

УДК 622. 7 – 669.04

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

**Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.**

*ОАО «Уралмеханобр», e-mail:gazaleeva\_gi@umbr.ru,*

*Хохрякова, 87, 620144, г. Екатеринбург, Россия*

В статье дано описание процесса исследований оловосодержащих хвостов Солнечного ГОКа с целью получения оловянного и медного концентратов, и описаны особенности вещественного состава изучаемых хвостов и их влияние на разработку технологической схемы. К выявленным особенностям вещественного состава изучаемых оловянных хвостов относятся: повышенное количество тонких (крупность менее 0,044 мм) и сверхтонких (крупность менее 0,020 мм) шламов, присутствие полиминеральных нераскрытых сростков, наличие сильно шламуемого кассiterита и вторичных минералов меди. К технологическим особенностям разработанной технологии относится: ультразвуковая или кавитационная обработка продукта с целью щадящей очистки поверхности кварца от всего спектра минералов, разделение обработанного материала на 3 класса крупности, концентрирование на столах раздельно каждого класса крупности, раздельная перечистка зернового и шламового коллективного концентратов. Особенностью схем перечистки является использование добавок диспергатора в операции медной и оловянной флотации, обесшламливание и высокоградиентная мокрая магнитная сепарация продукта перед оловянной флотацией.

*Минералы олова, полиминеральный состав сырья, фазовый состав, степень раскрытия, близкие физические свойства минералов, оловянный концентрат, медный концентрат*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время разработка оловянных месторождений в мире и России является приоритетным направлением из-за стабильного роста мировых цен на олово и его сплавы, а также роста их мирового потребления [1]. В России в легкообогатимых россыпях находится около 12% разведанных запасов олова, в то время как в Индонезии – 100 %. Среднее содержание олова в коренных рудах российских месторождений – 0,28 %, в россыпях – 0,63 кг/м<sup>3</sup>, что в 2-2,5 раза меньше, чем в аналогичных зарубежных рудах и россыпях. При этом Россия занимает первое место в мире по запасам олова: А+В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> - 2263,6 тыс. т, и наряду с Бразилией (2000 тыс. т) и Китаем (1800 тыс. т) входит в мировую тройку лидеров по

запасам. Однако, в настоящее время ни одно из ранее действующих в СССР предприятий по добыче и обогащению оловянных руд не работает. Перспективным направлением для России является переработка оловосодержащих хвостов, которые скопились в достаточном количестве на Дальнем Востоке. Уже запущена технология обогащения хвостов Хинганской ОФ, перерабатывающая легкообогатимое сырье. Основной операцией схемы является центробежная концентрация в аппаратах Falcon. Предусмотрена также доводка концентратов на концентрационных столах и флотация. Предварительно полученные технологические показатели схемы: содержание олова в концентрате – 50-60%, извлечение – 65 % [2]. Задача настоящих исследований состояла в изучении особенностей оловосодержащих хвостов с точки зрения их вещественного состава и технологических свойств.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В 2017 году в ОАО «Уралмеханобр» для разработки технологии обогащения поступили 4 пробы хвостов ОФ Солнечного ГОКа массой по 1 т каждая. Цель исследований состояла в получении оловянного и медного концентратов с максимально возможным извлечением полезных компонентов. Пробы были представлены в соотношении 1:1 зернистым и шламовым материалом.

Минералогический, химический и фазовый состав материала проб проводился в аккредитованной (аттестат аккредитации № RA.RU.21РУ01) лаборатории ОАО «Уралмеханобр». Экспериментальные исследования по изучению степени раскрытия полезных минералов в исходных и измельченных продуктах осуществлялись с помощью методов технологической минералогии с применением оптического микроскопа Axio Imager (Carl Zeiss, Германия) и программного продукта «Минерал С-7» (Россия) и электронного сканирующего микроскопа EVA-MA 15 (Carl Zeiss, Германия) и программных комплексов "INCA" и "AZtec" (Великобритания). Лабораторные исследования обогатимости материала хвостов проводились на полупромышленной гибкой технологической цепочке с использованием различных сочетаний измельчительного, классифицирующего и гравитационного оборудования. В схеме использовались грохоты мокрого тонкого измельчения: грохот DERRICK Stack Sizer, многочастотный вибрационный резонансный грохот ULSTM 1,5x0,6-Е компании "Kroosh Technologies Ltd" и грохот Cuccolini, той же компании. В схеме также использовалась шаровая мельница МШЛ 300x200, лабораторная гидроциклонная установка «Laborant» ZLF 50 CH (Германия), концентрационный стол Holman (Великобритания).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Особенности вещественного состава.** На рис. 1 – 3 представлена гранулометрическая характеристика и распределение олова по классам крупности в пробах хвостов Солнечного ГОКа. Содержание олова в исходных хвостах по данным химического анализа колеблется от 0,33 до 0,41 %, меди – от 0,42 до 0,46 %. Кроме того, отмечено повышенное содержание мышьяка – 0,4 – 0,63 %.

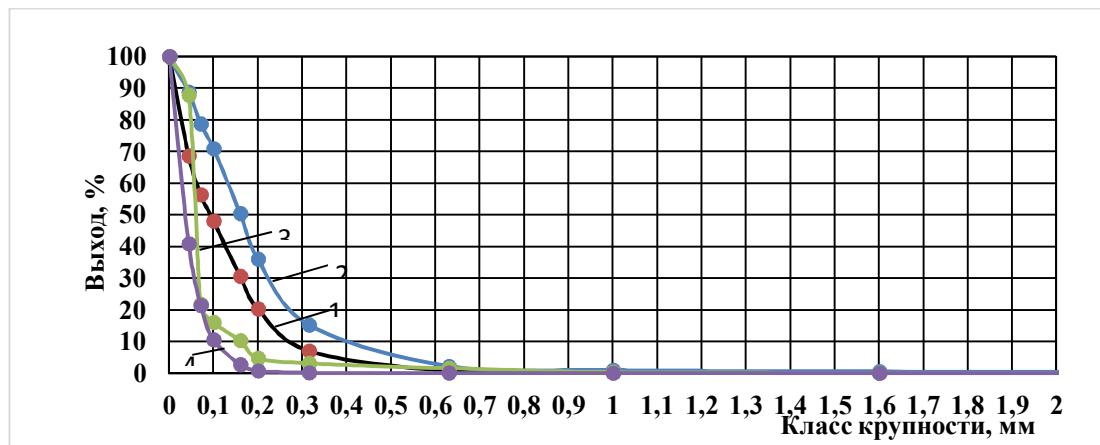


Рисунок – 1 – Гранулометрический состав хвостов проб 1-4 Солнечного ГОКа

По данным гранулометрического анализа изучаемых проб можно констатировать, что проба 1 является зернистой, проба 2 - крупнозернистой, пробы 3 и 4 - шламовые. По данным химического анализа классов крупности проб 1, 2, 3 и 4 хвостов Солнечного ГОКа олово, медь, мышьяк и окись вольфрама концентрируются в классе –0,044 мм. Концентрация по содержанию олова в этом классе составляет в 1,34-1,85 раза, меди – в 1,24-1,4 раза, мышьяка – в 1,58-2,28 раза выше, чем в классе +0,044 мм. Кроме того, в исходных хвостах наблюдается повышенное содержание тонких шламов фракции менее 20 мкм, 16,58%, 2,93 %, 35,08 % и 28,6 % соответственно в пробах 1,2,3 и 4, а в классе менее 5 мкм интенсивно концентрируется медь. Ее содержание составляет 1,0 % и более. Эта особенность учтена при составлении технологической схемы обогащения [3]. Однако, еще одной особенностью вещественного состава оловосодержащих хвостов является тот факт, что минералы олова, в отличие от меди находятся в сростках, причем эти сростки поликомпонентны, рис. 4.

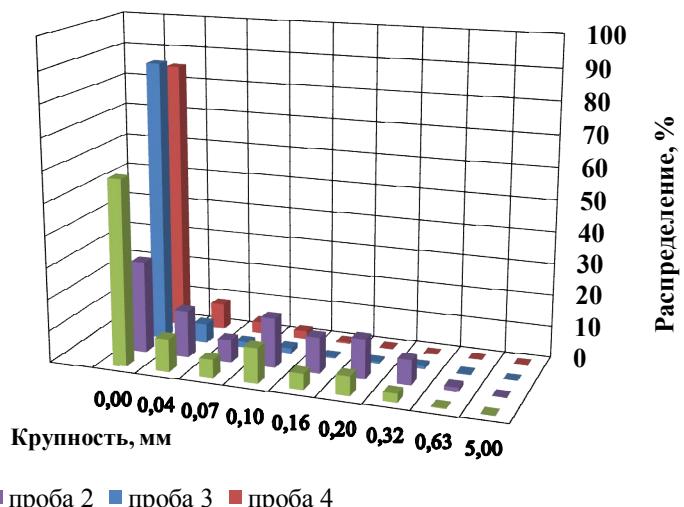


Рисунок 2 – Распределение олова по классам крупности в пробах хвостов Солнечного ГОКа.

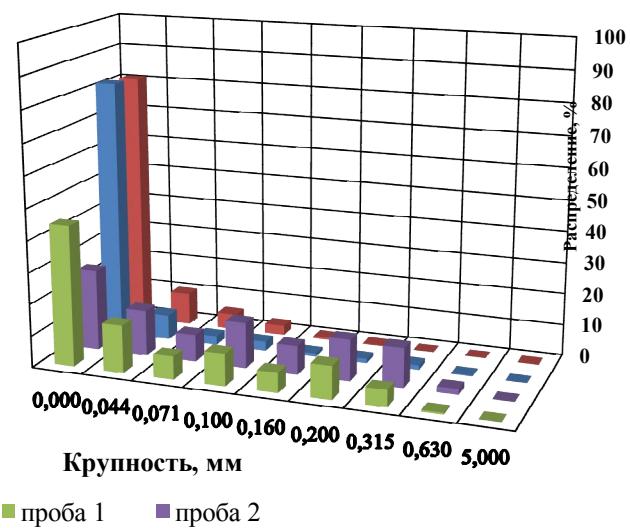


Рисунок 3 – Распределение меди по классам крупности в пробах хвостов Солнечного ГОКа

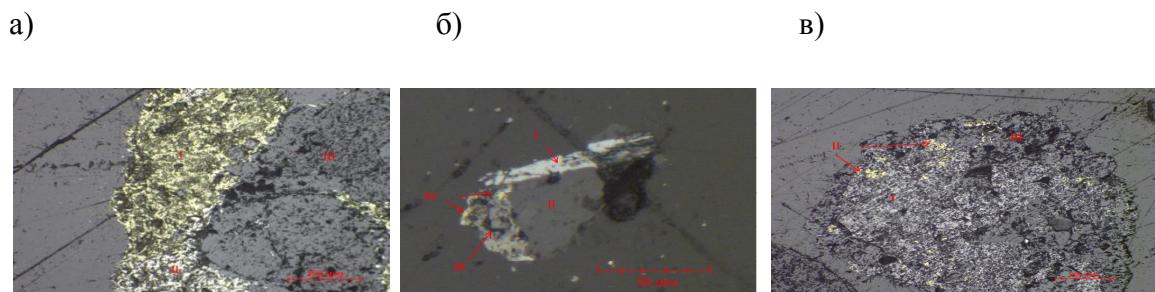


Рисунок 4 – Сростки минералов а) халькопирита пирротина и нерудных минералов б) арсенопирита, магнетита, халькопирита и нерудных минералов в) магнетита, кассiterита, станина, халькопирита с нерудными минералами

Эта особенность предполагает необходимость раскрытия таких сложных сростков. Необходимо также учитывать фазовый состав исходного материала, табл. 1, который является еще одной особенностью вещественного состава.

Таблица 1 – Формы проявления меди и олова в хвостах Солнечного ГОКа

Формы соединения	Массовая доля, %				Распределение, %			
	1 проба	2 проба	3 проба	4 проба	1 проба	2 проба	3 проба	4 проба
<b>Олово</b>								
Касситерит	0,28	0,33	0,35	0,33	84,85	86,84	85,37	86,84
Станин	0,05	0,05	0,06	0,05	15,15	13,16	14,63	13,16
Итого	0,33	0,38	0,41	0,38	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Медь</b>								
Сульфидная: первичная	0,31	0,24	0,30	0,34	73,81	64,86	66,67	73,91
вторичная	0,07	0,10	0,11	0,09	16,67	27,03	24,44	19,57
окисленная	0,02	0,02	0,03	0,02	7,14	5,41	6,67	4,35
сульфатная	0,02	0,01	0,01	0,01	2,38	2,70	2,22	2,17
Итого	0,42	0,37	0,45	0,46	100,00	100,00	100,00	100,00

Анализ результатов изучения фазового состава проб показал, что олово на 84-86 % представлено оксидом (касситерит), на 13-15 % - сульфидом (станин), а медь на 64-74 % представлена первичным минералом в виде халькопирита, на 16-27 % - вторичными минералами (ковеллин, борнит, халькоzin), на 4-7 % - окисленной формой и на 2-3 % сульфатной составляющей.

Для олова именно касситерит обладает повышенной шламуемостью, для меди – это ковеллин и другие вторичные и окисленные минералы [4,5].

**Технологические особенности разработки схемы обогащения.** Исследование особенностей вещественного состава проб показало, что с их учетом разработка технологической схемы обогащения предполагает с одной стороны раскрытие минералов олова из поликомпонентных сростков, но с другой стороны бережный подход к измельчительным операциям из-за сильной склонности к ошламованию основного минерала олова касситерита и вторичных минералов меди.

Определение технологических особенностей схемы также было основано на анализе физических признаков разделения основных минералов проб [6], рис. 5.

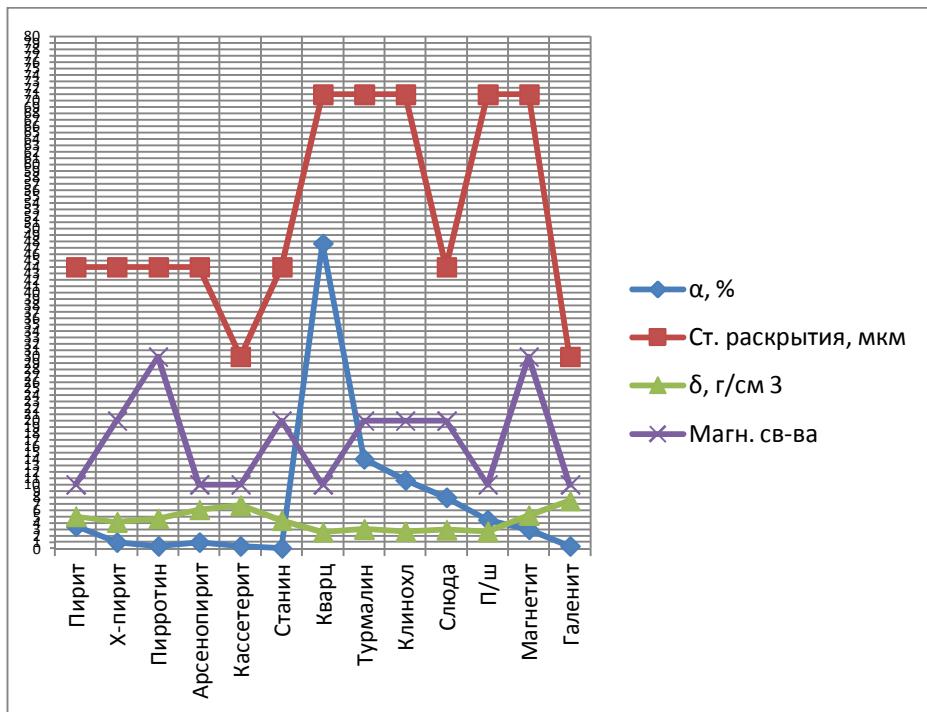


Рисунок 5 – Сравнение физических признаков минералов проб хвостов СГОКа, где -  $\alpha, \%$  - содержание минерала в средней пробе (1:1:1:1); -  $\delta, \text{г}/\text{см}^3$  – плотность минерала; - степень раскрытия – класс крупности в мм, в котором раскрыто более 80 % данного минерала; - магнитные свойства в баллах

Данные рис. 5 показывают, что в материале оловосодержащих хвостов Солнечного ГОКа достаточно много минералов с близкими физическими свойствами. В первую очередь это касается плотности. Близкую плотность имеют сульфиды, станин, магнетит и галенит. Касситерит имеет более высокую плотность ( $6,3 - 7,2 \text{ г}/\text{см}^3$ ), но его низкое содержание и крупность практически сводят на нет его гравитационную контрастность.

Также из рис. 5 следует, что первой стадией концентрации полезных минералов должно быть выделение основной массы хвостов в виде кварца, так как его содержание в пробах наибольшее (47 %), он имеет самую низкую плотность, немагнетен и полностью раскрыт. Выделение кварца необходимо производить с помощью гравитационных методов обогащения при разделении материала по классам крупности. На основании представленных выше исследований и априорной информации о схемах оловянных обогатительных фабрик [7,8] была предложена коллективная технологическая схема получения черновых оловянно-медных

концентратов, рис. 6. В табл. 2 приведены результаты испытания предложенной схемы на усредненных исходных хвостах.

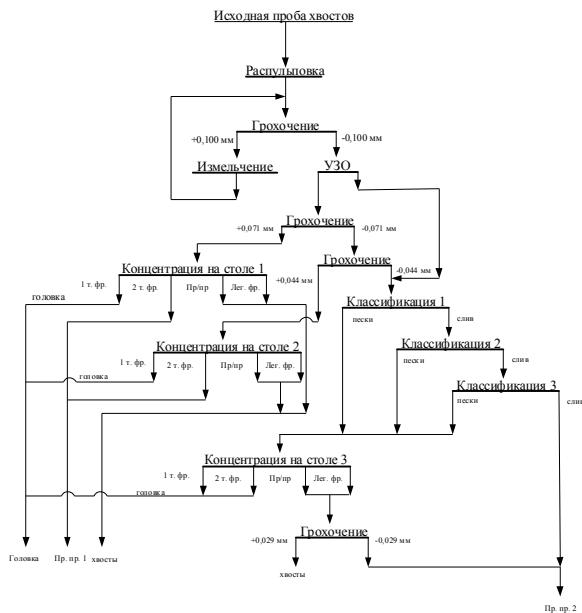


Рисунок 6 - Коллективная схема получения коллективных олово-медных концентратов

ТАБЛИЦА 2 – Общий баланс технологических показателей коллективной схемы предварительного обогащения объединенной пробы

Операция	Продукты	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
			Sn	Cu	Sn	Cu
Схема1, проба1	Концентрат головки	4,8	1,98	1,31	32,76	16,15
	Пр.продукт1	8,37	0,37	0,68	10,69	14,62
	Пр.продукт2	39,01	0,34	0,59	44,18	58,72
	Хвосты	47,82	0,074	0,087	12,37	10,51
Итого:		100,0	0,29	0,39	100,0	100,0

Технологическими особенностями коллективной технологической схемы являются:

- измельчение исходного материала в стержневой мельнице в щадящем режиме до крупности 0,1 мм в замкнутом цикле с поличастотным грохотом;

- ультразвуковая или кавитационная обработка класса -0,1 мм с целью щадящей очистки поверхности кварца от всего спектра минералов [9];
- разделение обработанного материала на классы крупности -0,1 +0,071 мм: -0,071 +0,044 мм и -0,044 мм;
- гидроциклонирование в 3 стадии класса -0,044 мм;
- концентрирование на столе раздельно каждого класса крупности;
- выделение на поличастотном грохоте шламового продукта крупностью менее 0,029 мм;
- получение 2-х коллективных концентратов: зернового (технологическая головка + промпродукт 1) и шламового – крупностью менее 0,029 мм (промпродукт 2).

Коллективная схема позволила получить отвальные хвосты ( $\beta_{S_n} = 0,074 \%$ ,  $\beta_{C_u} = 0,087 \%$ ), выход которых от исходного сырья составил 47,82 %. Общее извлечение олова в коллективные продукты составило 87,63 %, извлечение меди – 89,49 %.

Последующее изучение минеральных и фазовых особенностей коллективных концентратов позволило разработать схемы их перечистки. При этом особенностями схем было использование добавок диспергатора (гексаметафосфата) в операции медной и оловянной флотации, обесшламливание и высокоградиентная мокрая магнитная сепарация продукта перед оловянной флотацией [10,11].

В итоге, по результатам проверки полной схемы обогащения на средней пробе исходных оловосодержащих хвостов Солнечного ГОКа были получены следующие результаты: общий медный концентрат с содержанием меди 18,28 %, извлечением 60,48 % и выходом 1,29 %; оловянный концентрат с содержанием олова 11,35 %, извлечением 50,88% и выходом 1,3 %. Были получены общие отвальные хвосты с выходом 97,41 %, содержанием олова – 0,139 %, меди – 0,154 %, с извлечением соответствующих металлов – 46,66% и 38,45 %. Анализ показал, что данные результаты значительно выше ранее полученных, а потери основных металлов связаны с их повышенной шламуемостью.

Укрупненный технико-экономический расчет показал, что окупаемость капитальных вложений предлагаемой технологии составляет без учета дисконтирования – 7 лет и с учетом дисконтирования – 9 лет.

## **ВЫВОДЫ**

1. Изучение особенностей вещественного состава и характерных технологических свойств проб исходных оловосодержащих хвостов Солнечного ГОКа позволило разработать эффективную коллективную схему их обогащения с выделением отвальных хвостов ( $\beta_{S_n} = 0,074 \%$ ,  $\beta_{C_u} = 0,087 \%$ ), выход которых от исходного сырья составил 47,82 %. Общее извлечение олова в коллективные продукты составило 87,63 %, извлечение меди – 89,49 %.
2. Реализация предложенной схемы с перечисткой коллективных концентратов и учетом выявленных технологических особенностей позволила получить конечные концентраты: медный с содержанием меди 18,28 %, извлечением 60,48 % и оловянный с содержанием олова 11,35 %, извлечением 50,88%.
3. Укрупненный технико-экономический расчет показал, что технология рентабельна, срок окупаемости капитальных вложений составляет без учета дисконтирования – 7 лет и с учетом дисконтирования – 9 лет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чантурия В.А. Приоритетные направления исследований в области переработки минерального сырья / В.А. Чантурия, Л.А. Вайсберг, А.П. Козлов // Обогащение руд. – 2014. – №2. – С. 3–10.
2. Марченко Н.В., Алексеева Т.В. Способ обогащения оловосодержащих хвостов// Сибирский федеральный институт : Научные труды S.World. - 2012. - Т.10, №3. - С. 3-6 .
3. Юсупов Т.С., Кондратьев С.А., Бакшеева И.И. Структурно-химические и технологические свойства минералов касситерит-сульфидного техногенного сырья// «Обогащение руд». – 2016. – № 5. – С.26-30.
4. Газалеева Г.И. Влияние тонких шламов на выбор схем рудоподготовки ниобиевых руд / Г.И. Газалеева, Е.В. Братыгин, И.А. Власов, С.В. Мамонов, А.А. Рогожин, А.В. Курков // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 1. – С. 36–46.
5. Федотов П.К., Сенченко А.Е., Федотов К.В., Бурдонов А.Е. Технология переработки оловосодержащей руды месторождения Казахстана// «Обогащение руд». – 2017.– № 1.– С.8-14.
6. Газалеева Г.И., Шихов Н.В., Власов И.А., Шигаева В.Н. Разработка технологии обогащения хромитовых хвостов Донского ГОКа// «Обогащение руд», - 2017 - № 2.-С.11-21.

7. Недоговоров Д.И. Промышленный опыт флотации кассiterита из шламов сложного состава. Бюллетень цветной металлургии, 1958, №7. – С.15-20.
8. Кондратьев С.А., Ростовцев В.И., Бакшеева И.И. О перспективах использования радиационно-термической обработки при обогащении техногенного сырья Новосибирского оловокомбината.// «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», - 2017 - № 2 – С.135-144.
9. Korobeinikov M.V., Bryazgin A.A., Bezuglov V.V. Radiation-thermal treatment in ore dressing, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2015, Vol. 81. – P. 1-6.
10. Кондратьев С.А., Бурдакова Е.А. Роль физической формы сорбции во флотационном процессе.// «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», - 2017 - № 4 – С.135-145.
11. Wang H., Lu Sh. Modifying effect of electron beam irradiation on magnetic property of iron-bearing minerals.// Journal Physicochemical Problems of Mineral Processing, 2014, No. 50(1). – P. 79 – 86.

Авторы:

\*Газалеева Галина Ивановна, [gazaleeva\\_gi@umbr.ru](mailto:gazaleeva_gi@umbr.ru), адрес: 620012 г. Екатеринбург, ул. Хмелева д.10, кв. 64, тел. раб. +7-343-344-2742\*2006, факс+7-343-344-2742\*2255, моб. +7 922 2181827.

Назаренко Людмила Николаевна – [umbr@umbr.ru](mailto:umbr@umbr.ru), адрес: 620102, г. Екатеринбург, ул. Шаумяна, д. 103/1, кв. 67, раб. тел. +7-343-344-2742\*2109, факс+7-343-344-2742\*2255, моб. +7 908 908 5497

Шигаева Варвара Николаевна - [umbr@umbr.ru](mailto:umbr@umbr.ru), адрес: 620240 г. Екатеринбург, ул. Азина 42, кв. 21, тел раб. +7-343-344-2742\*2109, факс+7-343-344-2742\*2255, моб. +7 952 734 8063.

Власов Игорь Александрович - [umbr@umbr.ru](mailto:umbr@umbr.ru), адрес: 620144 г. Екатеринбург, ул. Московская 76 кв. 31, тел раб. +7-343-344-2742\*2235, факс+7-343-344-2742\*2255, моб. тел: +7 (912)2-25-25-24.

\*Автор, с которым вести переписку.

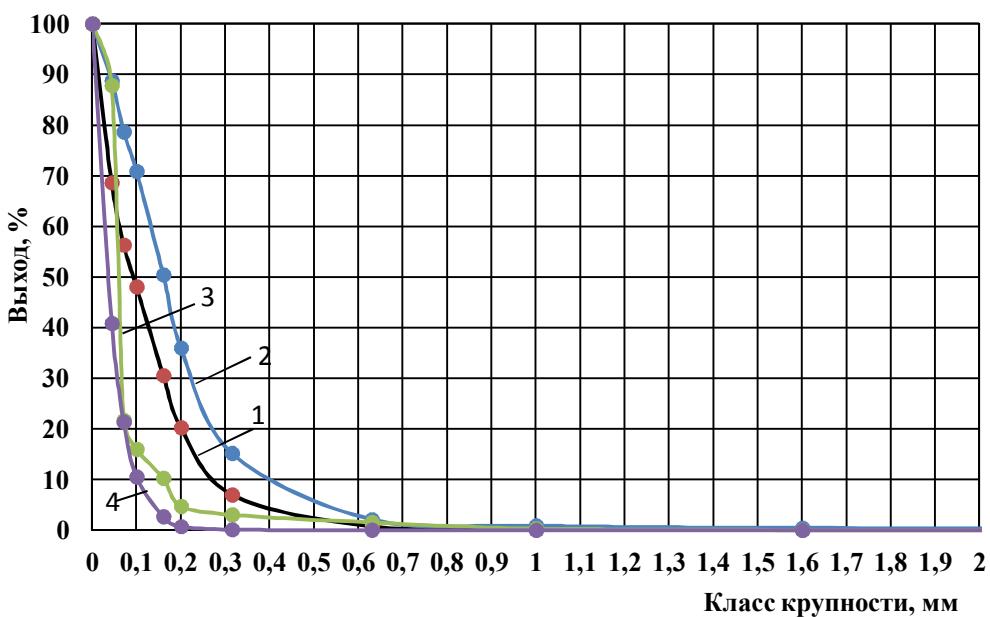


Рисунок – 1 – Гранулометрический состав хвостов проб 1-4 Солнечного ГОКа

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

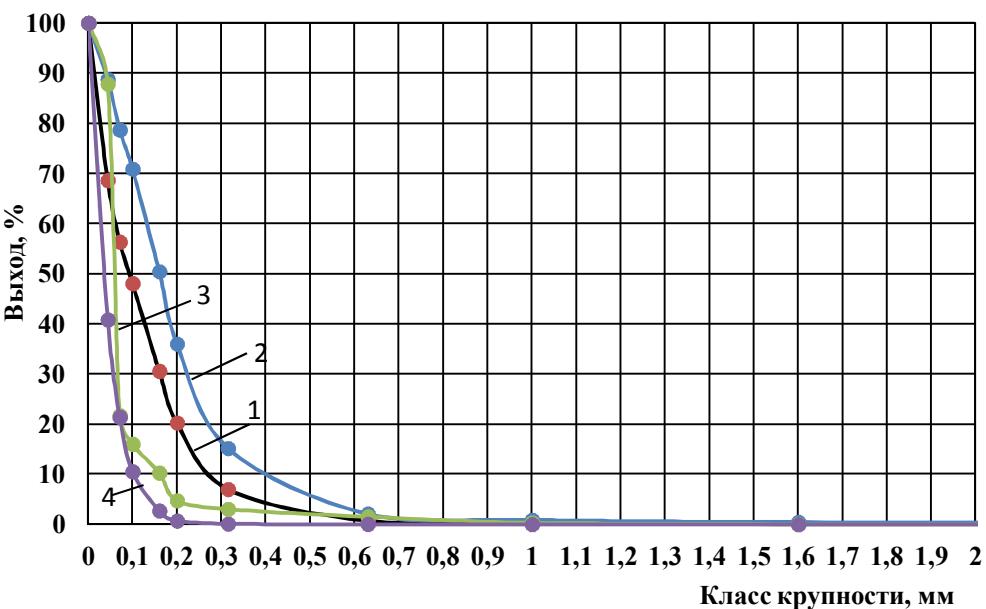


Рисунок – 1 – Гранулометрический состав хвостов проб 1-4 Солнечного ГОКа

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

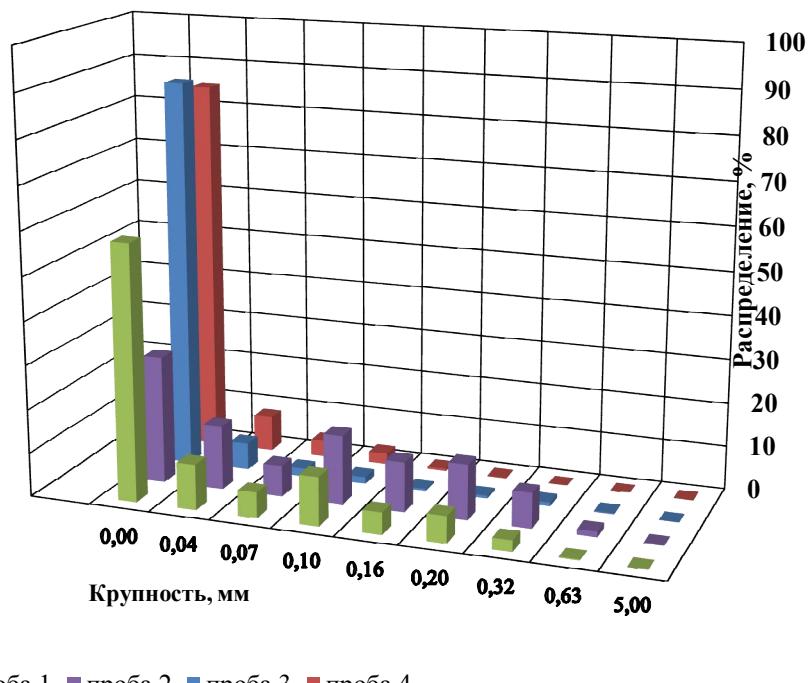


Рисунок 2 – Распределение олова по классам крупности в пробах хвостов Солнечного ГОКа

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

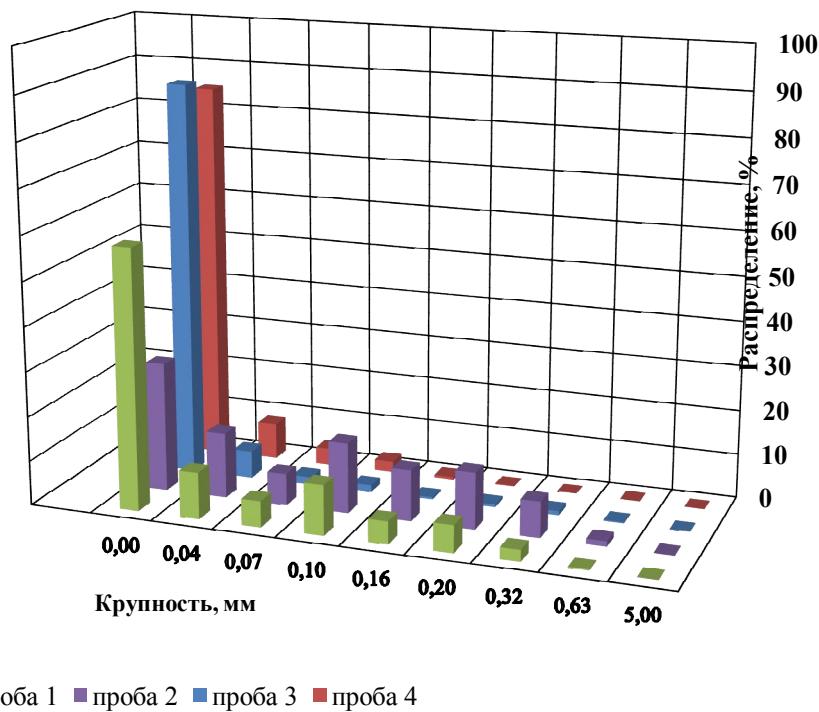


Рисунок 2 – Распределение олова по классам крупности в пробах хвостов Солнечного ГОКа

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

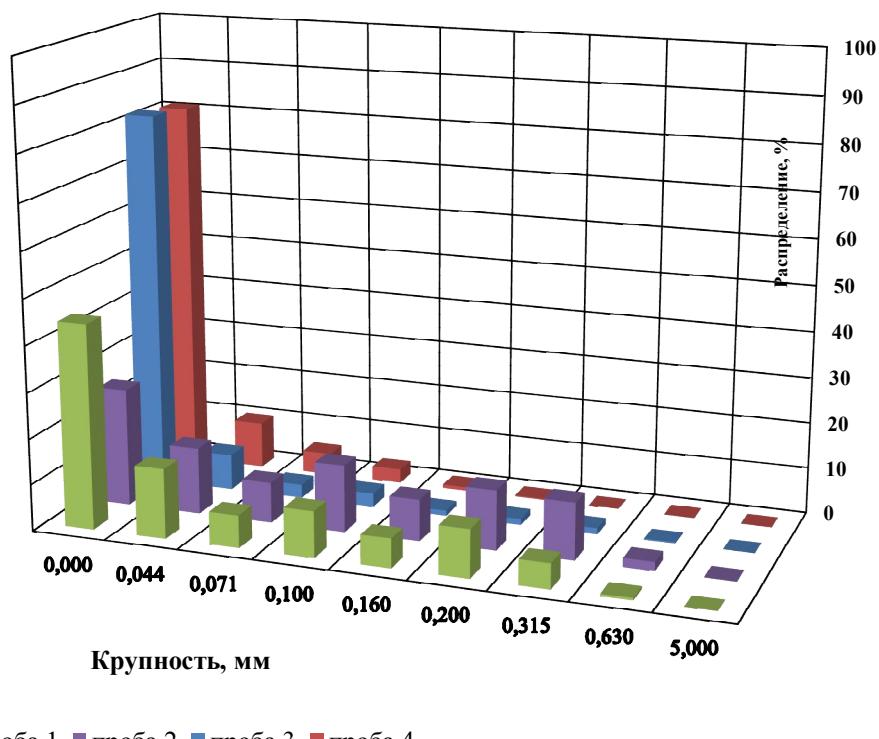


Рисунок 3 – Распределение меди по классам крупности в пробах хвостов Солнечного ГОКа

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

**Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.**

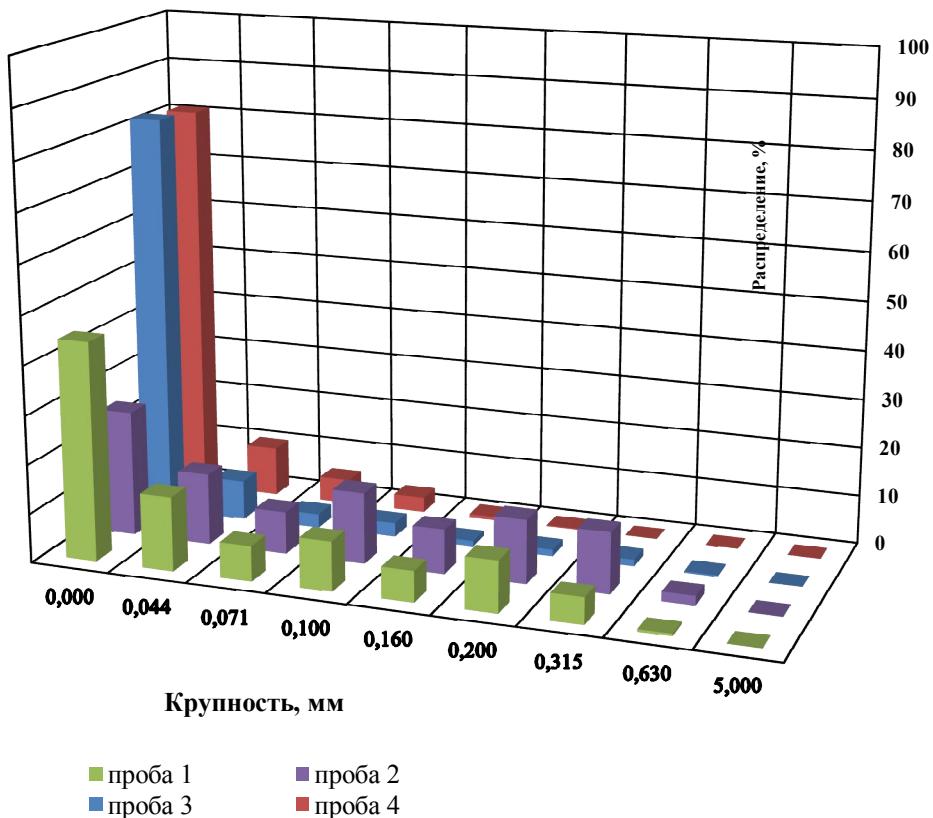


Рисунок 3 – Распределение меди по классам крупности в пробах хвостов  
Солнечного ГОКа

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

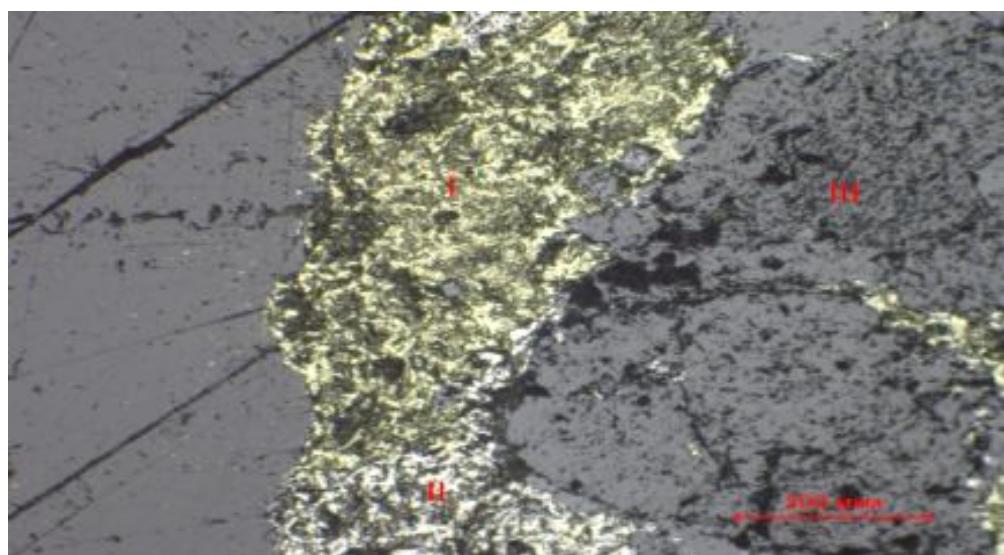


Рисунок 4 а – Сростки минералов а) халькопирита пирротина и нерудных минералов б) арсенопирита, магнетита, халькопирита и нерудных минералов в) магнетита, касситерита, станина, халькопирита с нерудными минералами

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

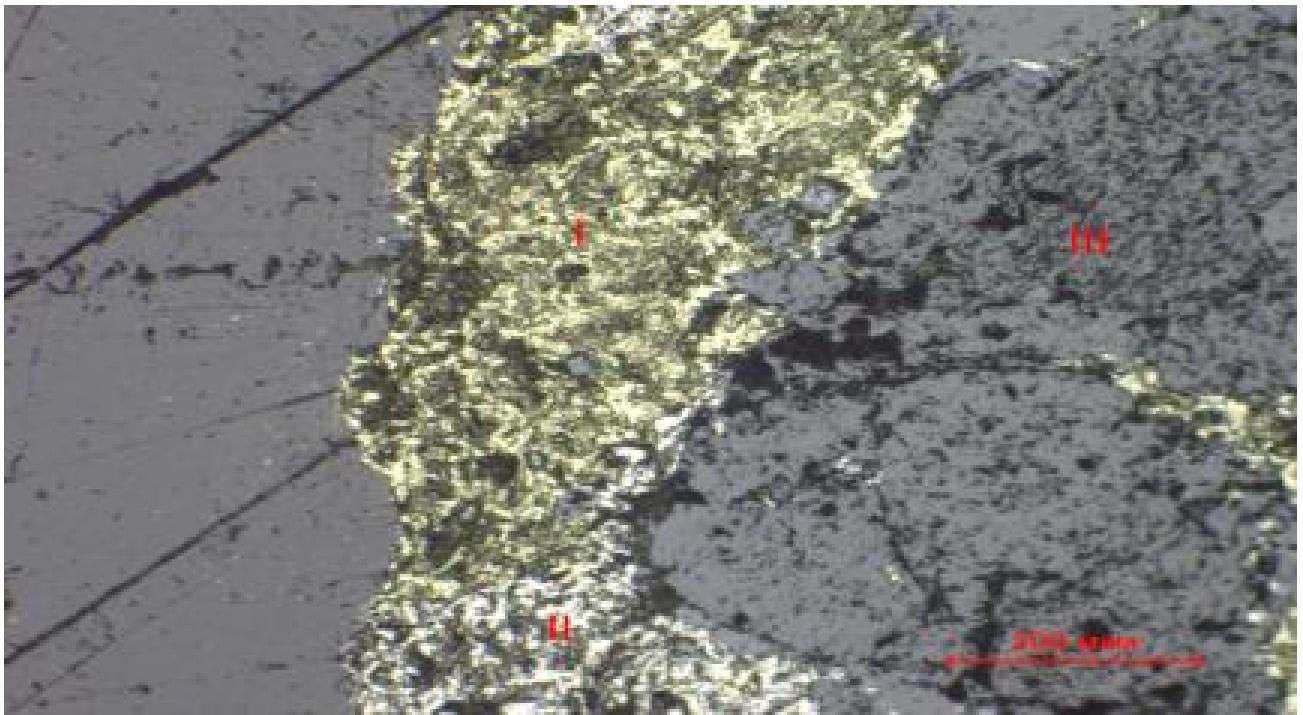


Рисунок 4 а – Сростки минералов а) халькопирита пирротина и нерудных минералов б) арсенопирита, магнетита, халькопирита и нерудных минералов в) магнетита, касситерита, станина, халькопирита с нерудными минералами

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

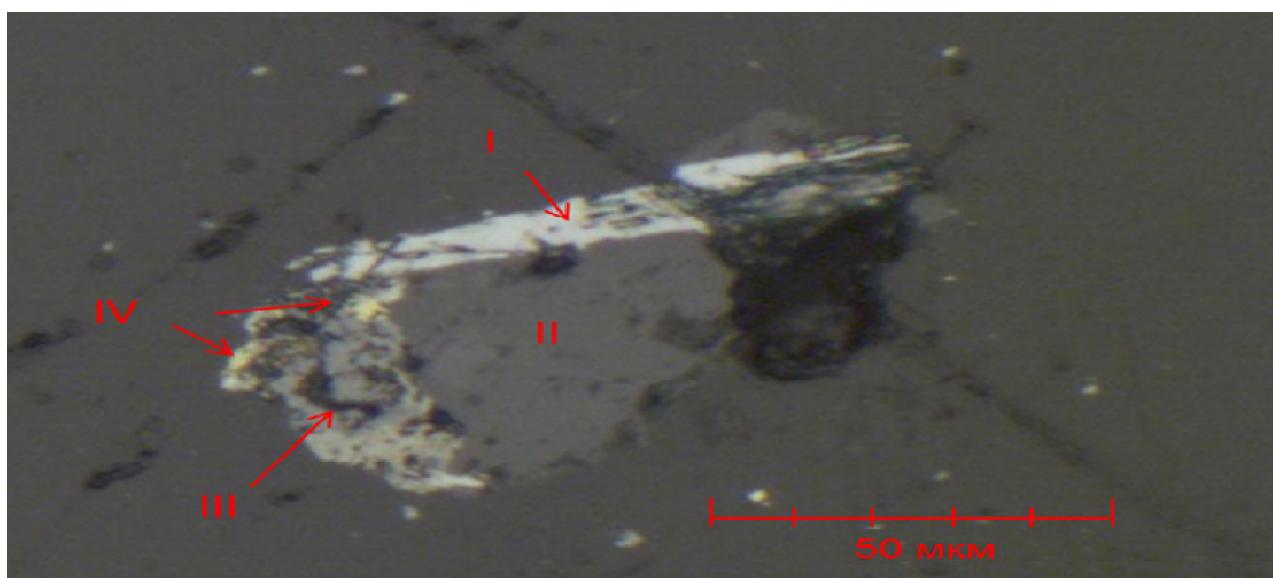


Рисунок 4 б – Сростки минералов а) халькопирита пирротина и нерудных минералов б) арсенопирита, магнетита, халькопирита и нерудных минералов в) магнетита, кассiterита, станина, халькопирита с нерудными минералами

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

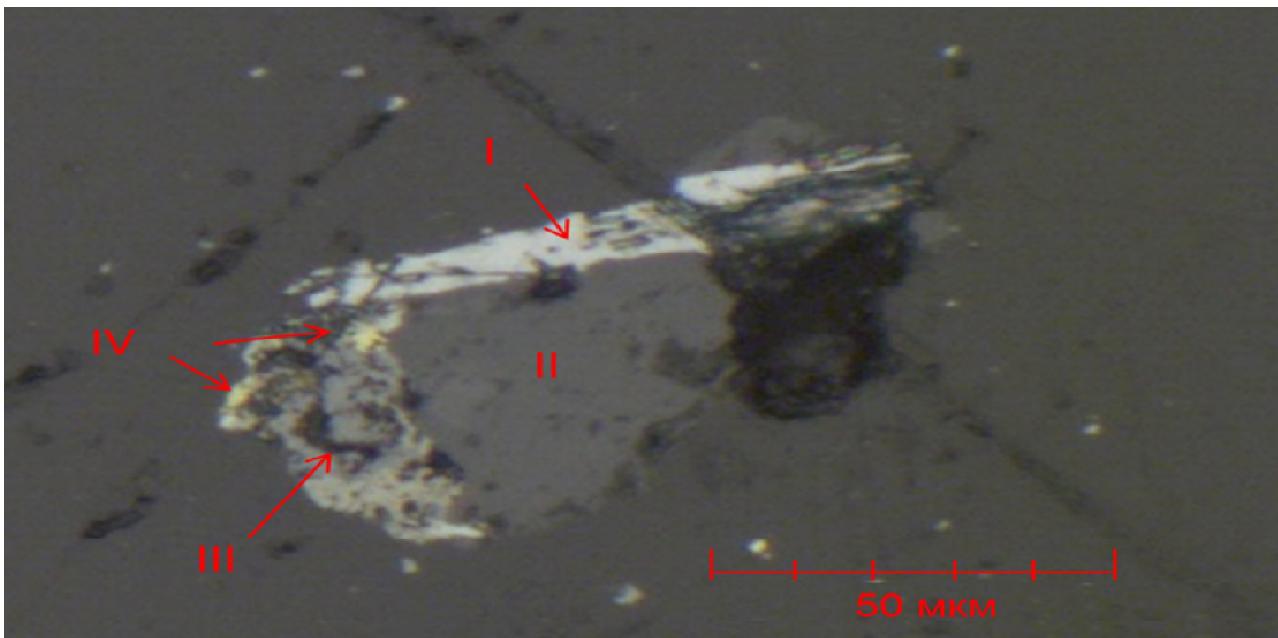


Рисунок 4 б – Сростки минералов а) халькопирита пирротина и нерудных минералов б) арсенопирита, магнетита, халькопирита и нерудных минералов в) магнетита, кассiterита, станина, халькопирита с нерудными минералами

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

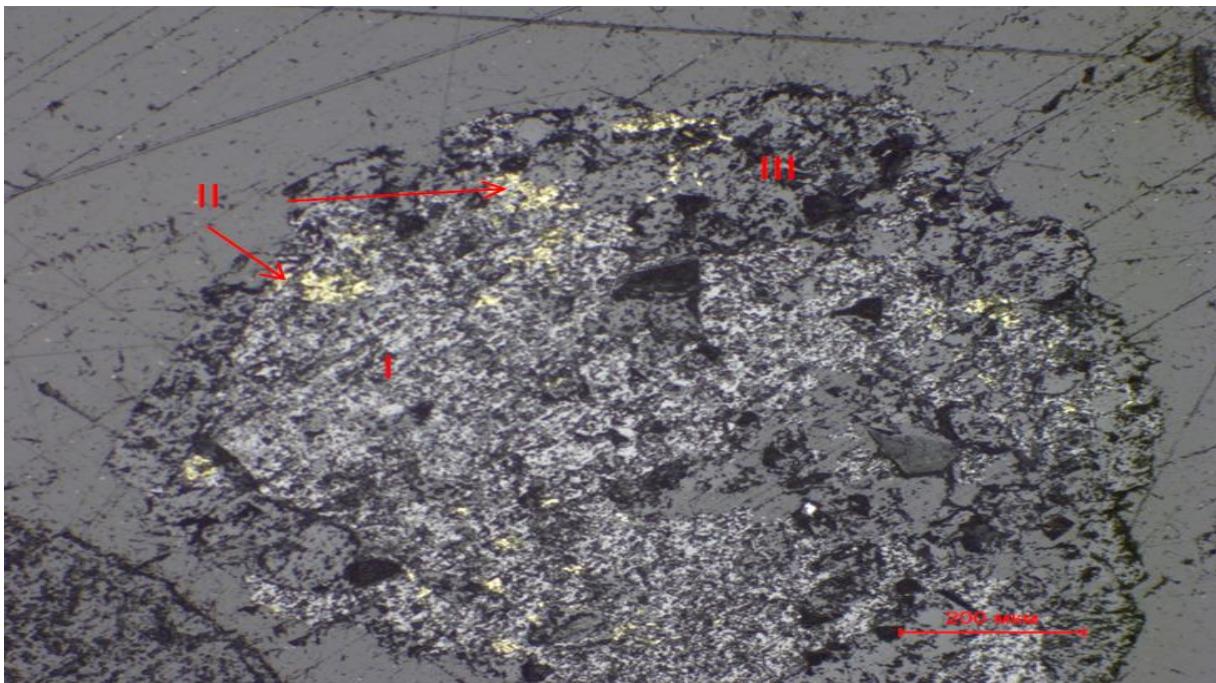


Рисунок 4 в – Сростки минералов а) халькопирита пирротина и нерудных минералов б) арсенопирита, магнетита, халькопирита и нерудных минералов в) магнетита, кассiterита, станина, халькопирита с нерудными минералами

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

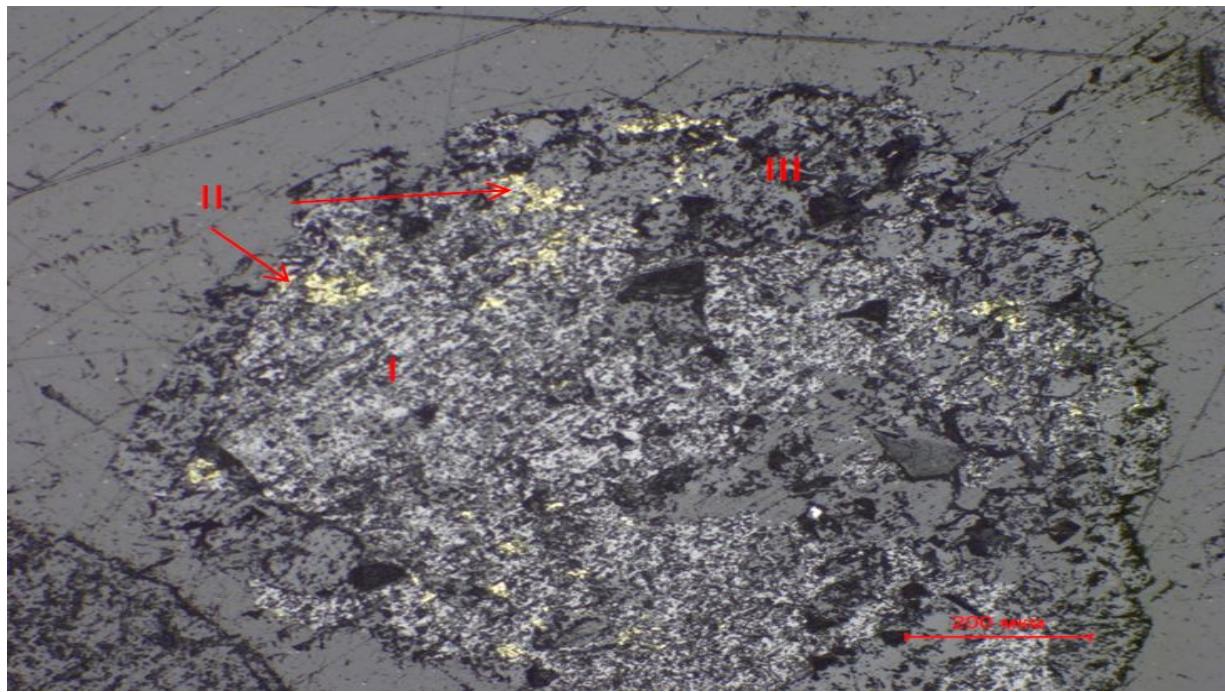


Рисунок 4 в – Сростки минералов а) халькопирита пирротина и нерудных минералов б) арсенопирита, магнетита, халькопирита и нерудных минералов в) магнетита, кассiterита, станина, халькопирита с нерудными минералами

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

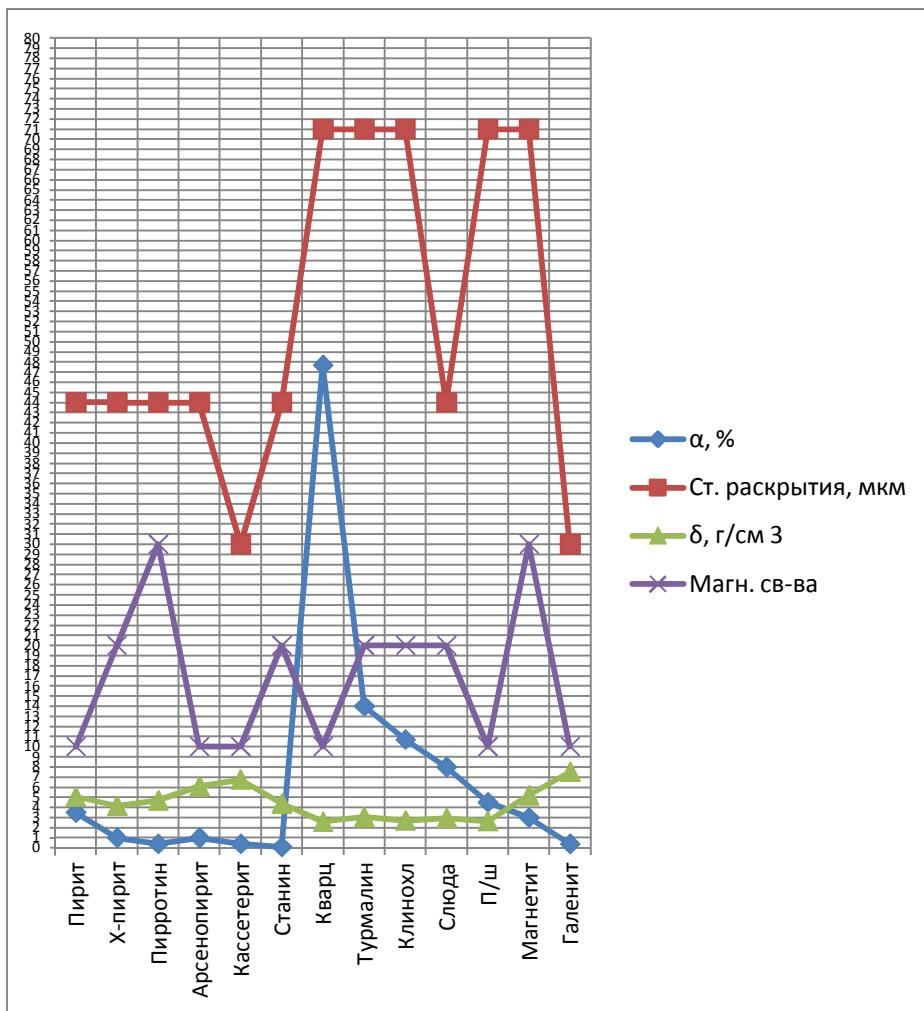


Рисунок 5 – Сравнение физических признаков минералов проб хвостов СГОКа, где -  $\alpha$ , % - содержание минерала в средней пробе (1:1:1:1); -  $\delta$ , г/см<sup>3</sup> – плотность минерала; - степень раскрытия – класс крупности в мм, в котором раскрыто более 80 % данного минерала; - магнитные свойства в баллах

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

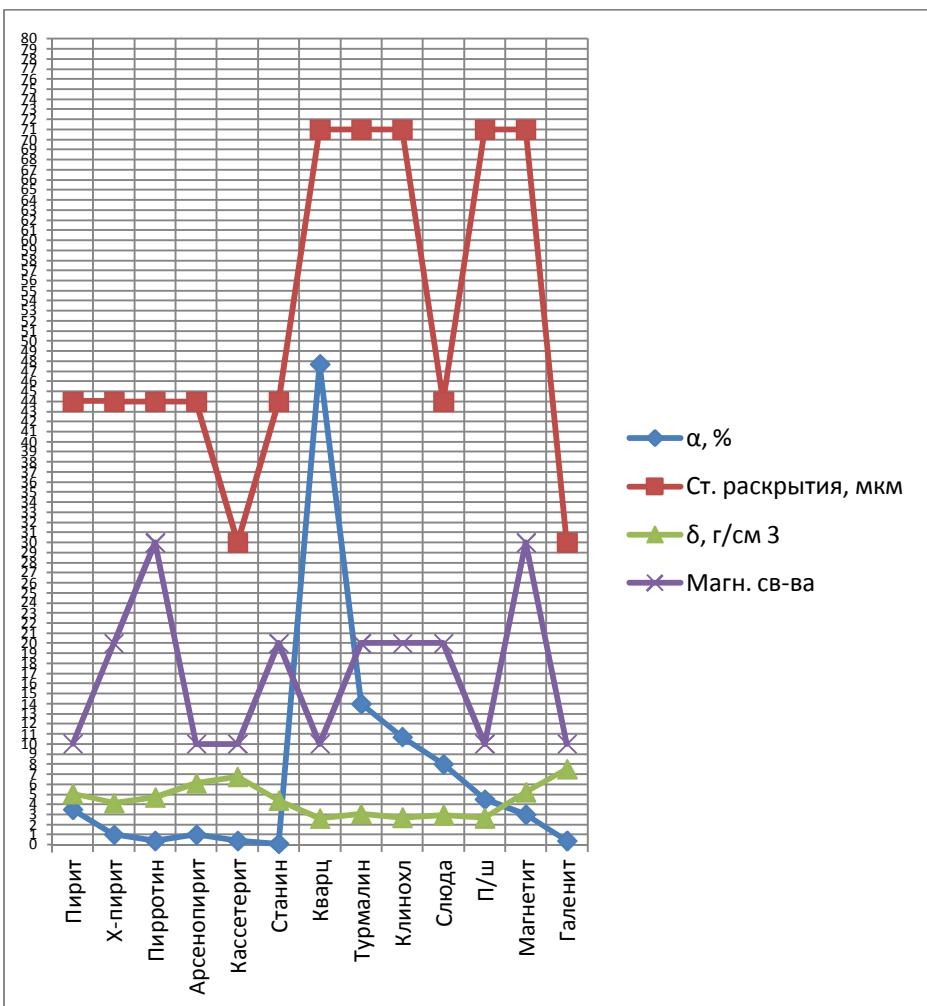


Рисунок 5 – Сравнение физических признаков минералов проб хвостов СГОКа, где -  $\alpha, \%$  - содержание минерала в средней пробе (1:1:1:1); -  $\delta, \text{г}/\text{см}^3$  – плотность минерала; - степень раскрытия – класс крупности в мм, в котором раскрыто более 80 % данного минерала; - магнитные свойства в баллах

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

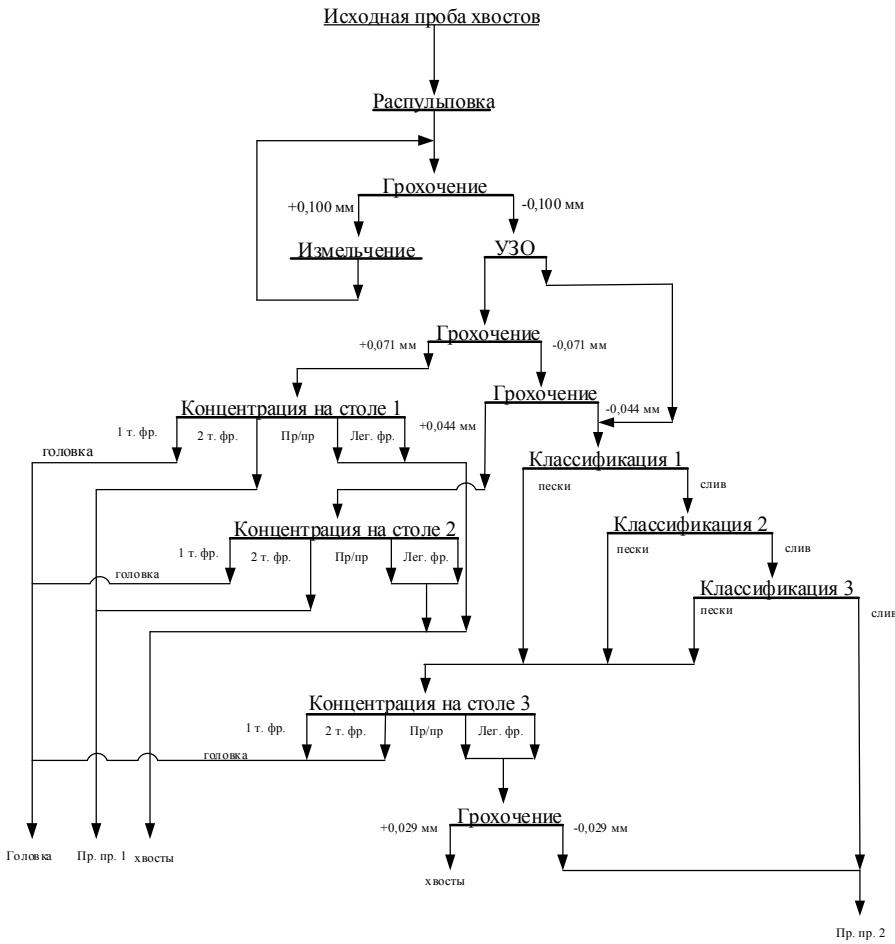


Рисунок 6 - Коллективная схема получения олово-медных концентратов

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.

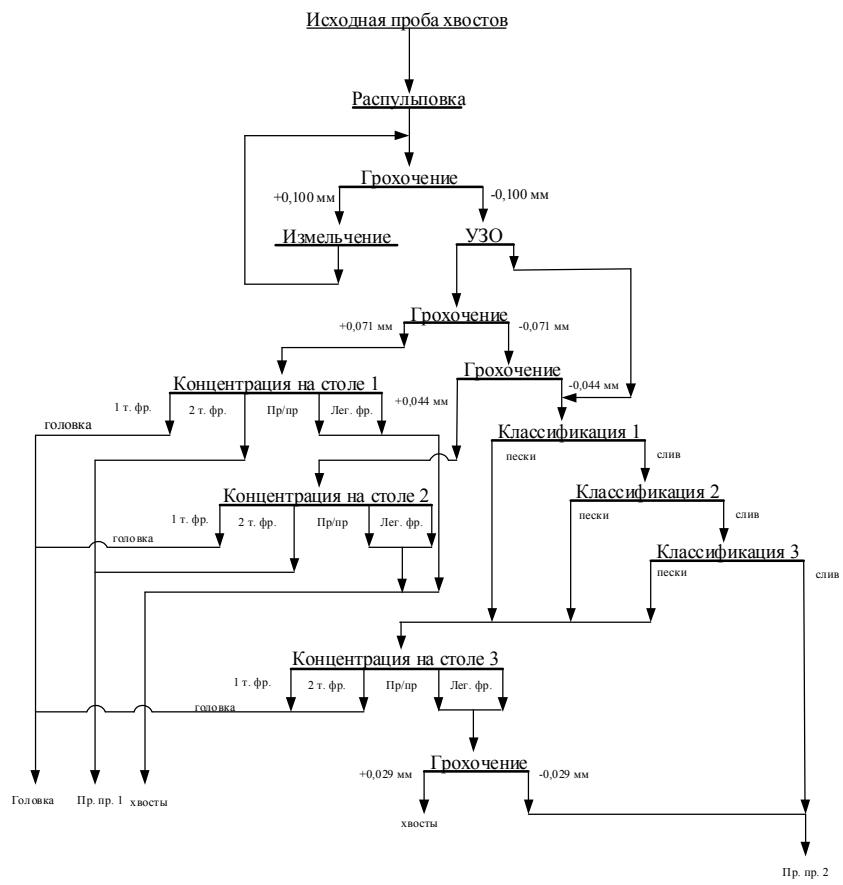


Рисунок 6 - Коллективная схема получения олово-медных концентратов

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ СОЛНЕЧНОГО ГОКА

Газалеева Г.И., Назаренко Л.Н., Шигаева В.Н., Власов И.А.