

В.П. НАДУТЫЙ, д-р техн. наук,
О.Н. ПРОКОПЮК, В.И. БУДНИК

(Украина, Днепропетровск, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины)

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ЦЕОЛИТ-СМЕКТИТОВЫХ ТУФОВ

Уникальное месторождение базальтов в Ровенской области, как правило, сопровождается богатыми залежами туфов, которые являются продуктами извержения вулканов. Прогнозы геологов по запасам туфового сырья составляют сотни миллионов тонн. Как полезное ископаемое они уже нашли широкое применение в сельском хозяйстве для повышения плодородия почв и для дезактивации радиоактивного их загрязнения, как кормовая добавка скоту и птице, а также как строительный материал.

В последние годы вырос интерес исследователей к туфам с целью использования их в промышленности. Для этого возникает необходимость детального изучения их свойств, методов добычи, переработки и комплексного использования [1]. В процессе исследований цеолит-смектитовых туфов, залегающих в больших количествах на Волини, установлена их магнитная восприимчивость, объясняемая наличием в их составе железа и титана [2]. Поэтому в работе выполнялся количественный и качественный анализ содержания этих элементов с помощью магнитного и спектрального анализов проб измельченного туфа различной крупности при изменяемой напряженности магнитного поля для определения уровня его достаточности в процессе рудоподготовки сырья к комплексной переработке.

Известно также [2, 3], что в составе туфа имеется самородная медь в виде тонких пленок или точечных включений, извлечение которой возможно только при тонком помоле туфа для максимального отделения силикатной части от самородных включений. Поскольку железо и титан тоже находятся в сростках в виде соединений, то путем тонкого измельчения с последующим грохочением добывались максимального раскрытия минералов. Получение максимально допустимой тонины помола туфа из соображений возможности аппаратного метода извлечения соединений металлов (магнитный и электрический сепараторы) позволяет определить доленое содержание силикатной и металлической частей в составе туфа.

Целью исследований состава туфа методами магнитного и спектрального анализов являлось определение долей силикатной и металлической части, а также влияние напряженности магнитного поля на процесс извлечения магнитновосприимчивой части и ее состав.

Как уже отмечалось ранее [1, 4], цеолит-смектитовый туф является сопровождающей базальты породой и, ввиду незначительного объема использования туфа, он является отвальной породой при добыче базальта. С точки зрения ком-

Магнітна і електрична сепарація

плексной добычи и переработки базальтов с разделением на три составляющих в месторождении породы (базальт, лавобрекчия и туф), Рафаловское месторождение является перспективным [4, 5], поэтому в работе выполнены исследования цеолит-сметитового туфа этого месторождения. В процессе рудоподготовки к указанному методу переработки туфа важным для рационализации является определение основного гранулометрического и химического состава и реакции горной массы на различные виды воздействий.

Для проведения исследований туф Рафаловского базальтового карьера измельчался на три группы крупности: $(-2,5+0,63 \text{ мм})$; $(-0,63+0,1 \text{ мм})$; и $(-0,1 \text{ мм})$ (табл. 1). Далее определялась весовая доля каждого класса крупности в навеске и процентное содержание магнитновосприимчивой части в ней (табл. 2). Величина магнитного поля для каждой навески изменялась ступенчато от 0,08 Тл до 1,3 Тл в пять этапов воздействия. Методика эксперимента предусматривала с ростом индукции магнитного поля определение отделившейся от общей массы навески той части туфа, которая притянулась при данной напряженности, и после этого, методом спектрального анализа, определялось содержание элементов каждой части. Это связано с тем, что степень восприимчивости туфа увеличивается с ростом напряженности магнитного поля. Влияющими факторами на процесс магнитного разделения являются гранулометрический состав и химический состав туфа.

Распределение массы туфа по классам крупности для одной из навесок представлено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение массы туфа по классам в навеске			
Группа крупности	Класс крупности, мм	Масса навески m , г	Процентное содержание массы каждого класса, %
1	$-2,5+0,63$	331,4	51,4
2	$-0,63+0,1$	208,9	32,4
3	$-0,1$	104,5	16,2
	Сумма	644,8	100,0

Результаты исследований на магнитную восприимчивость в навеске при разной индукции магнитного поля представлены в табл. 2.

Поскольку третья группа крупности (-100 мкм) показала полную магнитную невосприимчивость, то ее относим к немагнитной части навески.

На основании полученных результатов магнитнневосприимчивая часть навески составляет 49,1% или 316,6 г. Различная восприимчивость металлизированной части измельченного туфа по отношению к величине индукции магнитного поля и крупности указывает на неоднородность микроэлементного состава и на необходимость доведения рудоподготовки до тонкого измельчения без переизмельчения продукта.

Магнітна і електрична сепарація

Таблиця 2

Распределение массы туфа в навеске в зависимости от индукции

№ опыта	Класс -2,5+0,63 мм			№ опыта	Класс -0,63+0,1 мм		
	Индукция, Тл	Восприимчивая масса, т, г	Процентное содержание, γ, %		Индукция, Тл	Восприимчивая масса, т, г	Процентное содержание, γ, %
1	0,08	63,2	19,1	8	0,08	30,5	14,6
2	0,16	59,5	18,0	9	0,16	37,0	17,7
3	0,3	51,7	15,6	10	0,3	37,7	18,1
4	0,44	49,7	15,0	11	0,44	31,9	15,3
5	0,58	44,8	13,5	12	0,58	32,5	15,6
6	1,3	6,1	1,8	13	1,3	5,8	2,8
7	немагнитная	56,4	17,0	14	немагнитная	33,4	15,9
	Сумма	331,4	100		Сумма	208,9	100

Общая масса навески $331,4 + 208,9 + 104,5 = 644,8$ г

Характер неоднородности состава выяснялся спектральным анализом всех полученных продуктов разделения. Анализ выполнен методом просыпки на приборе СТЭ-1 с приставкой УСИ-10. Результаты анализа представлены в табл. 3. Следует отметить недостаточную точность по процентному содержанию некоторых элементов, в частности титана (>1,0%), железа (>15%), и отсутствие данных по наличию силикатов и карбонатов (SiO₂ и CaO) в пробах. Их содержание определялось методом химического анализа. При этом было точно установлено, что содержание железа в пробах первой группы составляет 36,2%, а во второй – 39,6%, соответственно, титана – 1,3 и 4,1%. Увеличение среднего процентного содержания самородной меди в навеске второй группы крупности объясняется мелкодисперсностью ее включений, однако этот показатель требует самостоятельных исследований.

Таблиця 3

Результаты анализа содержания элементов в туфе для навески 1

№ п/п	Индукция, Тл	Масса навески в первой группе, г	Содержание массы в навеске, %	Содержание элементов, %							
				Fe	Ti	Cu	Mn	Ba	SiO ₂	CaO	Ag, г/т
1	0,08	63,2	19,1	>15	>1,0	0,1	0,07	0,07	43,8	3,44	15
2	0,16	59,5	18,0	>15	>1,0	0,4	0,07	0,05	43,8	3,44	10
3	0,3	51,7	15,6	>15	>1,0	0,2	0,05	0,07	43,8	3,44	7
4	0,44	49,7	15,0	>15	>1,0	0,3	0,07	0,05	43,1	3,04	10
5	0,58	44,8	13,5	>15	>1,0	0,5	0,07	0,07	43,1	3,04	10
6	1,3	6,1	1,8	>15	0,7	0,5	0,05	0,07	43,1	3,04	15
7	немагнитная	56,4	17,0	>15	-	0,4	0,05	0,065	43,8	51,6	50
Итого		331,4	100	>15	>1,0	0,45	0,06	0,06	43,5	52,0	17

Результаты анализа содержания элементов в туфе для навески 2

№ п/п	Индукция, Тл	Масса навески во второй группе, г	Содержание массы в навеске, %	Содержание элементов, %								
				Fe	Ti	Cu	Mn	Ba	SiO ₂	CaO	Ag, г/т	
8	0,08	30,5	14,6	>15	>1,0	0,1	0,07	0,07	42,1	51,8	7	
9	0,16	37,0	17,7	>15	>1,0	0,4	0,07	0,06	43,1	51,9	10	
10	0,3	37,7	18,1	>15	>1,0	0,5	0,05	0,07	43,1	52,3	10	
11	0,44	31,9	15,3	>15	>1,0	0,7	0,07	0,07	42,8	51,2	15	
12	0,58	32,5	15,6	>15	>1,0	0,5	0,07	0,07	41,7	52,1	15	
13	1,3	5,8	2,8	1,0	0,5	0,5	0,15	0,05	44,6	53,2	50	
14	немагнитная	33,4	15,9	-	-	0,6	0,1	0,04	43,5	53,1	50	
Итого		208,9	100			0,5	0,08	0,05	43,6	52,6	23	

Как показал эксперимент, расхождение в массе магнитновосприимчивой части (49%), обусловленной наличием титаномагнетита и содержанием железа в пробах, полученных в результате химического анализа (36,2...39,6%), объясняется наличием сростков с пустой породой. Присутствие меди в магнитновосприимчивой части указывает на необходимость выбора рациональной тонины помола туфа для более полного отделения меди с силикатной частью. При этом более полно раскрываются частицы титаномагнетита. Поскольку магнитная сепарация позволяет отделение даже тонковкрапленных частиц железа (до 44 мкм) из измельченного туфа до крупности менее 100 мкм, то электрическая сепарация силикатной части продукта при извлечении меди наиболее эффективна до крупности 100 мкм. Это указывает на то, что переизмельчение туфа в процессе рудоподготовки приводит к потерям при извлечении металлов.

Таким образом, выполненные исследования указывают на то, что тонина помола туфа в процессе рудоподготовки должна быть менее не 0,05-0,1 мм. При этом магнитновосприимчивая часть достигает 49% от массы пробы, соответственно, силикатная часть составляет 50...51%. При извлечении магнитновосприимчивой части существенное влияние оказывает напряженность магнитного поля, достигающая 1,3 Тл. Выполненные исследования указывают на целесообразность комплексной переработки не только базальтов, но и туфов [5, 6], поскольку процентное содержание основных элементов представляет промышленный интерес. Такими элементами являются железо, титан, медь, серебро. Оставшаяся силикатная часть утилизируется для нужд строительства и сельского хозяйства. Указанная технология переработки является безотходной и ресурсосберегающей.

Список литературы

1. Цеоліт-сметитові туфи Рівненщини: біологічні аспекти використання : Монографія / За загальною редакцією **М.П. Сороки**. – Рівне : Волинські обереги, 2005. – 184 с.

Магнітна і електрична сепарація

2. **Надутьий В.П., Маланчук З.Р., Гринюк Т.Ю.** Определение элементного состава вскрышных и основных пород Рафаловского базальтового карьера / Геотехническая механика : Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2007. – Вып. 68. – С. 47-51.

3. Особливості складу та будови цеоліт-сметитових туфів у кар'єрах Рівненсько-Волинського регіону / **З.Р. Маланчук, В.П. Рачковський, С.Є. Стець, С.Р. Боблях** // УНЦ "Наука. Техніка. Технологія". – Київ, 2006. – С. 109-110.

4. **Квасниця В.М., Нестеровський В.А., Павлишин В.І.** До знахідки самородної міді в туфогенних породах Волині / Мінерал : журнал. – 2005. – № 4. – С. 20-24.

5. **Надутьий В.П., Прокопюк О.Н., Шевченко В.П.** Результаты исследований разупрочнения туфа в отвалах базальтовых карьеров / Геотехнічна механіка : Міжгалузева збірка наук. праць ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 89. – С. 120-126.

6. **Надутьий В.П., Маланчук З.Р., Прокопюк О.Н.** Обоснование необходимости комплексной переработки цеолит-сметитовых туфов Волини / Матер. Міжнар. наук.-практ. конференції "Форум гірників – 2010". – НГУ. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 150-155.

© Надутьий В.П., Прокопюк О.Н., Будник В.И., 2011

*Надійшла до редколегії 01.02.2011 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком*