

**Environmental and economic aspects of modern technologies used for detoxification  
of cyanide-containing waste from the gold mining industry**

*Olberg E.P., Petrov S.V., Nepomnyashchikh M.P., Byvaltsev A.V., Chikin A.Yu.*

An environmentally friendly and economically acceptable technology for the neutralization of cyanide-containing waste based on their countercurrent decantation washing with subsequent ozonation of washing waters is proposed. The annual savings from the use of the proposed technology compared with the technology of countercurrent decantation washing with subsequent chlorination of washing waters will amount to 278.2 million rubles per year with a payback period of 3 years.

---

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЦЕССОВ ДОВОДКИ КОНЦЕНТРАТОВ  
ТЯЖЕЛОСРЕДНОЙ СЕПАРАЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕШЕНИЯ В  
УСЛОВИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ ТРУДНОБОГАТИМОЙ  
АЛМАЗОСОДЕРЖАЮЩЕЙ РОССЫПИ НЮРБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Ю.Н. Никитина<sup>1</sup>, Г.П. Двойченкова<sup>2</sup>, А.С. Тимофеев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО), г. Мирный, Российская Федерация,  
*e-mail: nikitinayn@alrosa.ru*

<sup>2</sup> ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова  
Российской академии наук (ИПКОН РАН), Москва, Российская Федерация

*Экспериментально обоснован способ повышения качества черного концентрата тяжелосредной сепарации алмазосодержащих песков крупностью -6+1 мм за счёт удаления сидерита на 95,8 % методом магнитной сепарации.*

В настоящее время в Нюрбинском улусе Республики Саха Якутия ведётся добыча алмазосодержащих песков россыпи Нерчинская.

При обработке песков данного типа отмечается повышенный выход концентрата тяжелосредной сепарации, что негативным образом сказывается на последующих обогатительных операциях, приводит к снижению производительности технологической схемы и, соответственно, является серьёзной проблемой.

Согласно прогнозному календарю обработки песков россыпи Нерчинская, на период с 2021 по 2034 год в рассматриваемом сырье ожидается увеличение содержания минералов тяжёлой фракции (рисунок).

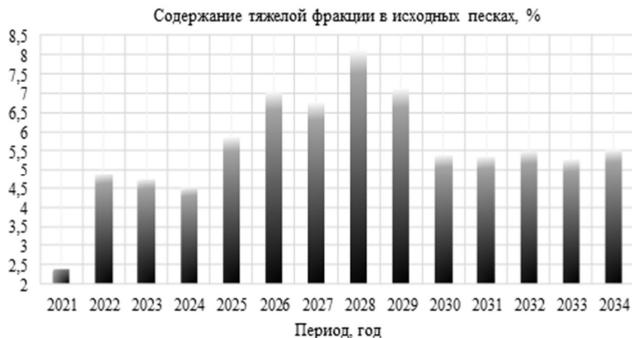
Для решения обозначенной проблемы выполнен комплекс исследований с целью обоснования и разработки способа сокращения выхода черного концентрата тяжелосредной сепарации рассматриваемого типа алмазосодержащего сырья.

В период переработки песков россыпи Нюрбинская на обогатительной фабрике № 15 (ОФ № 15) Мирнинско-Нюрбинского горно-обогатительного комбината (ГОК) были отобраны пробы концентрата тяжелосредной сепарации (ТСС) для проведения запланированных исследований.

Согласно *гранулометрической характеристике* (таблица 1), концентрат ТСС на 12,6 % представлен зернистым материалом крупностью -25+6 мм и на 87,4 % - крупностью -6 мм. Отмечено достаточно высокое содержание материала крупностью -1 мм (46,7 %).

## "Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья"

В лаборатории института ИПКОН РАН выполнен комплекс исследований отобранных проб кимберлитового материала крупностью -6+1 мм.



*Рисунок. Прогнозный календарь обработки песков россыпи Нюрбинская*

*Таблица 1. Гранулометрическая характеристика концентрата ТСС при обработке песков россыпи Нюрбинская*

Наименование продуктов	Гранулометрическая характеристика, % по классам крупности, мм							Итого
	+25	-25+13	-13+6	-6+3	-3+1	-1+0,5	-0,5	
Концентрат ТСС	-	5,5	7,1	5,9	34,8	44,9	1,8	100,0

Исследованиями *минерального состава* кимберлитового материала россыпи Нюрбинская (таблица 2) определено содержание основных магнитных и немагнитных минералов.

*Таблица 2. Результаты минерального анализа кимберлитового материала концентрата ТСС алмазосодержащих Нюрбинских россыпей*

Наименование продукта	Содержание основных минералов, %							
	кварц 2,5-2,65 г/см <sup>3</sup>	магнетит 5,0-5,2 г/см <sup>3</sup>	пирит 5,0 г/см <sup>3</sup>	сидерит 3,96 г/см <sup>3</sup>	доломит 2,84 г/см <sup>3</sup>	кальцит 2,7 г/см <sup>3</sup>	анортит 2,76 г/см <sup>3</sup>	прочие
Концентрат ТСС -6+3 мм	14,52	0,03	1,79	70,96	0,38	0,16	7,03	5,13
Концентрат ТСС -3+1 мм	11,99	0,003	0,31	85,06	0,09	0,09	0,05	2,407
Концентрат ТСС -6+1 мм	<b>12,50</b>	0,01	0,61	<b>82,22</b>	0,15	0,10	1,46	2,95

Концентрат ТСС -6+1 мм характеризуется высоким содержанием слабомагнитного минерала - сидерита (82,22 %) в присутствии сильномагнитного минерала - магнетита (0,01 %). Основные немагнитные минералы представлены кварцем (12,5 %) и пиритом (0,61 %).

Выполнен магнитный анализ исследуемых кимберлитовых проб концентратов ТСС алмазосодержащих россыпей Нюрбинского месторождения с использованием магнитных полей различной напряжённости (таблица 3).

*Таблица 3. Результаты магнитного анализа, полученные при разной напряжённости магнитного поля*

Наименование продукта	Выход, %	Наименование минерала, содержание, %									
		сидерит	кварц	магнетит	пирит	анортит	авгит	биотит	роговая обманка	ильменит	другие
концентрат ТСС -6+3 мм (выход класса 20,12 %)											
Магнитный 1100 Э	0,28	13,8	9,4	1,8	0,6	50	11,2	2,9	2,6	4,3	3,4
Магнитный 2000 Э	2,59	12,5	9,7	1	0,3	48,1	11,7	5,8	4,1	4,4	2,4
Магнитный 10000 Э	89,60	<b>76,4</b>	12,1	-	0,5	6,3	-	2,2	-	-	2,5
Немагнитный	7,53	28,5	45,1	-	17,7	-	-	-	-	-	8,7
концентрат ТСС -3+1 мм (выход класса 79,88 %)											
Магнитный 1100 Э	0,08	13,7	12,7	3,3	1,8	41,2	11,3	1,4	2,4	8,6	3,6
Магнитный 2000 Э	0,04	3,7	11,6	2,1	0,9	50,5	14,1	0,8	2,3	9,8	4,2
Магнитный 14000 Э	96,49	<b>86,3</b>	11,3	-	-	-	-	-	-	-	2,4
Немагнитный	3,39	52,6	31,7	-	9,2	-	-	-	-	-	6,5
концентрат ТСС -6+1 мм (выход класса 100 %)											
Магнитный 1100 Э	<b>0,12</b>	13,72	12,04	3,00	1,56	42,97	11,28	1,70	2,44	7,73	3,56
Магнитный 2000 Э	<b>0,56</b>	5,47	11,22	1,88	0,78	50,02	13,62	1,81	2,66	8,71	3,84
Магнитный 14000 Э	<b>95,10</b>	84,31	11,46	-	0,10	1,27	-	0,44	-	-	2,42
Немагнитный	4,22	47,75	34,40	-	10,91	-	-	-	-	-	6,94

Результатами выполненного анализа установлено содержание в слабомагнитном продукте класса крупности -6+1 мм, богатых сростков сидерита (84,31 %) с кварцем (11,46 %).

Немагнитный продукт класса крупности -6+1 мм представлен бедными сростками сидерита (47,75 %) с кварцем (34,4 %) и пиритом (10,91 %).

На основании экспериментальных исследований для повышения эффективности переработки алмазосодержащих россыпей Нюрбинского месторождения предлагается внедрение двухстадиального цикла магнитной сепарации концентрата ТСС класса -6+1 мм, включающего:

- магнитную сепарацию в слабом магнитном поле (до 2000 Э);
- магнитную сепарацию в сильном магнитном поле (до 14000 Э).

Применение данной межцикловой операции позволит сократить выход концентрата ТСС ОФ № 15 крупностью -6+1 мм на 95,78 % за счёт удаления сильномагнитной фракции (магнетита) на 0,68 % и слабомагнитной фракции (сидерита) на 95,1 %.

**Modern problems of the processes of fine-tuning concentrates of heavy-medium separation and directions for their solution in the conditions of processing of refractory diamond-bearing placer of the Nyurbinskoye deposit**

*Nikitina Y.N., Dvoychenkova G.P., Timofeev A.S.*

A method for improving the quality of rough concentrate of heavy-medium separation of diamond-containing sands with a size of -6+1 mm by removing siderite by 95.8 % by magnetic separation is experimentally substantiated.