



Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

Курс профессиональной переподготовки

Технологии урановых добывающих и
перерабатывающих предприятий

МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

к.т.н., доцент кафедры ХТРЭ
Николай Степанович Тураев

МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.

Материальный баланс выщелачивания.

Хотелось бы выполнить материальный баланс подземного выщелачивания. Но в данном случае можно отметить ряд затруднений.

Во-первых, длительность процесса, во-вторых, большая масса рудного пласта, в третьих, переменная концентрация продуктивного раствора.

Поэтому остановимся на материальном расчете выщелачивания, производимом на ГМЗ для руды, добытой в карьере.

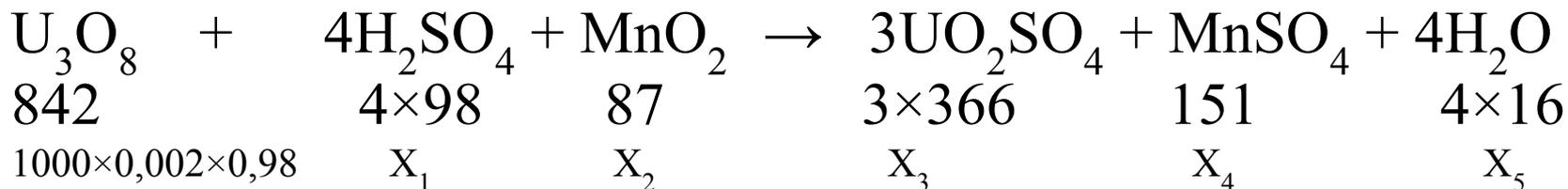
Примем следующий состав исходной руды (% масс.)

U_3O_8 – 0,2%, SiO_2 -70%; Al_2O_3 – 9%, Fe_2O_3 – 5,4%, FeO – 2%, $CaCO_3$ – 1,6%, другие 11,8%. Содержание твердой фазы в пульпе 40%.

Остаточная кислотность 10 г/л.

Выщелачивание производим серной кислотой в присутствии окислителя – пиролюзита (считаем расход на MnO_2). Расчет ведем на 1 т руды.

Считаем расход реагентов на реакцию с U_3O_8 (степень вскрытия 98%).



Расход H_2SO_4

$$X_1 = 1,96 \times 392 / 842 = 0,9125 \text{ кг}$$

Расход MnO_2

$$X_2 = 1,96 \times 87 / 842 = 0,2025 \text{ кг}$$

Приход UO_2SO_4

$$X_3 = 1,96 \times 1098 / 842 = 2,5559 \text{ кг, в том числе } 2,5559 \times 3 \times 238 / 1,662 \text{ кг}$$

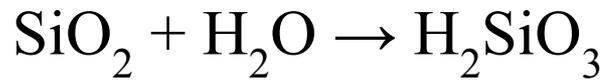
U

Приход $MnSO_4$

$$X_4 = 1,96 \times 151 / 842 = 0,3515 \text{ кг}$$

Приход H_2O

$$X_5 = 1,96 \times 4 \times 18 / 842 = 0,1676 \text{ кг}$$



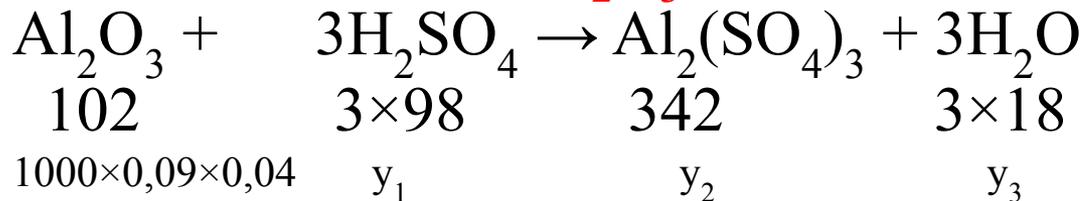
Принимаем, что в коллоидный раствор перешло 0,5 % SiO_2 .

Количество H_2SiO_3 : $700 \times 0,005 \times 78/60 = 4,55$ кг.

Расход H_2O

$$3,5 \times 18/60 = 1,05$$

Степень вскрытия Al_2O_3 3-5%, принимаем 4%



Расход H_2SO_4

$$y_1 = 3,6 \times 3 \times 98/102 = 10,3765 \text{ кг}$$

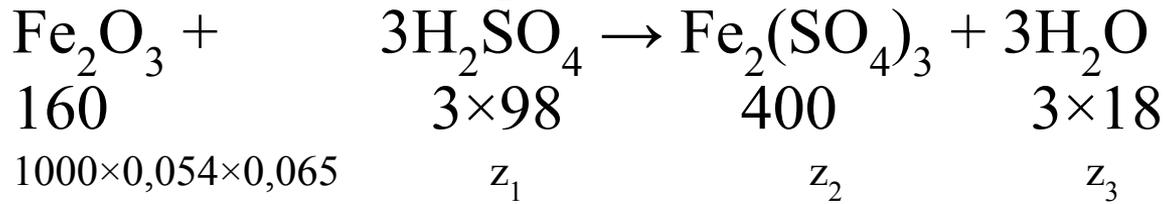
Приход $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

$$y_2 = 3,6 \times 342/102 = 12,0706 \text{ кг}$$

Приход H_2O

$$y_3 = 3,6 \times 54/102 = 1,9059 \text{ кг}$$

Степень вскрытия Fe_2O_3 5-8%, принимаем 6,5%



Расход H_2SO_4

$$z_1 = 3,51 \times 294 / 160 = 6,4496 \text{ кг}$$

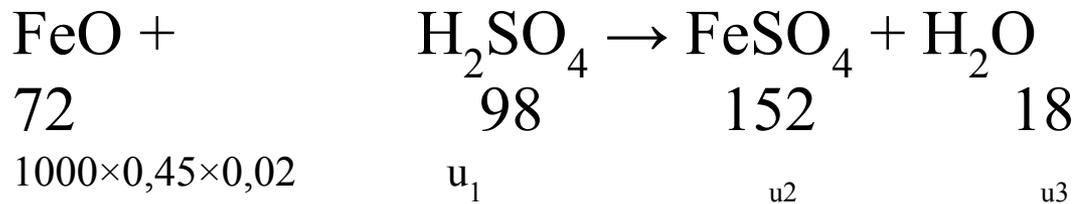
Приход $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

$$z_2 = 3,51 \times 400 / 160 = 8,775 \text{ кг}$$

Приход H_2O

$$z_3 = 3,51 \times 54 / 160 = 1,1846 \text{ кг}$$

Степень вскрытия FeO 40-50%, принимаем 45%



Расход H_2SO_4

$$u_1 = 9 \times 98 / 72 = 12,25 \text{ кг}$$

Приход $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

$$u_2 = 9 \times 152 / 72 = 19 \text{ кг}$$

Приход H_2O

$$u_3 = 9 \times 18 / 72 = 2,75 \text{ кг}$$

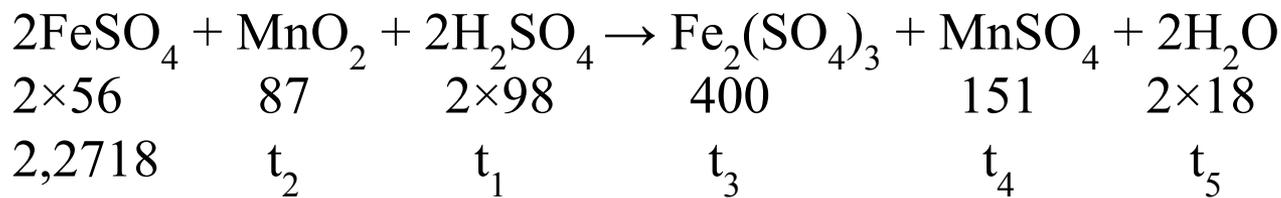
В 8,775 кг $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ содержится $8,775 \times 2 \times 56 / 400 = 2,457$ кг Fe^{3+}

В 19 кг FeSO_4 содержится $19 \times 56 / 152 = 7$ кг Fe^{2+}

Сумма Fe^{3+} и $\text{Fe}^{2+} = 2,457 + 7 = 9,457$ кг

Для полного окисления U(IV) до U(VI) требуется выровнить количества Fe^{3+} и Fe^{2+} , т.е. до $9,457 / 2 = 4,7285$ кг.

Для этого нужно окислить $4,7288 - 2,457 = 2,2718$ кг Fe^{2+}



Расход H_2SO_4

$$t_1 = 2,2718 \times 196 / 112 = 3,9756 \text{ кг}$$

Расход MnO_2

$$t_2 = 2,2718 \times 87 / 112 = 1,7647 \text{ кг}$$

Приход $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

$$t_3 = 2,2718 \times 400 / 112 = 8,1136 \text{ кг}$$

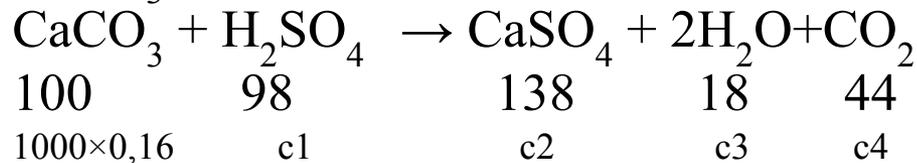
Приход MnSO_4

$$t_4 = 2,2718 \times 151 / 112 = 3,0629 \text{ кг}$$

Приход H_2O

$$t_5 = 2,2718 \times 36 / 112 = 0,7302 \text{ кг}$$

CaCO₃ реагирует на 100%



Расход H₂SO₄

$$C_1 = 16 \times 98 / 100 = 15,68 \text{ кг}$$

Приход CaSO₄

$$C_2 = 16 \times 138 / 100 = 22,08 \text{ кг}$$

Приход H₂O

$$C_3 = 16 \times 18 / 100 = 2,88 \text{ кг}$$

Приход CO₂

$$C_4 = 16 \times 44 / 100 = 7,04 \text{ кг}$$

Суммарный расход H₂SO₄ составляет

$$X_1 + Y_1 + Z_1 + U_1 + t_1 + C_1, \text{ т.е.}$$

$$0,9125 + 10,3765 + 6,4496 + 12,25 + 3,9756 + 15,68 = 49,6442 \text{ кг}$$

Дополнительно для создания избыточной кислотности 10г/л требуется

$$10 \text{ г/л} \cdot 1500 \text{ л} = 15000 \text{ г} = 15 \text{ кг.}$$

$$(1500 = 1000 \text{ кг} \times 60 / 40 = 1500 \text{ ж.фазы, т.е. } \sim 1500 \text{ л})$$

Следовательно общий расход H₂SO₄ составит

$$49,6442 + 15 = 64,6442 \text{ кг}$$

Суммарный расход MnO_2

$$X_2 + t_2 = 0,2025 + 1,7647 = 1,9672 \text{ кг}$$

Суммарное количество полученного $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

$$Z_2 + t_3 = 8,775 + 8,1136 = 16,8886 \text{ кг}$$

Количество оставшегося FeSO_4

$$19 - 2,2718 \times 152/56 = 19 - 6,1663 = 12,8337 \text{ кг}$$

Количество воды, полученной по реакциям

$$X_5 + y_3 + z_3 + u_3 + t_5 + c_3 = 0,1676 + 1,9059 + 1,1846 + 2,25 + 0,7302 + 2,88 = 9,1183 \text{ кг}$$

Количество MnSO_4

$$X_4 + t_4 = 0,3515 + 3,0629 = 3,4144 \text{ кг}$$

Теперь составляем таблицу материального баланса. В твердом остатке остается начальное количество, умноженное на $(1-\varepsilon)$, где ε – степень вскрытия.

Материальный баланс сернокислотного выщелачивания

Приход		Расход	
Статьи	Количество, кг	Статьи	Количество, кг
Руда,	1000	1. Тв. остаток, в	981,51
в т.ч.		т.ч.	
U ₃ O ₈	2	U ₃ O ₈	0,04
SiO ₂	700	SiO ₂	696,5
Al ₂ O ₃	90	Al ₂ O ₃	86,4
Fe ₂ O ₃	54	Fe ₂ O ₃	50,49
FeO	20	FeO	11,0
CaCO ₃	16	CaSO ₄	19,08
другие	118	другие	118
		2. Продуктивный	1607,4615
		раствор, в т.ч.	
H ₂ SO ₄	64,6442	UO ₂ SO ₄	2,5559
MnO ₂	1,9672	H ₂ SiO ₃	4,55
		Al ₂ (SO ₄) ₃	12,0706
		Fe ₂ (SO ₄) ₃	16,8886
		FeSO ₄	12,8337
		MnSO ₄	3,4144
Вода	1500	H ₂ SO ₄	15,0
		H ₂ O	1508,0683
		CaSO ₄	3
		3. Газовая фаза	
		CO ₂	7,04
Итого	2566,6114		2566,9515