

Рис. 4.7. Цементационный желоб:

1 — подача продуктивного раствора; 2 — железный скрап; 3 — желоб для сбора сбросных растворов; 4 — приемник цементной меди; 5 — решетка; 6 — цементная медь

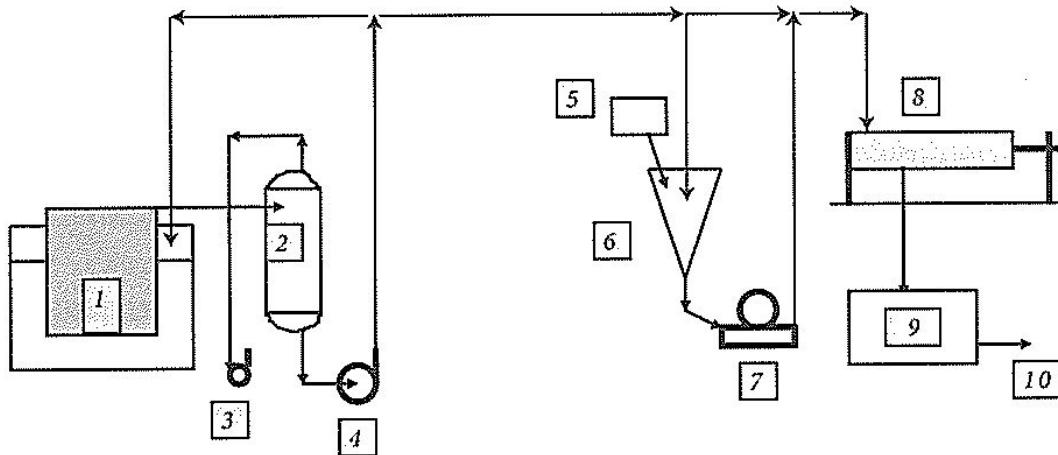


Рис. 4.8. Схема цепи аппаратов цементации золота цинковой пылью:

1 — рамный фильтр-осветлитель; 2 — вакуум-рецивер осветленных растворов; 3 — вакуум-насос; 4 — центробежный насос с гидравлическим затвором; 5 — питатель цинковой пыли; 6 — смеситель; 7 — плунжерный насос; 8 — осадительный фильтр-пресс; 9 — чан обеззолоченного раствора; 10 — обеззолоченный раствор

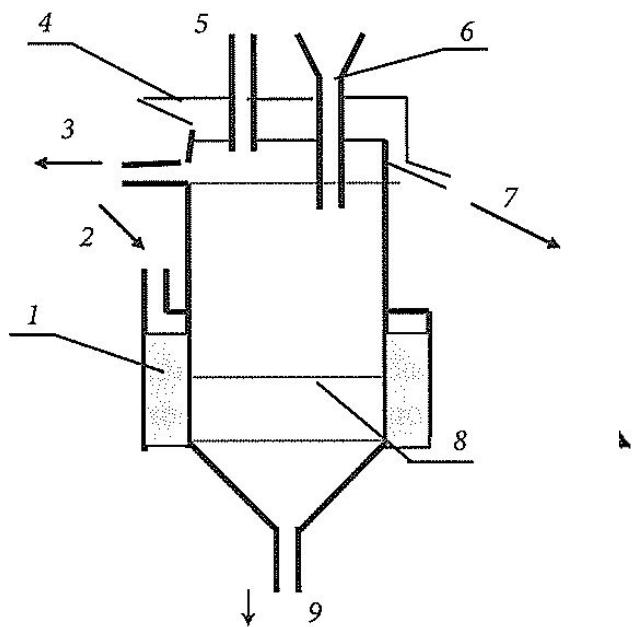
Таблица 4.2

**Потенциалы металлов в цианистых растворах**

Электрод	$E, В$	Электрод	$E, В$
Fe/Fe <sup>2+</sup>	-1,5	Cu/Cu <sup>+</sup>	-0,87
Zn/Zn <sup>2+</sup>	-1,26	Pd/Pd <sup>2+</sup>	-0,71
Cu/Cu <sup>2+</sup>	-1,15	Pt/Pt <sup>2+</sup>	-0,60
Ni/Ni <sup>2+</sup>	-1,08	Au/Au <sup>+</sup>	-0,54
Cd/Cd <sup>2+</sup>	-0,95	Ag/Ag <sup>+</sup>	-0,31



В присутствии кислорода на катоде протекает реакция:  $2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4e^- = 4\text{OH}^-$  и  $\text{Me}^{n+} + ne^- = \text{Me}$ . На аноде идет реакция:  $\text{Fe} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2e^-$ ; и далее:  $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 4\text{FeOOH} + 2\text{H}_2\text{O}$ . При достижении в растворе мольного соотношения Fe(III):Fe(II) = 3:1 образуется магнетит.



**Рис.4.9. Аппарат для гальванофлотации:**  
 1 — диспергатор; 2 — подача пульсирующего потока воздуха; 3 — патрубок вывода очищаемых вод; 4 — приемник пенного продукта; 5 — патрубок ввода растворов; 6 — загрузочная воронка для гальваномассы; 7 — разгрузка пенного продукта; 8 — сетки; 9 — выпуск осадка

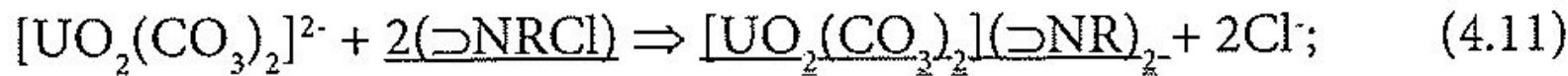
Таблица 4.3

**Изменение содержания анионов и др. веществ при гальванохимической очистке**

Удаляемые вещества	Время обработки, мин	Концентрация, мг·л <sup>-1</sup>		Степень очистки, %
		исходная	остаточная	
Сульфат-ионы $\text{SO}_4^{2-}$		210—96—48—20	104—48—0—0	50—50—100—100
Ксантогенат	10—20	25	2,4—0	90—100
Олеат натрия	10—20	96,0	8,5—0	94—100
сульфид натрия	10—20	491	99,1—0	80—100
Керосин	10—20	336,0	2,8—0	99—100
Кремневая кислота	10—20	110	99,1—0	80—100
Цианид-ион $\text{CN}^-$			0,1; 0,01	
Масло			2	

Наиболее часто в качестве фиксированных ионов служат у катионитов  $-\text{SO}_3^-$ ,  $-\text{COO}^-$ ,  $-\text{PO}_4^{2-}$ , у анионитов  $-\text{NH}_3^+$ ,  $=\text{NH}_2^+$ ,  $\equiv\text{NH}^+$ ,  $\equiv\text{N}^+$ .

У сильнокислотных катионитов группы  $-\text{SO}_3\text{H}$  или  $-\text{PO}_4\text{H}_2$  проявляют катионообменные свойства в широком диапазоне рН. Слабокислотные катиониты, с группами  $-\text{COOH}$ , проявляют ионообменные свойства только в щелочной среде.



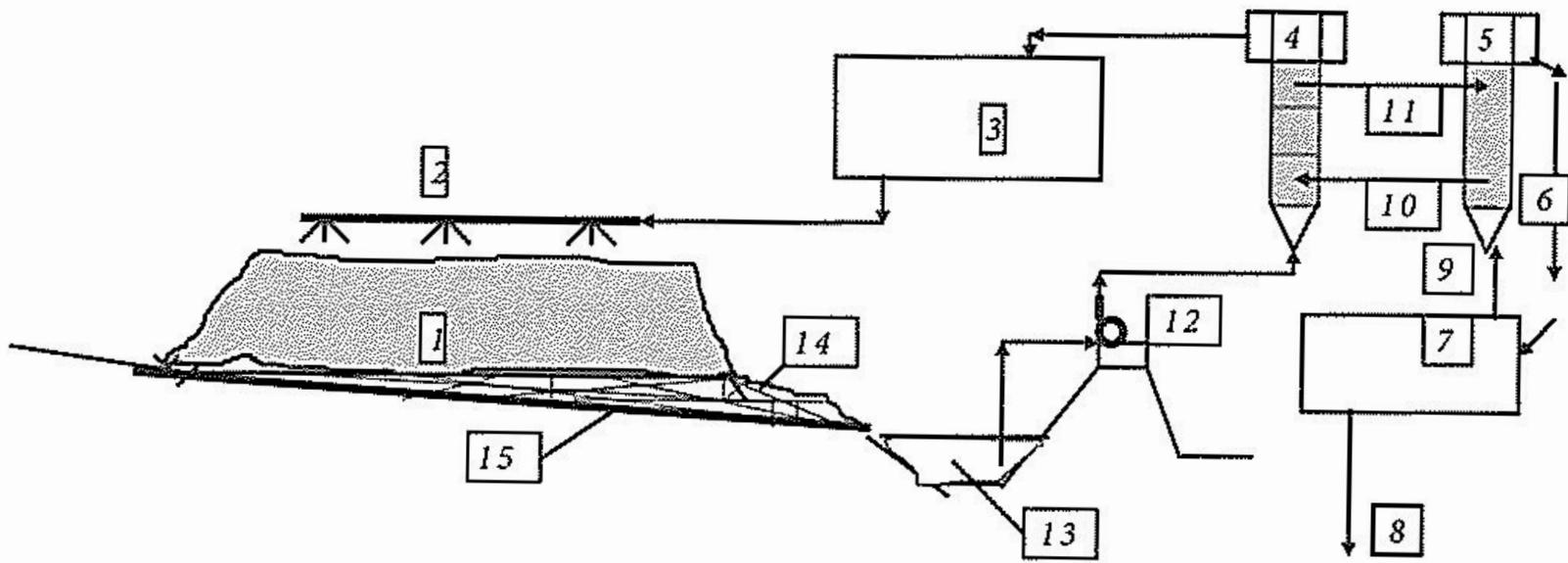
(уравнение Фика):

$$dQ/dt = DFdc/dx, \quad (4.13)$$

где  $Q$  — количество дифундирующих веществ,  $t$  — время,  $D$  — коэффициент диффузии,  $c$  — концентрация вещества в растворе и  $x$  — расстояние, проходимое веществом.

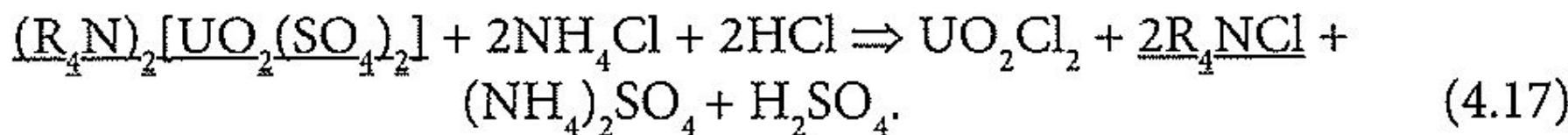
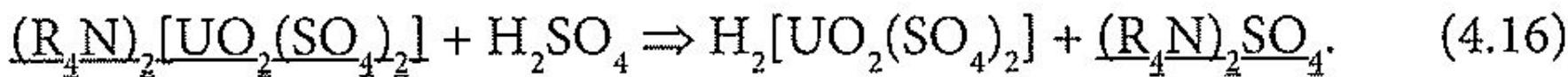
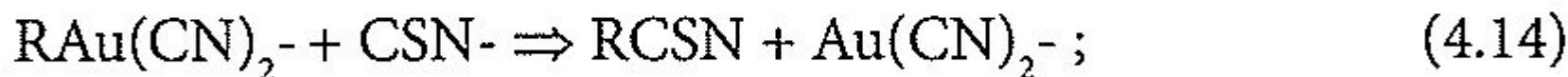
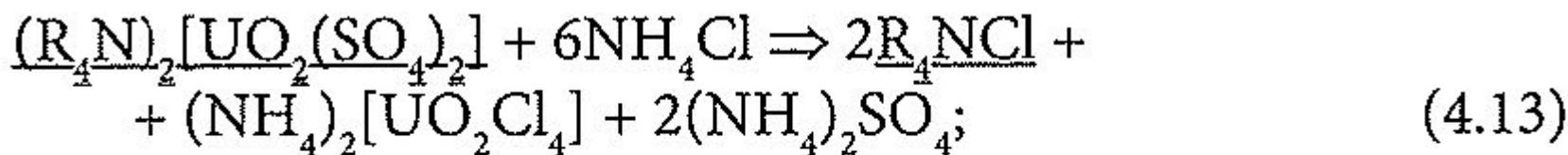


Рис. 4.10. Сорбция и ее взаимосвязь с примыкающими к ней процессами



**Рис. 4.11. Схема кучного выщелачивания золотосодержащих руд с сорбцией золота активированным углем:**

1 — штабель (куча) руды; 2 — оросительная система; 3 — сборник отработанных растворов; 4 — колонна с активированным углем; 5 — десорбционно-регенерационная колонна; 6 — золотосодержащий раствор; 7 — электролизная установка; 8 — золото на рафинирование; 9 — электролит на десорбцию; 10 — уголь после десорбции и регенерации; 11 — насыщенный золотом уголь; 12 — насос для перекачки продуктивных растворов; 13 — сборник (прудок) продуктивных растворов; 14 — дренаж; 15 — гидроизоляция



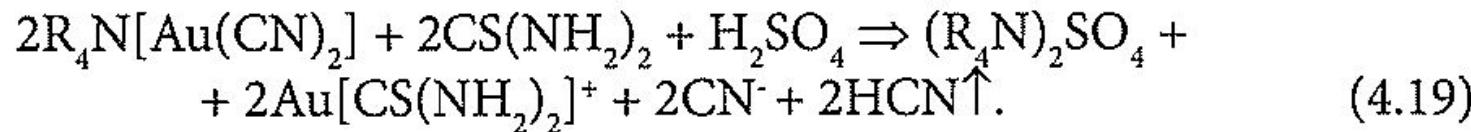
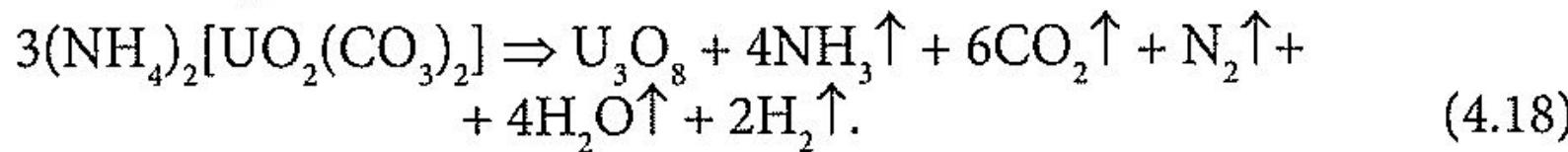
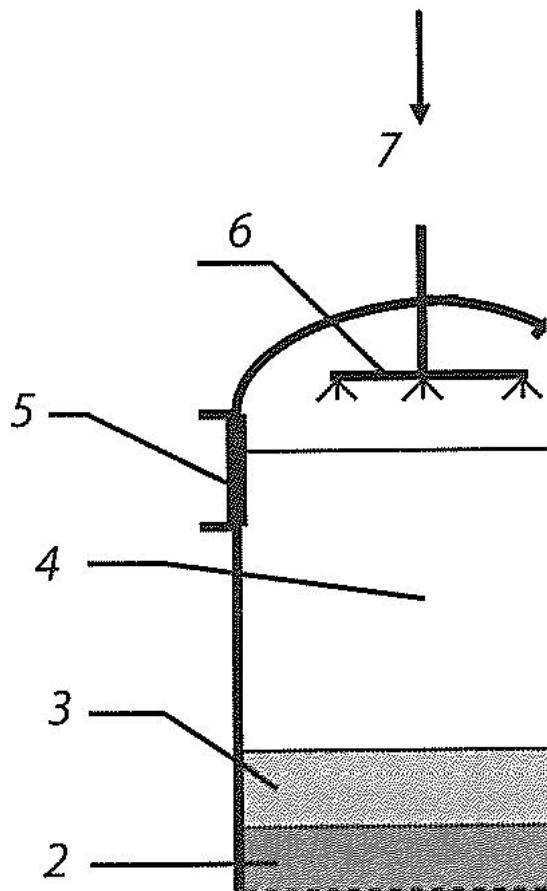
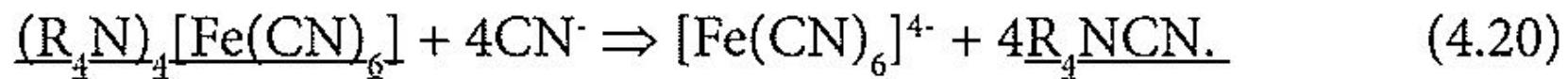


Таблица 4.4

**Основные стадии десорбции золота из анионита АМ-2Б**

Операция	Назначение	Состав раствора	$V_p/V_{\text{ст}}$
Обработка цианидом	Десорбция Fe, Cu	30—50 г·л <sup>-1</sup> NaCN	4—5
Промывка водой	Отмывка цианида	Вода	3—5
Кислотная обработка	Десорбция Ni, Zn, CN <sup>-</sup>	20—30 г·л <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4—6
Сорбция тиомочевины	Подготовка ионита к десорбции золота	80—90 г·л <sup>-1</sup> CS(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> <sup>+</sup> 20—30 г·л <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1—1,5
Десорбция золота	Получение товарного регенерата	80—90 г·л <sup>-1</sup>	4—5
Промывка водой	Отмывка тиомочевины	CS(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	3—5
Щелочная обработка	Десорбция Zn, Al, SiO <sub>2</sub> , As, S, восст. пористой структуры, перевод ионита в OH-форму	20—30 г·л <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Вода	4—5
Промывка водой	Отмывка от щелочи	20—40 г·л <sup>-1</sup> NaOH Вода	3—5



**Рис. 4.12. Сорбционный фильтр:**

1 — дренажная решетка, фильтрткань; 2 — гравий;  
 3 — песок; 4 — ионит; 5 — люк для загрузки ионита;  
 6 — распределительная система продуктивных растворов; 7 — продуктивные растворы; 8 — выпуск промывных, регенерирующих растворов; 9 — хвостовые растворы; 10 — подача промывных, регенерирующих растворов

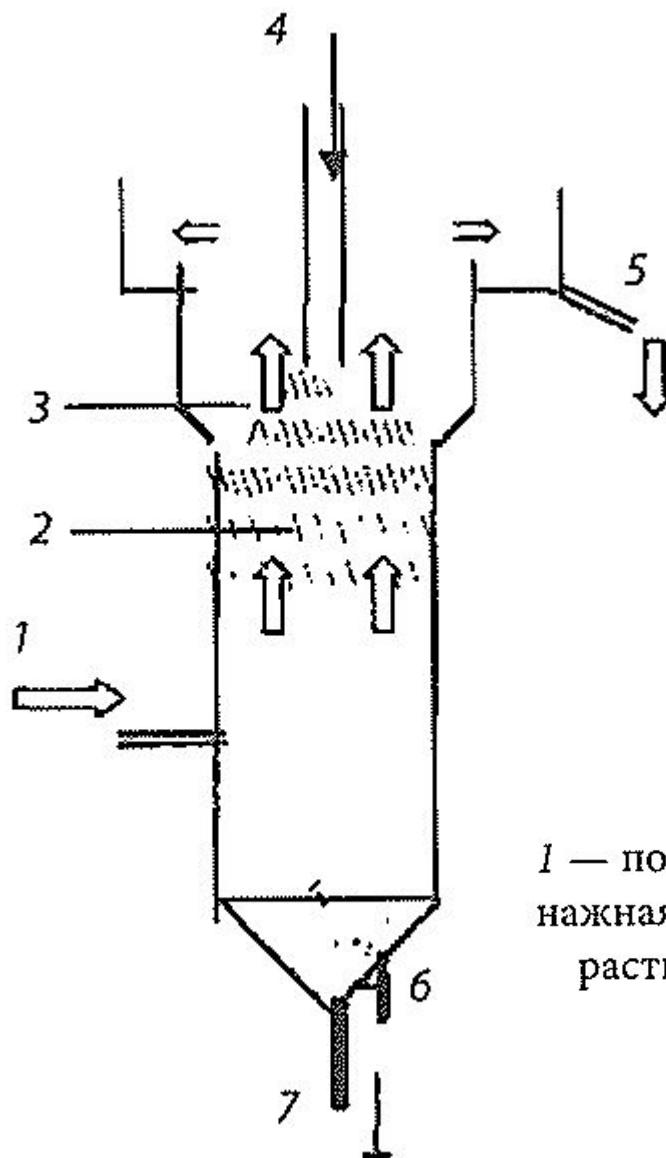


Рис.4.13. Сорбционная колонна СНК:

1 — подача продуктивного раствора, 2 — ионит, 3 — дренажная сетка, 4 — загрузка ионообменника, 5 — разгрузка раствора, 6 — шламы, 7 — выпуск шламов и сорбента

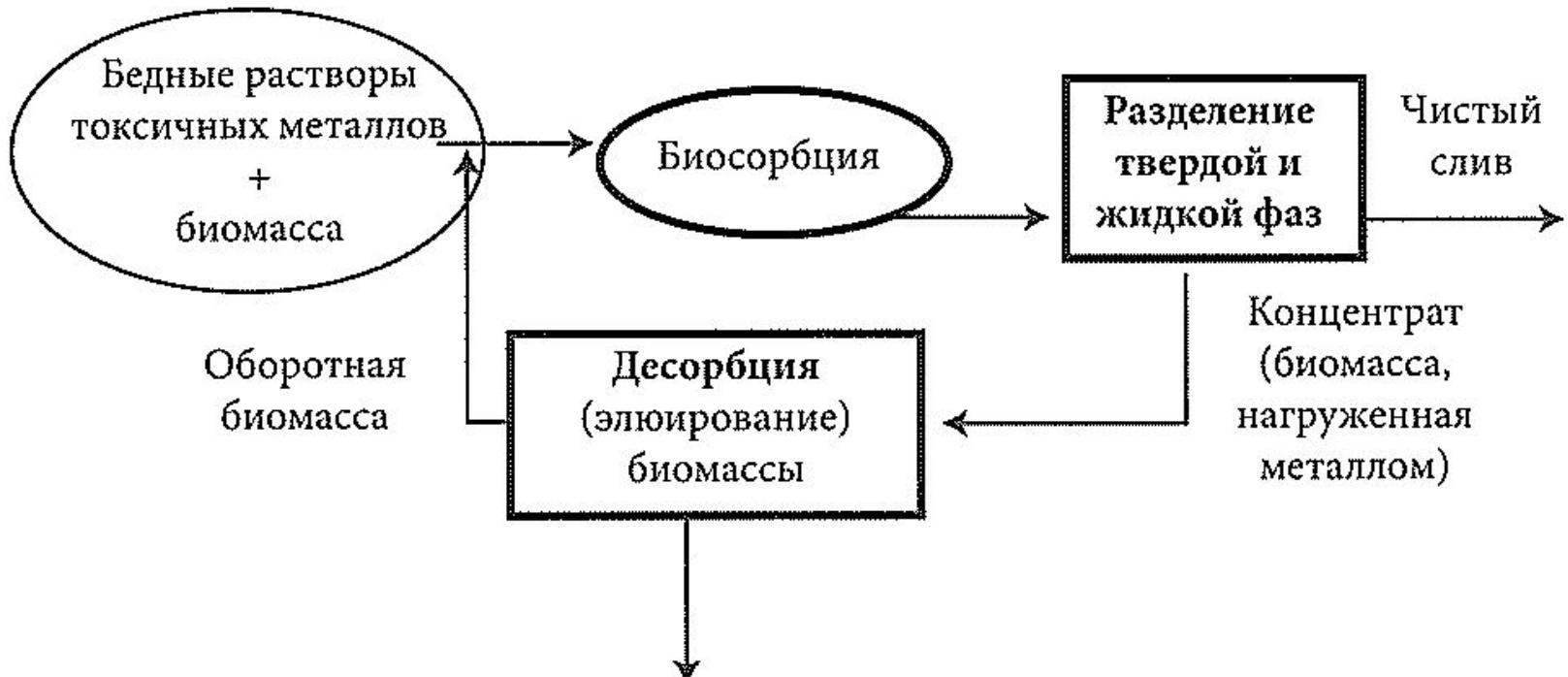


Рис. 4.14 . Принципиальная схема биосорбции и выделения биосорбента и концентрата металла

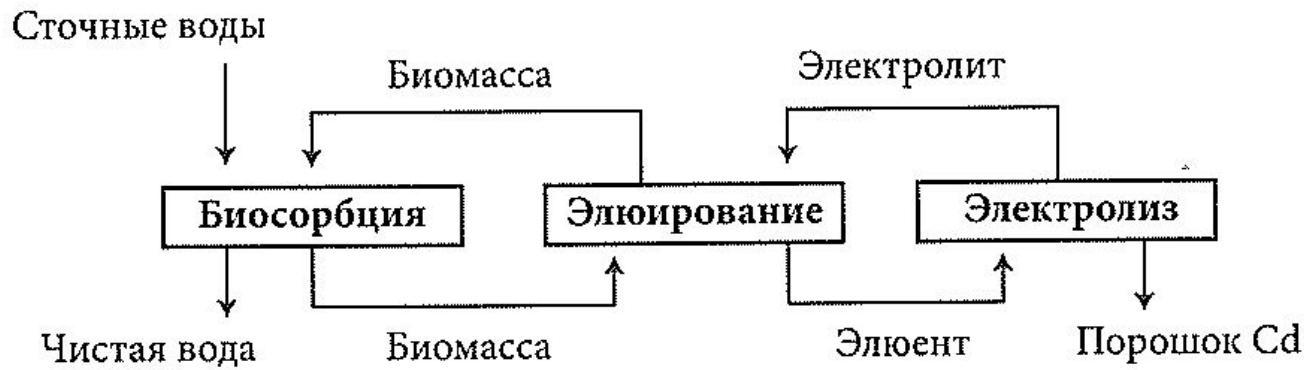


Рис. 4.15. Схема извлечения кадмия в виде порошка из водных растворов

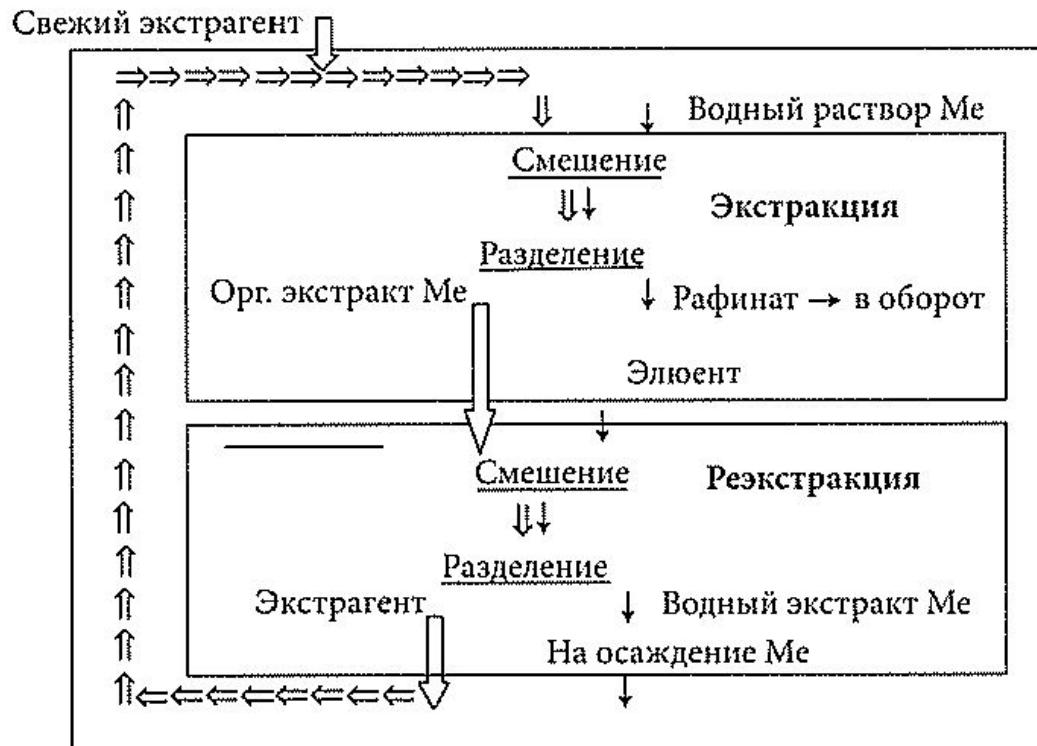


Рис. 4.16. Принципиальная схема жидкостной экстракции

### Кучное выщелачивание меди

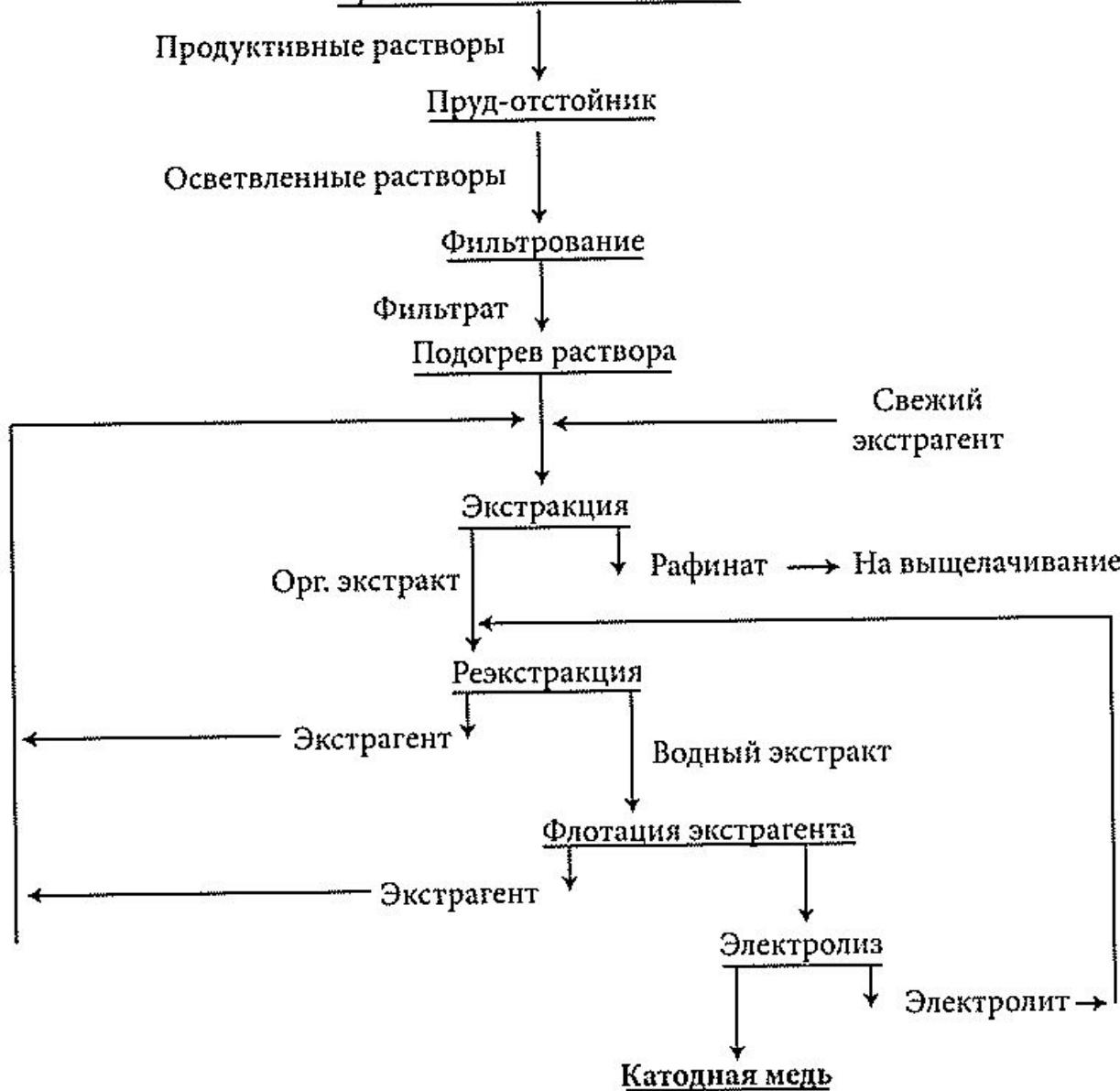


Рис. 4.17. Схема промышленных установок экстракции меди

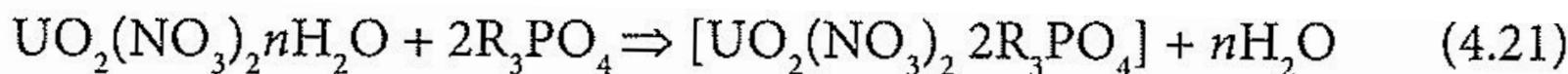
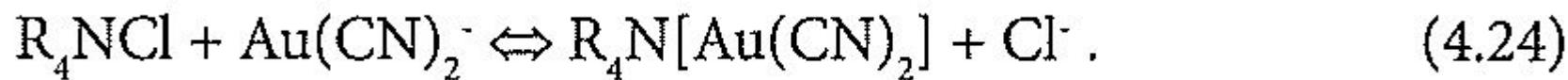
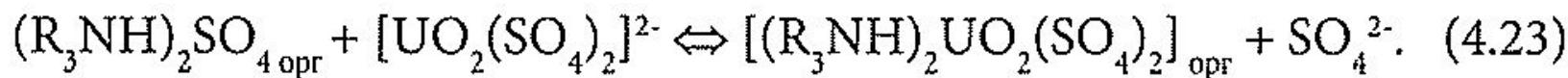
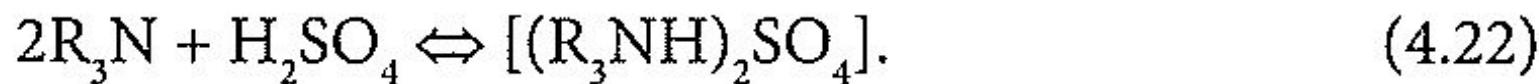
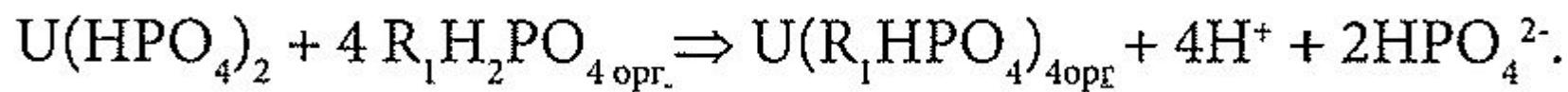
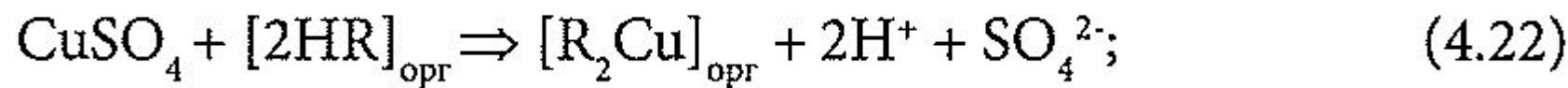
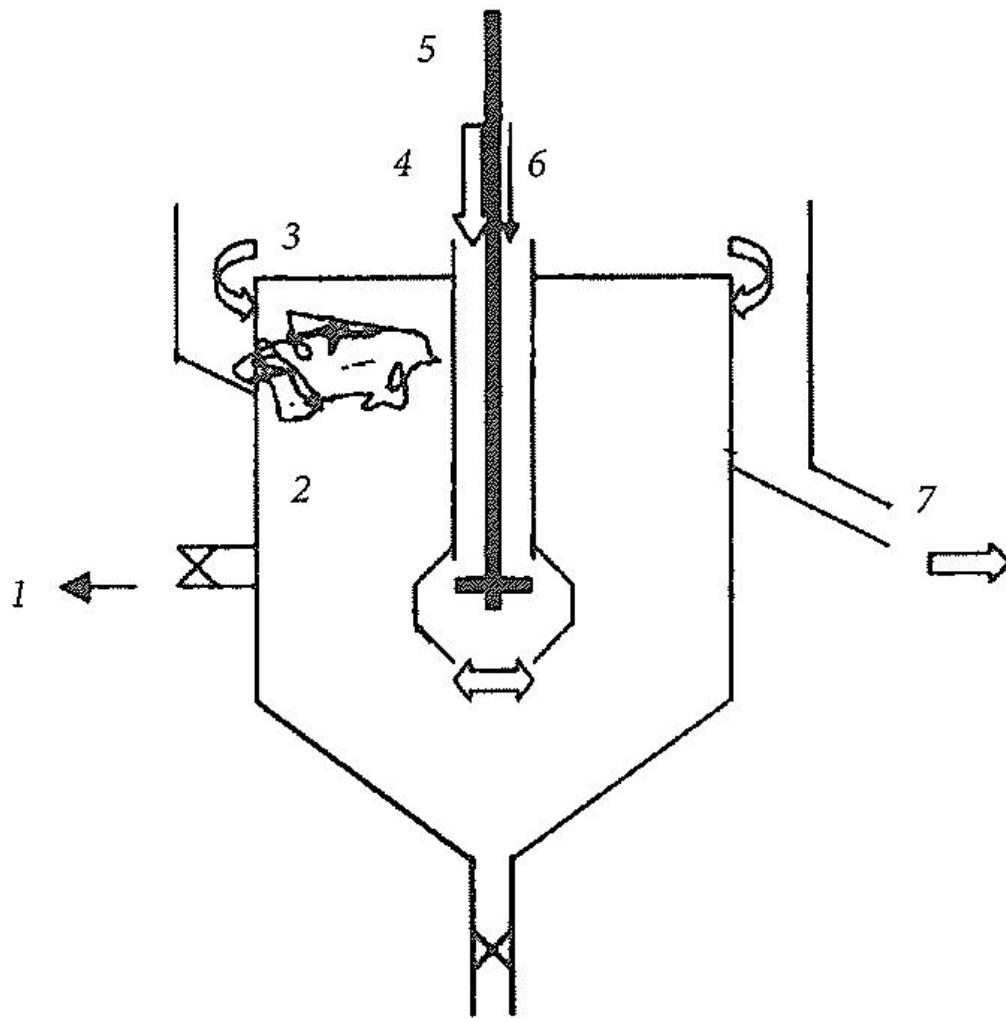


Таблица 4.5

Нейтральные экстрагенты

Экстрагент	$T_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	Растворимость $10^{-2} \text{ г/г}$	Плотность, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$	$T_{\text{всп.}}, ^\circ\text{C}$	Вязкость, сПз
Диэтиловый эфир $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	34,5	7,5	0,71	-41	0,24
Метилизобутилкетон $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2\text{CO}-\text{CH}_3$	73,6	3,7	0,81	-7	—
Трибутилfosфат $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{PO}_4$	289	0,6	0,97	145	3,45
Дизоамиловый эфир метилфосфоновой кислоты $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{O}]_2=\text{PO}-\text{CH}_3$	256	0,04	1,0	Не горюч.	3—4





**Рис. 4.18. Схема смесителя-отстойника для экстракции меди:**

1 — выпуск водного рафината; 2 — отстойник; 3 — насыщенный металлом экстрагент; 4 — свежий экстрагент; 5 — мешалка; 6 — продуктивный медьсодержащий водный раствор; 7 — отвод органического экстракта