

УДК 622.277

Маланчук Е. З., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природопользования, г. Ровно)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ БАЗАЛЬТОВ НА МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРАХ

В статье наведены результаты исследований магнитной восприимчивости для всех составляющих базальтового сырья, а именно туфа, лавобрекчии и базальта и даны рекомендации технологичности их переработки с целью извлечения тяжелых металлов.

Ключевые слова: исследования, туф, базальт, лавобрекчия, магнитная сепарация, горная масса.

Введение. Объектом исследований являлись породы Рафаловского базальтового карьера. Целью являлось определение закономерностей магнитной восприимчивости всех трех основных составляющих базальтового сырья в месторождении (туф, лавобрекчия и базальт) и установление на основе минералогического и гранулометрического анализа и продуктов магнитной сепарации технологических показателей операции, в частности распределения содержания меди в продуктах магнитной сепарации.

В задачи исследований входило рассмотреть вопрос о том, насколько эффективно на магнитных сепараторах можно выделять медные минералы в хвосты магнитной сепарации и при какой крупности питания извлечение меди в хвосты магнитной сепарации будет максимальным. То есть, исследовался вопрос применения магнитной сепарации с целью концентрации медных минералов в хвостах сепарации. Вопрос применения магнитной сепарации по прямому назначению – для получения железного концентрата – не рассматривался, так как для технологии он является вторичным.

Экспериментальные исследования проводились на основе сырьевой базы Рафаловского базальтового карьера как одного из перспективных для комплексной переработки горной массы с последующим извлечением самородной меди, ее окисленных и сульфидных образований, с дальнейшим использованием свободных от рудных минералов пород. Уникальные свойства пород месторождения Рафаловского карьера

(наличие самородных видов железа и меди) предполагают, что их магнитная сепарация будет эффективна, причем при достаточно высокой крупности питания, в отличие от обычных железистых кварцитов, которые требуют перед магнитной сепарацией высокой степени измельчения (до 95% класса минус 0,044 мм).

Для повышения достоверности экспериментальных результатов пробы для исследований брались в десяти разных участках взорванной горной массы карьера, после чего смешивались, и для экспериментов по сепарации использовалась осредненная смесь для каждой из трех составляющих месторождения.

Подготовка образцов к исследованиям заключалась в их предварительном дроблении и измельчении до класса крупности менее 3 мм, в соответствии с рекомендациями по сухой магнитной сепарации слабомагнитных руд [1, 2]. Измельченная горная масса классифицировалась на четыре класса крупности, и в каждом из классов определялась магнитная часть (в двух или трех уровнях) и немагнитная часть в весовом и процентном отношении к весу пробы. Исследования проводились в лабораторных условиях на барабанном магнитном сепараторе ПБСУ-0,5/0,2 в процессе сухой магнитной сепарации. Минералогический анализ выполнялся отдельно для магнитной и немагнитной частей пробы. Оценивалось содержание самородной меди в каждой навеске.

Исходные экспериментальные данные, полученные для последующего анализа, представлены в табл. 1–3.

В табл. 1 представлены среднестатистические результаты для базальта при содержании меди в исходной пробе 2,62%. Проявление магнитных свойств базальтов в отдельных продуктах объясняется наличием в них минералов группы халькопирита, содержащих в своем составе от 13% до 40% железа.

В табл. 2 представлены результаты анализа пород лавобрекчии при среднем содержании меди в пробе 1,36%. Причем, если в пробах базальта самородная медь содержится мелкими вкраплениями, то в лавобрекчии она представлена в виде разрушенных измельчением дендритных структур. Следует отметить, что основная масса лавобрекчии состоит из силикатов группы пироксенита, содержащих в своем составе железо, магний, натрий. Присутствие в отдельных пробах куприта, малахита, лазурита и борнита указывает на наличие химически связанной окисленной меди в месторождении. В базальтовом уступе карьера лавобрекчия залегает слоем мощностью от 0,5 м до 1,5÷2,0 м.

Селективная выработка лавобрекчии не вызывает технических трудностей, поскольку при взрывной отбойке уступа порода лавобрекчии измельчается на значительно более мелкие фракции, нежели базальт.

Залежи красного туфа в кар'єре представлені в виде вскрыши базальтового слоя и при разработке базальта туф складається в отвал, поскольку в настоящее время его промышленное использование ограничено. Перспективы его добычи огромны, так как подстилающий массив базальта – туфовый слой, который имеет мощность более 40 м.

В табл. 3 представлены результаты минералогического и гранулометрического анализа туфа. Контролируемое содержание самородной меди – 0,03%. Она проявляется в виде тонких (на микронном уровне) пленок и при измельчении туфа кусочки меди имеют размеры не более 100 микрон. Наличие малахита в пробах в виде сростков и отдельностей зеленого цвета свидетельствует о присутствии окисленной меди. При магнитной сепарации туфа выход магнитного продукта составил 54%. Такая магнитная восприимчивость туфа объясняется наличием в его составе титаномагнетита [3, 4]. Выделенные шламы (чистый туф) являются идеальным сырьем для химического производства и сельского хозяйства.

Таким образом, выполненные исследования базальта, лавобрекчии и туфа Рафаловского месторождения показали целесообразность дальнейшего исследования операции магнитной сепарации, поскольку все три наиболее характерные породы имеют достаточно высокую магнитную восприимчивость: из базальта получается магнитного продукта 55%, из лавобрекчии – 33%, из туфа – 54%.

Таблица 1

Исходные материалы. Минералогический и гранулометрический анализ проб базальта
Рафаловского карьера

| Класс, мм | Продукт | Масса, г | Выход, % | Содержание минералов | Содержание меди, % | Выход | Извлечение |
|--------------|---------|-------------|-------------|--|-----------------------|-------|------------|
| 2,5+1,6 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Магн. 2 | 66 | 75,86 | Базальт – 96-97%. Медь самородная – 3-4% | 3,5 | 16,62 | 0,582 |
| | Немагн. | 21 | 21,14 | Базальт – 85%. Медь самородная – 15% (10% – раскрыта и в сростках – 5%) | 13,0 | 5,29 | 0,688 |
| -1,6+0,8 | Магн. 1 | 19 | 17,43 | Базальт – более 99%. Медь самородная в сростках – единичные зерна. Малахит – ед. зерна. Куприт – единичные зерна | 0,01 | 4,786 | 0,0004 |
| | Магн. 2 | 51 | 46,79 | Базальт – более 99%. Медь самородная в сростках – единичные зерна. Малахит – менее 1%. | 0,6 | 12,85 | 0,077 |
| | Магн. 3 | 17 | 15,60 | Базальт – более 99%. Медь самородная в сростках – менее 1%. | 0,1 | 4,282 | 0,004 |
| | Немагн. | 22 | 20,18 | Базальт – 75-80%. Медь самородная 10-15% и в сростках – 5-7%. Кварц – 5%. Малахит в сростках 5-7%. | 15,0 | 5,542 | 0,831 |

490

продовження табл. 1

| | | | | | | | |
|-----------|---------|-----|-------|---|------|-------|-------|
| -0,8+0,25 | Магн. 1 | 5 | 4,31 | Базальт – 100%. Малахит – ед. зерна, в сростках | 0,01 | 1,259 | 0,004 |
| | Магн. 2 | 31 | 26,72 | Базальт – 100% | 0 | 7,809 | 0 |
| | Немагн. | 80 | 68,97 | Базальт – 94-96%. Кварц – 2-3%. Медь самородная в сростках – 2-3% | 1,5 | 20,15 | 0,302 |
| -0,25 | Магн. 1 | 8 | 9,41 | Базальт – 100% | 0 | 2,015 | 0 |
| | Магн. 2 | 22 | 25,88 | Базальт – 100% | 0 | 5,542 | 0 |
| | Немагн. | 55 | 64,71 | Базальт – 99-100%. Медь самородная до 1% | | 1,0 | 0,139 |
| Итого | | 397 | 100,0 | Содержание меди в пробе базальта 2,624% | | 100,0 | 2,624 |

Таблица 2

Исходные материалы. Минералогический и гранулометрический анализ лавобрекчии

| Класс крупности, мм | Продукт | Масса, г | Выход, % | Содержание минералов | Среднее содержание меди, % |
|---------------------|----------|----------|----------|---|----------------------------|
| -2,5+1,6 | Магн. 1 | 3,0 | 0,93 | Пироксенит – 95-98%. Магнетит – 5-2%. | - |
| | Магн. 2 | 19,0 | 5,93 | Пироксенит – 99%. Сrostки: медь самородная – 1-15%, куприт и азурит – единичные зерна | 1,5 |
| | "Магн. 3 | 18,0 | 5,62 | Пироксенит – 99%. Куприт – единичные зерна. Медь самородная – до 1% в сrostках. Малахит – 1%. | 1,0 |
| | Немагн. | | 18,75 | Пироксенит – 95-98%. Кварц – 1-2%. Малахит – 1-2% Самородная медь – 1-1,5%. | 1,5 |
| -1,6+0,8 | Магн. 1 | 2,0 | 0,62 | Исходная порода – 100%. | - |
| | Магн. 2 | 15,0 | 4,68 | Рудных минералов нет. | - |
| | Магн. 3 | 15,0 | 4,68 | Куприт – 1,5-2,0%. | 0,7 |
| | Немагн. | 47,0 | 14,6 | Кварц – 1-2%. Сrostки самородной меди – 2,0-2,5%. | 2,5 |
| -0,8+0,25 | Магн. 1 | 14,0 | 4,4 | Куприт (гематит) – 1-2%. Медь самородная в сrostках – единичные зерна. | 0,1 |
| | Магн. 2 | 20,0 | 6,25 | Куприт – 1-2%. Медь самородная – единичные зерна. | 0,2 |
| | Магн. 3 | - | - | | - |
| | Немагн. | 56,0 | 17,5 | Кварц, малахит, медь самородная – единичные зерна. | 0,3 |
| -2,5 | Магн. 1 | 8,0 | 2,5 | Борнит – 2-3%. Магнетит – 2-3%. Пироксенит – 70-80%. Малахит – единичные зерна. Медь – 2-3. | 2,5 |
| | Магн. 2 | 8,0 | 2,5 | Пироксенит 75-78%. Медь – 2,5-4%. Кварц – 20%. Малахит – единичные зерна. Медь – 2-3%. | 3,0 |
| | Магн. 3 | - | - | | - |
| | Немагн. | 35,0 | 10,93 | Кварц – 50%. Малахит – 40%. Медь – 3-3,5%. Прочие – 2% | 3,0 |
| Итого: | | 320,0 | 100,0 | Среднее содержание меди в пробе. | 1,36 |

Таблица 3

Исходные материалы. Минералогический и гранулометрический анализ проб туфа Рафаловского карьера

| Класс, мм | Продукт | Масса, г | Выход, % | Содержание минералов | Содержание меди, % | Выход | Извлечение |
|-----------|---------|----------|----------|--|--------------------|-------|------------|
| -2,5+1,6 | Магн. 1 | 15 | 15,5 | Туф – 100 %. Малахит – единичные вкрапления | 0 | 2,66 | 0 |
| | Магн. 2 | 41 | 42,3 | Туф – 100 %. Малахит – 1% в сростках | 0,5 | 7,27 | 0,011 |
| | Немагн. | 41 | 42,3 | Туф – 100 %. Малахит – 0,5% в срост- | 0,007 | 7,27 | 0,0004 |
| -1,6+0,8 | Магн. 1 | 22 | 16,06 | Туф – 100%. | 0 | 3,90 | 0,0004 |
| | Магн. 2 | 64 | 46,729 | Туф – 100%. Малахит - единичные сростки | 0 | 11,35 | 0 |
| | Немагн. | 51 | 37,238 | Туф – 100%. | 0 | 9,04 | 0 |
| -0,8+0,25 | Магн. 1 | 28 | 12,56 | Туф – 100%. Медь самородная – единичные сростки | 0 | 4,96 | 0 |
| | Магн. 2 | 85 | 38,12 | Туф – 100%. Медь самородная – единичные сростки | 0 | 15,07 | 0 |
| | Немагн. | 110 | 49,33 | Туф – 97-98%. Кварц – 2-3% | 0 | 19,50 | 0 |
| -0,25 | Магн. 1 | 16 | 14,95 | Туф – 100% | 0 | 2,84 | 0 |
| | Магн. 2 | 37 | 34,58 | Туф – 95%. Кварц – 5%. Малахит и медь самородная – в единичных зернах. | 0,1 | 6,56 | 0,007 |
| | Немагн. | 54 | 50,47 | Туф – 95%. Кварц – 5%. Малахит – в единичных зернах. | 0,05 | 9,57 | 0,005 |
| Итого: | | 564 | 100,0 | Содержание меди в пробе туфа составило 0,023% | | 100,0 | 0,03 |

Исходные материалы табл. 1-3 были обработаны в части расчета технологических показателей, таких как выход, содержание и извлечения меди при сухой магнитной сепарации узких классов крупности базальта, лавобрекчии и туфа. Результаты расчетов, представленные ниже в табл. 4-9, позволили установить закономерности магнитной восприимчивости сырья и сделать ряд практически полезных выводов.

Таблица 4

Показатели сухой магнитной сепарации узких классов базальта

| Класс крупности, мм | Продукт | Вес, 10 ³ кг | Выход в классе, % | Выход от исх., % | Содержание С _и , % | Извлечение в классе, % | Извлечение С _и от исх., % |
|---------------------|------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| -2,5+1,6 | Конц.2 | 66 | 75,9 | 16,62 | 3,5 | 45,8 | 22,2 |
| | Немагн. | 21 | 24,1 | 5,29 | 13,0 | 54,2 | 26,2 |
| Всего по кл. | | 87 | 100,0 | 21,91 | 5,79 | 100,0 | 48,4 |
| -1,6+0,8 | Конц.1+2+3 | 87 | 79,8 | 21,91 | 0,37 | 9,0 | 3,1 |
| | Немагн. | 22 | 20,2 | 5,54 | 15,0 | 91,0 | 31,7 |
| Всего по кл. | | 109 | 100,0 | 27,46 | 3,33 | 100,0 | 34,8 |
| -0,8+0,25 | Конц.1+2 | 36 | 31,0 | 9,07 | 0,0014 | 0,04 | 0,0 |
| | Немагн. | 80 | 69,0 | 20,15 | 1,5 | 99,96 | 11,5 |
| Всего по кл. | | 116 | 100,0 | 29,22 | 1,03 | 100,0 | 11,5 |
| -0,25 | Конц.1+2 | 30 | 35,3 | 7,56 | 0 | 0 | 0 |
| | Немагн. | 55 | 64,7 | 13,85 | 1,0 | 100,0 | 5,3 |
| Всего по кл. | | 85 | 100,0 | 21,41 | 0,65 | 100,0 | 5,3 |
| Итого в пробе | | 397 | | 100,0 | 2,624 | | 100,0 |

Таблица 5

Сводные данные по магнитной сепарации базальта (по табл. 4)

| Класс крупности, мм | Выход от исх., % | Содержание С _и , % | Извлечение С _и , % | Магнитный, % | | | Немагнитный, % | | |
|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|------------|------------|----------------|------------|------------|
| | | | | Выход | Содержание | Извлечение | Выход | Содержание | Извлечение |
| -2,5+1,6 | 21,91 | 5,79 | 48,39 | 16,62 | 3,5 | 22,2 | 5,29 | 13,0 | 26,21 |
| -1,6+0,8 | 27,46 | 3,33 | 34,80 | 21,91 | 0,37 | 3,1 | 5,54 | 15,0 | 31,68 |
| -0,8+0,25 | 29,22 | 1,03 | 11,53 | 9,07 | 0,0014 | 0,0 | 20,15 | 1,5 | 11,52 |
| -0,25 | 21,41 | 0,65 | 5,28 | 7,56 | 0,0 | 0,0 | 13,85 | 1,0 | 5,28 |
| Итого | 100,0 | 2,624 | 100,0 | 55,16 | 1,20 | 25,3 | 44,84 | 4,37 | 74,70 |

Таблиця 6

Показатели сухой магнитной сепарации узких классов сов лавобрекции

| Класс крупности, мм | Продукт | Вес, 10^{-3} кг | Выход в классе, % | Выход от исх., % | Содержание Cu, % | Извлечение Cu в классе, % | Извлечение Cu от исх., % |
|---------------------|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|
| -2,5+1,6 | Магн. | 40,0 | 40,0 | 12,5 | 1,16 | 34,1 | 10,7 |
| | Немагн. | 60,0 | 60,0 | 18,8 | 1,5 | 65,9 | 20,7 |
| Всего по кл. | | 100,0 | 100,0 | 31,3 | 1,37 | 100,0 | 31,3 |
| -1,6+0,8 | Магн. | 32,0 | 40,5 | 10,0 | 0,33 | 8,2 | 2,4 |
| | Немагн. | 47,0 | 59,5 | 14,7 | 2,5 | 91,8 | 27,0 |
| Всего по кл. | | 79,0 | 100,0 | 24,7 | 1,62 | 100,0 | 29,4 |
| -0,8+0,25 | Магн. | 34,0 | 37,8 | 10,6 | 0,16 | 24,3 | 1,2 |
| | Немагн. | 56,0 | 62,2 | 17,5 | 0,3 | 75,7 | 3,9 |
| Всего по кл. | | 90,0 | 100,0 | 28,1 | 0,25 | 100,0 | 5,1 |
| -0,25 | Магн. | 16,0 | 31,4 | 5,0 | 2,75 | 29,5 | 10,1 |
| | Немагн. | 35,0 | 68,6 | 10,9 | 3,0 | 70,5 | 24,1 |
| Всего по кл. | | 51,0 | 100,0 | 15,9 | 2,92 | 100,0 | 34,2 |
| Итого в пробе | | 320,0 | | 100,0 | 1,36 | | 100,0 |

Для наглядности дальнейшего анализа по данным табл. 6 составлена сводная табл. 7.

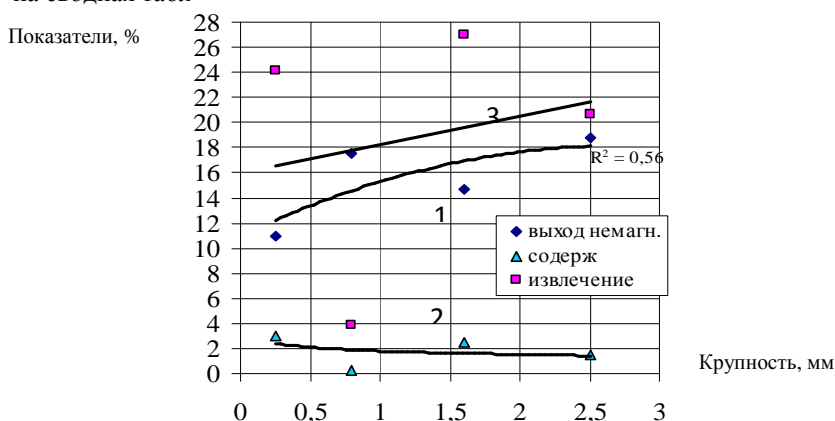


Рисунок. Закономерности изменения характеристик немагнитной фракции (хвостов) сухой магнитной сепарации узких классов лавобрекции; хвосты: 1 – выход; 2 – содержание меди; 3 – извлечение

Таблица 7

Сводная таблица результатов сухой магнитной сепарации лавобрекчи

| Классы крупности, мм | Выход от исх., % | Содержание Cu, % | Извлечение Cu, % | Магнитный, % | | | Немагнитный, % | | |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|------------|------------|----------------|------------|------------|
| | | | | Выход | Содержание | Извлечение | Выход | Содержание | Извлечение |
| -2,5+1,6 | 31,25 | 1,37 | 31,3 | 12,50 | 1,16 | 10,67 | 18,75 | 1,50 | 20,66 |
| -1,6+0,25 | 52,81 | 0,89 | 34,5 | 20,63 | 0,24 | 3,65 | 32,19 | 1,30 | 30,8 |
| -0,25 | 15,94 | 2,92 | 34,2 | 5,00 | 2,75 | 10,10 | 10,94 | 3,00 | 24,10 |
| Итого | 100,0 | 1,36 | 100,0 | 38,13 | 0,87 | 24,42 | 61,88 | 1,66 | 75,58 |

Таблица 8

Показатели сухой магнитной сепарации туфа, проба 1 (по табл. 3)

| Класс крупности, мм | Выход от исх., % | Содержание Cu, % | Извлечение Cu, % | Магнитный, % | | | Немагнитный, % | | |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|------------|------------|----------------|------------|------------|
| | | | | Выход | Содержание | Извлечение | Выход | Содержание | Извлечение |
| -2,5+1,6 | 17,2 | 0,09 | 52,1 | 9,9 | 0,2 | 33,5 | 7,3 | 0,007 | 4,4 |
| -1,6+0,25 | 63,8 | 0,00 | 0,0 | 35,3 | 0,0 | 0,0 | 28,5 | 0,0 | 0,0 |
| -0,25 | 19,0 | 0,07 | 47,9 | 9,4 | 0,1 | 21,0 | 9,6 | 0,05 | 41,0 |
| Итого | 100,0 | 0,03 | 100,0 | 54,6 | 0,04 | 54,6 | 45,4 | 0,01 | 45,4 |

Таблица 9

Выход продуктов магнитной сепарации туфа, проба 2

| Классы крупности, мм | Всего в пробе | | Распределение в узких классах, % | | | | Выход от исходного, % | |
|----------------------|---------------|------|----------------------------------|------|-------------|------|-----------------------|-------------|
| | | | Магнитный | | Немагнитный | | Магнитный | Немагнитный |
| | г | % | г | % | г | % | % | % |
| -2,5+0,63 | 331,4 | 36,1 | 275 | 83,0 | 56,4 | 17,0 | 29,94 | 6,14 |
| -0,63+0,1 | 208,9 | 22,7 | 175,4 | 84,0 | 33,5 | 16,0 | 19,09 | 3,65 |
| -0,1 | 378,3 | 41,2 | 0 | 0 | 378,3 | 100 | 0 | 41,18 |
| Всего | 918,6 | 100 | 450,4 | | 468,2 | | 49,03 | 50,97 |

Таблица 10

Показатели сухой магнитной сепарации туфа, проба 2

| Классы крупности, мм | Выход от исх., % | Содерж. Cu, % | Извлеч. Cu % | Магнитный, % | | | Немагнитный, % | | |
|----------------------|------------------|---------------|--------------|--------------|---------|---------|----------------|---------|---------|
| | | | | Выход | Содерж. | Извлеч. | Выход | Содерж. | Извлеч. |
| -2,5+0,63 | 36,1 | 0,31 | 21,01 | 29,94 | 0,29 | 16,38 | 6,14 | 0,40 | 4,63 |
| -0,63+0,1 | 22,7 | 0,45 | 19,26 | 19,09 | 0,42 | 15,13 | 3,65 | 0,60 | 4,13 |
| -0,1 | 41,2 | 0,77 | 59,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 41,18 | 0,77 | 59,8 |
| Всего | 100 | 0,53 | 100 | 49,03 | 0,34 | 31,5 | 50,97 | 0,71 | 68,6 |

Для примера на рисунке приведена закономерность изменения характеристик немагнитной фракции (хвостов) сухой магнитной сепарации узких классов лавобрекчии.

Наилучшее извлечение меди в хвосты (немагнитный продукт) наблюдается для двух средних классов крупности $-1,6+0,8$ мм и $-0,8+0,25$ мм, где оно составляет 91,8% и 75,7 %, соответственно. Видимо, эта крупность соответствует крупности самородных образований меди.

Для любого класса крупности лавобрекчии выход хвостов закономерно выше, чем выход концентрата (магнитного продукта).

С уменьшением крупности частиц выход хвостов снижается, содержание меди в хвостах возрастает, извлечение снижается (рисунок). Все зависимости слабые и носят иллюстративный характер. Важным является тенденция повышения содержания меди в хвостах с уменьшением крупности хвостов. Это говорит о том, что минералы сырья лучше раскрыты в мелких классах, то есть для лавобрекчии целесообразно снижать крупность питания магнитной сепарации.

В заключении наведены выводы исследований магнитной восприимчивости для проб лавобрекчии. Данные исследований для базальта и туфа наведены в таблицах и рисунке.

Выводы:

1) Выход магнитной и немагнитной фракций из пробы лавобрекчии составил 38,13% и 61,88%, соответственно. Причем, для всех узких классов крупности количество немагнитной фракции стабильно выше, чем магнитного продукта.

2) Для данной пробы содержание меди в немагнитной фракции немалого выше, нежели в исходном сырье (1,66% против 1,36%). Обе фракции (и магнитная, и немагнитная) оказались достаточно богатыми медью. Они содержат 0,87% и 1,66% меди, соответственно, то есть обе требуют доработки. Такая ситуация является следствием плохого извлечения меди в хвосты из самых крупных и из самых мелких классов, а именно, для классов, крупнее 1,6 мм и мельче 0,25 мм, содержание меди в магнитной и немагнитной фракциях оказалось, примерно, одинаковым.

3) В целом по пробе лавобрекчии извлечение меди в немагнитную фракцию выше, чем в магнитную: 75,6% против 24,4%.

Относительно высокое извлечение меди в магнитную фракцию (24,2%) происходит в равной мере из-за богатого медью крупняка (классы $+1,6$) и из-за богатой мелочи (классы $-0,25$). Скорее всего, оба этих класса содержат множество сростков минералов меди и железа,

вместе с которым медь попадает в магнитный продукт. Наиболее низкое извлечение меди в магнитный концентрат имеет место для узкого класса крупности $-1,6+0,25$ мм.

4) На основании изложенного для процесса магнитной сепарации лавобрекчии можно дать следующие рекомендации, что в технологическом процессе целесообразно избавиться от верхнего класса крупности, то есть дробить весь материал до крупности менее 1,6 мм.

1. Булат А. Ф. Перспективы комплексной переработки базальтового сырья Волини / А. Ф. Булат, В. П. Надутый, З. Р. Маланчук // Геотехническая механика : Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 85. – С. 3-7. 2. Надутый В. П. Обобщение результатов исследований магнитной восприимчивости составляющих базальтового сырья / В. П. Надутый, А. М. Эрперт, Е. З. Маланчук // Збагачення корисних копалин : Наук-техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2012. – Вып. 51(92). – С. 144-149. 3. Характеристика покладів міді в Рівненсько-Волинському регіоні / [Т. Ю. Гринюк, Р. П. Рачковський, С. Р. Боблях, Є. З. Маланчук] // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. праць. – Рівне, 2006. – Вып. № 3(35). – С. 217-225. 4. Квасниця В. М. До знахідки самородної міді в туфогенних породах Волині / В. М. Квасниця, В. А. Нестеровський, В. І. Павлишин // Мінерал. журнал. – 2000. – № 4. – С. 20-24.

Рецензент: д.т.н., професор Маланчук З. Р. (НУВХП)

Malanchuk E. Z., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use,
Rivne)

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE EFFICIENCY OF PROCESSING BASALTS MAGNETIC SEPARATORS

In the article under the research results of the magnetic perceived the susceptibility for all components of basalt raw material, namely, tuff breccias and basalt and recommendations the technology of their processing to extract heavy metals.

Keywords: research, tuff, basalt, lawarence, magnetic separation, the rock mass.

Маланчук Є. З., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

**РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ПЕРЕРОБКИ БАЗАЛЬТІВ НА
МАГНІТНИХ СЕПАРАТОРАХ**

У статті наведені результати досліджень магнітної сприйнятливості для всіх складових базальтової сировини, а саме туфу, лавобрекчії і базальту та надано рекомендації технологічності їх переробки з метою вилучення важких металів.

Ключові слова: дослідження, туф, базальт, лавобрекція, магнітна сепарація, гірська маса.
