2 литров на один кг концентрат.

В последние годы исследуются методы кучного выщелачивания, чаще всего в лабораторных условиях. При этом исследовались параметры извлечения благородных и тяжелых металлов из дробленого материала различной

крупности. Например -50 мм, -20 мм, -2 мм, 0,07 мм. Перполяция материала продолжалась до 48 часов (одни - двое суток).

Данные публикаций показывают, что из крупного материала (+2мм) извлекается не более 50% золота, менее 35 % серебра. Аналогично по другим тяжелым металлам.

Методы извлечения золота из черного (черного) концентрата в основном - цианирование, реже-амальгамирование. Как правило, цианированием извлекается до 97% золота и серебра. При амальгамировании из концентрата извлекается не более 70% золота и менее 50% серебра.

При любом методе получения черного концентрата используется вода в количестве до 12 м<sup>3</sup> на тонну руды. При этом в хвостах, вместе с пульпой, в хвостохранилище укладываются тяжелые элементы, в незначительных количествах ядовитые или канцерогенные вещества, входящие в рудные тела, концентрируясь в едином техногенном месторождении на малой площади и высотой до 20-30 м.

Фильтрация воды из хвостохранилища в нижележащие водоносные горизонты на месторождении Медден может иметь существенные негативные последствия, так как источником хозяйственного и питьевого водоснабжения являются подземные воды, приток которых к источникам составляет не более 200 тыс. м<sup>3</sup> в год или не более 548 м<sup>3</sup>/сутки. Учитывая удельный расход воды 12м<sup>3</sup> на одну тонну руды, потребность в воде составляет 1600 м<sup>3</sup>/сутки, что в 2,4 раза выше возможного притока подземных вод.

Следовательно, разработку золоторудного месторождения Медден можно начинать только при решении проблемы путем изыскания альтернативного способа получения концентрата при полной нейтрализации отравляющих способностей цианидов.

Возможные, альтернативные способы получения черного концентрата. Незначительный ряд исследователей информирует научную общественность, что по трубопроводам, возможно, транспортировать дробленую породу в смеси с воздухом. Также возможно обеспыливание воздуха в закрытых производственных помещениях посредством циклонов.

**Третья глава** содержит исследование влияния объемного веса пород на дальность разлета. Рассматривается теоретическое обоснование влияния объемного веса на дальность разлета частиц.

Геологические партии Советского Союза и Великобритании детально исследовали месторождение Медден. Установлено, что:

1. Количество осадков не превышает 50 мм в год.
2. Количество дождливых дней в году не превышает 5.
3. Подземные воды с суточным дебитом  $\geq 548$  м<sup>3</sup> питают население на прибрежной морской зоне и эти воды используются для полива сельхозугодий.
4. Отсутствуют пески, поэтому его получают путем дробления прочных пород.
5. Рассмотрены и рекомендованы две технологические схемы обогащения золотоносной руды с использованием мокрого способа обогащения

(гравитационный и флотации), для чего необходим суточный приток воды, восполняющий потери при кругообороте технологической воды  $\leq 600\text{м}^3$ .

6. Отсутствует грамотная рабочая сила.

Первые три фактора практически исключают возможность извлечения золота традиционными методами на месте разработки рудных тел, так как воздействие на экологию практически приведет к закрытию земледелия и животноводства в регионе Медден. Для работников рудника необходимо привозить питьевую воду за 150-200 км. Фильтрация сквозь тело хвостохранилища фотореагентов и цианидов с тяжелыми металлами надолго отравит поверхность и недра, через водоносные горизонты.

Теоретическое обоснование влияния объемного веса на дальность разлета кусков взорванного массива или выброшенных механическими устройствами является научным анализом с использованием законов классической механики.

Геологическим опробованием рудных тел месторождения Медден установлено, что объемный вес кварца в 6,4 раза меньше объемного веса золота ( $\gamma_{\text{кв}} = 2,7 \text{ г/см}^3$ ,  $\gamma_{\text{зол}} = 17,3 \text{ г/см}^3$ ). Химический состав минералов месторождения Медден обобщено в таблице 1.

**Таблица 1**  
**Химические элементы минералов месторождения Медден**

№	Минерал	Химическая форма	Элемент таб. Менделеева	$\gamma$ г/см <sup>3</sup>	Второстеп. элемент
1	Доломит	$\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	Ca, Mg	1,9	
2	Кальцит	$\text{CaCO}_3$	Ca	2,7	
3	Кварц	$\text{SiO}_2$		2,7	
4	Сфалерит	$\text{ZnS}$	Zn	4,0	
5	Халькопирит	$\text{CuFe}_2\text{S}$	Fe, Cu	4,2	Cu
6	Пирит	$\text{FeS}_2$	Fe	5	
7	Галенит	$\text{PbS}$	Pb	7,5	
8	Серебро	Ag		10,0	
8	Самородное золото	Au		17,3	

Из второго закона Ньютона следует, что при равномерно ускоренном движении и свободном падении для условий выброса горной массы с постоянной скоростью  $v$ , с высоты  $h$ , получим формулу, по которой определяется дальность разлета минералов. Связь между высотой и дальностью разлета минералов определяется:

$$S = \sqrt{\frac{2hv^2}{g}}, \text{ м.} \quad (1)$$

Так как объемный вес минералов ( $\gamma$ ) влияет на дальность разлета, получим:

$$\frac{S_{\text{мин}}}{S_{\text{эол}}} = \sqrt{\frac{\gamma_{\text{эол}}}{\gamma_{\text{мин}}}} \quad (2)$$

где  $S$  - дальность разлета кусков породы, м;  
 $h$  - высота падения, м;  
 $v$  - начальная скорость вылета куска, м/сек;  
 $g$  - ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>.  
 $\gamma$  - объемный вес минералов, г/см<sup>3</sup>;

В таблице 2 показаны расчетные величины дальности разлета минералов и металлов при фиксированной скорости и разных высотах полета.

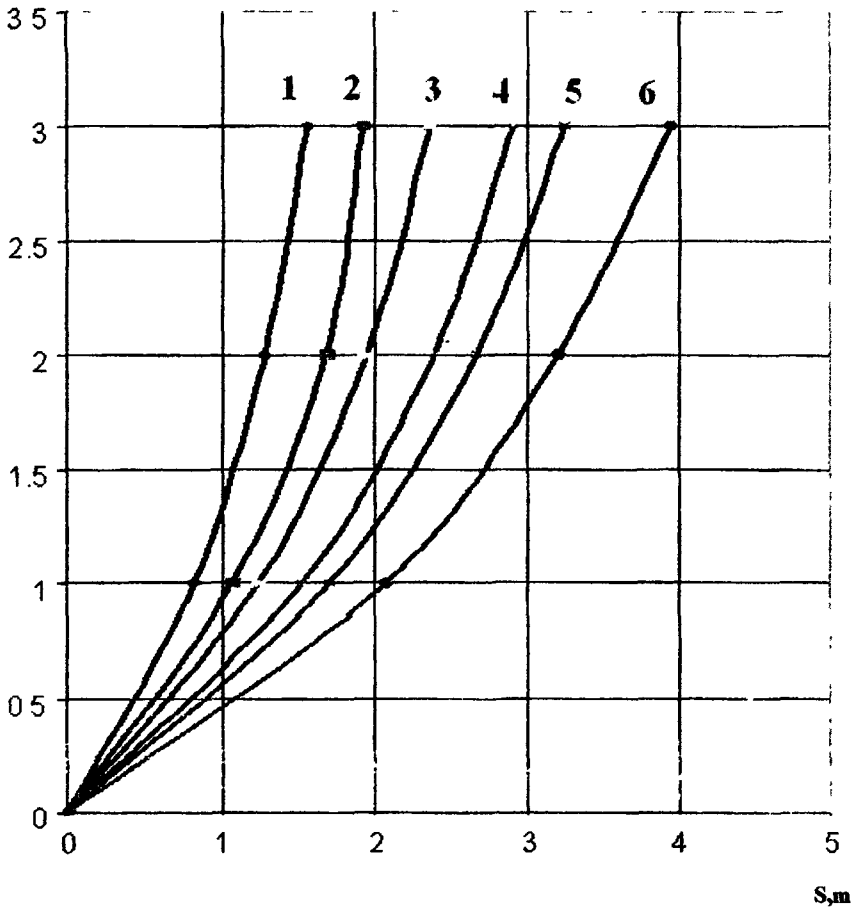
**Таблица 2**

**Расчетные величины дальности разлета минералов и металлов при  $V=2\text{м/с}$  и разных высотах полета ( $h$ )**

Дальность разлета	высота полета		
	$h=1$	$h=2$	$h=3$
$S_{\text{эолита}}$	0,82м	1,23м	1,56м
$S_{\text{серебра}}$	1,07м	1,68м	1,92м
$S_{\text{галанита}}$	1,24м	1,94м	2,36м
$S_{\text{шпата}}$	1,52м	2,38м	2,90м
$S_{\text{сфалерита}}$	1,70м	2,66м	3,24м
$S_{\text{кварца}}$	2,07м	3,20м	3,94м

На рис. 1 показано влияние высоты сброса частиц на дальность разлета.

$h, m$



1-S<sub>золота</sub>, 2-S<sub>серебро</sub>, 3-S<sub>галацит</sub>, 4-S<sub>пирит</sub>, 5-S<sub>сфалерит</sub>, 6-S<sub>кварц</sub>.

**Рис.1.** Влияние высоты сброса частиц на дальность разлета

С целью качественного выделения золота с минимальным выделением кварцита и тяжелых минералов целесообразно производить гравитационные обогащения трех классов: 1)  $-2+1$ , 2)  $-1+0.5$ , 3)  $-0.5+0.05$  с удалением пылевых частиц для последующего обогащения.

На рис.2 показана принципиальная схема гравитационного обогащения золоторудной массы, добытой на месторождении Медден.

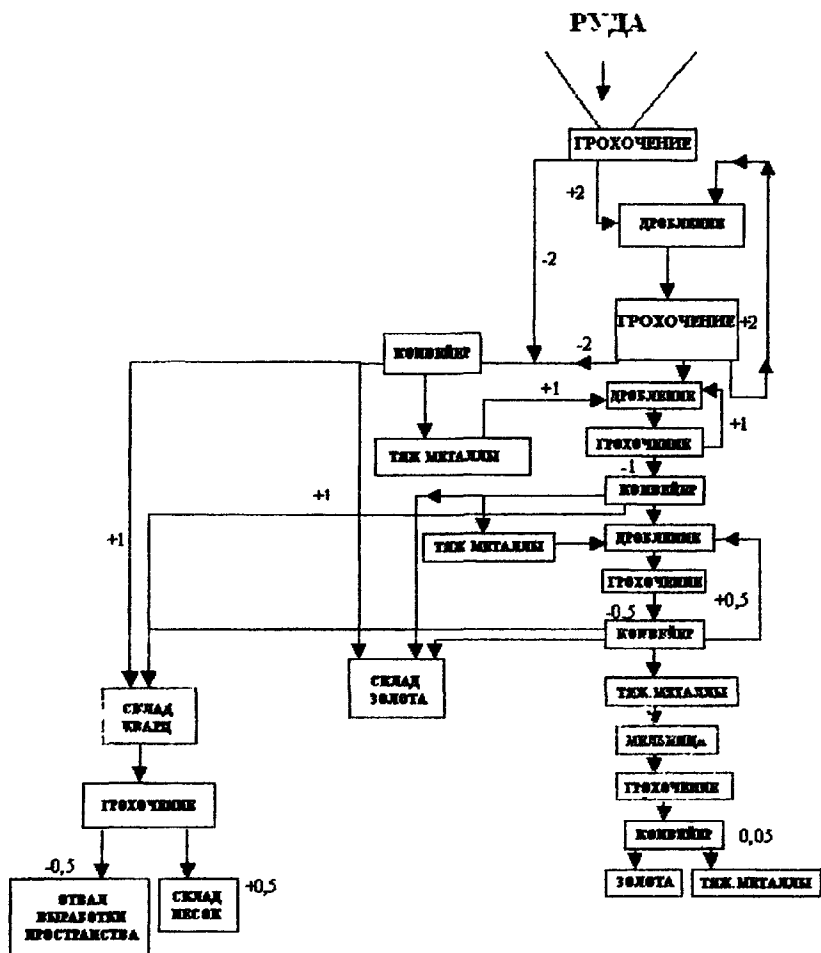


Рис.2. Принципиальная схема гравитационного обогащения золоторудной массы, добытой на месторождении Медден

Для получения селективного разделения (кварц-тяжелые металлы - золото) необходимо создание бункера разделителя-накопителя, состоящего

из трех секций разделения минералов и устройства разгона частиц. Таких линий должно быть несколько.

В бункере-разделителе, конечно, будут витать в воздухе мелкие частицы крупностью 0,002-0,5 мм. Их необходимо отсасывать постоянно из емкости, направляя смесь воздух-пылеватые частицы в циклон. В циклоне будет осаждаться не менее 96% пылеватых частиц, а чистый воздух выбрасываться в атмосферу.

Исправить недостатки, присущие мокрому обогащению, возможно внедрением исследованных технических и технологических решений.

Так, в учебниках по обогащению руд указывается, что скорость падения частиц различна для частиц различающихся как по крупности, так и по плотности. Указанный фактор используется в практике извлечение золота из песков применением мокрого способа - гравитационное обогащение.

Гравитационное обогащение в воздушной среде на практике не применяется. По нашему мнению названный факт объясняется, прежде всего, большой запыленностью воздушного пространства и большими потерями драгоценного металла.

Проверить указанную гипотезу и разработать технические решения возможно физическим экспериментом.

В лаборатории на установке изучался разгон частиц на ленточном конвейере.

Целью исследований было экспериментальное подтверждение возможности разделения частиц рудной массы по плотности. Необходимо было практическое доказательство возможности применения гравитационного обогащения в воздушной среде.

В бункер загружалась золотоносная руда крупностью - 2 мм. Из бункера руда попадала на ленту конвейера, движущуюся с ранее установленной скоростью. Рудная масса, попадая на ленту, разгонялась до установленной скорости (равнозначной скорости движения ленты), и сбрасывалась на приемный лоток, расположенный на 1 м ниже верхней части приводной кромки конвейера. Замерялись расстояния от конвейера до навала частиц различной плотности. К сожалению, в рудной массе, привезенной с месторождения Медден оказалась мало золота, крупностью 0,05 мм, три частицы тяжелых металлов и 12 кг кварцита.

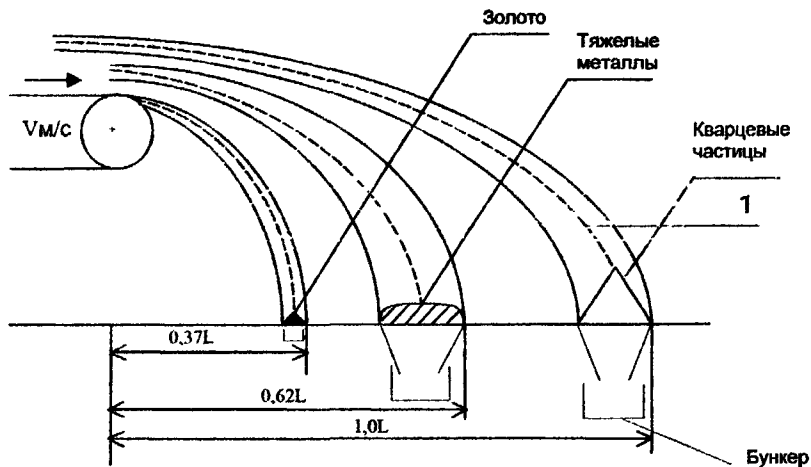
Эксперименты проводились на четырех скоростях движения ленты. Замерялись расстояния от конвейера до центра (оси) навала и вес рудной массы в каждом навале. Рудная масса классифицировалась по крупности - 2 мм, - 1 мм, - 0,05 мм.

Каждый эксперимент сопровождался значительным запылением лаборатории. Пыль осаждалась довольно долго (более 6 часов). Во избежание загрязнения лаборатории после первого эксперимента был установлен бункер размерами в плане 1 м х 4 м и высотой 2 м. Первый же эксперимент с выбросом рудной массы в бункер показал принципиальную правильность подхода к решению проблемы ограничения распространения пыли. Пыль в бункере осаждалась долго (более 8 часов). Таким образом, для промышленного ис-

пользования гравитационное обогащение в воздушной среде не может быть применено по значительной запыленности воздуха и значительному негативному воздействию ее на окружающую воздушную среду (опасно заболевание рабочих силикозом).

Возникшая в процессе эксперимента проблема была решена отсасыванием значительного объема воздуха и пропусканием его через циклон.

Выброс в свободный полет с поверхности вращающегося диска и с торца конвейера, как отдельных частиц, так и объем рудной массы класса:  $-2 \text{ мм} + 1 \text{ мм}$  обеспечивал получение насыпей частиц различной плотности и крупности. Этот фактор на практике извлечения золота из рудной массы должен быть учтен следующим образом. Проведенные нами эксперименты показали, что в процессе полета рудной массы, сброшенной с постоянной скоростью равномерным потоком, возможно разделение на несколько навалов по плотности частиц. Так в частности на неподвижную плоскость отделились частицы золота, тяжелых металлов, кварцевые частицы. Схематическое изображение навалов показано на схеме расположения частиц рудной массы по плотности (рис 3).



**Рис.3. Схема расположения частиц рудной массы по плотности**  
**1- Расчетная траектория движения золота (средней плотности)**

На конвейер подается рудная масса крупностью  $-2 \text{ мм} + 1 \text{ мм}$ . Возможна установка нескольких конвейеров, на которые подаются частицы

-2+1, -1+0,5, -0,5+0,1, количество технологических линий выявляется по материалам геологических исследований. При сбросе массы с конвейеров в воздухе будет витать пыль, в которой будет находиться и самородное золото крупностью +0,004 мм. Эту пыль необходимо улавливать и подавать на обогащение.

Улавливание пыли, возможно, на циклонах. Физический эксперимент показал высокий эффект таких установок. Из запыленной емкости извлекалось не менее 98% тонких частиц.

Таким образом, в атмосферу практически не будет поступать тонких (пылевых) частиц, что сохранит нетронутую негативом воздушную среду месторождения Медден. Это показано на схеме цепи аппаратов (рис. 4).

Из рассмотрения схемы цепи аппаратов следует, что:

- на каждой стадии грохочения и соответствующего обогащения работает самостоятельный комплекс обеспыливания;
- каждая стадия грохочения и обогащения располагается в отдаленном изолированном блоке (модуле);

Таким образом, из каждого модуля (соты) извлекается три группы минералов расчетного класса. Предложенное решение позволяет собирать в соответствующей таре материал, предназначенный для нужд потребителя.

Так кварц класса +0,5 можно использовать для промышленных фильтрованных установок, как заполнителя для бетона, а так же как закладочный, класса-0,5 только как закладочный материал.

Разделение класса -0,5 на три группы обеспечит извлечение золота до 98,2% от общего содержания руде. Тяжелые металлы складировуются в отдельную емкость и отправляются на металлургический завод.

Вся технологическая цепь на время дождей, которое составляет не более 5 дней в году, останавливается во избежание нарушения показателей извлечения.

В схеме рассмотрено извлечение тяжелых металлов, смесь которых отделяется от рудной массы. Для улавливания пыли комплекс монтируется в семи блоках – модулях. В отдельных модулях последовательно устанавливается три циклона.

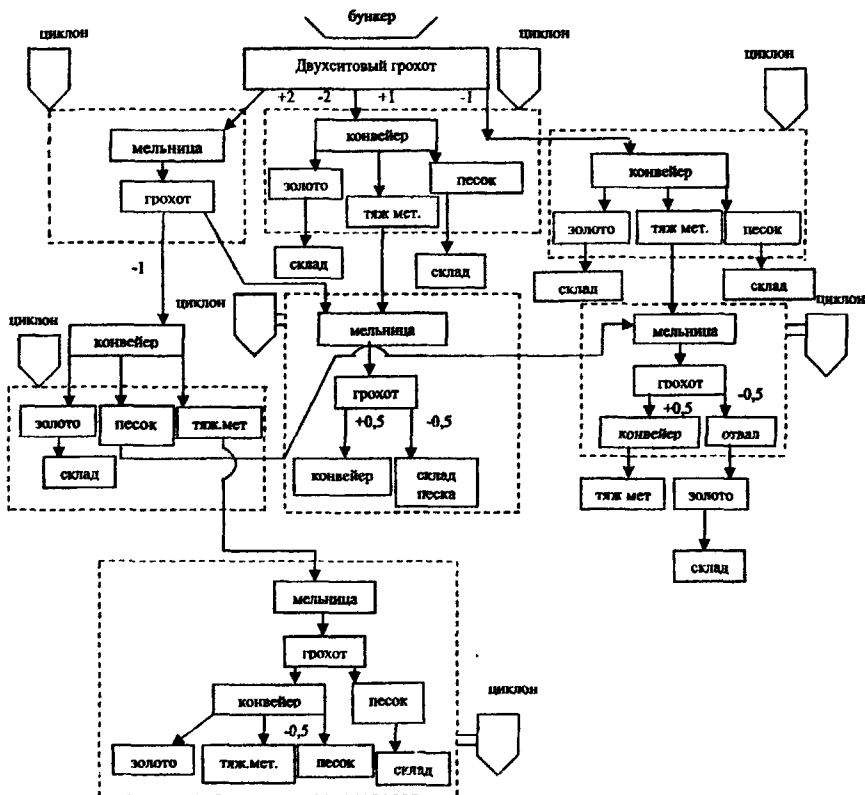


Рис.4.Схема цепи аппаратов

Четвертая глава содержит описание основных методов и устройств очистки воздуха от пыли. Для этого изготовлен циклон с размерами  $D_{ц} = 330$  мм,  $d = 185$  мм,  $H_{ц} = H_{к} = 460$  мм,  $h_{\text{выхл}} = 422$  мм. В металлические ящики циклона вываливается дробленая руда, через 10 мин включаем вентилятор. Результаты эксперимента показали, что они хорошо коррелируют с публикациями Зыонг Ван Лонг, что представлено на рисунках 5 и 6.

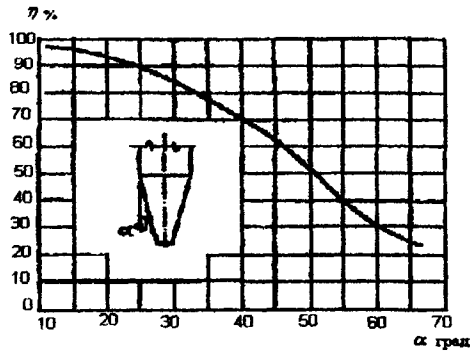


Рис. 5. Влияние угла конуса на эффективность работы циклонов

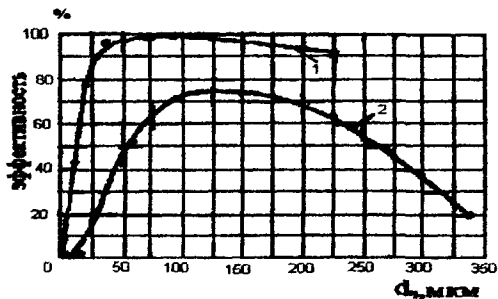


Рис. 6. Фракционная эффективность улавливания пыли в циклоне ЛИОТ по Коузичу П.А

### Выводы

На основе обобщения публикаций, математического и физического моделирования, анализа полученных результатов исследований установлено:

- 1 На месторождении Медден самородное золото представлено частицами крупностью-2,0,+0,05 мм (до 87% от общего объема золота в руде) в том числе около 12% частиц крупностью менее 0,05 мм Извлечение золота, серебра, меди из руды с сохранением геоэкологических характеристик региона Медден возможно при использовании технологии гравитационного обогащения в воздушной среде, при пакетировании хвостов обогащения в емкости до 20 кг. С целью сохранения качества подземных вод, обеспечения жизнедеятельности человека и живой природы мокрое обогащение в регионе Медден не применимо Технические и технологические решения извлечения золота и тяжелых металлов, возможно, выполнять без применения технической воды, что сохранит геоэкологию месторождения Медден.

2. Применение гравитационной классификации рудной массы в воздушной среде по плотности  $2,7 \div 17,6 \text{ г/см}^3$  целесообразно и возможно, требуемая высота падения кусков при скорости разгона частиц рудной массы не менее 2 м/с определяется параметрами конвейера и крупностью дробленой массы.
3. Лабораторными экспериментами доказана возможность раздельного получения кварцевых частиц, частиц тяжелых металлов и золота. Разделение измельченной руды на три группы различных по плотности минералов повысит доходность разработки месторождения Медден.
4. Технологические блоки обогащения рационально монтировать из модулей ограниченных размеров. Из каждого блока (соты) необходимо и возможно отсасывать пыль циклонами. Полнота и качество извлечения пыли обеспечивается последовательной установкой в блоке до трех циклонов. Циклоны осаждают из атмосферы модуля до 98,2% твердых частиц.
5. Получаемый при дроблении кварц возможно использовать в народном хозяйстве при строительстве и в промышленных фильтровальных установках, а так же для закладки выработанного пространства, что исключает необходимость создания хвостохранилищ и предотвращают загрязненность горных работ.
6. Теоретические и экспериментальные исследования доказали возможность разработки золоторудной залежи при сохранении геоэкологических параметров в регионе разрабатываемой залежи Медден, при первичной переработке рудной массы гравитационным методом в воздушной среде.

#### Публикации по диссертационной работе

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы. По результатам исследований опубликованы следующие работы:

1. Тагасов В.И., Катан А.А. Теоретические решения и технологические рекомендации извлечения золота и металлов при минимальном негативном воздействии на экологию в районе месторождения Медден // Вестник российского университета дружбы народов. - 2004. - № 1 (10). - С. 187-192.
2. Тагасов В.И., Катан А.А. Анализ нарушения и загрязнения районе Медден // Вестник российского университета дружбы народов. - 2004. - № 1 (10). - С. 193-195.

**АЙДАРУС АБДУЛРАХМАН АБДУЛЛА КАТАН (ЙЕМЕН)**

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ  
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДДЕН (ЙЕМЕН)**

Золоторудное месторождение Медден расположено в районе с аридным климатом, что предопределяет необходимость изыскания нетрадиционных методов первичной переработки (обогащения) добытой руды, обеспечивающей минимальное негативное воздействие на экологию.

Проведенными исследованиями доказана возможность извлечения из руды золота, серебра и тяжелых металлов, крупностью более 0,05мм.

Предложено решение упаковки хвостов (кварц) гравитационного обогащения руды, что обеспечивает комплексное использование добытого полезного ископаемого в народном хозяйстве без нарушения недр и поверхности.

Разработаны варианты извлечения самородного золота, серебра и тяжелых металлов гравитационным обогащением в воздушной среде, что практически сохраняет геоэкологические параметры региона Медден.

**AIDAROS ABDULRAHMAN ABDULLAH KATAN (YEMEN)**

**GEOECOLOGICAL ASPECTS OF DEVELOPMENT  
GOLD ORE OF DEPOSITS MEDDEN (YEMEN)**

Gold ore deposit Medden is located in area with a aridity climate that predetermines necessity research of no conventional methods primary processing's (enrichment) of the extracted ore providing the minimal negative influence on ecology.

The lead (carried out) researches prove an opportunity extraction from ore of gold, silver and heavy metals, sizes of grains more 0,05mm.

The decision of packing of tails (quartz) of gravitational enrichment of ore that provides complex use of the extracted useful mineral in a national economy without infringement of bowels and a surface is offered.

Variants of extraction of native gold, silver and heavy metals by gravitational enrichment in the air environment are developed, that practically keeps geoecological parameters of region Medden.

№ 12804

РНБ Русский фонд

2006-4

10610

5/13

Отпечатано в ООО «Оргсервис-2000»

Тираж 100 экз. Заказ № 24/5-19Т

Подписано в печать 24.05.05

Москва, 115419, а/я 774, ул. Орджоникидзе, 3