

# ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВСКРЫШНЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ПОРОД МЕДНЫХ И МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУДНИКОВ

Морозов Ю.П.

(Уральский государственный горный университет)

Вскрышные породы формируются в отвалах карьеров и шахт. При вскрытии месторождений формируется значительное количество таких отвалов, характеризующихся низким содержанием ценных компонентов.

Верхние горизонты медных и медно-цинковых месторождений за счёт окисления представлены часто так называемыми “железными шляпами”, которые содержат значительное количество золота и серебра. “Железные шляпы” ранее разрабатываемых месторождений захоронены в отвалах вскрышных пород. В настоящее время “железные шляпы” при вскрытии месторождений добываются и складываются отдельно. Они рассматриваются как самостоятельное техногенное золотосодержащее сырьё.

При добыче руд шахтным способом добывается небольшое по сравнению с открытой добычей количество минерализованных пород и забалансовых руд. Эти минерализованные породы отличаются более высоким содержанием ценных компонентов.

В качестве примера рассмотрим старогодние отвалы вскрытых пород бывшего Маканского месторождения медных руд (пос. Бурибай, Башкортостан). При разработке месторождения в 1940-1970 г.г. сформировано два отвала вскрышных пород. Запасы ориентировочно составляют несколько десятков млн. т.

В течение продолжительного времени вскрышные породы подвергались окислению. Материалы отвалов в настоящее время представляют собой смесь выветрелых и выщелоченных колчеданных руд с породой. Массовая доля в отвалах меди составляет (0,1–0,08) %, цинка – (0,07–0,04) %, серы – (43–45) %, золота – (0,5–1,2) г/т, серебра – (5–15) г/т. Основная масса материала представлена крупностью минус 100 мм, выход класса минус 3 мм колеблется в диапазоне 60 – 90 %. Мелкие классы за счёт выщелачивания обеднены медью (0,06–0,08 %) и цинком (0,03–0,04 %).

Минеральный состав представлен пиритом (50–90 %), кварцитами (5–40 %), гидроокислами железа (до 5 %), халькопиритом, сфалеритом. Присутствуют в небольшом количестве халькозин, теннантит, сульфат меди и цинка. Присутствуют разновидности сплошной и вкрапленной руды.

Исследования обогатимости вскрышных пород Маканского месторождения, выполненные институтом “Унипромедь”, показали, что классы крупности плюс 3 мм могут обогащаться флотацией с получением медного концентрата с массовой долей меди 13-15 % при извлечении 10- 40 %. Перед флотацией рекомендуется отмывка водорастворимых соединений. Гра-

витационными методами (обогащение на концентрационных столах и центробежных сепараторах) возможно получение концентрата с массовой долей золота около 4 г/т и серебра 23 г/т.

Аналогичные отвалы вскрышных пород бывшего Ново-Левинского медно-колчеданного месторождения расположены в г. Красноуральске (Свердловская область). Ситуационный план местности расположения отвалов приведён на рис. 1.

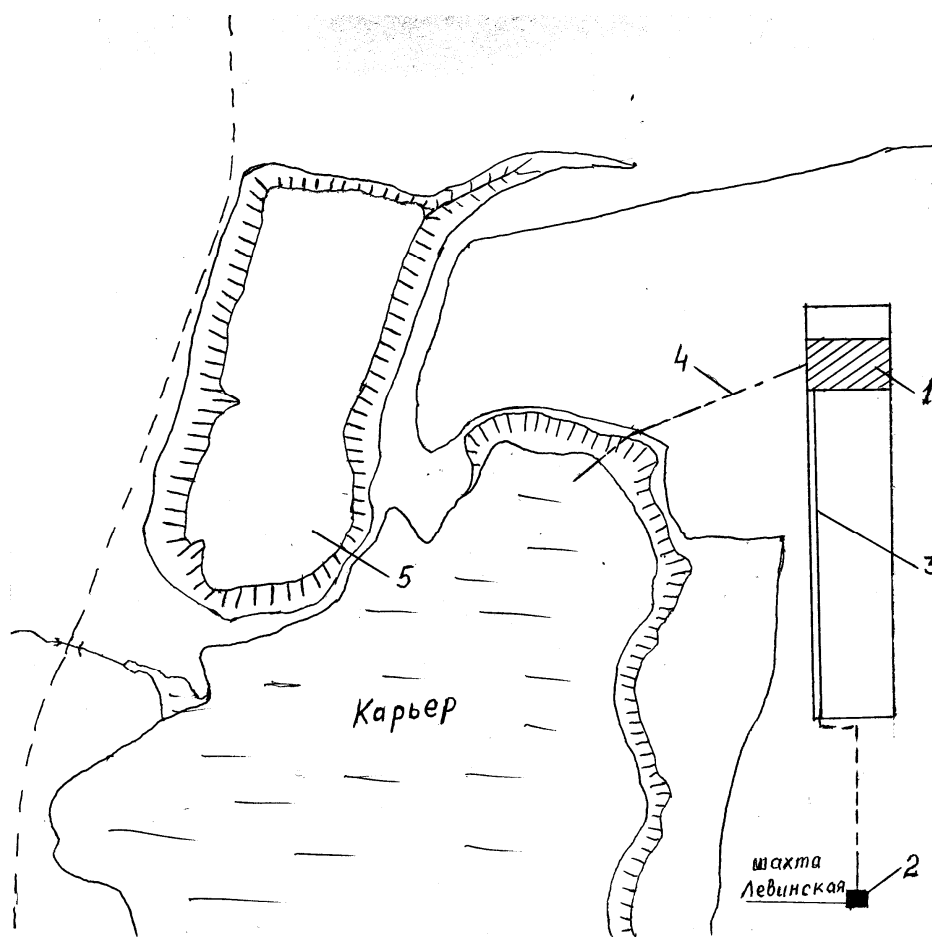


Рис. 1. Ситуационный план местности расположения отвалов вскрышных пород и цеха обогащения:

1 – цех обогащения; 2 – насосная станция оборотной воды; 3 – водопровод оборотной воды; 4 – пульпопровод; 5 – отвалы вскрышных пород

Запасы вскрышных пород составляет 120 тыс. т. Материал представлен бурыми железняками, сланцами и кварцем, содержит 45 % окислов железа, 0,2 % меди, до 3,8 г/т золота, 35-40 г/т серебра. Гранулометрический состав: 40 % класса плюс 6 мм, 24 % класса плюс 3 мм, 40 % класса плюс 0,5 мм, 20 % класса минус 0,044 мм. Золото и серебро распределены равномерно, за исключением крупных и мелких классов. В классе крупности плюс 6 мм золото и серебро не обнаружено. В шламах (класс минус 0,044 мм) массовая доля золота составляет 1,6 г/т, серебра – 22 г/т.

В связи с промышленным содержанием золота такие отвалы вскрышных пород могут рассматриваться как техногенное месторождение.

На пяти пробах вскрышных пород Ново-Левинского месторождения выполнены исследования обогатимости. Исследованы циркуляционная и пульсационная концентрации и флотация шламов.

Циркуляционная концентрация выполнена на классе крупности минус 1 мм, а пульсационная – на концентрате циркуляционной концентрации. Результаты представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты циркуляционной концентрации класса минус 1 мм вскрышных пород

Массовая доля твёрдого в питании, %	Показатели		
	массовая доля золота в концентрате, г/т	степень концентрации, ед.	Извлечение золота в концентрат, %
40	9,2	3,1	62,8
50	8,4	2,8	48,7

Таблица 2

Результаты пульсационной концентрации

Наименование показателей	Значения показателей
Содержание золота в концентрате, г/т	104,5
Степень концентрации, ед.	11
Извлечение золота в концентрат, %	94,6

Использование последовательно циркуляционной и пульсационной концентрации позволяет получить золотосодержащий концентрат с массовой долей золота более 100 г/т при извлечении в него золота 60 %.

Результаты флотации шламов показали возможность получения золотосодержащего продукта с массовой долей серебра 540 г/т при частном извлечении 94 %.

На основании проведённых исследований разработана технология переработки вскрышных пород, включающая промывку и грохочение исходного материала с удалением в хвосты классов крупности плюс 40 мм, мелкие классы (минус 5 мм) подвергаются циркуляционной концентрации, концентрат которой направляется на пульсационную концентрацию, в которой получается концентрат, хвосты и слив. Хвосты пульсационной концентрации объединяются с дроблёным продуктом класса –40+5 мм. Данный продукт является кварцевым флюсом для медной плавки. Шламы циркуляционной и пульсационной концентрации после сгущения направляются на флотацию.

Качественно-количественная схема переработки вскрышных пород приведена на рис. 2.

$\gamma, \%$	$\beta, \text{г/т}$	$\epsilon, \%$
--------------	---------------------	----------------

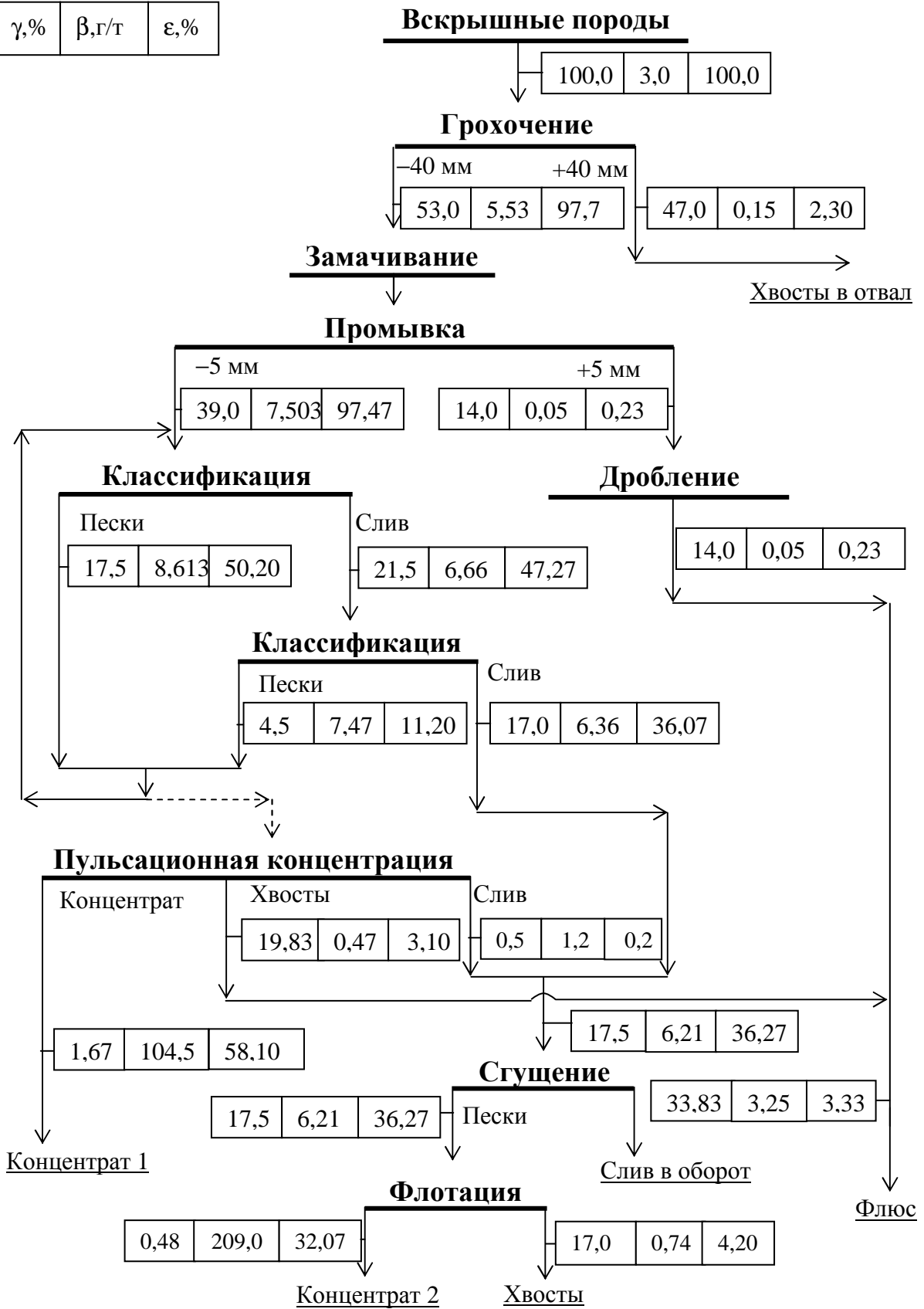


Рис. 2. Качественно-количественная схема переработки вскрышных пород Ново-Левинского месторождения:

---> – подача материала из циркуляционной концентрации

Баланс по конечным продуктам схемы показан в табл. 3. Технология позволяет получать два концентрата с суммарным извлечением золота более 90 % и кварцевые флюсы для медной плавки с извлечением в них золота 3,3 %. Разработан технологический регламент и проект опытно-промышленной установки.

Таблица 3

Баланс по конечным продуктам схемы переработки вскрышных пород Ново-Левинского месторождения

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля золота, г/т	Извлечение золота, %
Концентрат отсадки	1,67	104,50	58,10
Концентрат флотации	0,48	200,44	32,07
Флюсы	33,83	3,25	3,33
Хвосты флотации	17,02	0,74	4,20
Хвосты грохочения	47,00	0,15	2,30
Исходный продукт	100,00	3,00	100,00

Поскольку получаемые продукты планируется направлять в медную плавку, их целесообразно объединять с получаемым кварцевым флюсом. В данном случае качество по золоту не регламентируется, а суммарное извлечение золота в объединённый продукт может быть повышено до 97,5 %. При этом медь из вскрышных пород извлекается на 65 %.

Свежие отвалы вскрышных пород существенно отличаются от старогодних минеральным составом. Сульфиды в них представлены в основном первичными минералами.

В качестве примера рассмотрим минерализованные породы действующего месторождения золотосульфидных руд «Майское» (Башкортостан). При шахтной добыче на руднике образуется около 15 тыс. тонн минерализованных пород в год. В настоящее время накоплено более 50 тыс. тонн. Массовая доля в них меди 0,28 %, цинка 0,7 %, золота 4 г/т, серебра 65 г/т.

Выполнены исследования обогатимости данного материала рентгено-радиометрической сепарацией (РРС), пневматической резонансной отсадкой (ПРО), флотоклассификацией.

РРС проведена на сепараторе фирмы «Радос». Результаты РРС классов (–80+40) мм и (–40+20) мм приведены в табл. 4.

Установлено, что РРС позволяет получать концентрат с массовой долей меди 1–1,4 % при извлечении меди 97–84 %, массовой долей цинка 2,5–8 % при извлечении цинка 97–88 %.

Таблица 4

Результаты РРС классов крупности минерализованных пород

№ пробы	Класс крупности, мм	Граница фактора разделения, $h_I$	Выход концентрата, %	Массовая доля в концентрате, %		Извлечение в концентрат, %	
				меди	цинка	меди	цинка
1	– 80 + 40	1,0	30,30	1,44	8,4	83,91	91,88
		1,5	42,23	1,18	6,12	95,83	93,30
	– 40 + 20	1,5	34,88	1,25	7,2	87,20	96,96
		1,9	50,10	0,97	5,06	97,19	97,88
2	– 80 + 40	1,0	16,94	1,42	3,65	85,90	88,32
		1,5	21,60	1,22	2,92	94,15	90,16
	– 40 + 20	1,5	20,22	1,22	3,30	88,12	95,24
		1,9	25,57	1,05	2,66	95,88	97,12

Пневматическая резонансная отсадка реализована в лабораторных условиях на машине с площадью решета  $0,1 \text{ м}^2$ . Отсадке подвергались классы крупности (–20+10), (–10+5) и (–5+1) мм.

Результаты ПРО приведены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты отсадки классов крупности минерализованных пород

№ пробы	Класс крупности, мм	Выход концентрата, %		Массовая доля в концентрате, %		Извлечение в концентрат, %	
		частный	к исходному	меди	цинка	меди	цинка
1	– 20 + 10	37,08	6,88	0,93	4,65	66,37	82,12
	– 10 + 5	31,55	3,31	1,12	5,47	67,95	82,15
	– 5 + 1	23,85	3,90	1,51	7,41	69,25	84,18
2	– 20 + 10	23,0	4,70	0,85	2,44	65,22	80,24
	– 10 + 5	22,12	2,00	0,92	2,52	67,85	79,65
	– 5 + 1	16,75	2,01	1,22	3,40	68,12	81,33

Установлено, что метод пневматической отсадки позволяет получать концентрат с массовой долей меди 0,9–1,5 % при извлечении меди 65–69 %, массовой долей цинка 2–7 % при извлечении цинка 79–84 %.

Флотоклассификация испытана в лабораторных условиях с использованием имитационного экспериментального моделирования процесса в замкнутом цикле с измельчением. Исследования выполнены на классе

крупности (-5+0) мм. Флотоклассификация осуществлялась в нейтральной и известковой средах. Результаты приведены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты флотоклассификации минерализованной породы месторождения “Майское”

Расход извести, кг/т	Выход концентрата, %	Массовая доля, %		Извлечение, %	
		меди	цинка	меди	цинка
0	23,32	0,38	2,04	17,72	25,85
2,0	19,10	1,44	7,61	55,01	78,99

Установлено, что флотоклассификация в известковой среде позволяет получать пенный продукт с массовой долей меди 1,44 % при извлечении меди 55 %, массовой долей цинка 7,6 % при извлечении цинка 79 %.

На основании проведённых исследований предложены две схемы переработки вскрышных пород. Первая схема (рис. 3) предусматривает сухие методы обогащения РРС и ПРО с получением обогащённой руды и отвальных хвостов. Технологический баланс по схеме № 1 на рис. 3 приведён в табл. 7.

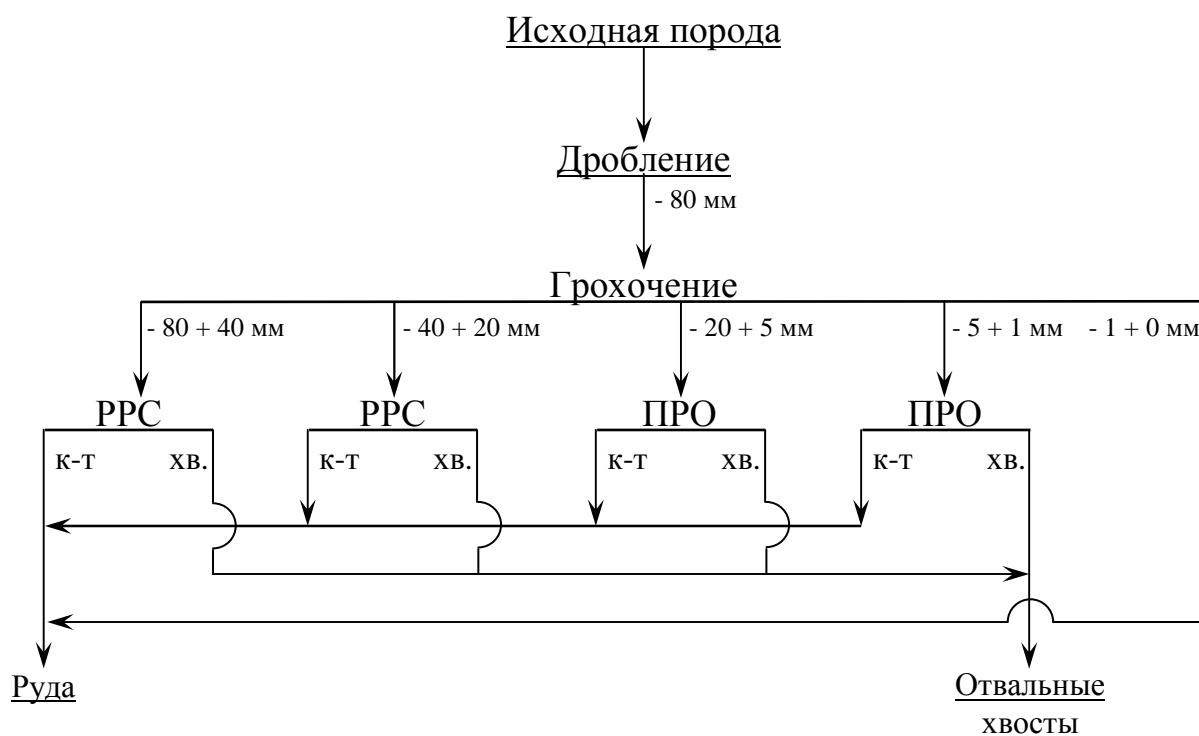


Рис. 3. Схема № 1 переработки минерализованных пород рентгенометрической сортировкой (РРС) и пневматической резонансной отсадкой (ПРО)

Таблица 7

## Технологический баланс по продуктам обогащения схемы № 1

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля в концентрате, %		Извлечение в концентрате, %	
		меди	цинка	меди	цинка
Концентрат РРС (- 80 + 40) мм	4,35	1,22	2,92	18,95	18,14
Концентрат РРС (- 40 + 20) мм	8,98	1,05	2,66	33,68	34,12
Концентрат ПРО (- 20 + 5) мм	6,70	0,87	2,46	20,82	23,54
Концентрат ПРО (- 5 + 1) мм	2,01	1,22	3,40	8,76	9,76
Класс крупности (- 1 + 0) мм	2,00	0,32	0,85	2,29	2,43
Итого руда	24,04	0,97	2,54	84,50	88,80
Хвосты	75,96	0,06	0,10	15,50	11,20
Исходная порода	100,00	0,28	0,70	100,00	100,00

По схеме № 1 возможно получение из вскрышных пород обогащённой руды с массовой долей меди 0,97 % при извлечении меди 84,5 %, с массовой долей цинка 2,54 % при извлечении цинка 88,8 %.

Схема № 2, приведённая на рис. 4, включает РРС крупных классов и флотоклассификацию класса крупности (-20+0) мм. Технологический баланс по схеме № 2 приведён в табл. 8.

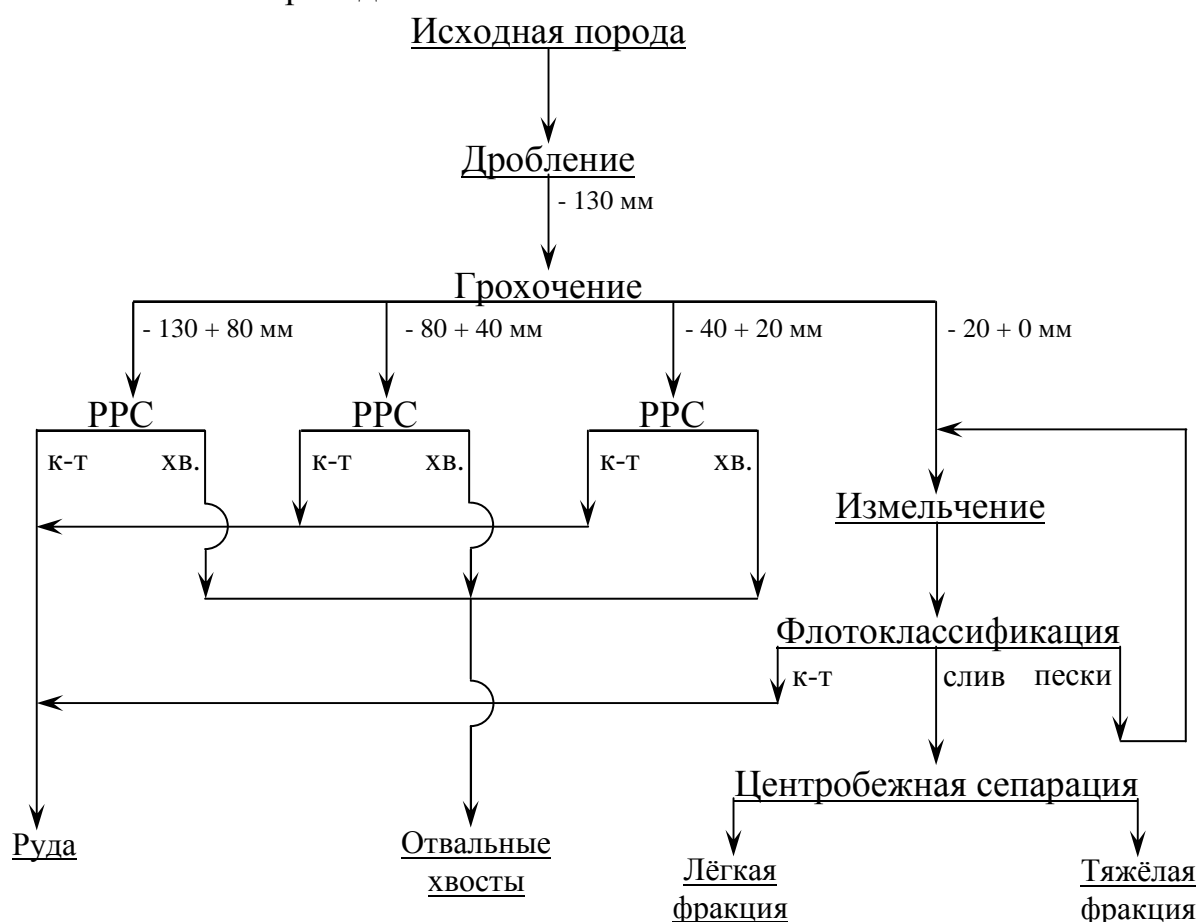


Рис. 4. Схема № 2 переработки минерализованных пород месторождения "Майское"



Схема № 2 обеспечивает по сравнению со схемой № 1 более высокие показатели по качеству и извлечению ценных компонентов. Качество обогащённой руды по меди составляет 1,12 % при извлечении меди 94 %, по цинку – 2,89 % при извлечении цинка 97 %.

Таблица 8

Технологический баланс по продуктам обогащения схемы № 2

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля в концентрате, %		Извлечение в концентрат, %	
		меди	цинка	меди	цинка
Концентрат РРС (– 130 + 80) мм	5,10	0,94	2,60	17,15	18,94
Концентрат РРС (– 80 + 40) мм	6,14	1,22	2,92	26,75	25,61
Концентрат РРС (– 40 + 20) мм	4,60	1,05	2,66	17,25	17,48
Концентрат флотоклассификации	7,73	1,20	3,20	33,12	35,34
Итого руда	23,57	1,12	2,89	94,27	97,37
Хвосты	76,43	0,02	0,03	5,73	2,63
Исходная порода	100,00	0,28	0,70	100,00	100,00

Исследование обогатимости полученной руды по схеме прямой селективной флотации показало возможность её переработки с высокими технологическими показателями.