

III.7.3 Enrichissement radiométrique des minerais radioactifs

L'enrichissement radiométrique des minerais radioactifs est le premier procédé maîtrisé industriellement. Dans la littérature scientifique et technique moderne, ce processus est appelé enrichissement auto-radiométrique. La méthode auto-radiométrique est basée sur l'utilisation de rayonnements provenant d'éléments chimiques naturellement radioactifs.(Turaev, N.S. 2005).

Des trois types de rayonnement (rayonnement alpha, bêta et gamma) dans les appareils industriels, on utilise principalement les rayonnements gamma pénétrants, car les rayonnements alpha et bêta sont facilement absorbés par les parois de l'équipement et ne fournissent pas les informations nécessaires. Selon l'intensité du rayonnement gamma, le minerai est divisé en produits individuels. Cette méthode est largement utilisée pour l'enrichissement des minerais d'uranium, ainsi que pour les minerais dans lesquels le composant précieux se trouve dans les minéraux, contenant également un élément chimique radioactif (A. A. Maslov,2007).

Le plus répandu parmi les minerais radioactifs est l'uranium, quand on parle d'enrichissement, il faut se rappeler qu'ils sont généralement complexes. Avec l'uranium contiennent un certain nombre d'autres composants précieux, dont l'extraction associée augmente brusquement la rentabilité de la production. Les plus caractéristiques sont:

Or-uranium, U ~ 0.01%, Au ~ 0.5-1g / t,
Phosphore-uranium, U ~ 0.01-0.02%, P₂O₅ ~ 5-10%,
Vanadium-uranium, U ~ 0.02-0.03%, V₂O₅ ~ 0.5-1%,
Cuivre-uranium, U ~ 0.02 – 0.03%, Cu ~ 0.2-0.3%,
Pyrite-uranium, U ~ 0.01-0.02%, S ~ 2-3%,
Zirconium-uranium, U ~ 0.01-0.02%, ZrO₂ ~ 1-2%,
Niobium-uranium, U ~ 0.01-0.02%, Nb₂O₅ ~ 0.05-0.1%,
Thorium-uranium, U ~ 0.01-0.02%, ThO₂ ~ 0.05-0,1%.

En termes de technique, de technologie et de tâches, l'enrichissement auto-radiométrique est divisé en deux types: le tri radiométrique à grande échelle et la séparation radiométrique.

Le tri radiométrique à grande échelle est réalisé par des installations radiométriques de contrôle (RKS).

La séparation radiométrique est réalisée sous le mode contrôle. Les échantillons doivent avoir environs la même granulométrie, car il est nécessaire de séparer le minerai non pas par la radioactivité absolue de l'échantillon, mais par la teneur relative de l'uranium.

La granulométrie optimale des échantillons est fixée pour chaque minerai, elle dépend du degré de contraste, pour des minerais plus contrastés, elle est plus grande. Pour les minerais de contraste moyen, il est de 40-60 mm.

La séparation radiométrique des minerais radioactifs est réalisée sur des séparateurs de différentes conceptions. Actuellement, trois types de séparateurs sont connus dans le monde:

Le premier type de séparateur est l'enregistrement du rayonnement des échantillons et leur séparation mécanique en produits d'enrichissement est effectuée pendant la période de chute libre des pièces du corps de transport du séparateur.

Le deuxième type - la mesure des émissions est effectuée au moment de trouver les morceaux sur le de transport, et la séparation - à leur chute libre.

Le troisième type - mesure des émissions et séparation des morceaux est effectuée pendant la période de présence du minerai sur la bande de transport des séparateurs.

Les principales caractéristiques de certains types de séparateurs sont données dans le tableau 1.4.

Tableau III.3 Principales caractéristiques des séparateurs auto-radiométriques

Nom du séparateur	Nombre de canaux	Classe, mm	Productivité, t / h	Efficacité de la séparation, %	Consommation électrique, kW
Whirlwind-2201R	1	100-200	75	75-80	7.5
Grenade	2	50-200	40-50	70-80	5
Agate	5	20-50	10-15	60-70	4
Uranite	1	100-200	20-30	90-91	5
Azurit-P100	2	50-100	10-14	90	6
Azurit-P50	2	25-50	4-6	85	6
UAS-200	1	100-200	40-50	92-96	2,5
UAS-100	2	50-100	22-30	90-95	2
UAS-50	2	25-50	8-9	88-93	2

Le principal inconvénient des séparateurs du premier groupe est la variation de la trajectoire des pièces avec leur chute libre, ce qui entraîne une diminution de l'efficacité technologique de la séparation de 10-15%.

L'efficacité plus élevée du second type de séparateurs est obtenue au prix d'une complication de la conception, ce qui conduit finalement à une augmentation significative de leur coût et à une fiabilité réduite du fonctionnement.

Les séparateurs du troisième type représentent une tendance moderne dans la conception des appareils.

III.7.4 Enrichissement radiométrique de minerais non radioactifs

La majeure partie des minerais enrichis ne présente pas de radioactivité naturelle, ce groupe de processus joue donc un rôle décisif. Une condition nécessaire à l'enrichissement

radiométrique de minerais non radioactifs est la présence d'une source de tout rayonnement primaire (Arens, V. Zh.2001).

Les différences dans son interaction avec les minéraux partagés constituent une caractéristique de séparation.

Le degré de développement et le développement industriel des méthodes d'enrichissement radiométrique sont montrés dans le tableau III.1. Certaines ont été appliquées avec succès dans des usines de traitement de minéraux, d'autres ont passé avec succès un test semi-industriel. Les méthodes les plus utilisées dans l'industrie sont les méthodes photoneutron (FNM), méthode de luminescence aux rayons X (RLM), photométrie (FM), absorption gamma (GAM) et radiométrie par rayons X (RPC).

III.7.4.1 Méthode Photoneutron

La méthode du photoneutron est basée sur l'utilisation des différences dans l'intensité du rayonnement neutronique émis par les minéraux lorsqu'ils sont exposés au minerai par les rayons gamma. Cette méthode est utilisée pour enrichir les minerais de béryllium, car ce sont les noyaux de béryllium qui ont la capacité d'émettre des neutrons sous l'influence de rayons gamma d'énergie relativement faible (environ 1,7 MeV) (Kell, MN 1988).

Pour exciter la réaction photonucléaire dans d'autres éléments chimiques, des rayons gamma d'énergie supérieure à 5-10 MeV sont nécessaires.

En tant qu'appareil principal, on utilise des séparateurs à bande, dans lesquels la détermination du grade d'une pièce peut être effectuée soit sur bande, soit dans l'air. La source du rayonnement gamma lors de l'enrichissement des minerais de béryllium est habituellement une source d'ampoule basée sur l'isotope radioactif de l'Antimoine Sb124. Dans ce cas, la réaction nucléaire $9\text{Be} + \gamma \rightarrow 8\text{Be} + 1\text{n}$ a lieu. Les neutrons émis par les noyaux de béryllium traversent le modérateur (paraffine) avant d'être enregistrés pour réduire leur énergie en énergie thermique. Pour une activité gamma donnée, la puissance du flux de neutrons émis par un minerai est déterminée par la teneur en béryllium de celui-ci, quelles que soient les formes minérales qu'il représente. Le récepteur du rayonnement neutronique est un compteur à scintillation basé sur la composition de la lumière, qui est un mélange de sulfure de zinc et d'acide borique. Les caractéristiques des séparateurs de photoneutrons sont données dans le tableau III.4.

Tableau III.4 Caractéristiques des séparateurs de photoneutrons

Type	Épaisseur de la couche de substance, mm	Productivité, t/h
RMB-300	200-75	10-15
RMB-100	75-25	1-3
RABL-100	75-25	1-3

III.7.4.2 Méthode par luminescence aux rayons X

La méthode de fluorescence des rayons X est basée sur les différences dans l'intensité de la luminescence (émission à froid) des minéraux sous l'influence du rayonnement X. Le processus de luminescence se compose de trois étapes : absorber l'énergie du rayonnement excitant, convertir et transférer l'énergie d'excitation dans le corps et émettre de la lumière dans les centres de luminescence avec le retour du minéral à l'état d'équilibre (Abdu rakhmanov, E.A., et al 2008).

Beaucoup de minéraux possèdent la capacité de luminescence, mais seulement dans certains cas cette propriété est due aux caractéristiques de leur composition de base et à la structure du réseau cristallin. De tels minéraux se distinguent par une luminescence stable. Ceux-ci comprennent: la scheelite (W), la pervillite, les minéraux hypergéniques contenant de l'uranium UO₂ +, et le diamant.

La luminescence de la plupart des minéraux est due à la présence d'activateurs d'impuretés (luminogènes). Certains minéraux sont luminescents en raison de la présence d'éléments de terres rares. Ce groupe comprend le zircon, le corindon (O de Al). De nombreux minéraux ont une luminescence instable, par exemple la calcite, l'aragonite, l'opale, la topaze, les feldspaths. Certaines impuretés dans les minéraux éteignent la luminescence, par exemple le fer et le nickel (Bragina, V. I. 2009).

La méthode par luminescence aux rayons X est largement utilisée pour l'enrichissement des minerais diamantifères (tableau III.5). Avec cette dernière, les minerais de fluorite et de scheelite sont également enrichis. La source de rayonnement de rayons X dans les séparateurs primaires sont des tubes à rayons X avec différentes anodes (tungstène, le cuivre, l'argent, le molybdène, etc.), ce qui permet de sélectionner le rayonnement primaire optimale pour ce type de matières premières. Dans les séparateurs, il est préférable d'utiliser des tubes avec un large faisceau de rayonnement. Récepteur de signal de luminescence sont différents et photocellules, des photomultiplicateurs, photo type cellulaire déterminé par la longueur d'onde de la luminescence excitée.

Tableau III.5 Séparateurs fluorescents à rayons X

But	Type de séparateur	Taille dumatériau, mm	Production, t / h
Enrichissement par catégorie	LS-20-05N	5-10; 10-20	25; 45
	LS-20-05-2N	10-20; 20-50	60; 100
	LS-20-09	5-10; 10-20; 20-50	30; 60; 100
Traitement de concentré de diamant	LS-20-04-3N	5-10; 10-20	9; 20
	LS-50-05	5-10; 10-20; 20-50	9; 20; 30
	LS-D-4-03N	1-2; 2-5	1,3; 5
Finition pré-finale	LS-OD-50-03N	5-10; 10-20; 20-50	0,12; 0,5; 2,5

et finale des concentrés contenant du diamant	LS-D-4-03P	1-2; 2-5	0,17; 0,4
	LS-D-4-04N	1-2; 2-5	0,3; 0,6
	LS-OD-4-04N	0,5-1; 1-2; 2-5	0,004; 0,025; 0,1
	LS-OD-6	0,5-1; 1-2; 2-5	0,002; 0,012; 0,05

Le séparateur LS-20-05H figure III.8 utilise le mode d'irradiation bilatérale du matériau et l'enregistrement bilatéral. Le mode de rayonnement est pulsé (durée de l'impulsion 0,5 ms, période de répétition 4 ms). Les multiplicateurs de photoélectrons (photomultiplicateurs) sont utilisés comme récepteurs de signaux de luminescence. L'allocation des diamants au concentré est effectuée à l'aide d'air comprimé par des couteaux spéciaux. L'extraction des diamants dans le concentré est d'environ 98%.

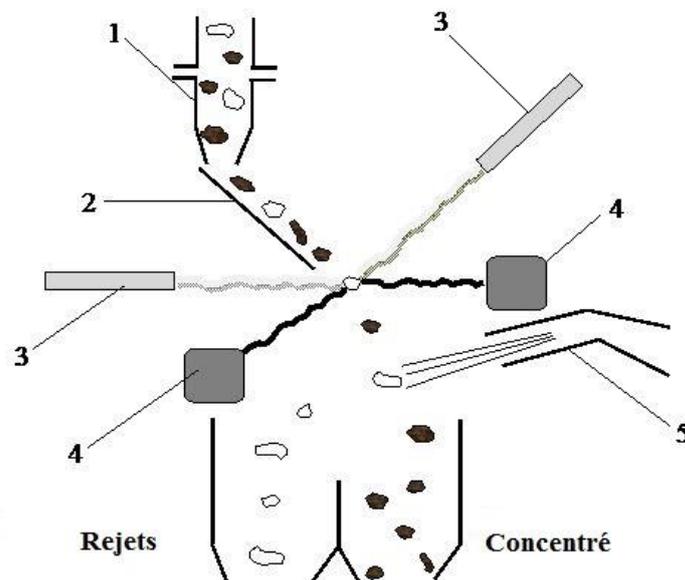


Figure III.8 Schéma du séparateur LS-20-05H

1 - trémie de chargement; 2 - chargeur gravitationnel; 3 - tube à rayons X; 4 - photo-détecteur; 5 - coupure pneumatique.