

---

ГОРНАЯ КНИГА

ISSN 0236-1493

# ГОРНЫЙ

**ИНФОРМАЦИОННО-  
АНАЛИТИЧЕСКИЙ  
БЮЛЛЕТЕНЬ**

*(НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ)*

**MINING INFORMATIONAL  
AND ANALYTICAL  
BULLETIN**

*(SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL)*

**№ 3  
2013**

Журнал основан в 1992 г.

---

УДК 622.037

**Т.Н. Александрова, А.В. Александров, Н.М. Литвинова,  
Р.В. Богомяков**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОТРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТВАЛОВ РОССЫПНОЙ ЗОЛОДОДОБЫЧИ МЕТОДАМИ «РУДНОЙ» ТЕХНОЛОГИИ**

*Обоснована возможность использования методов «рудной технологии» для извлечения золота из техногенных отвалов и илово-глинистых фракций хвостохранилищ при разработке россыпей. Приведены экспериментальные данные по флотации, агитационному цианированию и кучному выщелачиванию отходов россыпной золотодобычи.*

*Ключевые слова: золотосодержащие россыпи, техногенные отвалы, флотация, гравитация, кучное выщелачивание*

**Н**еобходимость вовлечения в промышленную переработку техногенных месторождений разного минерального сырья с целью доизвлечения потерянных ценных компонентов, выявлена для большинства изученных и изучаемых объектов. Особое место занимают так называемые техногенные месторождения или техногенные образования, получаемые при промышленной эксплуатации россыпей. По оценке Беневоляского Б.И. [1], прогнозные ресурсы золота в техногенных россыпных образованиях составляют 5022 т. Для вовлечения этих запасов в эксплуатацию необходимо совершенствование применяемых способов и технологий разработки и добычи золотосодержащих песков и создание новых эффективных методов извлечения ценных компонентов всех классов крупности [2].

Многие старательские артели открытой и дражной систем отработки проводят повторную и более переработку гале-эфельных отва-

лов, изыскивают пути и направления совершенствования техники и технологии обогащения. Особое место в техногенных месторождениях занимают глино- и илоотстойники и хвостохранилища, т.е. образования, содержащие повышенное количество илово-глинистых фракций с преимущественной крупностью частиц  $-0,5$  мм. Золотоносность илово-глинистых фракций изучена недостаточно полно. В то же время большинство россыпных месторождений Хабаровского края отличается повышенной глинистостью, что приводит к необходимости включения дополнительного фронта дезинтеграции и использования повышенного количества свежей воды. Ило и глиноотстойники занимают значительные площади и служат дополнительным источником экологических проблем.

Систематических работ по опробованию глин и илов и оценке их технологических свойств не проводилось. Есть отдельные данные, ха-

Таблица 1

**Результаты извлечения золота из илово-глинистой фракции различными методами обогащения**

| Наименование продуктов                                              | Выход, % | Содержание золота, г/т; мг/л | Распределение золота, % | Метод обогащения, расход реагентов, г/т |
|---------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Флотационное обогащение пульпы илово-глинистой фракции</i>       |          |                              |                         |                                         |
| Концентрат                                                          | 7,52     | 39,5                         | 94,41                   | РН-9,5-10                               |
| Хвосты флотации                                                     | 92,48    | 0,19                         | 5,59                    | Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> -500   |
| Итого флотация                                                      | 100,00   | 3,15                         | 100,00                  | Б кс-т <sup>1</sup> -250                |
|                                                                     |          |                              |                         | МИБК <sup>2</sup> -20                   |
|                                                                     |          |                              |                         | Т-80 — 40                               |
| <i>Агитационное цианирование – 10 часов, Т:Ж = 1:3</i>              |          |                              |                         |                                         |
| Аи-сод. раствор                                                     | 0,5*     | 545,68                       | 91,25                   | Т:Ж=1:3                                 |
| Кек                                                                 | 99,5     | 0,26                         | 8,75                    | С <sub>сн</sub> <sup>-</sup> =0,1 %     |
| Итого цианирование                                                  | 100,00   | 2,99                         | 100,00                  | Время-24 ч                              |
| <i>Реагентная обработка – концентрация на столе (навеска- 10кг)</i> |          |                              |                         |                                         |
| Аи головка                                                          | 0,020    | 10294,8                      | 56,41                   | РН=10,0                                 |
| Концентрат                                                          | 0,097    | 1466,1                       | 38,96                   | NaI- 50г/т                              |
| Хвосты                                                              | 99,883   | 0,17                         | 4,63                    | Время обр-60 мин.                       |
| Итого нав.                                                          | 100,0    | 3,65                         | 100,0                   |                                         |
| <i>Кучное выщелачивание гранулированного материала</i>              |          |                              |                         |                                         |
| Аи раствор                                                          | 2,38*    | 115,63                       | 90,23                   |                                         |
| Кек (гранулы)                                                       | 97,62    | 0,31                         | 9,77                    | Время -24 сут.                          |
| Итого нав.                                                          | 100,00   | 3,05                         | 100,00                  |                                         |
| <sup>1</sup> Б-кс-т –бутиловый ксантогенат калия                    |          |                              |                         |                                         |
| * золото, определенное в растворе отнесено к твердой фазе.          |          |                              |                         |                                         |
| <sup>2</sup> МИБК — метилизобутилкарбинол                           |          |                              |                         |                                         |

характеризующие наличие от первых граммов на тонну золота до ураганных содержаний. Илово-глинистые фракции можно рассматривать как отдельный, нетрадиционный вид минерального сырья в котором большая часть ценных компонентов подготовлена к процессам обогащения и химико-металлургической переработки. Значительный объем исследований в том числе и технологического характера выполнен ДВИМСом по заказам производственных организаций [3].

Объектом исследований являлись илово-глинистые фракции одного из россыпных месторождений Хабаровского края.

Основная целевая задача – обосновать возможность использования методов «рудной технологии» для извлечения золота из техногенных отвалов и илово-глинистых фракций хвостохранилищ при разработке россыпей.

В илово-глинистую фракцию вошли все илы, полученные при дезин-

теграции и отмывке крупных классов пробы.

Наряду с гравитационным обогащением пульпы илово-глинистой фракции подвергли флотации, агитационному цианированию и кучному выщелачиванию. Для осуществления кучного выщелачивания глинистый материал подвергнут окомкованию с добавками извести и цемента. Полученные гранулы размером 10 мм орошали раствором, содержащим 0,1 % цианистого натрия при pH 9,5—10, создаваемой известью в течение 30 дней. Раствор, прошедший через гранулы ежедневно подкрепляли до 0,1 % по циан-ионам и возвращали в процесс. По завершению опыта гранулы после промывки и обезвреживания и растворы подвергли химическому определению остаточного содержания золота. Результаты кучного выщелачивания гранулированного материала приведены в табл. 1, там же приведены результаты по флотации и агитационному цианированию илово-глинистой фракции.

Анализируя данные табл. 1, видно, что материал илово-глинистой фракции достаточно эффективно обогащается методами гравитации и химико-металлургической переработки. Содержание золота в илово-глинистой фракции колебалось по опытам от 2,99 до 3,65 г/т. Потери золота с хвостами цианирования и кучного выщелачивания не превышают 10 %, что свидетельствует о высоких технологических свойствах данного материала. Вместе с тем, некоторое количество гранул при орошении материала кучи щелочным цианидсодержащим раствором разрушилось. Сопоставимость данных по извлечению золота в раствор при агитационном и кучном цианировании свидетельствует о том, что золото преимущественно находится в раскрытом состоянии и

может быть эффективно извлечено. Результаты флотационного обогащения также подтверждают этот вывод. Флотационное обогащение проходило при большом разбавлении пульпы (Т:Ж=1:7), что приведет к увеличению фронта флотации. Полученный флотационный концентрат не отвечает условиям на золотосодержащие концентраты и требует дальнейшего обогащения. Исходя из выше изложенного, процесс флотации для переработки данного илово-глинистого материала не рекомендуется.

Предлагаемая технологическая схема переработки переработки галеефельных отвалов представлена на рис. 1.

Суммарное извлечение золота в раствор и гравитационный концентрат составило 65,58 %. Потери золота с хвостами обогащения составляют 34,42

Основное количество золота сосредоточено в илово-глинистой фракции, что приводит к необходимости тщательной дезинтеграции пескового материала. Установлено, что извлеченный из крупных классов металл в действительности представляет собой частицы, выделенные при размокании глинистых кусков и обломков.

Электромагнитная фракция головки и концентрата на 80-85 % состоит из ильменита и 15-20 % — гематита, а немагнитная фракция в которой концентрируется золото, на 93-95 % представлена цирконом и на 5-7 % пиритом. В виде знаков и единичных зерен присутствуют: киноварь, анатаз, рутил, касситерит, арсенопирит, апатит. Встречаются отдельные знаки меди, олова.

Исходя из выявленных особенностей золота, а именно преимущественного нахождения его в гравитационно извлекаемых формах, для извлечения рекомендуется использовать



Рис. 1. Рекомендуемая схема переработки гале-эфельных отвалов

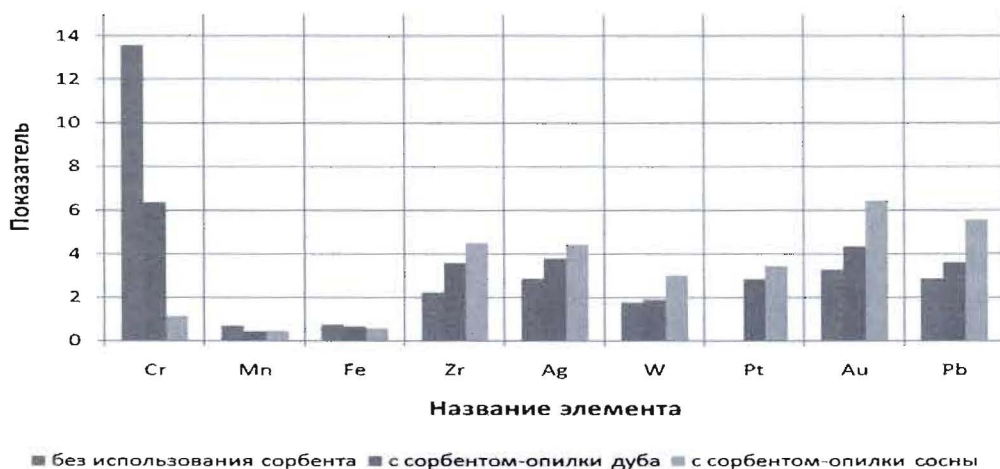


Рис. 2. Зависимость показателя эффективности процесса от способа флотации золотосодержащего материала

разнообразные аппараты гравитационного метода. Применение других процессов, в том числе и выщелачи-

вания (агитационного или кучного) сопряжено с возрастанием затратной части (большой фронт флотации, не-

обходимость гранулирования материала перед кучным выщелачиванием) и может быть оправдано при существенных запасах подобных отвалов. Включение схему обогащения процессов дробления и измельчения, как показали исследования не целесообразно, т.к. при последующем обогащении не удастся перераспределить его в соответствующие продукты, а стоимость подготовительных обогатительных процессов составляет не менее 50 % производственных затрат.

Пенная флотация, как показано в табл. 1, недостаточно эффективна для данного объекта, однако флотосорбция может успешно дополнять флотационные процессы. На рис. 2 представлены результаты исследований процесса флотации с использованием сорбентов.

Оценка эффективности флотосорбции проводилась по показателю эффективности процесса, определяемого отношением содержания элемента в концентрате флотации с использованием сорбента, к содержанию элемента в концентрате флотации без использования сорбента.

Из анализа данных эксперимента выявлена достаточно высокая селективность сорбента – опилок сосны по отношению к элементам благородных металлов. Кроме того, введение сорбента способствует снижению примесных элементов в концентрат – хрома, марганца, железа. Таким образом, в результате экспериментальных исследований, доказана принципиальная возможность использования процесса флотосорбции с целью повышения качества переработки золотосодержащих россыпей.

Эффективное извлечение золота из техногенных россыпных месторождений возможно при комплексном подходе к данной проблеме: с одной стороны, систематизация данных исследований по вещественному составу техногенных месторождений, выявление основных закономерностей извлечения МТЗ, с другой стороны, создание способов интенсификации извлечения тонкого золота на основе новых технологий. Основными направлениями решения проблемы извлечения тонкодисперсного золота является разработка комбинированных химико-металлургических технологий.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беневольский, Б.И. О потенциале техногенных россыпей золота Российской Федерации / Б.И. Беневольский, Т.П. Шевцов // Минеральные ресурсы России. 2000. №1. С.14 — 18.
2. Чантурия, В.А. Перспективы устойчивого развития горноперерабатывающей индустрии России / В.А. Чантурия // Горный журнал. – 2007 — № 2, С. 2 — 9.
3. Мирзеханов, Г.С. Изучение техногенных россыпей золота Хабаровского края с целью разработки рекомендаций по технологии их отработки / Г.С. Мирзеханов, Н.Г. Ятлукова // Информационная записка о научно-исследовательской работе, Хабаровск, 2004. — 44 с. **ГИАБ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Александрова Т.Н.* – доктор технических наук, доцент, заведующая лабораторией, IGD@rambler.ru,

*Александров А.В.* – доктор технических наук, профессор, зам. директора по научной и инновационной работе, IGDALEX@rambler.ru,

*Литвинова Н.М.* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, nauka22@yandex.ru,

*Богомяков Р.В.* – младший научный сотрудник, roma.bogomykov@mail.ru, Институт горного дела ДВО РАН.