

Підготовчі процеси збагачення

УДК 622.7

П.И. ПИЛОВ, д-р техн. наук,

Н.М. ВЕРШНИНА

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет),

В.П. КРАСНОПЕР

(Украина, Вольногорск, Вольногорский горно-металлургический комбинат)

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕРНИСТОЙ ФРАКЦИИ ТИТАНО-ЦИРКОНИЕВЫХ ПЕСКОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ИХ ОБОГАЩЕНИЯ

Для извлечения ценных компонентов из рудных песков существенное значение имеет гранулометрический состав зернистой фракции и распределение тяжелой фракции по классам крупности. В таблице приведены средние значения выходов классов крупности, содержания в них минералов тяжелой фракции и доли тяжелой фракции (извлечения) с 1966 г. по настоящее время. Их графическая интерпретация и уравнения линий тренда представлены на рис. 1.

Гранулометрический состав исходных песков Малышевского месторождения (зернистая фракция) и распределение тяжелой фракции по классам крупности

Годы	Показатели, %	Классы крупности, мкм					Итого:
		+315	200-315	160-200	100-160	40-100	
1966-1970	Выход	3,80	45,00	27,50	21,60	2,10	100,00
	Содержание	0,23	0,71	3,63	33,40	93,20	10,50
	Извлечение	0,08	3,04	9,51	68,72	18,64	100,00
1970-1980	Выход	4,20	37,80	34,10	20,80	3,10	100,00
	Содержание	0,82	0,43	2,82	30,10	71,65	9,64
	Извлечение	0,36	1,69	9,97	64,94	23,04	100,00
1980-1990	Выход	3,60	47,90	27,80	17,50	3,20	100,00
	Содержание	0,00	0,36	3,26	28,36	84,21	8,74
	Извлечение	0,00	1,97	10,37	56,81	30,84	100,00
1990-1994	Выход	5,80	42,40	33,20	15,80	2,80	100,00
	Содержание	0,00	0,46	3,23	45,48	87,26	10,90
	Извлечение	0,00	1,79	9,84	65,95	22,42	100,00
1994-1999	Выход	5,30	43,90	38,40	9,80	2,60	100,00
	Содержание	0,00	0,40	4,45	44,86	90,05	8,62
	Извлечение	0,00	2,04	19,82	50,99	27,16	100,00
2002-2004	Выход	6,60	58,70	20,90	11,20	2,60	100,00
	Содержание	0,00	0,67	5,58	38,25	81,82	7,97
	Извлечение	0,00	4,93	14,63	53,75	26,69	100,00
2005-2006	Выход	5,20	54,20	27,70	10,60	2,30	100,00
	Содержание	0,00	0,43	3,10	34,00	77,54	6,48
	Извлечение	0,00	3,60	13,25	55,62	27,53	100,00
2007-2008	Выход	5,70	51,00	30,10	11,20	2,00	100,00
	Содержание	0,00	0,43	3,65	38,20	80,73	7,21
	Извлечение	0,00	3,04	15,24	59,33	22,39	100,00

Анализ приведенной информации показывает, что доля тяжелой фракции в классах крупности, характеризуемая показателем извлечения, в течение всего анализируемого периода растет практически во всех классах крупности за счет снижения извлечения в класс крупности 100-160 мкм.

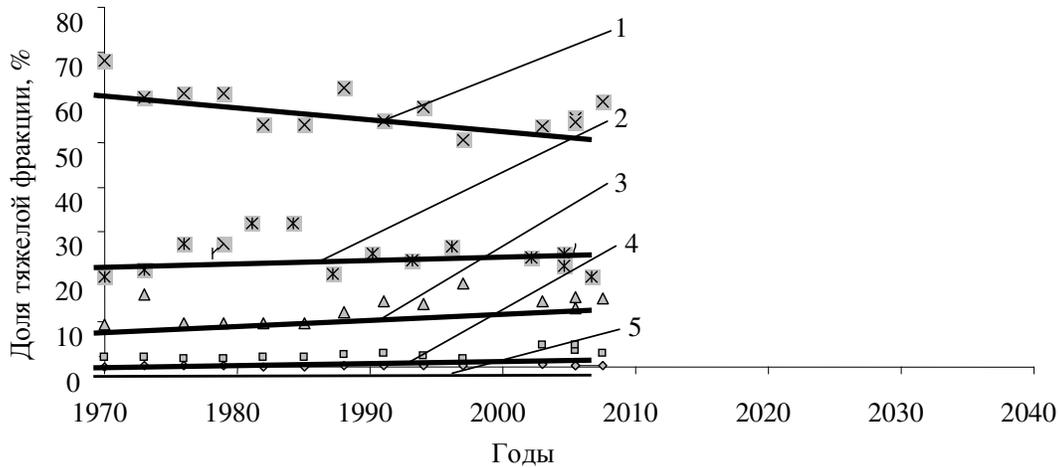


Рис. 1. Доля тяжелой фракции в классах крупности в рудных песках Малышевского месторождения во времени:

- 1 – класс 100-160 мкм ($y = -0,2661x + 587,22$; $R^2 = 0,4398$);
- 2 – класс 40-100 мкм ($y = 0,0984x - 169,34$; $R^2 = 0,0654$);
- 3 – класс 160-200 мкм ($y = 0,1287x - 243,08$; $R^2 = 0,3993$);
- 4 – класс 200-315 мкм ($y = 0,0545x - 105,57$; $R^2 = 0,4448$);
- 5 – класс +315 мкм ($y = 0,0061x - 11,894$; $R^2 = 0,474$)

Комплексной характеристикой эффективности процесса обогащения при неизменном и нормируемом качестве производимых концентратов является показатель извлечения полезных минералов.

Анализ статистической информации по обогатительному производству ВГМК с 1974 год по настоящее время (рис. 2) позволил установить следующее:

- извлечение ZrO_2 в цирконовый концентрат снижалось с интенсивностью 0,23% каждые 10 лет;
- извлечение TiO_2 в рутиловый концентрат оставалось практически неизменным;
- извлечение TiO_2 в ильменитовый концентрат повышалось с интенсивностью 0,64% каждые 10 лет.

Для установления степени влияния гранулометрического состава зернистой фракции на показатели извлечения основных оксидов в соответствующие концентраты выполнена обработка отчетной информации обогатительного производства, результаты которой представлены на рис. 3-14.

В период с 1991 по 2001 гг. работа отделения дешламации была неудовлетворительной в связи переходом на гидротранспорт без соответствующего согласования режимных параметров гидроциклонов.

Підготовчі процеси збагачення

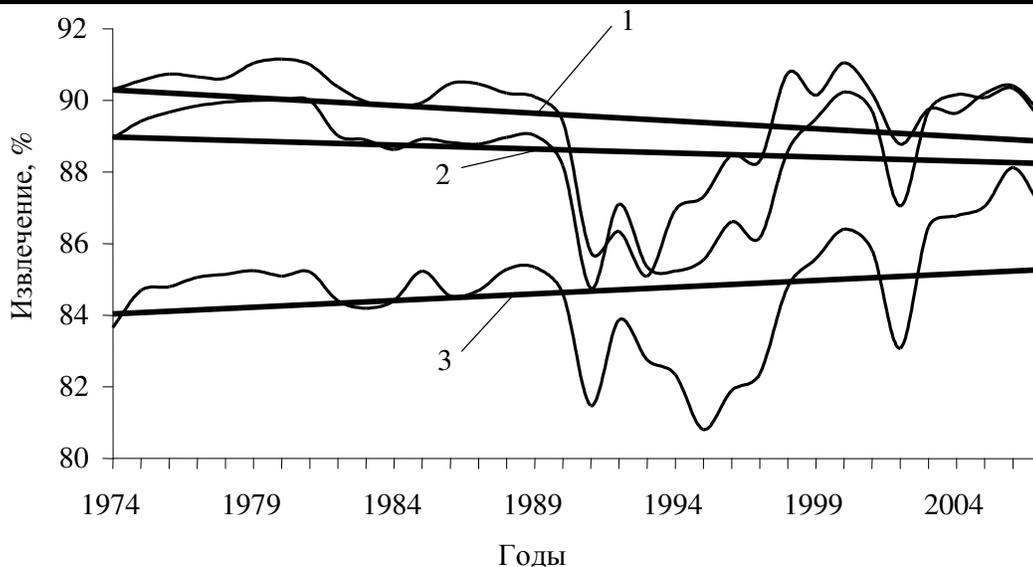


Рис. 2. Зависимость извлечения основных минералов от времени:

1 – циркон ($y = -0,0433x + 90,336$; $R^2 = 0,0756$);

2 – рутил ($y = -0,0223x + 88,998$; $R^2 = 0,0188$);

3 – ильменит ($y = 0,0375x + 83,998$; $R^2 = 0,0511$)

Поэтому для повышения степени достоверности анализа рассмотрены периоды с 1973 г. по 1988 г. и с 2003 г. по 2008 г., когда работа обогатительного производства была устойчивой и технологическая информация была наиболее полной.

На рис. 3-14 представлены уравнения линий трендов и значения коэффициентов надежности аппроксимации. С их использованием произведена оценка влияния содержаний классов крупности и средней крупности зернистой фракции на показатели извлечения основных минералов.

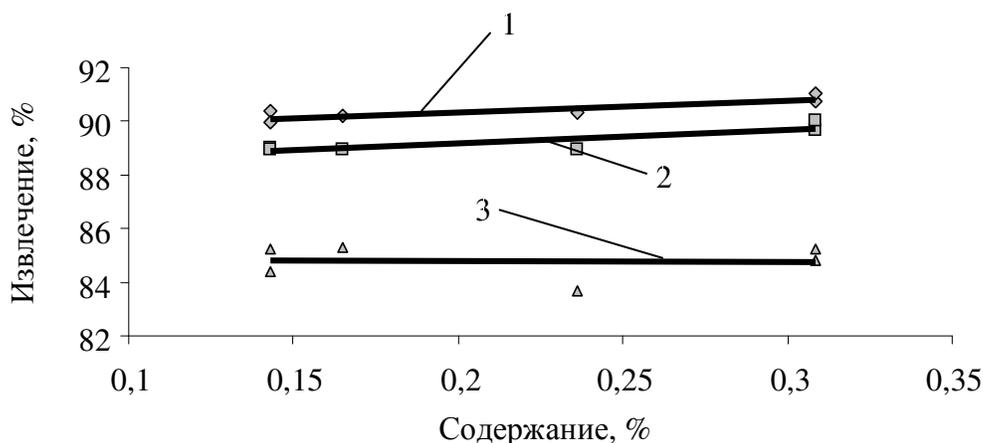


Рис. 3. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса + 315 мкм (в период с 1973 по 1988 гг.):

1 – циркон ($y = 4,3416x + 89,489$; $R^2 = 0,743$);

2 – рутил ($y = 5,1048x + 88,143$; $R^2 = 0,7457$);

3 – ильменит ($y = -0,284x + 84,833$; $R^2 = 0,0012$)

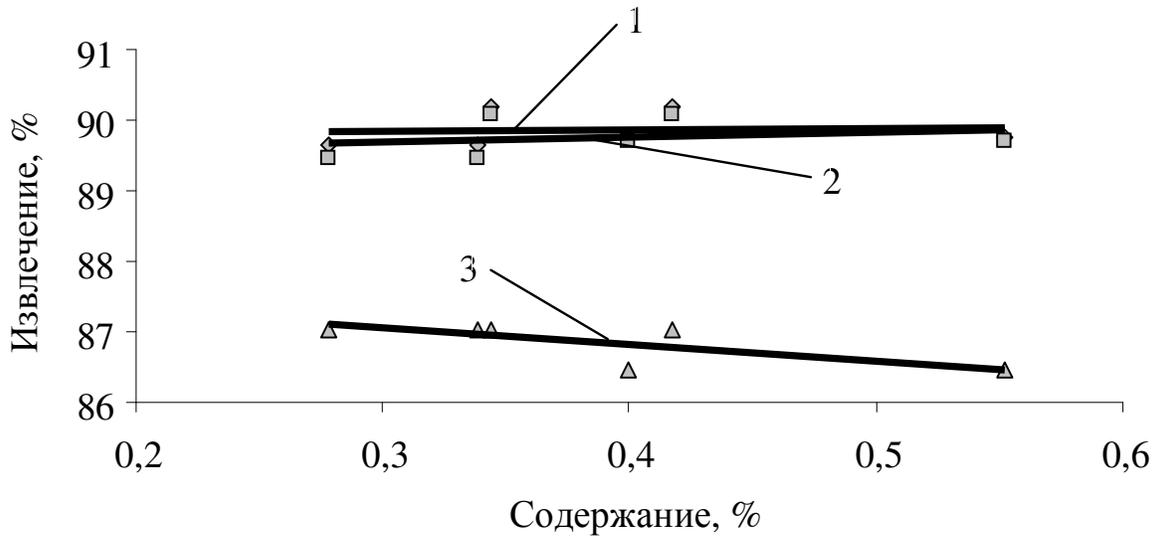


Рис. 4. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса + 315 мкм (в период с 2003 по 2008 гг.):
 1 – циркон ($y = 0,1721x + 89,8$; $R^2 = 0,0041$);
 2 – рутил ($y = 0,659x + 89,491$; $R^2 = 0,0503$);
 3 – ильменит ($y = - 2,2962x + 87,738$; $R^2 = 0,5198$)

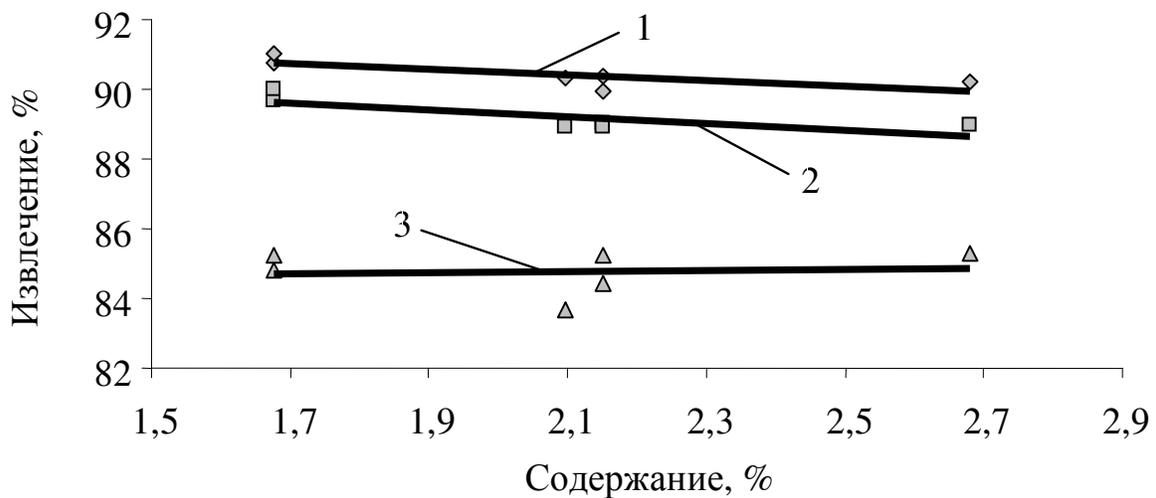


Рис. 5. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса 200-315 мкм (в период с 1973 по 1988 гг.):
 1 – циркон ($y = - 0,7903x + 92,071$; $R^2 = 0,5569$);
 2 – рутил ($y = - 0,9845x + 91,294$; $R^2 = 0,6275$);
 3 – ильменит ($y = 0,1289x + 84,505$; $R^2 = 0,0056$)

Підготовчі процеси збагачення

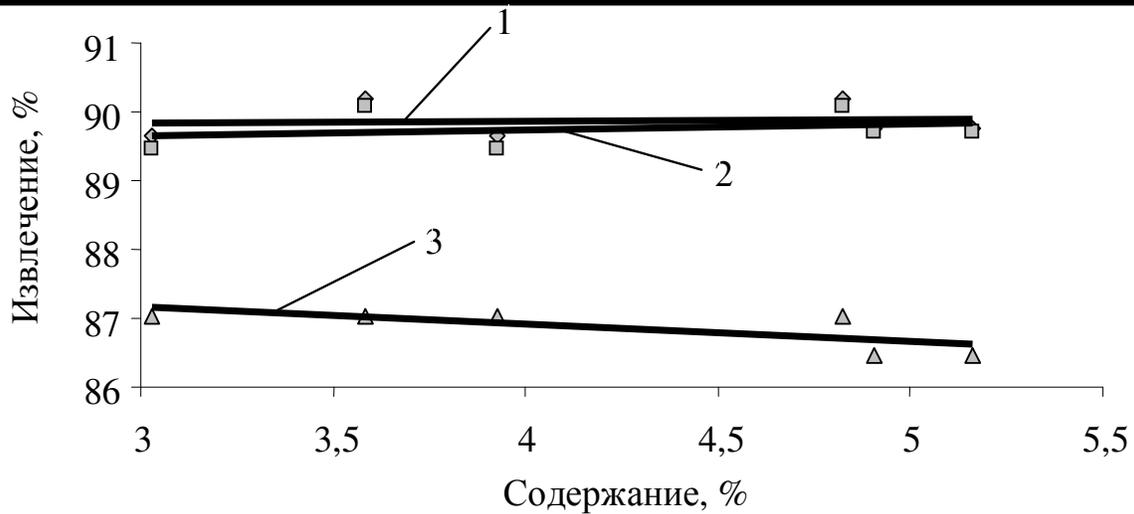


Рис. 6. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса 200-315 мкм (в период с 2003 по 2008 гг.):

- 1 – циркон ($y = 0,0293x + 89,742$; $R^2 = 0,0097$);
- 2 – рутил ($y = 0,0847x + 89,387$; $R^2 = 0,0684$);
- 3 – ильменит ($y = -0,254x + 87,924$; $R^2 = 0,5229$)

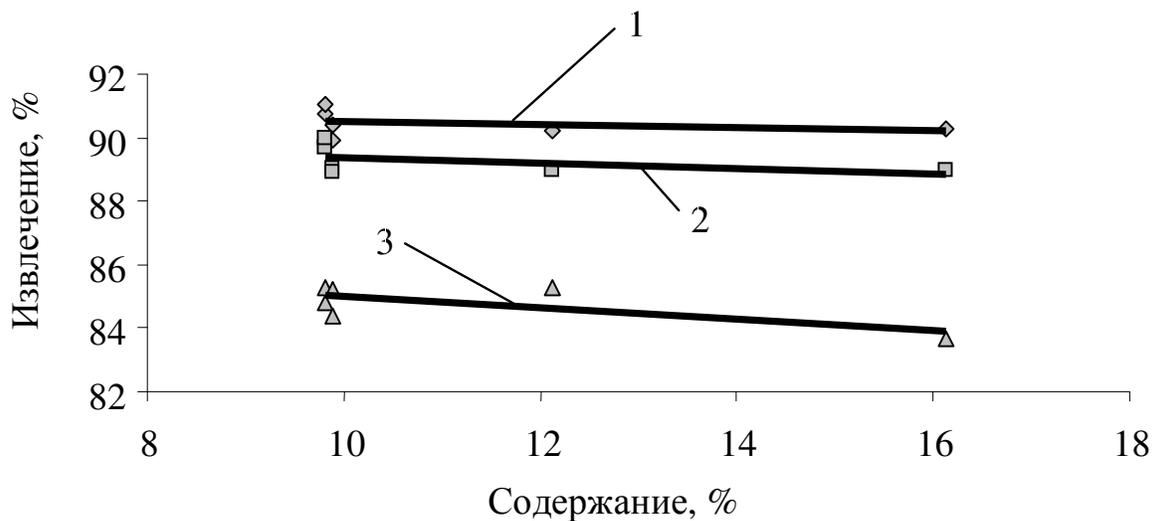


Рис. 7. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса 160-200 мкм (в период с 1973 по 1988 гг.):

- 1 – циркон ($y = -0,0437x + 90,926$; $R^2 = 0,0795$);
- 2 – рутил ($y = -0,0823x + 90,181$; $R^2 = 0,2049$);
- 3 – ильменит ($y = -0,1799x + 86,8$; $R^2 = 0,5105$)

Підготовчі процеси збагачення

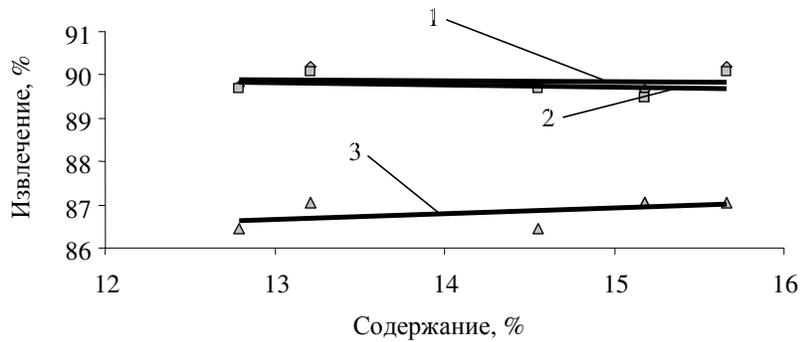


Рис. 8. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса 160-200 мкм (в период с 2003 по 2008 гг.):

- 1 – циркон ($y = -0,019x + 90,14$; $R^2 = 0,0076$);
- 2 – рутил ($y = -0,0476x + 90,434$; $R^2 = 0,0407$);
- 3 – ильменит ($y = 0,1286x + 84,992$; $R^2 = 0,2522$)

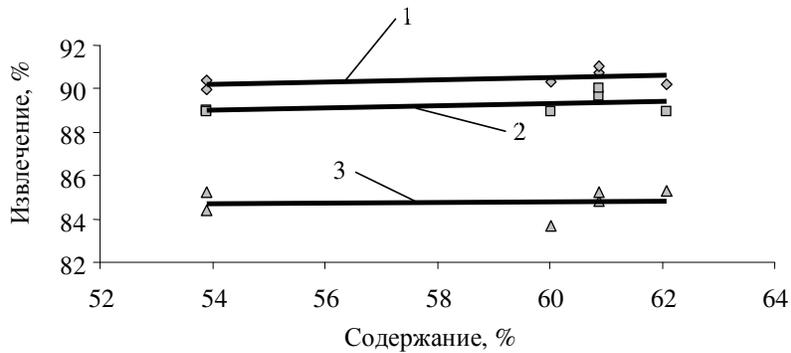


Рис. 9. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса 100-160 мкм (в период с 1973 по 1988 гг.):

- 1 – циркон ($y = 0,053x + 87,326$; $R^2 = 0,2475$);
- 2 – рутил ($y = 0,0564x + 85,948$; $R^2 = 0,2033$);
- 3 – ильменит ($y = 0,013x + 84,011$; $R^2 = 0,0056$)

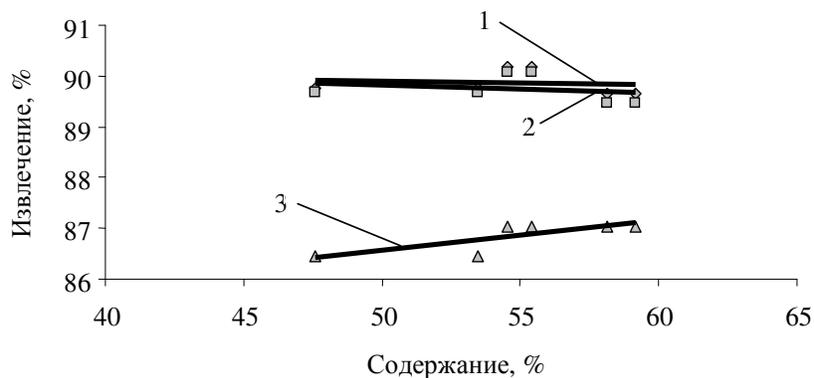


Рис. 10. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса 100-160 мкм (в период с 2003 по 2008 гг.):

- 1 – циркон ($y = -0,0056x + 90,174$; $R^2 = 0,0083$);
- 2 – рутил ($y = -0,018x + 90,734$; $R^2 = 0,0721$);
- 3 – ильменит ($y = 0,0577x + 83,692$; $R^2 = 0,6261$)

Підготовчі процеси збагачення

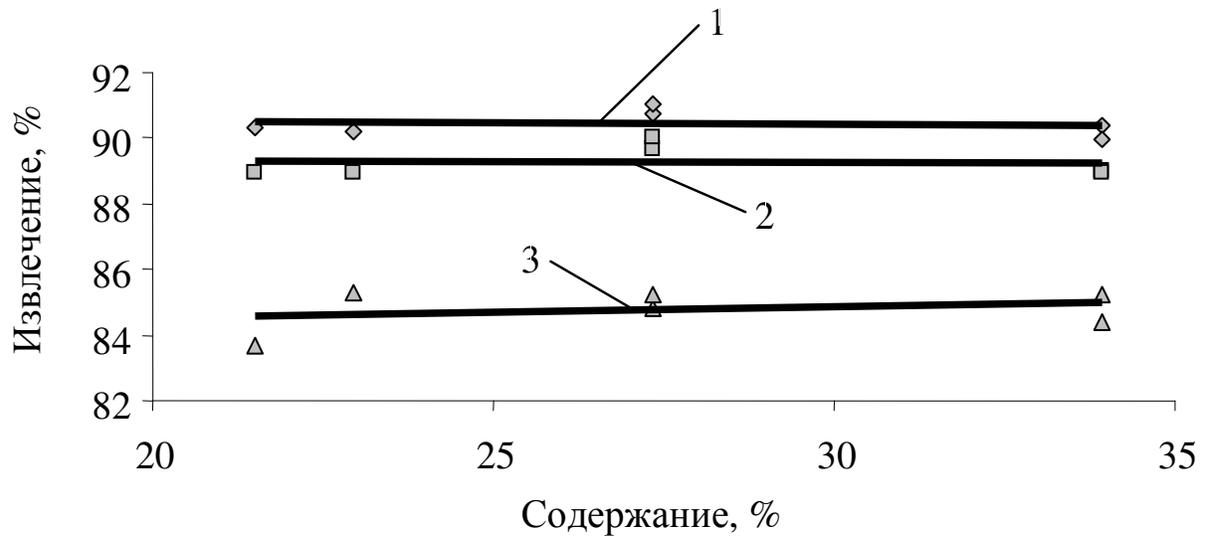


Рис. 11. Зависимость извлечения основных минералов от содержания класса 40-100 мкм (в период с 1973 по 1988 гг.):

- 1 – циркон ($y = -0,013x + 90,796$; $R^2 = 0,0301$);
- 2 – рутил ($y = -0,0048x + 89,388$; $R^2 = 0,003$);
- 3 – ильменит ($y = 0,0352x + 83,791$; $R^2 = 0,0834$)

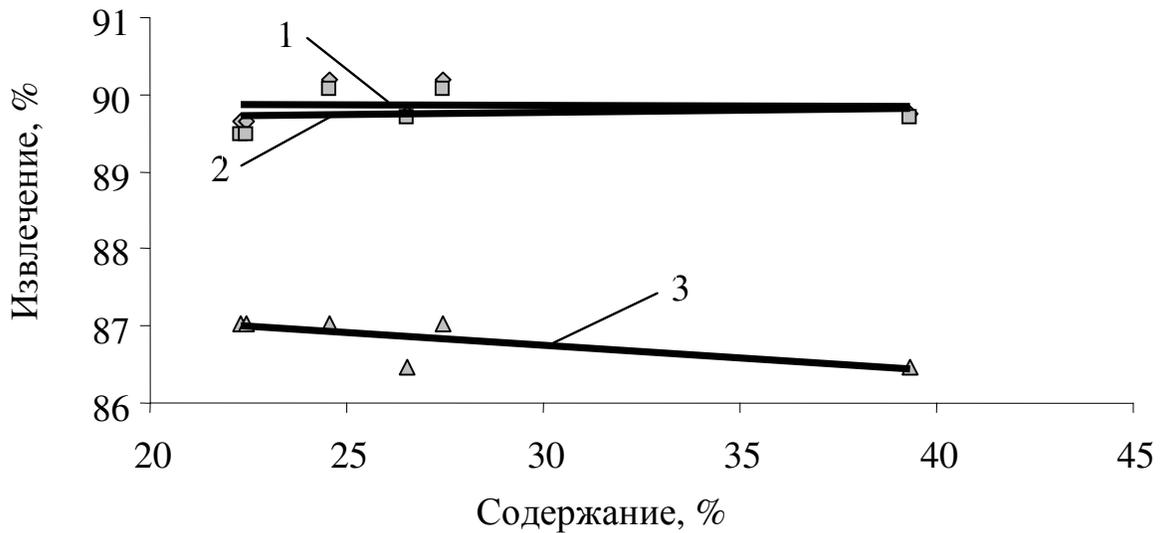


Рис. 12. Зависимость извлечения основных минералов от содержания

- класса 40-100 мкм (в период с 2003 по 2008 гг.):
- 1 – циркон ($y = -0,0006x + 89,883$; $R^2 = 0,0002$);
- 2 – рутил ($y = 0,0061x + 89,582$; $R^2 = 0,0193$);
- 3 – ильменит ($y = -0,0337x + 87,76$; $R^2 = 0,5074$)

Підготовчі процеси збагачення

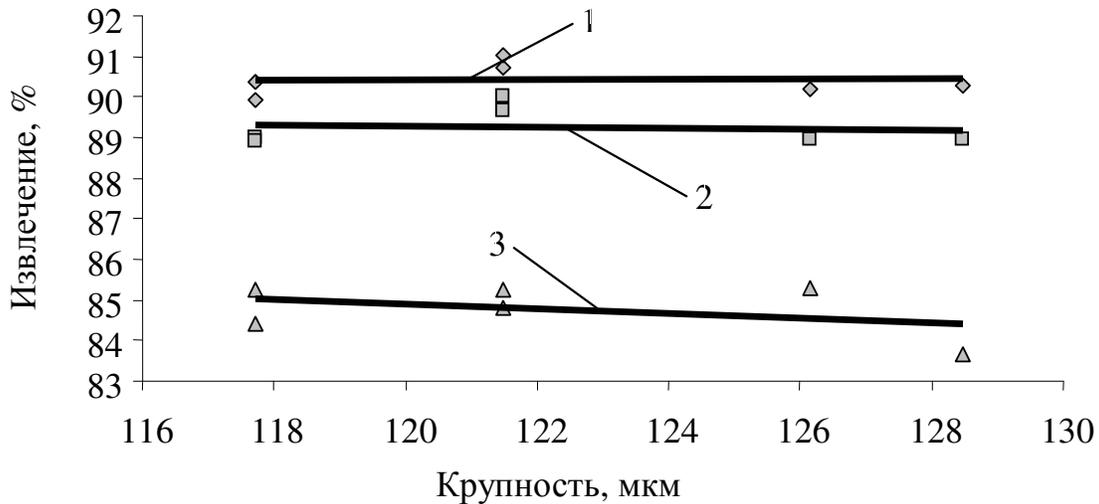


Рис. 13. Зависимость извлечения основных минералов от их средней крупности (в период с 1973 по 1988 гг.):
 1 – циркон ($y = 0,0003x + 90,393$; $R^2 = 1E-05$);
 2 – рутил ($y = -0,0144x + 91,014$; $R^2 = 0,0186$);
 3 – ильменит ($y = -0,0599x + 92,094$; $R^2 = 0,1674$)

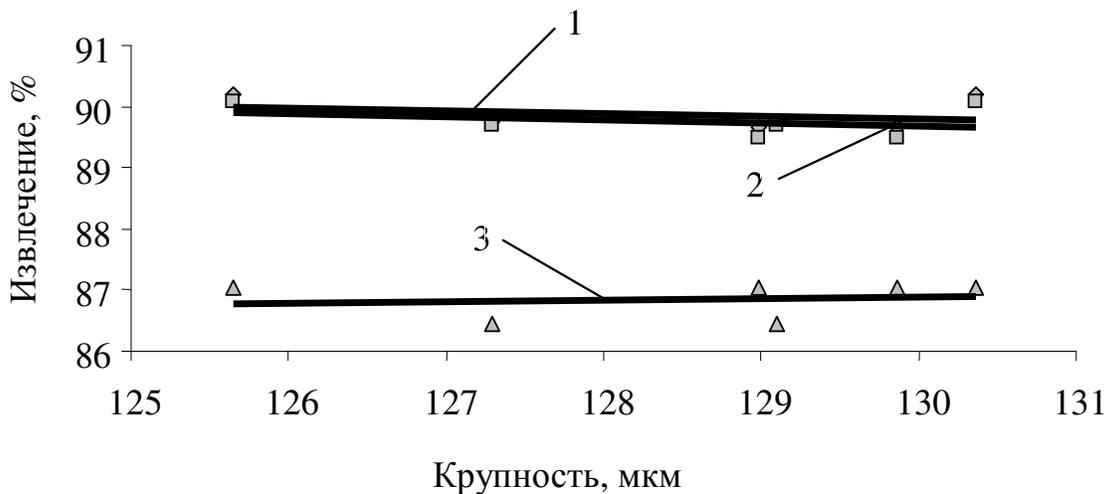


Рис. 14. Зависимость извлечения основных минералов от их средней крупности (в период с 2003 по 2008 гг.):
 1 – циркон ($y = -0,0406x + 95,091$; $R^2 = 0,0798$);
 2 – рутил ($y = -0,052x + 96,428$; $R^2 = 0,11$);
 3 – ильменит ($y = 0,0259x + 83,521$; $R^2 = 0,0232$)

Сопоставление показателей извлечения основных оксидов в зависимости от содержания класса крупности осуществлено попарно для выбранных периодов работы обогатительного производства.

Изменение извлечения основных минералов от содержания класса крупности +315 мкм в сравниваемые периоды (рис. 3 и 4) показывает следующее. В 1973-1988 гг. в зависимости от выхода данного класса крупности извлечение

Підготовчі процеси збагачення

циркона и рутила в нем линейно повышалось с интенсивностью 0,4...0,5% при увеличении доли тяжелой фракции на 0,1%. Извлечение ильменита оставалось неизменным.

В 2003-2008 гг. эти взаимосвязи изменились: извлечение циркона и рутила оставались неизменными, а извлечение ильменита монотонно снижалось с интенсивностью 0,23 на 0,1% увеличения выхода данного класса крупности.

Аналогичный характер рассматриваемых зависимостей установлен для анализируемых периодов и для класса крупности 200-315 мкм (рис. 5 и 6). Интенсивность снижения извлечения ильменита составляет 0,254 на 1% увеличения выхода этого класса.

Что касается класса крупности 160-200 мкм (рис. 7 и 8), то при сохраняющемся постоянстве извлечений циркона и рутила, извлечение ильменита в 1973-1988 гг. снижалось на 0,18 на 1% повышения выхода данного класса крупности. В 2003-2008 гг. извлечение ильменита, наоборот, возрастало на 0,13% на 1% повышения выхода.

Выход класса крупности 100-160 мкм (рис. 9 и 10) является наиболее высоким, за все периоды наблюдения он менялся в пределах 47...62%.

В 1973-1988 гг. установлен слабый рост извлечения циркона и рутила и практически неизменное извлечение ильменита с ростом выхода этого класса. В 2003-2008 гг. извлечение циркона и рутила с ростом выхода класса практически оставалось постоянным, а извлечение ильменита слабо возрастало (0,06 на 1% выхода).

Выход класса крупности 40-100 мкм (рис. 11 и 12) практически не влиял на извлечение основных минералов в 1973-1988 гг., в 2003-2008 гг. имело место снижение извлечения ильменита с интенсивностью 0,04% на 1% выхода.

Изучение извлечения основных минералов от средней крупности рудных песков, определяемой как средневзвешенная величина на основании гранулометрического состава, показало практическое отсутствие корреляции между этими параметрами (рис. 13 и 14).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что колебания гранулометрического состава рудных песков Малышевского месторождения, в том числе и перспективного для разработки Восточного участка, за рассмотренный период незначительны. Наблюдается тенденция роста доли тяжелой фракции в классе крупности 40-100 мкм за счет ее снижения в классе крупности 100-160 мкм. Корреляция между извлечениями основных минералов в соответствующие концентраты и гранулометрическим составом рудных песков не установлена.

© Пилов П.И., Вершинина Н.М., Краснопер В.П., 2010

*Надійшла до редколегії 09.04.2010 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*