

УДК 622.8:614

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПНЕВМОЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ  
СЕПАРАЦИИ ФОСФОРИТОВ КАРАТАУ**

Доктор техн.наук.  
Доктор техн.наук.  
Канд.техн.наук  
Канд.техн.наук

В.К.Бишимбаев  
А.И.Ангелов  
О.А.Сулейменов  
А.И.Урванцев

*В статье приводятся результаты лабораторного исследования пневмоэлектростатической сепарации фосфоритов Каратау. По результатам исследований целесообразность обработки материала осуществлять при температуре 15-20°С, что существенно упрощает технологическую схему.*

Исследования проводились в лабораторных условиях на пневмоэлектростатическом сепараторе известной конструкции [ 1 ]. Электрод с отрицательным потенциалом заземлен, высокое напряжение положительной полярности подавали на противоположный электрод. Исходное питание в сепаратор подавали в виде пылегазового потока. Наиболее оптимальное положение точки ввода материала в сепаратор определяли экспериментальным путем. Эти опыты проводили при отсутствии напряжения на электродах сепаратора, добиваясь минимального выхода хвостовой фракции.

Пылегазовый поток в нижней части сепаратора разделялся на три струи. Со стороны положительного электрода отбирались хвосты. Переменными технологическими параметрами являлись: температура предварительного нагревания материала, температура, при которой материал подавали в питатель установки, и напряженность электростатического поля в нижней части сепаратора.

Исследования проводили с двумя пробами фосфоритов Каратау: с рядовым фосфоритным сырьем сухого помола и с тонкоизмельченной до крупности - 0,05 мм рудой месторождения Аксай.

Рядовое фосфоритное сырье имеет следующий химический состав ( в %):  $P_2O_5$ -25,88; CaO-39,12; MgO-1,92;  $F_2O_3$ -1,14;  $R_2O_3$ -2,65; F-2,85; Н.О.-20,13;  $CO_2$ -5,05;  $SO_3$ -0,85.

Проведено 15 опытов пневмоэлектросепарации этой пробы в семи различных технологических режимах. Первый режим ( опыт 7а ) является контрольным , без подачи высокого напряжения. Хвосты, имеющие небольшой выход в 5%, более бедные, чем два других продукта, также

несколько отличающиеся по качеству между собой. Это явление объясняется некоторой классификацией материала по крупности. В хвосты извлекались тонкие классы, обедненные фосфоритом. Следующие 10 опытов проводили при различных напряженностях электростатического поля (опыт 2-при E-1кВ/см; опыт 3-при E-2кВ/см; опыт 4-при E-1кВ/см; опыт 1-при E-4кВ/см). Температура нагревания материала в этих опытах находилась в пределах 150-190 °С, а температура сепарации 90-100 °С.

В таблице 1 для каждого опыта приведены два варианта объединения продуктов разделения: по одному варианту концентрат объединяется с промпродуктом; по другому - промпродукт с хвостами.

Таблица 1

Технологические параметры и результаты лабораторных экспериментальных исследований по пневмоэлектростатической сепарации фоссырья Каратау

№ п. п	Параметры Процесса	Продукты	Выход %	Содержание %		Извлечение %	
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO
1	2	3	4	5	6	7	8
1	7А Тн=110°С Тс=110°С Е=0	Концентрат	67,0	26,40	1,4	66,8	68,6
		Промпродукт	28,0	26,70	1,25	28,9	25,7
		Хвосты	5,0	22,00	1,48	4,3	5,7
		Исходный	100,0	26,46	1,36	100,0	100,0
2	2А Тн=195°С Тс=100°С Е=1	Концентрат	67,5	27,10		71,5	
		Промпродукт	23,0	23,40		21,0	
		Хвосты	9,5	20,40		7,5	
		Исходный	100,0	25,61		100,0	
		Концентрат+					
		Промпродукт	90,5	26,20		92,5	
		Хвосты	9,5	20,40		7,5	
		Концентрат	67,5	27,10		71,5	
3	2В Тн=170°С Тс=90°С Е=1	Промпродукт	32,5	22,50		28,5	
		Концентрат	58,7	27,39	1,42	62,7	60,6
		Промпродукт	32,1	23,69	1,33	29,6	31,0
		Хвосты	9,2	21,49	1,25	7,7	8,4
		Исходный	100,0	25,66	1,37	100,0	100,0
		Концентрат+					
		Промпродукт	90,8	26,08	1,39	92,3	91,6
		Хвосты	9,8	21,40	1,25	7,7	8,4
4	2В Тн=175°С Тс=90°С Е=1	Концентрат	58,7	27,39	1,42	62,7	60,6
		Промпродукт	41,3	23,20	1,31	37,3	39,4
		Концентрат	65,2	27,20	1,45	68,2	65,1
		Промпродукт	25,9	24,60	1,51	24,5	26,9
		Хвосты	8,9	21,4	1,31	7,3	8,0
		Исходный	100,0	26,01	1,45	100,0	100,0
		Концентрат+					
		Промпродукт	91,1	26,46	1,47	92,7	92,0
Хвосты	8,9	21,40	1,31	7,3	8,0		

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
		Концентрат Промпродукт +хвосты	65,2 34,8	27,20 23,78	1,45 1,46	68,2 31,8	65,1 34,9
5	3А Тн=190°C Тс=90°C Е=2	Концентрат	63,7	28,78	1,42	70,6	65,8
		Промпродукт	20,5	21,35	1,33	16,8	19,9
		Хвосты	15,8	20,65	1,25	12,6	14,3
		Исходный	100,0	25,97	1,38	100,0	100,0
		Концентрат+	84,2	26,97	1,40	87,4	85,7
		Промпродукт Хвосты	15,8 20,65	1,25	12,6	14,3	
6	3Б Тн=150°C Тс=90°C Е=2	Концентрат	63,7	28,78	1,42	70,6	65,8
		Промпродукт	36,3	21,05	1,29	29,4	34,2
		Хвосты	43,7	22,38	1,52	37,6	42,8
		Исходный	100,0	25,99	1,55	100,0	100,0
		Концентрат+	83,3	27,11	1,57	86,9	84,6
		Промпродукт Хвосты	16,7 20,40	1,43	13,1	15,4	
7	4А Тн=145°C Тс=90°C Е=3	Концентрат	56,3	28,80	1,57	62,4	57,2
		Промпродукт	27,0	23,60	1,57	24,5	27,4
		Хвосты	16,7	20,40	1,43	13,1	15,4
		Исходный	100,0	25,99	1,55	100,0	100,0
		Концентрат	56,3	28,80	1,57	62,4	57,2
		Промпродукт +хвосты	43,7 22,38	1,52	37,6	42,8	
8	4Б Тн=130°C Тс=90°C Е=3	Концентрат	51,8	29,85	1,58	60,1	54,6
		Промпродукт	23,4	22,50	1,50	20,5	23,4
		Хвосты	23,8	20,10	1,33	19,4	22,0
		Исходный	100,0	25,71	1,49	100,0	100,0
		Концентрат+	75,2	27,56	1,55	80,6	78,0
		Промпродукт Хвосты	24,8 20,10	1,33	19,4	22,0	
9	1А Тн=185°C Тс=90°C Е=4	Концентрат	51,8	29,85	1,58	60,1	54,6
		Промпродукт	48,2	21,27	1,41	39,9	45,4
		Хвосты	58,8	29,40	1,51	65,1	60,0
		Исходный	100,0	26,56	1,47	100,0	100,0
		Концентрат+	77,2	28,21	1,49	82,0	77,8
		Промпродукт Хвосты	22,8 21,00	1,43	18,0	22,2	
9	1А Тн=185°C Тс=90°C Е=4	Концентрат	58,8	29,40	1,51	65,1	60,0
		Промпродукт	41,2	22,52	1,43	34,9	40,0
		Хвосты	55,7	28,85	1,63	63,2	60,8
		Исходный	100,0	25,40	1,50	100,0	100,0
		Концентрат+	75,7	27,40	1,58	81,6	80,3
		Промпродукт Хвосты	24,3 19,20	1,21	18,4	19,7	
9	1А Тн=185°C Тс=90°C Е=4	Концентрат	55,7	28,85	1,63	63,2	60,8
		Промпродукт +хвосты	44,3 21,07	1,32	36,8	39,2	
		Концентрат	55,5	29,20	1,55	63,7	63,0
		Промпродукт	16,0	23,80	0,89	15,0	10,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4					5		6		7		8			
			Хвосты	Исходный	Концентрат+ промпродукт	Хвосты	Концентрат промпродукт	Хвосты	Исходный	Концентрат+ промпродукт	Хвосты	Исходный	Концентрат+ промпродукт	Хвосты	Исходный	Концентрат+ промпродукт	Хвосты
10	1Б Тн=150°С Тс=90°С Е=4	Концентрат+ промпродукт Хвосты	28,5	19,10	1,28	21,3	26,6										
			100,0	25,46	1,37	100,0	100,0										
			71,5	28,0	1,40	78,7	73,4										
			28,5	19,10	1,28	21,3	26,6										
11	1В Тн=165°С Тс=90°С Е=4	Концентрат+ промпродукт Хвосты	44,5	20,80	1,14	36,3	37,0										
			48,4	30,80	1,45	57,6	50,8										
			14,0	24,00	0,97	13,0	9,8										
			37,6	20,20	1,45	29,4	39,4										
12	5А Тн=50°С Тс=40°С Е=3	Концентрат+ промпродукт Хвосты	100,0	25,86	1,38	100,0	100,0										
			62,4	29,27	1,34	70,6	60,6										
			37,6	20,20	1,45	29,4	39,4										
			48,4	30,80	1,45	57,6	50,8										
13	5Б Тн=40°С Тс=30°С Е=3	Концентрат+ промпродукт Хвосты	51,6	21,23	1,33	42,4	49,2										
			54,2	21,40	1,41	62,0	54,2										
			20,3	23,39	1,41	18,5	20,3										
			25,5	19,74	1,41	19,5	25,5										
14	6А Тн=22°С Тс=22°С Е=3	Концентрат+ промпродукт Хвосты	100,0	25,72	1,41	100,0	100,0										
			54,7	21,36	1,41	38,0	45,8										
			54,7	21,40	1,41	62,0	54,2										
			24,5	20,20	1,35	18,8	20,5										
15	6Б Тн=22°С Тс=22°С Е=3	Концентрат+ промпродукт Хвосты	54,7	30,00	1,77	81,2	79,5										
			24,5	20,20	1,35	18,8	20,5										
			54,7	30,00	1,77	81,2	79,5										
			24,5	20,20	1,35	18,8	20,5										
15	6Б Тн=22°С Тс=22°С Е=3	Концентрат+ промпродукт Хвосты	45,3	21,67	1,42	37,4	39,9										
			51,2	28,39	1,75	57,3	56,0										
			25,4	26,70	1,58	26,8	25,1										
			23,4	17,24	1,29	15,9	18,9										
15	6Б Тн=22°С Тс=22°С Е=3	Концентрат+ промпродукт Хвосты	100,0	25,35	1,60	100,0	100,0										
			76,6	27,83	1,69	84,1	81,1										
			23,4	17,24	1,29	15,9	18,9										
			51,2	28,39	1,75	57,3	56,0										
15	6Б Тн=22°С Тс=22°С Е=3	Концентрат+ промпродукт Хвосты	48,8	22,16	1,44	42,7	44,0										
			53,4	30,00	1,40	60,8	55,9										
			22,6	24,20	1,34	20,8	22,6										
			24,0	20,20	1,20	18,4	21,5										
15	6Б Тн=22°С Тс=22°С Е=3	Концентрат+ промпродукт Хвосты	100,0	26,33	1,34	100,0	100,0										
			76,0	28,27	1,38	81,6	78,5										
			24,0	20,20	1,20	18,4	21,5										
			24,0	20,20	1,20	18,4	21,5										

## Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
		Концентрат	53,4	30,00	1,40	60,8	55,9
		Промпродукт +хвосты	46,6	22,14	1,27	39,2	44,1

Примечание - условные обозначения, принятые в графе 2:

Цифра с буквенным обозначением - номер серии эксперимента;

Tн- температура нагрева материала перед сепарацией, °С ;

Tс - температура, при которой материал поступает на сепарацию, °С ;

E - напряженность электростатического поля в нижней части сепаратора, кВ/см .

Естественно, в первом случае достигается повышения извлечения  $P_2O_5$  в богатую фракцию при некотором снижении в ней содержания  $P_2O_5$ . Во втором случае достигается повышение качества концентрата при более низком извлечении фосфата.

Анализ результатов опытов при различной напряженности электростатического поля показывают, что при  $E = 1$ кВ/см селективность разделения несколько ниже, чем при более высоких значениях напряженности поля, концентрат содержит в среднем 27.2 %  $P_2O_5$  при извлечении 62-71%. При напряженности поля  $E=2$ кВ/см качество концентрата увеличивается до 28.8%  $P_2O_5$  при таком же извлечении. При напряженности поля  $E=3-4$  кВ/см концентрат содержит 29.0-30.8 %  $P_2O_5$  при извлечении 60-70%. Содержание  $P_2O_5$  в хвостах во всех опытах находится в пределах 19-21% при извлечении от 13 до 20%. Содержание  $P_2O_5$  в промпродукте 22-24% при извлечении 13-24%.

Следует отметить вполне удовлетворительную воспроизводимость опытов, проведенных в одинаковых условиях. Продукты некоторых опытов проанализированы на содержание MgO, определяющие распределения карбонатных минералов. Из таблицы 1 видно, что карбонаты равномерно распределяются по всем продуктам разделения. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что величины выходов продуктов и извлечения в них MgO практически одинаково.

При объединении концентратов с промпродуктами в рассматриваемых опытах при  $E=3-4$  кВ/см получается богатый продукт, содержащий 27,5-29,3%  $P_2O_5$  при извлечении 82-71%. При этом хвосты содержат 19-21%  $P_2O_5$ . При объединении промпродуктов с хвостами богатые продукты - концентраты, как уже отмечено выше, содержат 29-30,8 %  $P_2O_5$  при извлечении 60-70%, а бедные продукты содержат 21-22 %  $P_2O_5$  при извлечении 30-40%.

Операция термической подготовки материала перед электросепарацией нагрев до температуры 160-180 °С и охлаждение до 90-100 °С являются технически сложными, особенно когда перерабатывается

тонкоизмельченный материал. Поэтому крайне желательно их из технологического процесса исключить. С целью проверки возможности избежать термической подготовки материала, проведены два продублированных опыта, в которых предварительно высушенный при температуре 110-120 °С материал нагревали до 50 °С (опыт 5, таблица 1) и до 22 °С (опыт 6), т.е. до температуры, с которой материал выходит из мельниц и находится в бункерах в условиях предприятия "Каратау". В этих опытах получены результаты, аналогичные результатам рассмотренных выше опытов: богатый продукт содержит 29-30%  $P_2O_5$  при извлечении порядка 60% или около 28%  $P_2O_5$  при извлечении 80%; бедный продукт, полученный по различным вариантам содержит 18-22 %  $P_2O_5$ .

Таким образом, показано, что пневмоэлектростатическую сепарацию Каратауского рядового рядового фоссырья возможно и целесообразно осуществлять при температуре материала 50-20 °С, т.е. без предварительного нагрева и охлаждения, как это обычно практикуется при электростатической сепарации фосфатного сырья другими методами, это значительно упрощает технологию подготовки материала, сводя ее к операциям сушки и измельчения.

Отсутствие в необходимости предварительной термообработки фосфатного сырья перед пневматической электросепарацией объясняется несколькими причинами. Во-первых, примененная система трибозарядки в турбулентном потоке при скорости порядка 10-15 м/с позволяют получить трибозаряды на порядок выше, чем при других способах трибозарядки. Во-вторых, между процессами трибозлектрической зарядки и разделении частиц в электростатическом поле проходит ничтожно малый промежуток времени, за который заряды противоположных знаков, образующиеся на различных минералах, не успевают нейтрализоваться. В-третьих, ввиду того, что основное количество зерен минералов имеет пылевидные размеры и небольшую массу, для их разделения в электростатическом поле достаточны сравнительно небольшие по величине трибоэлектрические заряды.

В таблице 2 сведены условия и результаты опытов по пневматической электростатической сепарации фосфоритной руды месторождения Аксай, измельченной до крупности - 0,05 мм, содержащий около 22-23 %  $P_2O_5$  и 1,7 MgO. Проведено 18 опытов при различных технологических режимах (10 вариантов). В этих опытах прослеживаются такие же закономерности, как и в опытах с рядовым фоссырьем (таблица 1). Контрольный опыт (опыт 17), проведенный без полдачи на электроды сепаратора высокого напряжения, показывает незначительный выход хвостовой фракции - 1,7 %, по сравнению опытами при напряжении, где он составляет 15-30 %. Это свидетельствует о том, что разделение происходит не под действием силы сопротивления воздушной струи, а под действием электростатических сил. Воздействие воздушного потока в данном случае заключается в разрушении гранул

тонкоизмельченного материала и увеличении скорости его прохождения через сепаратор, причем во много раз.

В опытах при напряженности электростатического поля 2-4 кВ/см получены концентраты, содержащие 24,5-25,5 %  $P_2O_5$ , при извлечении 55-70 %. Хвосты содержат 15-20 %  $P_2O_5$ , а промпродукт 16-23 %  $P_2O_5$ . Также как и в опытах с рядовым фоссырьем, рассматриваемыми опытами показано, что термообработка перед электростатической сепарацией не требуется. Процесс вполне успешно осуществляется при температурах 60-20°C (опыты 23,25,26).

Таблица 2

Технологические параметры и результаты лабораторных экспериментальных исследований по пневмоэлектростатической сепарации тонкоизмельченной (- 0,05 мм) руды месторождения Аксай

№ п. п.	Параметры Процесса	Продукты	Выход %	Содержание %		Извлечение %	
				$P_2O_5$	MgO	$P_2O_5$	MgO
1	2	3	4	5	6	7	8
1	17 $T_H=20^\circ C$ $T_C=20^\circ C$ $E=0$	Концентрат	75,2	23,40	1,40	75,8	73,3
		Промпродукт	23,1	22,80	1,54	22,7	24,8
		Хвосты	1,7	20,20	1,66	1,5	1,9
		Исходный	100,0	23,21	1,44	100,0	100,0
2	19A $T_H=200^\circ C$ $T_C=100^\circ C$ $E=1$	Концентрат	68,8	23,0	1,60	72,7	65,3
		Промпродукт	25,3	19,50	1,86	22,6	27,9
		Хвосты	5,9	17,25	1,93	4,7	6,8
		Исходный	100,0	21,77	1,69	100,0	100,0
		Концентрат	68,8	23,00	1,60	72,7	65,3
		Промпродукт +хвосты	31,2	19,07	1,87	27,3	34,7
3	19B $T_H=210^\circ C$ $T_C=100^\circ C$ $E=1$	Концентрат	66,0	23,60	1,49	68,8	64,0
		Промпродукт	24,2	21,40	1,60	22,9	25,2
		Хвосты	9,8	19,20	1,70	8,3	10,8
		Исходный	100,0	22,64	1,54	100,0	100,0
		Концентрат	66,0	23,60	1,49	68,8	64,0
		Промпродукт +хвосты	34,0	20,77	1,63	31,2	36,0
4	18A $T_H=210^\circ C$ $T_C=120^\circ C$ $E=2$	Концентрат	62,5	24,44	1,54	68,4	58,3
		Промпродукт	28,4	19,26	1,79	24,5	30,7
		Хвосты	9,1	17,35	2,00	7,1	11,0
		Исходный	100,0	22,32	1,65	100,0	100,0
		Концентрат	62,5	24,44	1,54	68,4	58,3
		Промпродукт +хвосты	37,5	18,80	1,84	31,6	41,7
5	18B $T_H=210^\circ C$ $T_C=110^\circ C$ $E=2$	Концентрат	61,6	25,40	1,46	65,7	57,5
		Промпродукт	26,7	22,40	1,57	25,1	26,8
		Хвосты	11,7	18,80	2,10	9,2	15,7
		Исходный	100,0	23,83	1,56	100,0	100,0
		Концентрат	61,6	25,40	1,46	65,7	57,5
		Промпродукт +хвосты	38,4	21,30	1,73	34,3	42,5
6	20A $T_H=200^\circ C$	Концентрат	64,5	24,85	1,50	71,3	59,0
		Промпродукт	18,4	18,51	1,83	15,2	20,6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8		
			Хвосты	Исходный	Концентрат	Промпродукт + хвосты	Концентрат	Промпродукт	Хвосты
1	T <sub>c</sub> =120°C E=3	Хвосты	17,1	17,74	1,96	13,5	20,4		
		Исходный	100,0	22,47	1,64	100,0	100,0		
		Концентрат	64,5	24,85	1,50	71,3	59,0		
		Промпродукт + хвосты	35,5	18,14	1,89	28,7	41,0		
7	20Б T <sub>н</sub> =200°C T <sub>c</sub> =110°C E=3	Концентрат	57,7	26,00	1,43	64,4	54,4		
		Промпродукт	30,2	20,80	1,63	27,0	32,5		
		Хвосты	12,1	16,60	1,64	8,6	13,1		
		Исходный	100,0	23,29	1,52	100,0	100,0		
		Концентрат	57,7	26,00	1,43	64,4	54,4		
		Промпродукт + хвосты	43,3	19,15	1,59	35,6	45,6		
8	21А T <sub>н</sub> =200°C T <sub>c</sub> =100°C E=4	Концентрат	56,6	25,85	1,50	63,3	49,9		
		Промпродукт	22,5	21,90	1,93	21,3	25,5		
		Хвосты	20,9	17,00	2,00	15,4	24,6		
		Исходный	100,0	23,11	1,70	100,0	100,0		
		Концентрат	56,6	25,85	1,50	63,3	49,9		
		Промпродукт + хвосты	45,4	19,54	1,96	36,7	50,1		
9	21Б T <sub>н</sub> =200°C T <sub>c</sub> =110°C E=4	Концентрат	55,2	25,60	1,44	61,6	49,5		
		Промпродукт	28,2	21,20	1,65	26,1	29,0		
		Хвосты	16,6	17,00	2,08	12,3	21,5		
		Исходный	100,0	22,93	1,61	100,0	100,0		
		Концентрат	55,2	25,60	1,44	61,6	49,5		
		Промпродукт + хвосты	44,8	19,64	1,81	38,4	50,5		
10	24А T <sub>н</sub> =150°C T <sub>c</sub> =100°C E=4	Концентрат	56,0	25,60	1,29	62,7	47,4		
		Промпродукт	24,4	21,26	1,75	22,7	28,0		
		Хвосты	19,6	17,00	1,91	14,6	24,6		
		Исходный	100,0	22,85	1,52	100,0	100,0		
		Концентрат	56,0	25,60	1,29	62,7	47,4		
		Промпродукт + хвосты	44,0	19,36	1,82	37,3	52,6		
11	24Б T <sub>н</sub> =150°C T <sub>c</sub> =90°C E=4	Концентрат	58,0	25,00	1,35	63,5	52,3		
		Промпродукт	20,8	21,60	1,66	19,7	23,1		
		Хвосты	21,2	18,20	1,74	16,8	24,6		
		Исходный	100,0	22,85	1,50	100,0	100,0		
		Концентрат	58,0	25,00	1,35	63,5	52,3		
		Промпродукт + хвосты	42,0	19,88	1,70	36,5	47,7		
12	22А T <sub>н</sub> =110°C T <sub>c</sub> =80°C E=4	Концентрат	59,3	24,44	1,47	69,3	53,5		
		Промпродукт	22,2	16,14	1,76	17,1	24,0		
		Хвосты	18,5	15,44	1,99	13,6	22,5		
		Исходный	100,0	20,93	1,63	100,0	100,0		
		Концентрат	59,3	24,44	1,47	69,3	53,5		
		Промпродукт + хвосты	40,7	15,82	1,86	30,7	46,5		
13	22Б T <sub>н</sub> =110°C T <sub>c</sub> =90°C E=4	Концентрат	59,3	25,00	1,40	64,8	54,7		
		Промпродукт	18,3	22,20	1,68	17,8	20,3		
		Хвосты	22,4	17,80	1,69	17,4	25,0		
		Исходный	100,0	22,87	1,51	100,0	100,0		
		Концентрат	59,3	25,00	1,40	64,8	54,7		
		Промпродукт + хвосты	40,7	19,78	1,69	35,2	45,3		
14	23А	Концентрат	49,8	24,39	1,46	55,6	44,5		



## Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
			Промпродукт	27,8	21,58	1,75	27,4
Тн=60°C Тс=50°C E=4		Хвосты	22,4	16,61	1,87	17,0	25,7
		Исходный	100,0	21,86	1,63	100,0	100,0
		Концентрат	49,8	24,39	1,46	55,6	44,5
		Промпродукт +хвосты	50,2	19,34	1,80	44,4	55,5
15	23Б Тн=60°C Тс=40°C E=4	Концентрат	50,7	24,80	1,41	57,1	41,5
		Промпродукт	17,4	21,00	1,63	16,6	18,4
		Хвосты	31,9	18,20	1,69	26,3	35,1
		Исходный	100,0	22,03	1,54	100,0	100,0
		Концентрат	50,7	24,80	1,41	57,1	41,5
16	25А Тн=22°C Тс=22°C E=4	Промпродукт +хвосты	49,3	19,19	1,67	42,9	53,5
		Концентрат	52,8	24,48	1,33	58,9	45,1
		Промпродукт	22,4	21,18	1,75	21,6	25,2
		Хвосты	24,8	17,25	1,87	19,5	29,7
		Исходный	100,0	21,95	1,56	100,0	100,0
17	25Б Тн=22°C Тс=22°C E=4	Концентрат	52,8	24,48	1,33	58,9	45,1
		Промпродукт +хвосты	47,2	19,10	1,81	41,1	54,9
		Концентрат	60,6	25,40	1,37	65,5	55,7
		Промпродукт	24,0	22,60	1,67	23,1	26,9
		Хвосты	15,4	17,4	1,69	11,4	17,4
18	26 Тн=25°C Тс=25°C E=4	Исходный	100,0	23,49	1,49	100,0	100,0
		Концентрат	60,6	25,40	1,37	65,5	55,7
		Промпродукт +хвосты	39,4	20,57	1,68	34,5	44,3
		Концентрат	48,6	27,40	1,40	56,1	39,0
		Промпродукт	26,6	22,80	2,46	25,5	37,5
		Хвосты	24,8	17,60	1,66	18,4	23,5
		Исходный	100,0	23,75	1,75	100,0	100,0
		Концентрат	48,6	27,40	1,40	56,1	39,0
		Промпродукт +хвосты	51,4	20,29	2,07	43,9	61,0

Примечание - условные обозначения, принятые в графе 2:

Цифра с буквенным обозначением - номер серии эксперимента;

Тн - температура нагрева материала перед сепарацией, °С ;

Тс - температура, при которой материал поступает на сепарацию, °С ;

E - напряженность электростатического поля в нижней части сепаратора, кВ/см .

Таким образом, приведенные данные показывают возможность разделения тонкоизмельченной до -0,05 мм фосфоритной руды месторождения Аксай с получением рядового фоссырья, содержащего 25,5 - 25,5 %  $P_2O_5$  при извлечении более 60 %.

Лабораторные опыты по пневмоэлектростатической сепарации двух проб фосфоритов Каратау показывает возможности применения этого метода для обогащения сухого тонко измельченного фосфоритного сырья Каратау по сравнительно простой технологии, не требующей каких

-либо дополнительных операции, кроме непосредственно сепарации в воздушном потоке и улавливания продуктов разделения.

### Выводы

1. Проведены лабораторные исследования пневмоэлектростатической сепарации фосфоритов Каратау. Рядовое фоссырье Каратау, содержащее 25,8%  $P_2O_5$ , разделили на два продукта: богатый, содержащий 27,5–29,3%  $P_2O_5$ , при извлечении  $P_2O_5$  82–71% и бедный, содержащий 19–20%  $P_2O_5$ . По другой технологической схеме богатые продукты содержат 29–30,8%  $P_2O_5$  при извлечении 70–60%, а бедные продукты содержат 21–22%  $P_2O_5$  при извлечении 40–30%. Карбонатные минералы распределяются по всем продуктам разделения равномерно, величины извлечения  $MgO$  в продукты совпадают с их выходами.

2. Пневмоэлектросепарацией фосфоритной руды месторождения Аксай, содержащей 22–23%  $P_2O_5$ , измельченной до крупности -0,05 мм, на лабораторной установке получены концентраты, содержащие 24,5–25,5%  $P_2O_5$  при извлечении более 60%.

3. Установлено, что оптимальной напряженностью электростатического поля является 3–4 кВ/см; температура сухого материала перед электростатической сепарацией в пределах от 20 до 200°C не влияет на показатели разделения. Поэтому какой-либо термической обработки материала перед сепарацией не требуется, ее целесообразно осуществлять при температуре материала 50–20°C, что существенно упрощает технологическую схему.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство SU N1304889, МКИ В 03 с 7/12, 1987.

Таразский государственный университет им. М.Х.Дулати

### ҚАРАТАУ ФОСФОРИТТЕРІН ПНЕВМОЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ ЕЛЕКТЕУІН ЗЕРТТЕУ

Техн.ғыл.докторы  
Техн.ғыл.докторы  
Техн.ғыл.канд.

У.Қ.Бишімбаев  
А.И.Ангелов  
О.А.Сүлейменов

Қаратау фосфориттерін пневмоэлектростатикалық електеуден өткізудің зерттеу нәтижелері келтірілген.

Зерттеу нәтижелерімен материалды өңдеуді 50–20°C аралығында жүргізу ұсынысы технологиялық схемасын едәуір оңайлатады.