

СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТИ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Проектирование обогачительных фабрик

**Лекция 10 Методика расчета количественных схем
обогащения, расчет водно-шламовой схемы и баланс
ВОДЫ**

Преподаватель: Мотовилов Игорь Юрьевич
доктор PhD кафедры «Металлургия и обогащение
полезных ископаемых»

motovilov88@inbox.ru

Содержание

- 1. Методика расчета количественных схем обогащения**
- 2. Порядок расчета количественной схемы обогащения**
- 3. Особенности расчета количественных схем обогащения полиметаллических руд**
- 4. Расчет водно-шламовой схемы и баланса воды**

Методика расчета количественных схем обогащения

Целью расчета количественной схемы обогащения является определение численных значений основных относительных и абсолютных показателей для всех продуктов схемы. Метод расчета качественноколичественных схем обогащения с применением флотационных, гравитационных, магнитных и других методов практически одинаков.

Относительными технологическими показателями, значения которых выражаются в процентах, являются: γ – выход продукта, β – содержание ценного компонента в продукте, ε – извлечение ценного компонента в продукт; абсолютные показатели, значения которых выражаются в тоннах в час или в сутки: Q – количество исходной руды и получаемых в отдельных операциях продуктов; P – количество металла в исходной руде и продуктах обогащения.

Показатели, по которым осуществляется расчет схемы, принято называть исходными, а показатели, численные значения которых подлежат определению, называются искомыми.

Методика расчета количественных схем обогащения

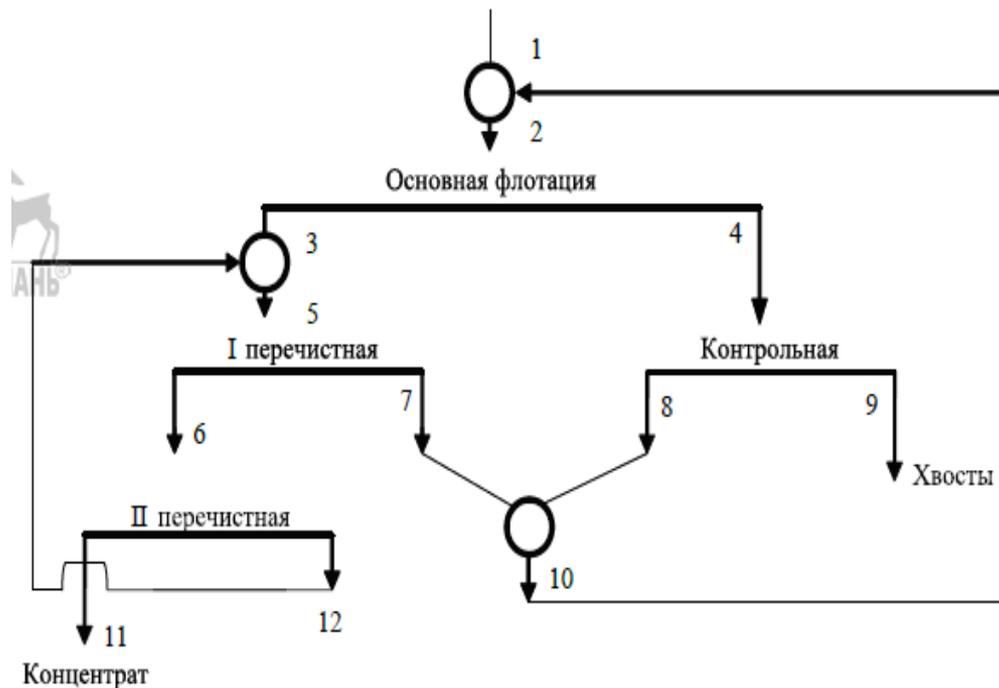


Рис. 10.1. Принципиальная схема флотации к расчету общего числа искомых показателей (1–12 – номера продуктов)

Схемы обогащения включают операции и продукты; в свою очередь различают операции разделения a_p и операции смешения a_c . Продукты, получаемые в результате операций разделения, называются продуктами разделения и обозначаются n_p , а продукты, получаемые в результате операций смешения, – продуктами смешения n_c . Тогда для схемы, представленной на рис. 10.1, количество операций разделения равно 4, т.е. $a_p = 4$, число операций смешения $a_c = 3$.

Общее количество операций в схеме

$$a = a_p + a_c = 4 + 3 = 7$$

Общее число продуктов в схеме

$$n = n_{и} + n_p + n_c = 1 + 8 + 3 = 12,$$

где n , $n_{и}$, n_p , n_c – общее число продуктов в схеме, количество исходных продуктов, число продуктов разделения и число продуктов смешения соответственно.

Методика расчета количественных схем обогащения

Общее число искомых показателей зависит не только от числа продуктов в схеме, но и от числа расчетных компонентов c , по которым осуществляется расчет схемы. При расчете схемы по твердому, т.е. при определении только выходов продуктов, $c = 1$, а при расчете по твердому и по содержанию ценного компонента (монометаллические руды, например медные) $c = 2$, так как $c = 1 + e$, где e – число ценных компонентов. Так, при расчете схемы обогащения полиметаллических руд, содержащих медь, свинец, цинк и пиритную серу,

$$c = 4 + e = 1 + 4 = 5$$

Тогда общее число искомых относительных показателей

$$A = (n - 1)(2c - 1) + c - 1 \quad (10.1)$$

В представленной схеме $A = (12 - 1)(2 \cdot 2 - 1) + 2 - 1 = 33$, т.е. при расчете схемы необходимо определить 33 численных значения искомых относительных показателей. Для определения этих показателей количество уравнений, связывающих эти показатели для всех продуктов схемы обогащения, будет равно

$$B = (n - 1)(c - 1) + ac \quad (10.2)$$

Тогда необходимое и достаточное число исходных показателей N для схемы

$$N = A - B, \text{ т.е. } N = c(1 + n_p + a_p) - 1 \quad (10.3)$$

Это число исходных показателей относится как к продуктам переработки $N_{\text{п}}$, так и к исходным $N_{\text{исх}}$, значения которых определяются в задании на проектирование, т.е.

$$N_{\text{п}} = N - N_{\text{исх}} \quad \text{и} \quad N_{\text{исх}} = e = c = 1$$

$$\text{Тогда} \quad N_{\text{п}} = c(n_p - a_p) \quad (10.4)$$

Методика расчета количественных схем обогащения

Для схемы, представленной на рис. 10.1:

$$N = 2(1 + 8 - 4) - 1 = 9$$

$$N_n = 2(8 - 4) = 8$$

В число исходных показателей, относящихся к продуктам переработки, включаются численные значения выходов продуктов N_γ , содержания ценных компонентов N_β и извлечения N_ε , т.е.

$$N_{\Pi} = N_{\gamma} + N_{\beta} + N_{\varepsilon} \quad (10.5)$$

При известном выходе исходного продукта, который равен 100 % или 1, число искомых выходов в схеме будет $n - 1$. Число уравнений для определения выходов будет равно числу операций, а количество исходных значений должно быть $N_\gamma \leq n_p - a_p$ и $N_\beta \leq n_p - a_p$. Тогда число исходных показателей, относящихся к продуктам переработки, не должно быть больше числа расчетных компонентов, по которым осуществляется расчет схемы, т.е.

$$N_{\Pi} \leq c.$$

Методика расчета количественных схем обогащения

Расчет количественных схем обогащения в относительных показателях сводится к решению системы уравнений материального баланса по выходу продуктов и по количеству компонентов, поступающих в операцию и выходящих из нее. Например, для операции разделения, в которую входит один продукт и выходит два продукта, схема которой представлена ниже:



Уравнение баланса по выходу

$$\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3 \quad (10.6)$$

$$\gamma_1 \beta_1 = \gamma_2 \beta_2 + \gamma_3 \beta_3 \quad (10.7)$$

В системе из этих уравнений известны численные значения выхода исходного продукта γ_1 и численные значения содержания металла в исходном продукте β_1 и в продуктах разделения β_2 и β_3 .

При решении системы остается определить численные значения выходов продуктов 2 и 3, т.е.

$$\gamma_2 = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\beta_2 - \beta_3} \quad \text{и} \quad \gamma_3 = \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_2 - \beta_3}$$

Таким образом, расчет схемы сводится к расчету балансовых уравнений по операциям.

Порядок расчета количественной схемы обогащения

1. Определяется необходимое и достаточное число исходных показателей для расчета схемы:

$$N = c(1 + n_p + a_p) - 1$$

2. Определяется необходимое и достаточное число исходных показателей, относящихся к продуктам переработки:

$$N_p = c(n_p - a_p)$$

3. По формуле $N_n = N_\gamma + N_\beta + N_\epsilon$ определяется сочетание числа исходных показателей при условии $N_\gamma = 0$.

4. По результатам опробования технологической схемы действующей фабрики, фабрики-аналога, полупромышленных и промышленных испытаний, технологических исследований выбираются численные значения исходных показателей.

5. Проводится расчет баланса металлов по схеме.

6. По уравнениям, связывающим технологические показатели в операциях и продуктах, определяется выход всех продуктов схемы.

7. Определяется содержание ценных компонентов в продуктах смешения.

8. По формуле $\epsilon = \frac{\gamma\beta}{\alpha}$ определяется извлечение для всех продуктов.

9. Осуществляется проверка баланса по γ , $\gamma\beta$ и ϵ по всем операциям технологической схемы.

10. Определяются абсолютные показатели: масса продуктов и при необходимости масса металла в продукте:

$$Q_n = Q_1\gamma_n \quad \text{и} \quad M_n = M_1\gamma_n \quad (10.8)$$

где Q_n и Q_1 – масса продукта и масса исходного продукта (т/ч, т/сут); M_n и M_1 – масса металла в продукте переработки и в исходном продукте (т/ч, т/сут, т/год).

11. Результаты расчета схемы оформляются в виде таблицы и схемы.

Особенности расчета количественных схем обогащения полиметаллических руд

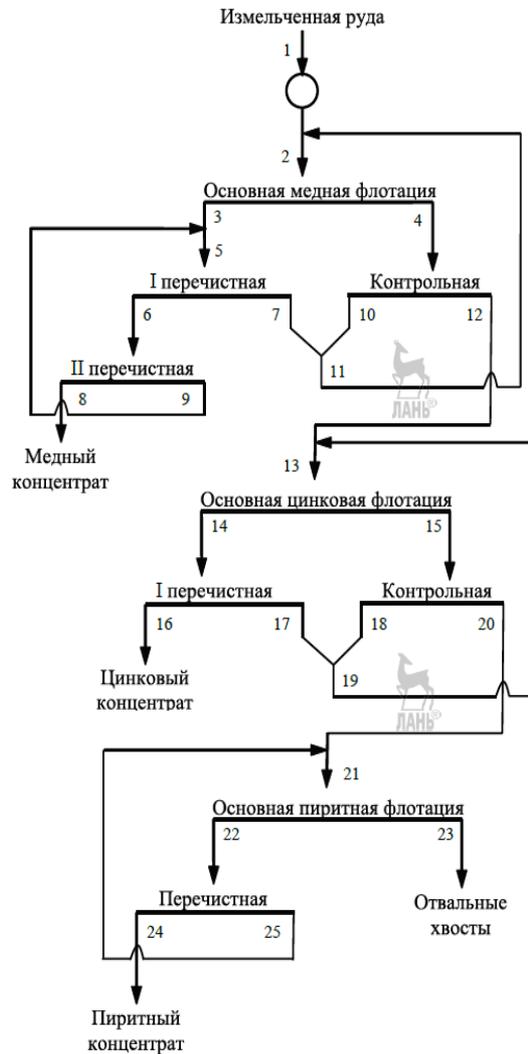


Рис. 10.2. Селективная схема флотации медно-цинково-пиритной руды (1–25 – номера продуктов)

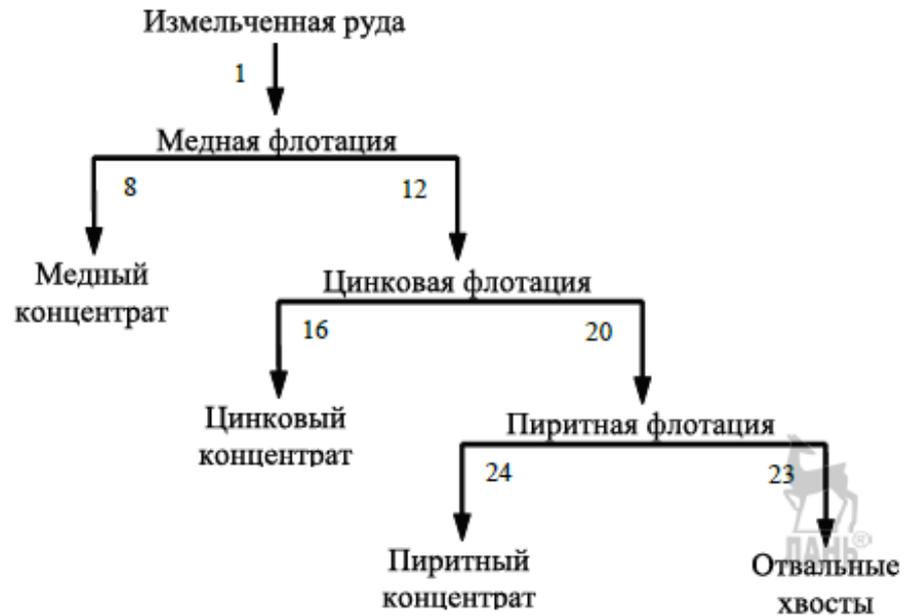


Рис. 10.3. Принципиальная схема флотации медно-цинково-пиритной руды

Для этой схемы общее число исходных показателей определяется по формуле

$$N = C(1 + n_p - a_p) - 1$$

где $C = 4$, т.е. расчет схемы проводится по твердому, меди, цинку и пиритной сере;

n_p – число продуктов разделения, равное 6;

a_p – число операций разделения, равное 3.

$$\text{Тогда } N = 4(1 + 6 - 3) = 15.$$

Число исходных показателей, относящихся к продуктам переработки, равно

$$N_n = C(n_p - a_p) = 4(6 - 3) = 12$$

Особенности расчета количественных схем обогащения полиметаллических руд

В качестве исходных показателей, относящихся к руде, принимаются содержание меди β_{Cu}^1 , содержание цинка β_{Zn}^1 и содержание серы β_S^1 . Тогда исходными показателями, относящимися к продуктам переработки, будут извлечение металлов в одноименные концентраты $\varepsilon_{Cu}^8, \varepsilon_{Zn}^{16}, \varepsilon_S^{24}$ и содержание металлов в концентратах, т.е. $\beta_{Cu}^8, \beta_{Zn}^8, \beta_S^8, \beta_{Cu}^{16}, \beta_{Zn}^{16}, \beta_S^{16}, \beta_{Cu}^{24}, \beta_{Zn}^{24}, \beta_S^{24}$. По этим исходным показателям определяются прежде всего численные значения выходов получаемых в циклах концентратов. Так, выход медного, цинкового и пиритного концентратов будет равен

$$\gamma_8 = \frac{\beta_{Cu}^1 \varepsilon_{Cu}^8}{\beta_{Cu}^8}; \quad \gamma_{16} = \frac{\beta_{Zn}^1 \varepsilon_{Zn}^{16}}{\beta_{Zn}^{16}}; \quad \gamma_{24} = \frac{\beta_S^1 \varepsilon_S^{24}}{\beta_S^{24}}$$

Тогда выход хвостов в каждом цикле можно определить по разнице:

$$\gamma_{12} = 1 - \gamma_8; \quad \gamma_{20} = \gamma_{12} - \gamma_{16}; \quad \gamma_{23} = \gamma_{20} - \gamma_{24}$$

Затем определяется извлечение сопутствующих металлов в конечные концентраты, т.е. извлечение цинка и серы в медный концентрат, извлечение меди и серы в цинковый концентрат и извлечение меди и цинка в пиритный концентрат. Например, извлечение цинка в медный концентрат:

$$\varepsilon_{Zn}^8 = \frac{\gamma_8 \beta_{Zn}^8}{\beta_{Zn}^1} \quad \text{извлечение цинка в пиритный концентрат} \quad \varepsilon_{Zn}^{24} = \frac{\gamma_{24} \beta_{Zn}^{24}}{\beta_{Zn}^1}$$

Особенности расчета количественных схем обогащения полиметаллических руд

Определяются численные значения извлечения металлов в хвосты отдельных циклов:

$$\varepsilon_{Cu}^{12} = 1 - \varepsilon_{Cu}^8; \quad \varepsilon_{Cu}^{20} = \varepsilon_{Cu}^{12} - \varepsilon_{Cu}^{16}; \quad \varepsilon_{Cu}^{23} = \varepsilon_{Cu}^{22} - \varepsilon_{Cu}^{24} \text{ и т.д.}$$

После расчета принципиальной схемы осуществляется расчет схем по циклам, который проводится по основному металлу: медный цикл рассчитывается по меди, цинковый – по цинку и пиритный – по сере. Для схемы, представленной на рис. 10.2, определяется необходимое и достаточное число исходных показателей, т.е.

$$N = C(1 + n_p - a_p) - 1 = 4(1 + 18 - 9) - 1 = 3;$$
$$N_n = C(n_p - a_p) = 4(18 - 9) = 36.$$

При этом следует учесть, что показатели, относящиеся к исходной руде, и показатели, которые определены при расчете принципиальной схемы, известны. После расчета циклов по основному металлу составляется баланс по операциям циклов сопутствующих металлов. При расчете схем коллективно-селективной флотации сначала рассчитывается схема коллективной флотации, а затем осуществляется расчет схемы селективной флотации коллективного концентрата, причем расчет схемы по отдельным операциям и циклам проводится по основному металлу как для монометаллической руды.

Расчет водно-шламовой схемы и баланса воды

Расчет шламовой (водно-шламовой схемы) осуществляется с целью:

- обеспечения оптимальных соотношений Т:Ж в операциях;
- определения разжижения в продуктах;
- определения количества воды, добавляемой или уходящей из операции;
- определения объема пульпы в продуктах и операциях;
- расчета баланса воды в процессе;
- определения объема потребляемой воды;
- определения удельного расхода воды.

При расчете принимаются следующие обозначения:

n – номер продукта в схеме;

R_n – разжижение или отношение жидкого к твердому по массе, численно равно массе воды на 1 т твердого;

W_n – количество воды в продукте или операции, м³/ед. времени;

L_n – количество воды, добавляемой в операцию или в продукт, м³/ед. времени;

S_n – влажность продукта, %, доли ед.;

T_n – содержание твердого в продукте или операции, %;

δ_n – плотность твердого в продукте, т/м³;

V_n – объем пульпы в продукте или операции, м³/ед. времени;

ln – удельный расход воды, м³/т;

Q – масса сухого продукта, т/ч, т/сут.

Расчет водно-шламовой схемы и баланса воды

При расчете водно-шламовых схем используются следующие основные соотношения:

$$W_{\Pi} = R_{\Pi} Q_{\Pi}, \text{ откуда } R_{\Pi} = \frac{W_{\Pi}}{Q_{\Pi}} \quad (10.10)$$

Разжижение R_{Π} можно определить и по влажности продукта S_{Π} :

$$R_{\Pi} = \frac{S_{\Pi}}{1 - S_{\Pi}}. \quad (10.11)$$

В свою очередь, влажность продукта можно определить из соотношения

$$S_{\Pi} = \frac{W_{\Pi}}{Q_{\Pi} + W_{\Pi}}. \quad (10.12)$$

Тогда объем пульпы будет равен:

$$V_{\Pi} = W_{\Pi} + \frac{Q_{\Pi}}{\delta}, \quad (10.13)$$

$$V_{\Pi} = Q_{\Pi} R_{\Pi} + \frac{1}{\delta}. \quad (10.14)$$

Расчет водно-шламовой схемы и баланса воды

Нормы добавки воды в операциях обработки руд и россыпей дополнительно к воде, поступающей с питанием, м³/т твердого:

Промывка руд в:

скрубберах.....	1,0...2,0
бутах.....	4,0...10,0
наклонных корытных мойках.....	3,6...6,0
горизонтальных корытных мойках	1,0...2,5
Мокрое грохочение и обесшламливание на грохотах.....	1,0...2,5
Гидравлическая классификация	0,5...1,5
Отсадка руд в диафрагмовых отсадочных машинах	3,5...5,0
Концентрация руд на столах.....	1,5...2,5
Отмывка суспензии от продуктов обогащения руд.....	0,5...1,2
Обогащение на винтовых сепараторах	0,1...0,35
Обогащение на винтовых шлюзах.....	0,1...1,8
Транспортировка флотационных концентратов по желобам ..	0,5...1,5

Расчет водно-шламовой схемы и баланса воды

Таблица 10.1 Массовая доля твердого в некоторых продуктах и операциях обогащения

Операции и продукты	Массовая доля твердого, %	
	в питании операции	в продуктах
Измельчение в шаровых, стержневых мельницах	65...80	–
Измельчение в мельницах само- и полусамонизмельчения	60...70	–
Слив классификаторов при измельчении до крупности, мм:		
0,3	–	28...50
0,2	–	25...45
0,15	–	20...35
0,10	–	15...30
Пески спиральных классификаторов	–	80...85
Пески гидроциклонов	–	6...80
Основная флотация при одностадийных схемах и II стадия основной флотации	20...35	–
I основная флотация в двухстадийных схемах	30...50	–
Перечистная флотация	15...30	–
Концентраты флотации:		
основной	–	25...45
перечистой	–	30...50
контрольной	–	25...35
Отсадка руд	40...50	–
Продукты отсадки	–	30...50

Концентрация на столах	25...35	–
Концентраты столов	–	40...60
Промпродукты столов	–	30...45
Концентрация на винтовых сепараторах	15...40	–
Концентрация на струйных и конусных сепараторах	45...60	–
Гидравлическая классификация	30...50	–
Пески гидравлической классификации	–	20...50
Обогащение на шлюзах	12...25	–
Обогащение на орбитальных шлюзах	9...11	–
Обогащение в центробежных концентраторах	25...40	–
Тяжелая фракция после отмывки суспензии	–	93...95
Легкая фракция после отмывки суспензии	–	90...93
Мокрая магнитная сепарация материала крупностью, мм:		
0,3	50...55	–
0,15	40...50	–
0,1	30...40	–
0,05	20...30	–
Магнитная фракция мокрой магнитной сепарации:		
крупностью более 0,15 мм	–	65...68
крупностью менее 0,15 мм	–	60...65
Сгущенные продукты радиальных сгустителей	–	50...70
Фильтрование рудных флотационных концентратов	50...70	85...90
Сушка	85...90	95...98

Расчет водно-шламовой схемы и баланса воды

Расчет баланса воды и удельного расхода воды

Основными показателями, которые определяются при расчете водно-шламовой схемы, являются объем воды в операциях и продуктах W_n , объем пульпы в операциях и продуктах V_n и количество воды, добавляемой в операции, L_n .

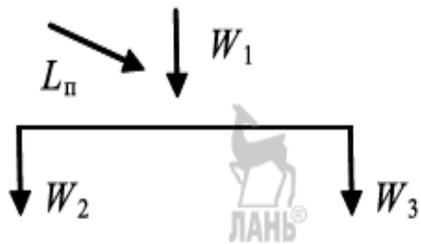
Определение количества воды, подаваемой в процесс, производится при составлении баланса по воде для каждой операции с учетом того, сколько воды поступает в процесс и столько ее должно уходить из процесса.

Например, для операции

количество добавляемой воды будет равно $L_n = (W_2 + W_3) - W_1$, так как $W_1 + L_n = W_2 + W_3$.

Расчет водно-шламовой схемы может осуществляться в таблице Excel.

По результатам расчета водно-шламовой схемы составляется баланс общей воды по фабрике. Расчет баланса воды основывается на том, что количество воды, поступающей в процесс должно быть равно количеству воды, уходящей из процесса, т.е.



$$W_1 + \sum L = \sum W_k,$$

где W_1 – количество воды, поступающей в процесс с исходным продуктом;

$\sum L$ – суммарное количество воды, добавляемой в операции;

$\sum W_k$ – суммарное количество воды, выходящей из процесса с продуктами переработки.

Расчет водно-шламовой схемы и баланса воды

В табл. 10.2 приведен баланс общей воды по рассчитанной водношламовой схеме.

Таким образом, количество общей воды, добавляемой в процесс, определяется по разнице

$$\sum W_k - W_1 = \sum L = 1807,80 - 957 = 850,80 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Тогда расход общей воды будет на 10...15 % больше расхода воды на технологические операции и удельный расход ее составит

Таблица 10.2 Баланс воды

Поступает воды в процесс, м ³ /ч		Выходит воды из процесса, м ³ /ч	
С исходной рудой	957,0	С отвальными хвостами	1782,06
		С медным концентратом	25,74
В I основную флотацию	753,05		
Во II основную флотацию	20,58		
В II перечистную флотацию	16,30		
Во I перечистную флотацию	43,48		
В I основную промпродуктовую флотацию	5,96		
Во II основную промпродуктовую флотацию	5,57		
В контрольную промпродуктовую	5,64		
Всего поступает	1807,80	Всего выходит	1807,80

$$l = \frac{\sum L + (0,1 \dots 0,15) \sum L}{638} = \frac{850,80 + 0,15 \cdot 850,80}{638} = 1,53 \text{ м}^3/\text{т}$$

Удельный расход оборотной воды принимается равным 80 % от общей, т.е.

$$l_{об} = 0,8 \cdot 1,53 = 1,22 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Удельный расход свежей воды составит:

$$l_{св} = 1,53 - 1,22 = 0,30 \text{ м}^3/\text{т}.$$