

М. Д. ДОРФМАН, И. В. БУССЕН, О. Б. ДУДКИН

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО ИЗБИРАТЕЛЬНОМУ РАСТВОРЕНИЮ МИНЕРАЛОВ

В количественно-минералогическом анализе, называемом также рациональным или фазовым, содержание некоторых минералов приходится определять путем их растворения по разности веса пробы до и после воздействия определенным растворителем. При этом для каждого случая надо знать оптимальные условия растворения: концентрацию растворителя, крупность зерна пробы, время воздействия, температуру и т. д. В этих условиях должно происходить практически полное растворение или разложение данного минерала при минимальном воздействии на сопутствующие минералы.

Специальная справочная литература по этому вопросу отсутствует, а в обычных минералогических справочниках не приводятся сведений об условиях растворения минералов.

В разработанной нами методике количественно-минералогического (рационального) анализа перовскитовых руд содержание таких минералов, как кальцит, цеолиты, прецит, меллилит, апатит и оливин, определялось путем последовательного растворения.

Для выяснения оптимальных условий растворения проведены серии опытов с применением различных кислот в качестве растворителя. Концентрация кислот, крупность материала проб, температура и время воздействия менялись, причем исследовались не только минералы, которые требовалось удалить, но и сопутствующие им. Опыты проводились на чистых минералах, отобранных из руды, на их смесях и на естественных пробах.

В качестве растворителя были взяты уксусная, соляная и азотная кислоты.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

а) Растворение в уксусной и соляной кислотах

Известно, что кальцит полностью и легко растворяется избытком разбавленной соляной кислоты даже на холоду. Однако при этих же условиях могут частично растворяться и некоторые другие минералы.

Целью опытов являлось добиться практически полного удаления кальцита из пробы с минимальной потерей таких легко растворимых минералов, как цеолиты, нефелин, меллилит и апатит. Результаты опытов приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Данные опытов по растворению минералов в соляной и уксусной кислотах

Кислота	Крупность взятого для растворения материала, мм	Температура, °С	Концентрация, %	Время растворения, мин.	Растворимость минералов, %				
					Кальцит	Нефелин	Цеолиты	Апатит	Оливин
Соляная	—0,25	12	3	60	100	30	20	10	
»	—0,25	12	1	130	100	20	5	10	
»	—0,25	12	0,5	180	100	6	2	1,5	
»	—0,25	12	0,2	360	80	10	3,5	1	
»	—0,25	20	0,5	120	100	12	15	2,3	
»	—0,5	12	1	270	100	8,9	11	3,1	
»	—0,5	12	0,5	360	100	7,5	1,5	1,9	
»	—0,5	20	0,5	310	100	9	3,5	1,5	
»	—1	12	2	60	90	—	—	—	
»	—1	12	2	210	100	12	41	15	10
Уксусная	—0,25	12	10	210	100	31,8	40	10	
»	—0,25	12	5	240	100	10	21	3,4	
»	—0,25	12	2	360	80	16	17	5,6	
»	—0,25	20	5	210	100	18,5	31,6	5	
»	—1	12	10	60	80	—	—	20	
»	—1	12	10	195	100	40	18	15	10

Контроль за результатами опытов проводился визуально, весовым способом и определением содержания CO_2 в нерастворимом остатке.

Как видно из табл. 1, оптимальные результаты были получены при растворении в 0,5%-ной соляной кислоте в условиях комнатной температуры. Для предотвращения изменения концентрации кислоты растворение производилось в воронке на фильтре при непрерывном поступлении свежего растворителя. В этих условиях кальцит полностью растворялся при крупности материала менее 0,25 мм в течение трех часов, при крупности свыше 0,25 мм в течение шести часов. Потеря веса цеолитов составила всего — 2, нефелина — 6, апатита — 1,5%; оливин не растворился. Потеря в весе пробы руды при растворении указанным способом только на 0,20% превысила количество кальцита, рассчитанное по содержанию CO_2 .

Полное растворение кальцита в уксусной кислоте требует большого времени, и при этом заметно растворяются цеолиты, нефелин и апатит. Прочие минералы ощутимой потери веса не дают, и их можно считать практически нерастворимыми в данных условиях.

б) Растворение в азотной кислоте

Для растворения минералов более устойчивых, чем кальцит, а именно — оливина, мелилита и апатита, нами применялась азотная кислота, при кипячении в которой перечисленные минералы разлагаются сравнительно легко. Апатит растворяется полностью, оливин, мелилит и пренит — с образованием геля кремнекислоты.

Таблица 2

Результаты опытов по растворению минералов в горячей концентрированной азотной кислоте

Минерал	Крупность зерна, мм	Время растворения, мин.	Потеря в весе после растворения, %	Примечание
Оливин	-0,12	15	40	В остатке только скелетный гель кремнекислоты
Оливин	-0,12	30	60	В остатке скелетный гель кремнекислоты; липкого полупрозрачного геля мало
Оливин	-0,12	60	60	Раствор окрашивается в зеленый цвет. В остатке гель кремнекислоты
Оливин	+0,12—0,25	30	42	
Оливин	+0,12—0,25	60	60	
Оливин	+0,12—0,25	90	60	В остатке преобладает скелетный гель
Оливин	+0,25	90	45	
Оливин	+0,25	120	60	В остатке преобладает скелетный гель
Пренит	+0,25	120	75	В остатке от растворения только скелетный гель кремнекислоты
Мелилит	+0,25	120	80	В остатке липкий бесформенный гель
Апатит	+0,25	60	100	Растворение полное
Метасиликаты	-1	50	0,0	Слабое окрашивание раствора в желтовато-зеленый цвет
Метасиликаты	-1	90	0,5	
Метасиликаты	-1	120	0,5	
Перовскит	-0,25	60	1	Раствор без видимых изменений
Перовскит	-1	50	1	
Титаномагнетит	-0,25	45	6	Раствор окрашивается в грязножелто-зеленый цвет. Качественная реакция на железо положительная.
Титаномагнетит	-1+0,25	60	2	
Титаномагнетит	-0,25	45	7	Раствор интенсивно окрашен. раскрывается часть сростков. Вес выделившихся немагнитных минералов составляет 1—2% от веса титаномагнетита.
Титаномагнетит	--0,25	60	6	

Разделить перечисленные выше минералы не удалось ни физическими методами, ни последовательным растворением. Поэтому перед нами возникла задача: выяснить условия, при которых апатит полностью переходит в раствор, а оливин, теряя магний, дает скелетный гель кремнекислоты. В этом случае по содержанию P_2O_5 в растворе легко вычислить количество апатита, а по содержанию окиси магния, перешедшей в раствор, — количество оливина (предложение Я. Г. Горощенко и Б. Н. Мелентьева) при условии, если в пробе будет мало мелилита.

При высоком содержании мелилита количество оливина может быть определено пересчетом веса скелетного геля, легко отделяющегося от нерастворимой части пробы бромформом. Студенистый липкий гель кремнекислоты, полученный при растворении мелилита и пренита, остается в пробе, откуда удалить его можно горячим 10%-ным содовым раствором. Известно, что вес геля кремнекислоты (скелетный гель) составляет 40% от веса оливина, и пересчет в этом случае затруднений не представляет.

Табл. 2 показывает, что в кипящей концентрированной азотной кислоте (уд. вес 1,18) оливин достаточно полно разлагается при крупности зерна от 0,12 мм до 0,25 мм за один час, при крупности выше 0,25 мм — за два часа. Для полного растворения апатита достаточно 20 минут. Пренит и мелилит также разлагаются быстрее, чем оливин.

Разность между общей потерей веса пробы и суммарным содержанием апатита и оливина дает содержание пренита и мелилита. Определения содержания каждого из двух минералов в рассматриваемом случае не требовалось.

Пироксены, амфиболы и перовскит в горячей концентрированной азотной кислоте практически нерастворимы, титаномagnetит растворим незначительно, но все же следует удалить его магнитом до растворения.

Результаты опытов по растворению даны в табл. 3.

Растворимость минералов

Таблица 3

Минералы, входящие в состав руды	Растворимость в кислотах			
	соляная 3%-ная	азотная 1 : 1	серная уд. вес 1,18	уксусная 10%-ная
Перовскит	Растворим	Растворим	Растворимые частички	Нерастворим
Титаномagnetит . .	Нерастворим	Нерастворим	Нерастворим	»
Пироксены	»	»	Частично	»
Амфиболы	»	»	»	Нерастворимы
Оливин	»	Растворим; гель,	Растворим	Нерастворим
Слюды	»	Нерастворимы	Нерастворимы	Нерастворимы
Кальцит	Растворим	Растворим	Растворим	Растворим
Цеолиты (натролит)	Растворимы	Растворимы	Растворимы	Частично
Полевой шпат (аль- бит)	Нерастворим	Нерастворим	Нерастворим	Нерастворим
Мелилит	»	Растворим; гель	»	»
Пренит	»	То же	»	»
Шорломит	»	Нерастворим	»	»

Минералы, входящие в состав руды	Растворимость в кислотах			
	соляная 3%-ная	азотная 1 : 1	серная уд. вес 1,18	унсусная 10%-ная
Нефелин	Растворим	Растворим	Растворим	Частично
Сфен	Нерастворим	Нерастворим	Нерастворим	Нерастворим
Розовый гранат (альмандин)	»	»	»	Частично
Апатит	Растворим	Растворим	Растворим	Нерастворим
Кварц	Нерастворим	Нерастворим	Нерастворим	»
Каолинит	Частично	Частично	Частично	Нерастворим
Антигорит	Растворим	Нерастворим	Растворим	»
Хлориты	Нерастворим	Частично	Растворимы	Нерастворимы

Проделанная нами работа по избирательному растворению некоторых минералов в различных кислотах при разных температурных условиях и различной концентрации растворителя позволила установить для кальцита, мелилита, апатита, нефелина оптимальные условия растворения и получить необходимые сведения не только для минералогов, но и для технологов. Тем самым в какой-то мере восполняется пробел, существующий в справочной литературе по этому вопросу. Необходимость в продолжении и систематизации подобного рода работ, безусловно, имеется.