

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ»**

---

*На правах рукописи*  
УДК 66.0:669

**Худояров Сулейман Рашидович**

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ ИЗ ОТХОДОВ  
СОРБЦИОННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА**

02.00.16 - Химия и технология композиционных материалов

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Ташкент – 2010

Работа выполнена на кафедре «Металлургия» Ташкентского государственного технического университета

**Научный руководитель**

доктор технических наук  
**Якубов Махмуджан Махамаджанович**

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор  
**Искандарова Мастура**

доктор химических наук, профессор  
**Шарипов Хасан Турапович**

**Ведущая организация**

Институт общей и неорганической химии АН РУз

Защита состоится «\_\_»\_\_\_\_\_2010 г. в \_\_\_\_ часов на заседании специализированного совета Д 067.50.01 при Государственном унитарном предприятии «Фан ва тараққиёт» при ТашГТУ по адресу: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного унитарного предприятия «Фан ва тараққиёт» при ТашГТУ им. Беруни.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба, 7а, ГУП «Фан ва тараққиёт» при ТашГТУ, Учёному секретарю специализированного совета Д 067.50.01.

Тел.:(3712)2463928. Факс:(3712)2271273. Электронный адрес:  
[polycomft2009@rambler.ru](mailto:polycomft2009@rambler.ru)

Автореферат разослан «\_\_»\_\_\_\_\_2010 г.

Учёный секретарь  
специализированного  
совета, к.х.н, с.н.с.

М.Г. Бабаханова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

**Актуальность работы.** Одной из важных проблем, отражённых в концепции развития экономики Узбекистана, является рациональное и комплексное использование богатейших минерально-сырьевых ресурсов страны. Одним из приоритетных направлений металлургической промышленности Узбекистана является разработка месторождений и добыча золота, крупнейшие месторождения которого находятся на территории республики.

Республика Узбекистан обладает значительным потенциалом в области производства цветных и благородных металлов. По запасам золота Узбекистан занимает 4-е место в мире, а по добыче и переработке 9-е. Переработка золотосодержащего сырья производится, в основном, методом сорбционного, кучного и бактериального выщелачивания. При сорбционном методе цветные и благородные металлы, а также железо, присутствующие в рудах, переходят в раствор в виде цианистых комплексов, сорбируются на анионообменных смолах, образуя металлополимерную композицию.

Существенным недостатком такого способа является большой расход дорогостоящей, импортируемой из-за рубежа за валюту анионообменной смолы. При анализе технологической схемы сорбционного выщелачивания золота установлено, что основные потери металлополимерной композиции приходятся на щепу и пески отсадки, выделенные в узле выдачи смолы на регенерацию. При этом щепы и пески отсадки вместе с металлополимерной композицией направляются на утилизацию, тем самым смола выводится из технологической схемы и теряется безвозвратно. В настоящее время смола закупается по цене 8-10 долларов США за килограмм. Потери смолы достигают до 6,5% от её суточного потока, что составляет около 0,35 долларов США на 1 т перерабатываемой руды.

Реализация мер в рамках принятой в республике Антикризисной программы предусматривает повышение конкурентоспособности предприятий за счёт введения жёсткого режима экономии, стимулирования снижения производственных затрат и себестоимости продукции.

Одним из эффективных путей снижения себестоимости продукции в золотодобывающей промышленности при сорбционном выщелачивании является сокращение безвозвратных потерь анионообменной смолы. При этом снижение потерь смолы на 5,2% уменьшает на 0,25 долларов США валютные затраты при переработке 1 т золотосодержащей руды.

Таким образом, разработка технологии получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания в золотоизвлектельном производстве является **актуальной**.

**Степень изученности проблемы.** Исследованиями Плаксина И.Н., Ласкорина Б.Н. и многих других учёных доказана целесообразность сорбционного выщелачивания золота, разработаны технологические схемы сорбции, определены все технологические параметры и показатели сорбционного выщелачивания. Однако проблема безвозвратных потерь ионообменной смолы вместе с отходами сорбционного выщелачивания, в

частности, со щепой и песками отсадки, выделенными в узле выдачи смолы на регенерацию, до настоящего времени не была решена. В связи с этим проведение исследований по получению металлополимерной композиции из щепы и песков отсадки, выделенных в узле выдачи смолы на регенерацию, являются актуальными в плане ресурсосбережения при получении золота на золотоизвлекательных заводах Узбекистана, работающих по сорбционной технологии. Кроме того, щепы и пески отсадки оказывают отрицательное влияние на технологические показатели процесса извлечения золота, вызывают повышение расходов реагентов при операции регенерации металлополимерной композиции, забивают дренажи и т.д.

В связи с этим разработку способов получения металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию (щепы и пески отсадки), подбор соответствующих флотореагентов, разработка оптимальных технологических параметров для наиболее полного извлечения металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию, изучение механизма и химических реакций образования ферро- и феррицианидов цветных металлов и железа при цианировании, их влияние на процесс сорбционного выщелачивания и на флотируемость металлополимерной композиции представляют определённый научный и практический интерес в плане экономии дорогостоящей анионообменной смолы, снижения себестоимости готовой продукции.

**Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР.** Исходя из вышеизложенных проблем, диссертационная работа была выполнена в соответствии с планом Государственной научно-технической программы ГНТП-6 по теме № П-6.2.14 «Утилизация фрагментов (сечки) смолы и золота в хвостах сорбционного выщелачивания» (2003-2005 г.г.) в ТашГТУ.

**Цель исследования.** Целью настоящей диссертационной работы является разработка эффективной технологии получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота путём их дополнительной флотации в условиях золотоизвлекательного производства.

**Задачи исследования.** В рамках поставленной цели решались следующие научно-технические задачи:

- проведён аналитический обзор информации, полученной из патентной и научно-технической литературы в области сорбционного выщелачивания золота, флотационных процессов при сорбционном выщелачивании с целью ликвидации безвозвратных потерь металлополимерной композиции с отходами узла выдачи смолы на регенерацию, анализирован и обобщён промышленный опыт в этом направлении, что позволило обосновать выбор направления исследований;
- проведены физико-химические исследования исходных материалов (щепы и песков отсадки, выделенные в узле выдачи смолы на регенерацию);
- проанализированы технологические схемы сорбционного выщелачивания золота с целью выявления основных источников потерь металлополимерной композиции;

- изучены процессы образования ферро- и феррицианидов цветных металлов и железа при цианировании и сорбционном выщелачивании золота, а также установлен ряд напряжённости металлов в ферро- и феррицианидных растворах и построена диаграмма Пурбэ сорбционного выщелачивания золота, которая позволяет в наглядной форме представить термодинамически стабильные состояния соединений в зависимости от величины потенциала и pH;

- проведены исследования по получению металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию и определены оптимальные технологические параметры флотационного извлечения металлополимерной композиции из щепы и песков отсадки узла выдачи смолы на регенерацию;

- проведены исследования по выбору депрессора оптимального состава и определено его влияние на показатели флотации металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию;

- разработана технологическая схема получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота, проведены лабораторные испытания технологии в укрупнённом масштабе;

- произведен расчёт технологических потерь металлополимерной композиции по всем стадиям получения золота методом сорбционного выщелачивания, на основании которого определена экономическая целесообразность получения металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию.

**Объекты и предмет исследования.** Объектами исследований диссертационной работы являются:

- металлополимерная композиция, образующаяся при сорбционном выщелачивании золота из золотосодержащих руд;

- отходы узла выдачи смолы на регенерацию (щепа и пески отсадки).

**Предметом исследования** является установление возможности значительной экономии анионообменной смолы за счёт выделения металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию путём флотации с последующей перемывкой полученного концентрата на сотрясательных столах.

**Методы исследований.** В основу работы положено изучение флотационных процессов при получении металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию, разработка технологической схемы получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота. Исходя из этого, в работе использованы современные физико-механические, химические и физико-химические методы исследований флотационных процессов и отходов узла выдачи смолы на регенерацию. Для расчёта технологических потерь металлополимерной композиции по всем переделам сорбционного выщелачивания использована компьютерная программа.

**Гипотеза исследования** заключается в применении флотации для извлечения металлополимерной композиции из отходов сорбционного

выщелачивания золота (щепы и пески, выделенные в узле выдачи смолы на регенерацию), что приводит к сокращению её потерь с отходами производства.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- химические реакции образования ферро- и феррицианидов железа и цветных металлов при сорбционном выщелачивании золота;
- влияние и выбор оптимальных параметров флотации на степень извлечения металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию (щепы и пески отсадки);
- разработанная технология получения металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию.

**Научная новизна:**

- изучены химические реакции образования ферро- и феррицианидов железа и цветных металлов при цианировании золотосодержащих руд;
- установлено, что образовавшиеся соединения ферро- и феррицианидов, сорбируясь на поверхности металлополимерной композиции, отрицательно влияют на ёмкость и флотационные свойства анионообменной смолы;
- установлен ряд напряжённости металлов в ферро- и феррицианидных растворах с целью определения возможности протекания реакций их образования при цианировании и сорбционном выщелачивании золота;
- построена диаграмма Пурбэ сорбционного выщелачивания золота, дающая возможность в наглядной форме представить термодинамически стабильные состояния соединений в зависимости от величины потенциала и pH;
- установлено, что применение флотации является эффективной при выделении металлополимерной композиции из отходов узла выдачи смолы на регенерацию и нейтрализации отрицательного влияния примазок из ферро- и феррицианидов железа и цветных металлов на сорбционные процессы;
- определено, что для флотации анионообменной смолы АМ-2Б, используемой при сорбционном выщелачивании золота, наиболее эффективным собирателем является алкилсульфат натрия с длиной углеводородной цепочки 16 групп  $\text{CH}_2$ . В качестве депрессора флотационных свойств щепы и пустой породы, содержащихся в песках отсадки, взамен дорогостоящего пищевого продукта крахмала предложен флокулянт полиакриламид;
- определены оптимальные технологические параметры флотации металлополимерной композиции из щепы и песков отсадки, выделенных в узле выдачи смолы на регенерацию. Установлено, что наиболее эффективно флотация протекает при проведении предварительной сорбции собирателя, затем идёт перемешивание пульпы без подачи воздуха. Основная флотация происходит при подаче воздуха, после чего проводится контрольная флотация. Выделение металлополимерной композиции из песков отличается

тем, что с целью снижения потерь смолы перед флотацией необходимо проводить их магнитную сепарацию;

- разработана эффективная технология получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота. По разработанному способу получен Патент РУз UZ IAP 03164 «Способ флотации смолы АМ-2Б в щепе сорбционного выщелачивания».

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Разработанная эффективная технология получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота с использованием недефицитных реагентов и доступного оборудования является новой и вносит определённый вклад в развитие науки о сорбционном выщелачивании золота, обогащают её ранее неизвестными данными по образованию ферро- и феррицианидов цветных металлов и железа и флотации анионообменных смол из щепы и песков отсадки, выделенных в узле выдачи смолы на регенерацию. Ряд напряжённости металлов в ферро- и феррицианидных растворах, а также построенная на этих данных диаграмма Пурбэ могут быть использованы как в теоретических, так и в практических разработках другими исследователями.

Полученные результаты по флотации металлополимерной композиции были использованы при написании двух учебных пособий: 1) Yusupxodjaev A.A., Xudoyarov S.R. Metallurgiyada ishlab chiqarish texnologiyasi. - T.: Turon-Iqbol, 2007. - 128 b.; 2). Yusupxodjaev A.A., Xudoyarov S.R. Metallurgiya nazariyasi asoslari. - T.: Voris, 2007. - 109 b.

Разработанная компьютерная программа расчёта потерь металлополимерной композиции по всем операциям технологической схемы может быть использована на действующих заводах работающих по сорбционной технологии.

Разработанная технология получения металлополимерной композиции на золотоизвлекательном заводе может способствовать экономии анионообменной смолы на стадии её выделения в узле выдачи смолы на регенерацию, что приводит к получению экономической эффективности более 80 млн. сумов в год при переработке 600 т руды в сутки.

**Реализация результатов.** Лабораторные испытания в укрупнённом масштабе по разработанной эффективной технологии получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота проведены на установке, смонтированной в лаборатории «Обогащение полезных ископаемых» факультета Геологии и горного дела ТашГТУ совместно с сотрудниками института «Узрангметлойиха». Разработана схема цепи аппаратов технологии получения металлополимерной композиции из щепы и песков отсадки, выделенных в узле выдачи смолы на регенерацию.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на: НТК «Фан ва техника тараккиётида ёшлар» (Ташкент, ТашГТУ, 2001-2008 г.г.); Четвертом конгрессе обогатителей стран СНГ (Москва, МИСиС, 2004 г.); Республиканской научно-практической

конференции «Интеграция науки, образования и производства» (Ташкент, 2005 г.); Международной конференции «Прогресс в теории и технологии металлургии» (Р. Казахстан, г. Алматы, 19-22 сентября 2006 г.); Республиканской научно-технической конференции «Истиклол -2006» (28-30 сентября 2006 г. г. Навои.); Международной конференции «Истиклол -2007» (г. Навои, 25-27 сентября, 2007 г.); Научно-практическом семинаре преподавателей (Ташкент, 2008 г.); Научно-практической конференции «Инновация - 2008» (Ташкент, 2008 г.).

**Опубликованность результатов.** Основные положения диссертационной работы отражены в опубликованных 22 работах, в том числе в 3 учебных пособиях, 14 статьях, 4 тезисах докладов на республиканских и международных конференциях, получен 1 патент РУз.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения и 5 глав; изложена на 133 страницах компьютерного текста, включает 18 рисунков, 30 таблиц и приложения. Список литературы содержит 101 наименований отечественных и зарубежных источников.

Автор выражает благодарность научному консультанту к.т.н., доценту Степанову Б.А. за методическую помощь и помощь при обсуждении результатов, а также признательность за техническую помощь д.т.н., проф. Юсупходжаеву А.А. и к.т.н., доц. Валиеву Х.Р.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность проблемы получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота, сформулированы цель, задачи и новизна исследований, показана научно-практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** приведён анализ современного состояния, преимущества и недостатки сорбционной технологии переработки золотосодержащих руд. Показана возможность извлечения металлополимерной композиции из пульп флотацией. В результате были сделаны выводы о перспективности применения процесса флотации для получения металлополимерной композиции из таких отходов сорбционного выщелачивания золота, как щепы и пески отсадки, выделенные в узле выдачи смолы на регенерацию.

**Во второй главе** изложены характеристики используемых материалов и описаны методы исследования. В качестве объектов исследования выбраны анионообменная смола марки АМ-2Б, щепы и пески отсадки, выделенные в узле выдачи смолы на регенерацию Марджанбулакской золотоизвлекательной фабрики Навоийского горно-металлургического комбината.

Результаты исследований по распределению щепы и песков по различным классам и содержанию в них металлополимерной композиции представлены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1**

**Распределение щепы по различным классам и содержание металлополимерной композиции в ней**

| Класс, мм | Массовая доля, % | Содержание МПК, % | Распределение МПК, % |
|-----------|------------------|-------------------|----------------------|
| +3        | 48,08            | -                 | -                    |
| -3+1,72   | 6,41             | 3,05              | 1,75                 |
| -1,72     | 45,51            | 24,15             | 98,25                |
| Итого     | 100              | 11,2              | 100                  |

**Таблица 2**

**Распределение песков отсадки по различным классам и содержание металлополимерной композиции в ней**

| Класс, мм  | Массовая доля, % | Содержание МПК, % | Распределение МПК, % | Содержание магнитной фракции, % |
|------------|------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|
| +1,72      | 2,57             | -                 | -                    | 81,99                           |
| -1,72+0,55 | 11,72            | 1,9               | 100                  | 15,48                           |
| -0,55      | 85,71            | -                 | -                    | 0,842                           |
| Итого      | 100              | 0,22              | 100                  | 4,64                            |

Исходная щепа и пески отсадки анализировались на содержание в них металлополимерной композиции, определён гранулометрический состав щепы, песков и металлополимерной композиции. Кроме того, пески отсадки анализировались на содержание в них золота, а также определялся химический состав магнитной фракции, выделенной из песков отсадки. Анализы проводились в лабораториях кафедры «Металлургия» Ташкентского государственного технического университета, Государственной пробирной палаты и в Центральной лаборатории Государственного геологического предприятия «Sharqiy O'zbekiston» методами физического, химического и пробирного анализа.

Статистическая обработка и интерпретация данных выполнялась на ПК Pentium-IV с использованием компьютерной программы с визуализацией результатов на бумажных носителях в виде таблиц и графиков.

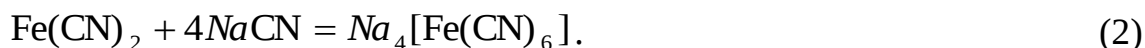
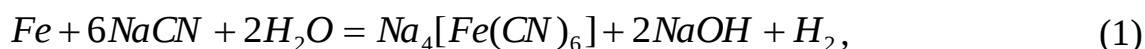
Из анализа полученных данных установлено, что содержание металлополимерной композиции в щепе, выделенной в узле выдачи смолы на регенерацию, составляет 11,2%, а в песках отсадки – 0,22%.

При анализе литературных данных было установлено, что лучшим способом получения металлополимерной композиции является флотация.

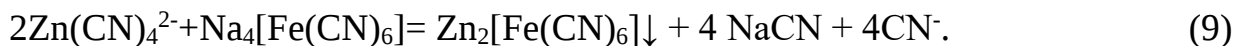
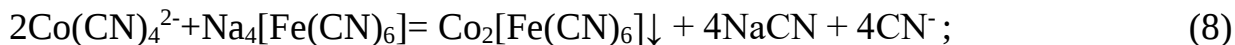
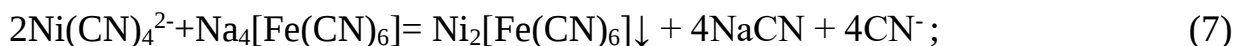
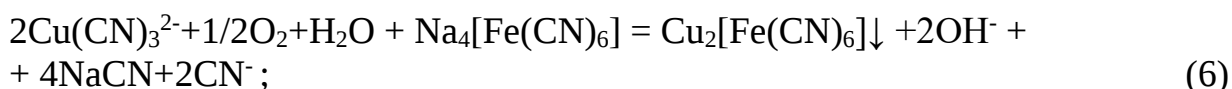
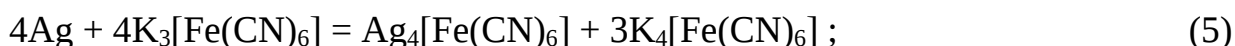
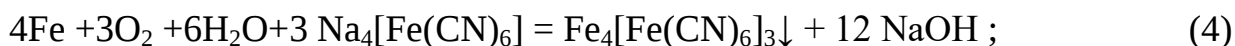
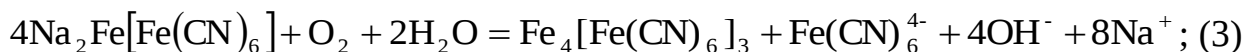
## Изучение процессов образования ферро- и феррицианидов при цианировании и сорбционном выщелачивании золота

Сорбционное выщелачивание золота, несмотря на неоспоримое преимущество, осложнено попутным образованием так называемой примазки.

Образованию примазок способствует наличие в золотосодержащих рудах минералов железа, а также железного скрапа, образовавшегося при истирании мельничных шаров. Тонко измельчённый железный скрап взаимодействует с цианистыми растворами с образованием простого ферроцианида щелочного металла  $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (соль железистосинеродистой кислоты  $\text{H}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ):



Наличие в растворе свободного простого ферроцианида щелочного металла ( $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) приводит к образованию ферро- и феррицианидов железа (II) и цветных металлов по следующими суммарными реакциям:



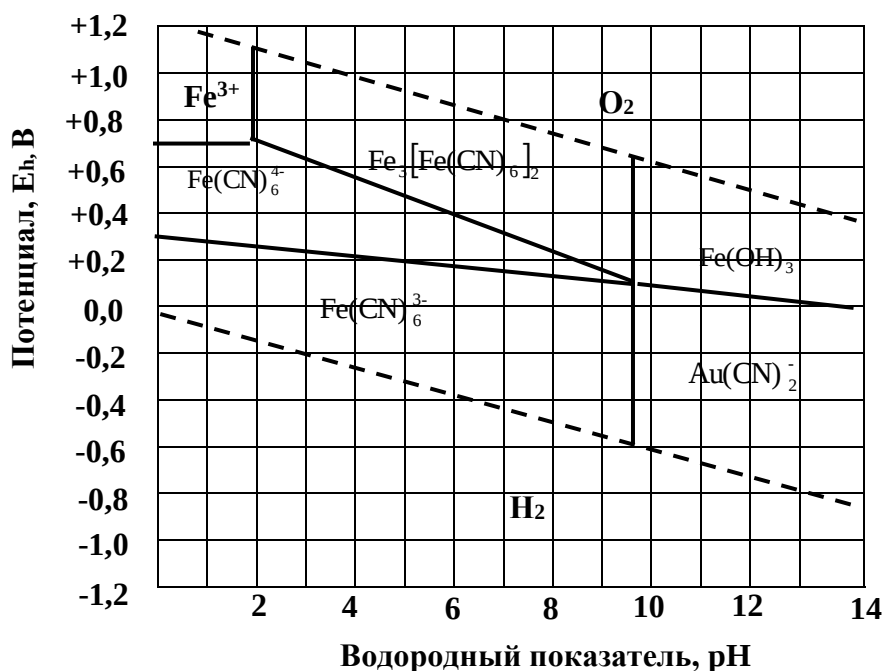
Ферро- и феррицианиды железа и цветных металлов не могут, сорбируясь, проникать в глубь зерна смолы ввиду их крупных размеров, а сорбируются физически – покрывают плёнкой поверхность смолы, что снижает в несколько раз теоретическую ёмкость смолы, а также отрицательно сказывается на гидрофобности зёрен смолы.

Для определения возможности протекания реакций образования ферро- и феррицианидов цветных металлов при цианировании и сорбционном выщелачивании золота установлен ряд напряжённости цветных металлов в ферроцианидных растворах (табл. 3), который был использован при построении диаграммы Eh-pH Пурбэ сорбционного выщелачивания золота (рис.1).

**Таблица 3**

**Ряд напряжённости металлов в ферро- и феррицианидных растворах**

| Электродные реакции                                                                                | $E_0, \text{В}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| $\text{Ag}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + 3 \bar{e} = 3\text{Ag}^0 + \text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$       | +0,366          |
| $\text{Ag}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + 4 \bar{e} = 4\text{Ag}^0 + \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$       | +0,199          |
| $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6 + 4 \bar{e} = 2\text{Cu}^0 + \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$       | +0,103          |
| $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 + 12 \bar{e} = 4\text{Fe}^0 + 3\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ | -0,219          |
| $\text{Ni}_2\text{Fe}(\text{CN})_6 + 4 \bar{e} = 2\text{Ni}^0 + \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$       | -0,47           |
| $\text{Co}_2\text{Fe}(\text{CN})_6 + 4 \bar{e} = 2\text{Co}^0 + \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$       | -0,497          |
| $\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{CN})_6 + 4 \bar{e} = 2\text{Zn}^0 + \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$       | -0,993          |



Температура 25°C, общее давление 1 атм

**Рис. 1. Диаграмма Пурбэ сорбционного выщелачивания золота**

Из диаграммы Пурбэ видно, что при значениях  $\text{pH} > 9,63$  в растворе преобладает поле ионов  $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ , а при значениях  $\text{pH} < 9,63$  преобладают поля ферро – и феррицианидов (рис. 1).

Образование ферро- и феррицианидов возможно сократить увеличением рН цианистых растворов. Однако ряд условий ведения цианистого процесса не позволяет повышать концентрацию щёлочи, так как это приводит к понижению скорости растворения золота и серебра. Падение скорости растворения золота с ростом концентрации щёлочи в растворе происходит вследствие возникновения на поверхности металла тонкой плёнки в результате взаимодействия гидрата оксида натрия или кальция с поверхностью металла. Кроме того, в присутствии щёлочи значительно усиливается взаимодействие цианистого раствора с некоторыми минералами, присутствующими в золотосодержащих рудах, что приводит к понижению селективности цианирования.

Плёнка ферроцианидов легко снимается с поверхности металлополимерной композиции (насыщенной смолы) при перемешивании.

Снятая со смолы плёнка ферроцианидов сорбируется щепой и крупными частицами пустой породы (пески). Лучшим способом освобождения металлополимерной композиции от пустой породы и щепы является флотация во флотомашинах с пневматическим перемешиванием.

Таким образом, применение флотации для получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота становится действенным методом разделения металлополимерной композиции от примазок (ферро- и феррицианидов).

#### **Исследования по получению металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота**

В лабораторных условиях изучалось влияние типа собирателя, его расхода, времени флотации и вида депрессора на показатели получения металлополимерной композиции (насыщенной смолы) из щепы и из песков отсадки, выделенных в узле выдачи смолы на регенерацию.

Выбор собирателя определялся по показателям выделения металлополимерной композиции (смола АМ-2Б) в пенные продукты при одинаковых условиях для бутилового ксантогената, олеата натрия и алкилсульфата натрия.

Установлено, что для флотации анионообменной смолы АМ-2Б оптимальным является анионообменный собиратель алкилсульфат натрия с длиной углеводородной цепочки 16 групп  $\text{CH}_2$  (табл. 4).

Для определения необходимого расхода собирателя алкилсульфата натрия была проведена флотация ненасыщенной набухшей анионообменной смолы марки АМ-2Б из чистых растворов.

В результате проведённых исследований выявлено, что оптимальный показатель извлечения чистой (ненасыщенной) смолы в пенный продукт достигается при расходе собирателя 40-45 мг/кг смолы (рис. 2). Дальнейшее увеличение его расхода не приводит к увеличению степени извлечения смолы в пенный продукт.

Таблица 4

## Результаты флотации смолы АМ-2Б различными собирателями

| Название реагента     | Выход пенного продукта, % | Извлечение смолы, % | Формула собирателя                                                              | Структура радикала           |
|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Алкилсульфат натрия   | 61,2                      | 94,12               | $\text{R} \text{---} \text{C}_6\text{H}_{11} \text{---} \text{SO}_3\text{Na}^+$ | $\text{C}_{16}\text{H}_{33}$ |
|                       |                           |                     | $[\text{R-O-SO}_3]^- \text{Na}^+$                                               | $\text{C}_8\text{H}_{17}$    |
| Олеат натрия          | 56,3                      | 84,7                | $[\text{R-O-SO}_3]^- \text{Na}^+$                                               | $\text{C}_{17}\text{H}_{33}$ |
| Бутиловый ксантогенат | 17,5                      | 16,3                | $\text{R-O-C} \begin{matrix} \text{=S} \\ \text{S K} \end{matrix}$              | $\text{C}_4\text{H}_9$       |

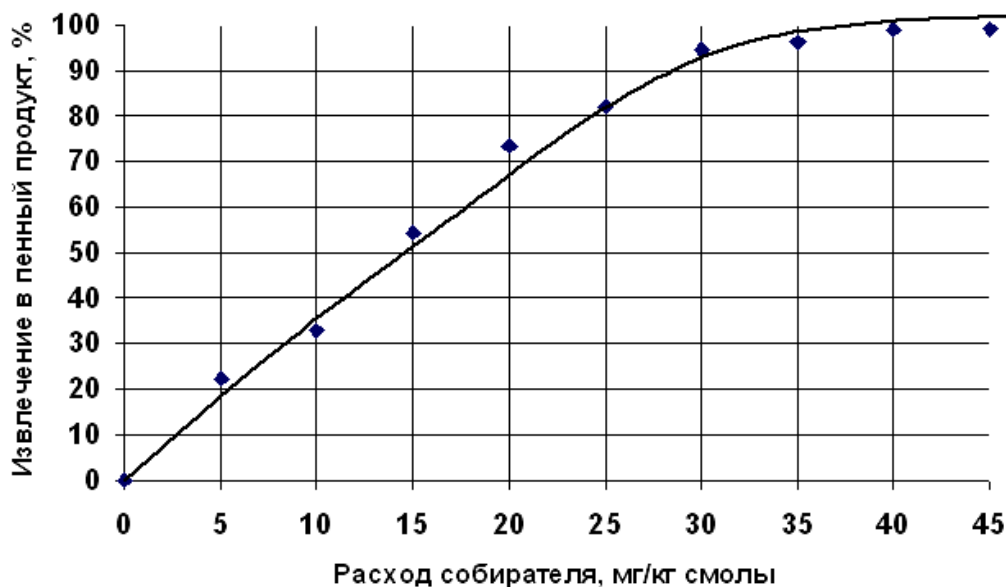
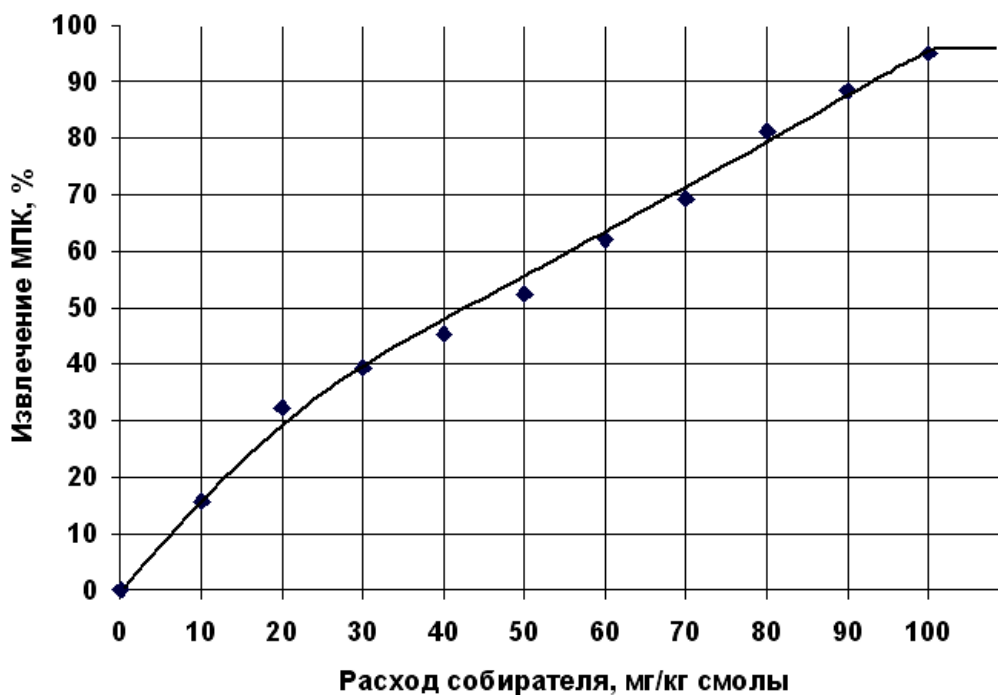


Рис. 2. Зависимость степени извлечения ненасыщенной смолы в пенный продукт от расхода собирателя

При флотации металлополимерной композиции (насыщенной смолы) из щепы при расходе собирателя 40-45 мг/кг смолы достичь высоких показателей извлечения, полученных при флотации смолы из чистых водных растворов, не удаётся.

В связи с этим расход собирателя был повышен в 2,5-3 раза, а оптимальный расход составил 97-100 мг/кг смолы при извлечении металлополимерной композиции 95%. Увеличение расхода собирателя объясняется тем, что часть его адсорбируется на поверхности щепы (рис. 3).



**Рис. 3. Зависимость извлечения металлополимерной композиции из щепы в пенный продукт от расхода собирателя**

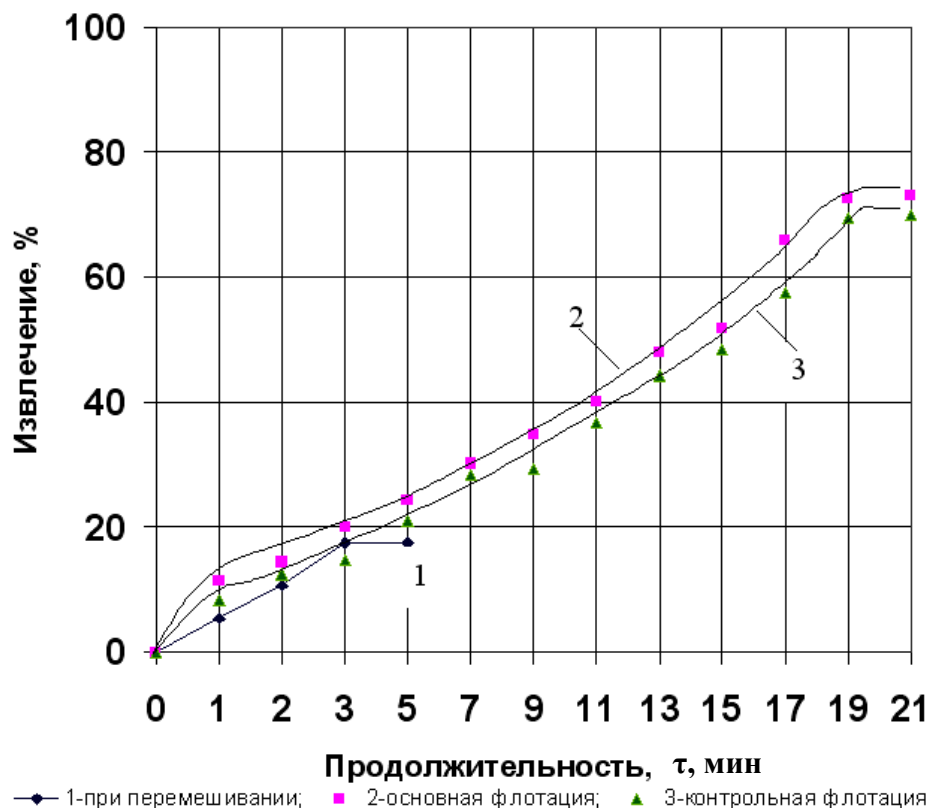
Были проведены исследования зависимости степени извлечения металлополимерной композиции из щепы в пенный продукт от продолжительности флотации. Среднее содержание металлополимерной композиции в исследуемой щепе - 27,16%, общий расход собирателя 100 мг/кг смолы, отношение Ж:Т = 20:1, расход депрессора (полиакриламида) – 100 мг/кг твердого.

Согласно полученным данным по флотации металлополимерной композиции, содержащейся в щепе, была построена зависимость степени её извлечения от продолжительности флотации (рис. 4).

При перемешивании пульпы во флотокамере без подачи воздуха на 3-ей минуте переход смолы в пенный продукт (извлечение смолы) прекращается (рис. 4, кривая 1). Это объясняется тем, что без воздуха, в основном, всплывает смола более мелких классов, крупная же смола, даже адсорбировавшая на поверхность собиратель, имея больший вес, при перемешивании без подачи воздуха не всплывает и для её флотации необходима подача воздуха.

Для доизвлечения остатков металлополимерной композиции из хвостов, полученных при перемешивании, в объём флотокамеры при помощи компрессора подаётся воздух. Так как основная масса металлополимерной композиции доизвлекается на данном этапе флотации, то этот этап является основной флотацией. Продолжительность основной флотации определялась погашением пенообразования и прекращением извлечения металлополимерной композиции в пенный продукт. Из хода

кривой 2 рис. 4 видно, что на 19-ой минуте прекращается переход металлополимерной композиции в пенный продукт.



**Рис. 4. Зависимость степени извлечения металлополимерной композиции, содержащейся в щепе, от продолжительности флотации**

Погашение пенообразования объясняется недостаточностью реагента-собирающего, так как основная его часть была адсорбирована на поверхности выделенных при основной флотации концентратов (пенных продуктов).

Для возобновления процесса флотации и для доизвлечения остатков металлополимерной композиции из хвостов основной флотации во флотокамеру был добавлен собиратель в количестве 50 мг/кг смолы. При подаче воздуха пенообразование возобновилось. Данный этап является контрольной флотацией. Продолжительность контрольной флотации определялась прекращением перехода металлополимерной композиции в пенный продукт. В результате было установлено, что продолжительность контрольной флотации составила 20 мин (рис. 4, кривая 3). Дальнейшее увеличение продолжительности флотации не приводит к увеличению степени извлечения металлополимерной композиции.

По результатам исследования определен режим флотации металлополимерной композиции, содержащейся в щепе, который включает следующие стадии:

- предварительная сорбция собирателя в течение 24 часов;
- перемешивание пульпы без подачи воздуха в течение 3-х минут;

- основная флотация продолжительностью 19 минут;
- контрольная флотация продолжительностью 20 минут.

При флотации металлополимерной композиции из щепы в пенный продукт со смолой переходят остатки мелкой щепы, что приводит к получению загрязнённого продукта. Для сокращения перехода остатков мелкой щепы в пенные продукты её необходимо депрессировать. Для депрессии флотационных свойств щепы были использованы такие депрессоры, как крахмал и применяемый в операциях сгущения полиакриламид (ПАА). Для депрессии щепы расход стандартного раствора крахмала и полиакриламида составил каждого по 100 мг/кг твёрдого (табл. 5).

**Таблица 5**

**Зависимость выхода пенного продукта и степени извлечения металлополимерной композиции от типа депрессора**

| Тип флотации                  | Вид депрессора               | Масса твердого в пульпе, г. | Количество МПК в навеске, г | Суммарный выход пенного продукта |      | Суммарное содержание МПК в пенном продукте |      | Извлечение МПК, % |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------|--------------------------------------------|------|-------------------|
|                               |                              |                             |                             | %                                | г    | %                                          | г    |                   |
| Перемешивание (3 мин)         | стандартный раствор крахмала | 9,50                        | 2,45                        | 6,9                              | 0,66 | 74,24                                      | 0,49 | 20,00             |
| Основная флотация (19 мин)    |                              | 8,84                        | 1,96                        | 35,8                             | 3,16 | 47,30                                      | 1,49 | 76,00             |
| Контрольная флотация (20 мин) |                              | 5,68                        | 0,47                        | 28,6                             | 1,62 | 24,70                                      | 0,40 | 85,11             |
| Всего                         |                              |                             |                             | 57,26                            | 5,44 | 39,8                                       | 2,38 | 97,14             |
| Перемешивание (3 мин)         | полиакриламид                | 9,50                        | 2,52                        | 6,70                             | 0,64 | 82,81                                      | 0,53 | 21,03             |
| Основная флотация (19 мин)    |                              | 8,86                        | 1,99                        | 35,1                             | 3,11 | 50,16                                      | 1,56 | 78,3              |
| Контрольная флотация (20 мин) |                              | 5,75                        | 0,43                        | 26,2                             | 1,51 | 24,5                                       | 0,37 | 86,8              |
| Всего                         |                              |                             |                             | 55,37                            | 5,26 | 46,77                                      | 2,46 | 97,62             |

Полученные результаты флотации позволяют рекомендовать использование недефицитного полиакриламида при флотации металлополимерной композиции в качестве депрессора взамен дефицитного, дорогостоящего пищевого продукта – крахмала.

Для определения оптимальных условий извлечения металлополимерной композиции из песков отсадки были проведены следующие исследования:

- изучение влияния магнитной фракции на степень извлечения металлополимерной композиции;
- изучение влияния расхода собирателя на показатели извлечения металлополимерной композиции;
- изучение влияния продолжительности флотации на показатель извлечения металлополимерной композиции;
- исследование влияния депрессора на извлечение металлополимерной композиции.

Было установлено, что в песках отсадки содержится железный скрап, который снижает показатели флотации металлополимерной композиции.

Для исследования влияния магнитной фракции на показатели извлечения металлополимерной композиции из песков отсадки в пенный продукт были проведены исследования по флотации металлополимерной фракции, содержащейся в песках отсадки с магнитной фракцией и в песках отсадки с предварительно выделенной из них магнитной фракции.

Реагентный режим флотации металлополимерной композиции: общий расход собирателя алкилсульфата натрия 100 мг/кг смолы, отношение Ж:Т = 20:1, расход депрессора (полиакриламида) – 100 мг/кг твердого. Результаты флотации металлополимерной композиции, содержащейся в песках отсадки, приведены в табл. 6.

**Таблица 6**

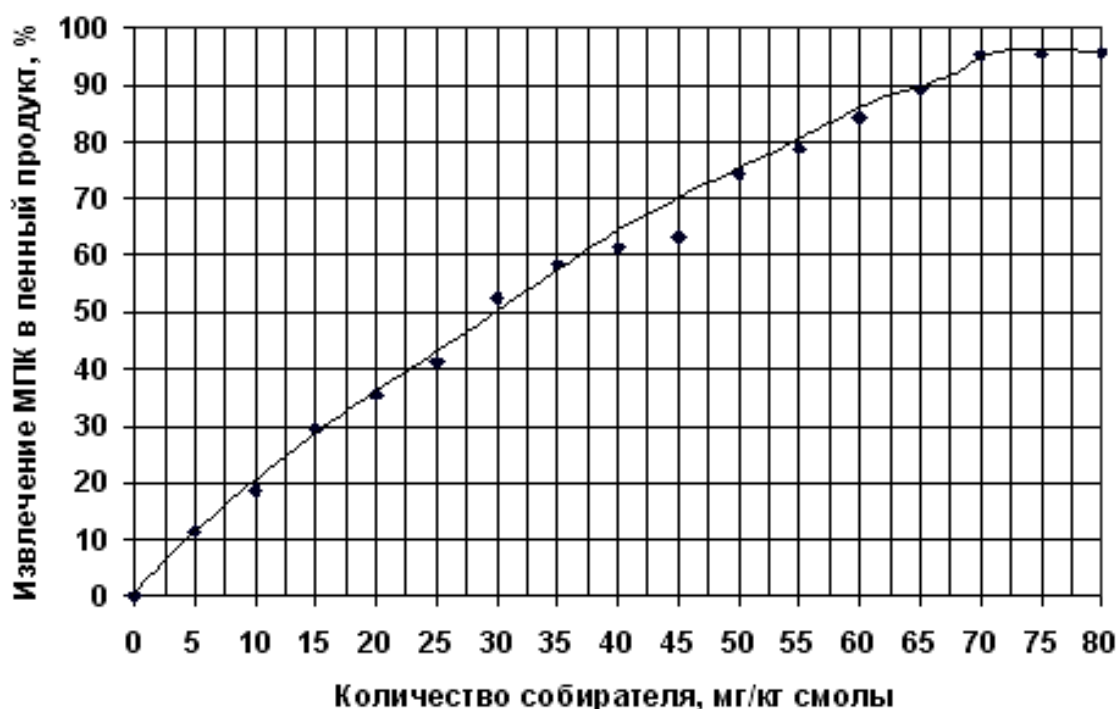
**Влияние магнитной фракции на показатели извлечения металлополимерной (МПК) композиции, содержащейся в песках отсадки**

|                        | Песок с магнитной фракцией |                                     |                   | Песок без магнитной фракции |                                     |                   |
|------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------|
|                        | выход пенного продукта, %  | содержание МПК в пенном продукте, % | извлечение МПК, % | выход пенного продукта, %   | содержание МПК в пенном продукте, % | извлечение МПК, % |
| Исходные пески отсадки | 100                        | 1,833                               | 100               | 100                         | 1,48                                | 100               |
| Перемешивание          | 1,5                        | 16,95                               | 13,78             | 3,7                         | 8,89                                | 22,3              |
| Основная флотация      | 4,4                        | 14,98                               | 36,12             | 7,5                         | 9,78                                | 49,78             |
| Контрольная флотация   | 3,4                        | 12,62                               | 23,40             | 8,6                         | 4,2                                 | 24,48             |
| Хвосты флотации        | 90,7                       | 0,54                                | 26,7              | 80,2                        | 0,063                               | 3,44              |

Извлечение металлополимерной композиции во флотационный концентрат из песков отсадки без магнитной фракции составляет 96,56%, что намного превышает показатель извлечения металлополимерной композиции из песков с магнитной фракцией (73,3%). Это говорит о необходимости отделения магнитной фракции из песков отсадки перед проведением флотации.

Для определения оптимального расхода собирателя при флотации металлополимерной композиции из песков отсадки флотации подвергались пески отсадки класса  $-1,72 + 0,55$  мм с предварительно выделенной из них магнитной фракцией.

На рис. 5 приведены результаты экспериментов по исследованию влияния расхода собирателя на степень извлечения металлополимерной композиции из песков отсадки, из которых можно заключить, что при флотации металлополимерной композиции из песков отсадки оптимальный расход собирателя составил 70-75 мг/кг смолы при извлечении смолы 97,22%. Дальнейшее увеличение расхода собирателя не приводит к повышению извлечения металлополимерной композиции в пенный продукт.



**Рис. 5. Зависимость степени извлечения металлополимерной композиции (МПК) из песков отсадки от расхода собирателя**

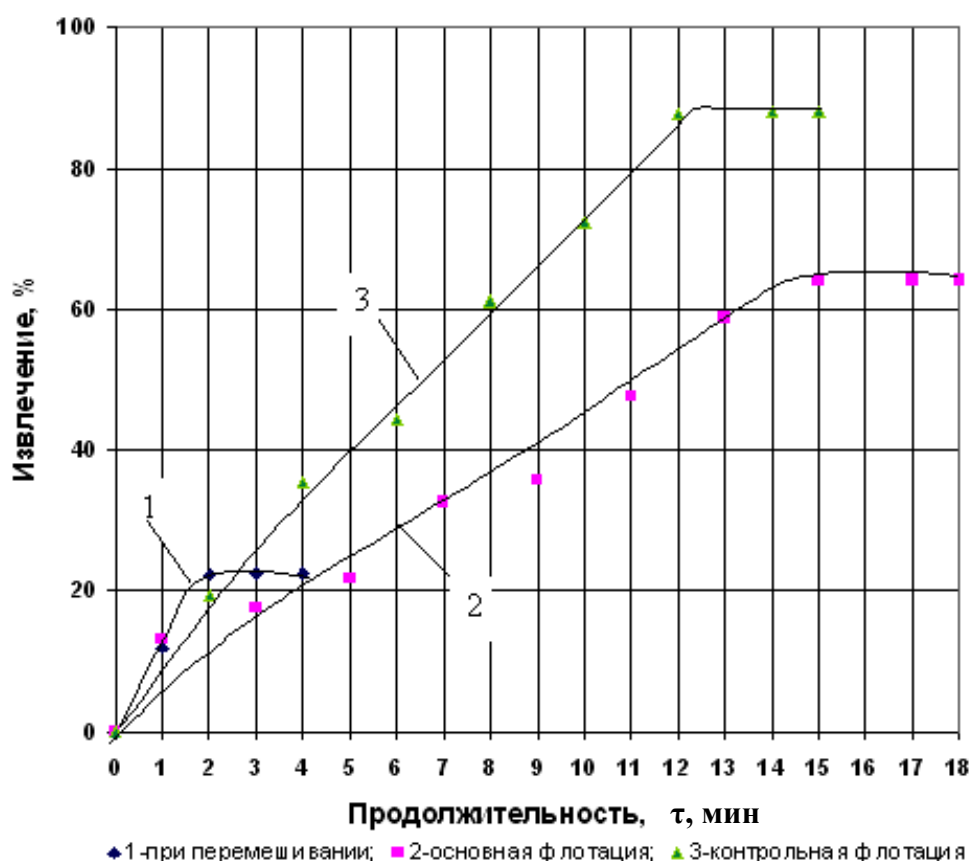
Для определения влияния продолжительности флотации на степень извлечения металлополимерной композиции были отобраны пески отсадки класса  $-1,72 + 0,55$  мм с предварительно выделенными из них магнитными фракциями.

По полученным данным построена зависимость степени извлечения металлополимерной композиции в пенный продукт от продолжительности флотации (рис. 6).

Максимальная степень извлечения металлополимерной композиции при перемешивании без подачи воздуха достигается через 2 минуты, при этом из песков отсадки извлекается 22% смолы (рис. 6, кривая 1).

Для выделения остального количества металлополимерной композиции из песков отсадки во флотокамеру подаётся воздух. На данном этапе доизвлекается основное количество содержащейся в песках отсадки металлополимерной композиции - 50% (основная флотация) (рис. 6, кривая 2). Продолжительность флотации на данном этапе составила 15 минут.

Для доизвлечения остатков металлополимерной композиции из хвостов основной флотации в пульпу добавляется собиратель в количестве 35 мг/кг смолы. При этом из хвостов основной флотации доизвлекается 24,6% металлополимерной композиции, содержащейся в песках отсадки (рис. 6, кривая 3). Продолжительность флотации, при которой достигается максимальное значение извлечения металлополимерной композиции, составляет 12 мин. Общее сквозное извлечение металлополимерной композиции из песков отсадки составляет 96,56%.



**Рис. 6. Зависимость степени извлечения металлополимерной композиции, содержащейся в песках отсадки, от продолжительности флотации**

При флотации металлополимерной композиции из песков отсадки, как и при флотации металлополимерной композиции из щепы, во флотационный концентрат переходят совместно с металлополимерной композицией мелкие классы песков и щепы. Для депрессии флотационных свойств названных продуктов были также использованы полиакриламид и крахмал.

Расход стандартного раствора крахмала и полиакриламида принят равным 100 мг/кг твёрдого. Результаты исследований приведены в табл. 7.

Сравнивая данные, полученные при использовании в качестве депрессора полиакриаламида, так же, как и в случае флотации металлополимерной композиции из щепы, можно сказать, что ценный пищевой дорогостоящий крахмал можно успешно заменить на реагент полиакриламид.

**Таблица 7**

**Зависимость выхода пенного продукта и степени извлечения  
металлополимерной композиции от типа депрессора**

| Тип флотации                  | Вид депрессора               | Масса твердого в пульпе, г. | Количество МПК в навеске, г | Суммарный выход пенного продукта |      | Суммарное содержание МПК в пенном продукте |       | Извлечение МПК, % |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------|--------------------------------------------|-------|-------------------|
|                               |                              |                             |                             | %                                | г    | %                                          | г     |                   |
| Перемешивание (2 мин)         | стандартный раствор крахмала | 10,5                        | 0,18                        | 3,5                              | 0,37 | 10,3                                       | 0,038 | 21,3              |
| Основная флотация (15 мин)    |                              | 10,13                       | 0,14                        | 7,2                              | 0,73 | 12,33                                      | 0,09  | 63,8              |
| Контрольная флотация (12 мин) |                              | 9,4                         | 0,05                        | 8,6                              | 0,81 | 5,44                                       | 0,044 | 88,2              |
| Всего                         |                              |                             |                             | 18,2                             | 1,91 | 9,0                                        | 0,172 | 95,56             |
| Перемешивание (2 мин)         | полиакриламид                | 10,5                        | 0,18                        | 2,76                             | 0,29 | 14,48                                      | 0,042 | 23,3              |
| Основная флотация (15 мин)    |                              | 10,21                       | 0,138                       | 6,67                             | 0,68 | 12,79                                      | 0,087 | 63,04             |
| Контрольная флотация (12 мин) |                              | 9,53                        | 0,051                       | 8,08                             | 0,77 | 5,97                                       | 0,046 | 90,2              |
| Всего                         |                              |                             |                             | 16,57                            | 1,74 | 10,0                                       | 0,175 | 97,22             |

### Технологические, практические и экономические аспекты разработанной технологии

Лабораторные испытания в укрупнённом масштабе проведены при отработанных в лабораторных условиях оптимальных параметрах. Результаты укрупнённых лабораторных испытаний приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Результаты укрупнённых лабораторных исследований**

| Наименование перерабатываемого материала | Исходный вес, кг | Содержание металло-полимерной композиции в исходном материале, % | Выход пенного продукта, % | Содержание металло-полимерной композиции в пенном продукте, % | Извлечение металло-полимерной композиции, % |
|------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Щепа                                     | 15,0             | 25,32                                                            | 53,65                     | 44,41                                                         | 94,3                                        |
| Песок                                    | 15,0             | 1,8                                                              | 18,82                     | 9,2                                                           | 96,22                                       |

На основании проведенных лабораторных исследований в укрупнённом масштабе была разработана усовершенствованная технология получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания.

Предлагаемая технология предусматривает извлечение металлополимерной композиции из щепы, направляемой по действующей технологии на сжигание, и из песков отсадки, направляемых по действующей технологии на доизмельчение.

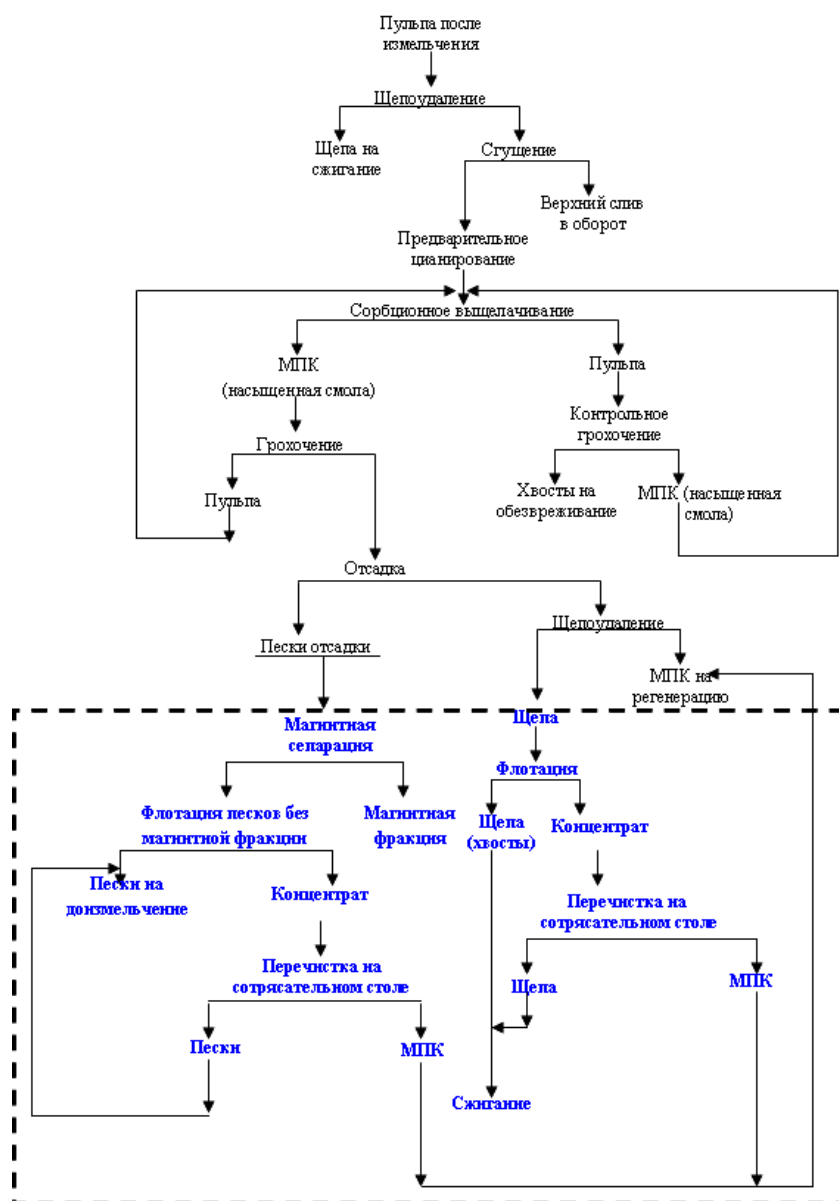
Технология получения металлополимерной композиции из щепы, выделенной в узле выдачи смолы на регенерацию, включает в себя следующие переделы: грохочение исходного продукта; сорбцию реагентов; предварительное перемешивание; основную флотацию хвостов перемешивания; контрольную флотацию хвостов основной флотации; перечистку полученных концентратов на сотрясательном столе (микропаннере).

Технология получения металлополимерной композиции из песков отсадки включает в себя следующие переделы: двухстадийное грохочение исходного продукта; магнитная сепарация (для выделения магнитной фракции); сорбция реагентов; предварительное перемешивание; основная флотация хвостов перемешивания; контрольная флотация хвостов основной флотации; перечистка полученных концентратов на сотрясательном столе (микропаннере).

Принципиальная технологическая схема сорбционного выщелачивания золотосодержащих руд, включающая разработанную технологию получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания (на рисунке обведена пунктирными линиями), приведена на рис. 7.

Расчёт технологической схемы получения металлополимерной композиции из щепы и из песков отсадки для золотоизвлекательного завода с условной суточной производительностью по руде 600 т показал, что потери смолы с щепой сокращаются в 14 раз, а с песками отсадки в 3,7 раза. Общие потери смолы при использовании рекомендуемой технологии получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания снижаются с 6,5 до 1,29%, а ожидаемая годовая экономия расходов на

приобретение смолы (экономический эффект) составит более 80 млн сум в год.



**Рис. 7. Принципиальная технологическая схема сорбционного выщелачивания золота**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При анализе действующих технологических схем сорбционного выщелачивания золота установлено, что основные потери металлополимерной композиции (насыщенная смола) происходят в узле выдачи смолы на регенерацию, а источниками потерь являются щепа и пески отсадки. Для сокращения указанных потерь предложено проводить дополнительную флотацию металлополимерной композиции, как из пульпы сорбционного выщелачивания, так и из щепы и из песков отсадки, выделенных в узле выдачи смолы на регенерацию.

2. Установлено, что сорбционное выщелачивание золота осложнено попутным образованием примазок (илов), представляющих собой композиции на основе ферро- и феррицианидов железа и цветных металлов, образованию которых способствует наличие в золотосодержащих рудах минералов железа, а также железного скрапа, образовавшегося при истирании мельничных шаров, которые из-за крупных размеров не проникают вглубь зерна металлополимерной композиции, а сорбируются физически, покрывая поверхность смолы плёнкой, прекращают доступ собирателя к поверхности смолы и снижают её ёмкость и гидрофобность, что отрицательно влияет на флотацию металлополимерной композиции.

3. Изучены химические реакции, протекающие при образовании ферро- и феррицианидов железа и цветных металлов при цианировании золотосодержащих руд. На основании полученных данных установлен ряд напряжённости металлов в ферроцианидных растворах с целью определения возможности протекания реакций.

4. Построена диаграмма Пурбэ сорбционного выщелачивания золота, дающая возможность в наглядной форме представить термодинамически стабильные состояния соединений в зависимости от величины потенциала и pH.

5. Разработана эффективная технология получения металлополимерной композиции из отходов (щепа и пески отсадки, выделенные в узле выдачи смолы на регенерацию) сорбционного выщелачивания золота с использованием недефицитных реагентов и доступного оборудования, которая включает в себя следующие переделы: одно- или двухстадийное грохочение исходного продукта; магнитная сепарация для песков отсадки; сорбция реагентов; предварительное перемешивание; основная флотация хвостов перемешивания; контрольная флотация хвостов основной флотации; перечистка полученных концентратов на сотрясательном столе (микропаннере).

6. Определены оптимальные технологические параметры получения металлополимерной композиции из щепы и из песков отсадки, выделенных в узле выдачи смолы на регенерацию, которые включают:

- режим флотации (условия, продолжительность) металлополимерной композиции, содержащейся в щепе и песках отсадки;
- расход собирателя и расход депрессора для эффективной флотации металлополимерной композиции.

7. Произведён расчёт технологической схемы разработанной технологии получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота с использованием компьютерной программы, результаты которого показали, что потери металлополимерной композиции с щепой сокращаются в 14 раз, а с песками отсадки в 3,7 раза.

8. В лаборатории «Обогащение полезных ископаемых» ТашГТУ проведены лабораторные испытания в укрупнённом масштабе по предлагаемой технологии. Полученные положительные результаты подтвердили данные лабораторных исследований, в результате которых

извлечение металлополимерной композиции из щепы повысилось до 94,3%, а из песков отсадки – до 96,22%.

9. Выполнен расчёт ожидаемой экономической эффективности разработанной технологии получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота для золотоизвлекательной фабрики с условной суточной производительностью по руде 600 т в сутки, который показал, что за счёт дополнительного получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания прибыль составит более 80,0 млн сум в год.

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. Идрисов Р., Худояров С.Р. Извлечение остатков смолы АМ-2Б методом флотации // Фан ва техника тараққиётида ёшлар мавзусидаги иктидорли талабаларнинг илмий-амалий анжумани: Тез. докл. – Ташкент, 2002. - № 3. – С. 136.

2. Степанов Б.А., Худояров С.Р., Стулов А.В. Утилизация фрагментов (сечки) смолы в хвостах сорбционного выщелачивания // Вестник ТашГТУ. –Ташкент, 2002. - № 4. - С. 122-124.

3. Стулов А.В. , Худояров С.Р. Распределение фрагментов смолы между продуктами сорбционного выщелачивания // Фан ва техника тараққиётида ёшлар» мавзусидаги иктидорли талабаларнинг учунчи илмий-амалий анжумани: Тез. докл. -Ташкент, 2003. -№ 3. – С.158 -159.

4. Степанов Б.А., Худояров С.Р. Отмывка нагруженной смолы от меди и железа // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2003. - № 2. - С. 119-121.

5. Степанов Б.А., Худояров С.Р., Стулов А.В., Синяшина И.В., Шарапов С.Т. Флотация фрагментов ионообменных смол из хвостов золотоизвлекательных фабрик // IV конгресс обогатителей стран СНГ: Тез. докл. - Москва, 2003. – № 1. - С. 168-170.

6. Степанов Б.А., Худояров С.Р., Стулов А.В., Якубов М.М., Юсупходжаев А.А. Способ флотации смолы АМ-2Б в щепе сорбционного выщелачивания золота. Патент РУз на изобретение № IAP 03164. Приоритет от 27.11.2003.

7. Степанов Б.А., Худояров С.Р., Стулов А.В. Поведение железа, меди, серебра и золота в оборотных растворах цианирование – сорбция // Вестник ТашГТУ, 2004. - № 1. - С. 212-215.

8. Стулов А.В., Худояров С.Р. Ряд напряжений цветных металлов в ферроцианидных растворах // Фан ва техника тараққиётида ёшлар» мавзусидаги иктидорли талабаларнинг тўртинчи илмий-амалий анжумани: Тез. докл. - Ташкент, 2004. - № 3. – С. 71 - 73.

9. Степанов Б.А., Худояров С.Р. Проблема вовлечения в переработку упорных руд в металлургии благородных металлов / Проблемная лекция по курсу «Металлургия благородных металлов». - Ташкент, ТашГТУ, 2004. - 13 с.

10. Степанов Б.А., Худояров С.Р. Утилизация магнитной фракции сорбционного выщелачивания // Сб. науч. статей Международной научной конференции INNOVATOIN - 2005. - Ташкент, 2005. - С. 171-172.
11. Степанов Б.А., Худояров С.Р. Флотация в сорбционном выщелачивании // Вестник ТашГТУ: Специальный выпуск, посвящённый Республиканской научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства». - Ташкент, 2005. - С. 29-31.
12. Сайназаров А.М., Худояров С.Р. Выбор рациональной схемы утилизации смолы в сорбционном выщелачивании // TEXNIKA YULDUZLARI. - Ташкент, 2006. - № 1. - С. 157-159.
13. Ахмедова Е.Р., Худояров С.Р. Переработка песков отсадки сорбционного выщелачивания // TEXNIKA YULDUZLARI. -Ташкент, 2006. - № 2. - С. 124-126.
14. Абдурахмонов С.А., Холикулов Д.Б., Худояров С.Р. Статистическая обработка показателей ионной флотации металлов из сернокислых растворов // Сб. науч. статей Республиканской научно-технической конференции «Истиклол». - Навои, 2006. - С. 252 -254.
15. Yusupxodjaev A.A., Xudoyarov S.R. Metallurgiyada ishlab chiqarish texnologiyasi. - T.: Turon-Iqbol, 2007. - 128 b.
16. Yusupxodjaev A.A., Xudoyarov S.R. Metallurgiya nazariyasi asoslari. - T.: Voris, 2007. - 109 b.
17. Якубов М.М., Худояров С.Р. Технология сокращения потерь ионообменной смолы при сорбционном выщелачивании золота // Сб. науч. статей Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы интеграции науки, образования и производства». - Ташкент, 2008. - С.252- 254.
18. Шообидов Ш.А., Якубов М.М., Худояров С.Р. Исследование флотационного выделения ионообменной смолы из щепы и песков сорбционного выщелачивания золота // Сб. науч. статей Международной научной конференции INNOVATOIN - 2008. - Ташкент, 2008. - С. 27-28.
19. Юсупходжаев А.А., Валиев Х.Р., Худояров С.Р. Термопарообработка сульфидных концентратов // Композиционные материалы. – Ташкент, 2009. - № 1. - С. 86-88.
20. Юсупходжаев А.А., Валиев Х.Р., Худояров С.Р. Исследование извлечения ценных компонентов из хвостов МОФ АГМК обогатительными методами // Композиционные материалы. –Ташкент, 2009. - № 2. - С. 66.
21. Якубов М.М., Юсупходжаев А.А., Худояров С.Р., Валиев Х.Р., Негматов С.С. Разработка ресурсосберегающей технологии переработки золотосодержащих руд // Композиционные материалы. –Ташкент, 2009. - № 2. - С. 68-69.
22. Якубов М.М., Худояров С.Р. Рациональная технология сокращения потерь смолы при сорбционном выщелачивании // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2009. - № 4. - С. 57-59.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Худояров Сулейман Рашидовичнинг 02.00.16 - Композицион материаллар кимёси ва технологияси ихтисослиги бўйича «Олтинни сорбцион танлаб эритиш чиқитларидан металлполимер композиция олишнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги диссертациясининг

### **РЕЗЮМЕСИ**

**Таянч (энг муҳим) сўзлар:** сорбция, танлаб эритиш, металлполимер композиция, анионалмашувчи қатрон, ёғоч тилими, чўктириш, кумлар, регенерация, ферроцианидлар, флотация.

**Тадқиқот объектлари:** олтин сақловчи рудалардан олтинни сорбцион танлаб эритишда ҳосил бўладиган металлполимер композиция. Қатронни регенерацияга тайёрлаш бўғинида ажратиб олинган чиқиндилар (ёғоч тилими ва кумлар).

**Ишнинг мақсади:** олтин ишлаб чиқариш саноати шароитида қўшимча флотация усули билан сорбцион танлаб эритиш чиқиндиларидан металлполимер композиция олишнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқот методлари:** ишда флотацион жараёнлар ва регенерацияга тайёрлаш бўғинида ажратиб олинган чиқиндиларни тадқиқот қилишда физико-механик, кимёвий ва физика-кимёвий усуллар қўлланилди. Сорбцион танлаб эритиш жараёнининг барча қайта ишлаш бўлимларида металлполимер композициянинг технологик йўқолишларини ҳисоблаш учун компьютер программа қўлланилган.

**Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги:** Олиб борилган тадқиқотлар натижасида, олтинни сорбцион танлаб эритишда ферро- ва феррицианидлар ҳосил бўлиш кимёвий реакциялари ўрганилган. Ҳосил бўлган ферро- ва феррицианидларнинг анионалмашувчи қатроннинг сизими ва флотацион хусусиятларига салбий таъсир этиши аниқланди. Металларни ферро- ва феррицианид эритмаларидаги кучланиш қатори аниқланди ва олтинни сорбцион танлаб эритишнинг Пурбэ диаграммаси тузилди. Қатронни регенерацияга тайёрлаш бўғинида ажратиб олинган ёғоч тилими ва кумлардан металлполимер композициясининг функционал синфини ажратиб олиш учун флотация усули қўлланилди. Олтинни сорбцион танлаб эритиш чиқитларидан металлполимер композиция олишнинг самарали технологияси ишлаб чиқилди.

**Амалий аҳамияти:** ишлаб чиқилган металлполимер композиция олиш технологияси, ишлаб чиқариш чиқитлари билан анионалмашувчи қатрон йўқолишини камайишига имкон беради. Бунинг натижасида ишлаб чиқариладиган маҳсулотнинг тан нархи камаяди ва олтин сақловчи рудаларни сорбцион танлаб эритиш жараёнининг самараси ошади.

**Татбиқ қилиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги:** Технологияни Тошкент давлат техника университетининг «Фойдали қазилмаларни бойитиш» тажрибахонаси базасида, йириклаштирилган лаборатория шароитида синовдан ўтказганда металлполимер композицияни ёғоч тилимидан ажратиб олиш даражаси 94,3%, кумлардан эса 96,22% ни ташкил этди. Анионалмашув қатроннинг йўқолиши 6,5 дан 1,29% гача камайди. Бир суткада 600 т рудани қайта ишлайдиган олтин ажратиб олиш заводи шароитида металлполимер композиция олиш технологиясини татбиқ этишда, кутилаётган йиллик иқтисодий самарадорлик 80,0 млн. сўмдан ортиқ маблағни ташкил этади.

**Қўлланилиш соҳаси:** Кон-металлургия саноати.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Худоярова Сулеймана Рашидовича на тему:  
«Разработка эффективной технологии получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

02.00.16 – Химия и технология композиционных материалов

**Ключевые слова:** сорбция, выщелачивание, металлополимерная композиция, анионообменная смола, щепа, пески отсадки, регенерация, ферроцианиды, флотация.

**Объект исследования:** металлополимерная композиция, образующаяся при сорбционном выщелачивании золота из золотосодержащих руд. Отходы узла выдачи смолы на регенерацию (щепа и пески отсадки).

**Цель работы:** разработка эффективной технологии получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота путём их дополнительной флотации в условиях золотоизвлекательного производства.

**Методы исследования:** в работе использованы физико-механические, химические и физико-химические методы исследований флотационных процессов и отходов узла выдачи смолы на регенерацию. Для расчёта технологических потерь металлополимерной композиции по всем переделам сорбционного выщелачивания использована компьютерная программа.

**Полученные результаты и их новизна:** в результате проведённых исследований изучены химические реакции образования ферро- и феррицианидов при сорбционном выщелачивании золота, отрицательно влияющих на ёмкость и флотационные свойства анионообменной смолы. Установлен ряд напряжённости металлов в ферро- и феррицианидных растворах, построена диаграмма Пурбэ сорбционного выщелачивания золота. Для извлечения функциональных классов металлополимерной композиции из щепы и из песков отсадки, выделенных в узле выдачи смолы на регенерацию, был использован метод флотации. Разработана эффективная технология получения металлополимерной композиции из отходов сорбционного выщелачивания золота.

**Практическая значимость:** разработанная технология получения металлополимерной композиции позволит сократить потери анионообменной смолы с отходами производства, снизить себестоимость выпускаемой продукции и повысить эффективность процесса сорбционного выщелачивания золотосодержащих руд.

**Степень внедрения и экономическая эффективность:** При апробации технологии в укрупнённых лабораторных условиях на базе лаборатории «Обогащение полезных ископаемых» Ташкентского государственного технического университета извлечение металлополимерной композиции из щепы составило 94,3%, а из песков отсадки 96,22%. Потери смолы при этом снижаются с 6,5 до 1,29%. Ожидаемый экономический эффект при внедрении технологии получения металлополимерной композиции на золотоизвлекательном заводе производительностью 600 т руды в сутки составит более 80,0 млн сум в год.

**Область применения:** Горно-металлургическая промышленность.

## RESUME

Thesis of Khudoyarov Suleyman Rashidovich on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in technical science on specialty 02.00.16 - Chemistry and technology of composite materials

subject:

“Development of effective technology of reception metal polymer compositions from waste sorbtion leaching of gold”

**Key words:** sorption, leaching, metal polymer composition, anion exchange pitch, “shepa”, sand, regeneration, ferrocyanides, flotation.

**Subjects of research:** metal polymer compositions formed at sorption leaching of gold from gold ores. Waste of unit of delivery of pitch on regeneration (“shepa” and sand).

**Purpose of work:** development of effective technology of reception metal polymer compositions from waste of sorption leaching gold by their additional flotation in gold extraction manufactures.

**Methods of work:** in work physic mechanical, chemical and physical and chemical methods of researches flotation processes and waste of unit of delivery of pitch on regeneration are used. For calculation of technological losses metal polymer compositions on all repartitions of sorption leaching the computer program is used.

**The results obtained and their novelty:** as a result of the lead researches laws of formation ferro-and ferricyanides are established at sorption leaching of gold. Negative influence formed ferro-and ferricyanides on capacity and flotation properties anion exchange pitches is established, diagrams Purbe of sorption leaching of gold is constructed. For extraction of functional classes metal polymer compositions from “shepa” and from sand allocated in unit of delivery of pitch on regeneration for the first time have been used a method of flotation. The effective technology of reception metal polymer compositions from waste of sorption leaching of gold is developed.

**Practical value:** the developed technology of reception metal polymer compositions will allow to reduce losses anion exchange pitches with production wastes, to lower the cost price of let out production and to raise efficiency of process sorption leaching of gold ores.

**Degree of embed and economic effectivity:** at approbation of technology in the integrated laboratory conditions on the basis of laboratory “Enrichment of minerals” The Tashkent state technical university. Extraction metal polymer compositions from “shepa” has made compositions 94,3% and from sand 96,22%. Losses of pitch thus decrease with 6,5 up to 1,29%. Expected economic benefit at introduction of technology of reception metal polymer compositions on a gold extract factory productivity 600 ton ores in day will more than 80,0 million sum in a year.

**Field of application:** mining-metallurgical industry.