ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Քիմիական գիտություններ XVI, № 6, 1963 Химические науки

М. Г. Манвелян и А. К. Наджарян

Исследование состава твердой фазы при взаимодействии нефелинового сиенита с раствором едкого натра

Комплексное использование щелочных алюмосиликатных пород делает целесообразным широкое применение этого сырья для производства глинозема. В настоящее время разработано и предложено несколько способов получения глинозема из нефелиновых сиенитов и других нефелиновых пород. Один из таких способов—химическое обогащение нефелиновых сиенитов и псевдолейцитовых пород [1, 2]—разработан в Институте химии АН АрмССР под руководством одного из авторов данной статьи.

Коренной отличительной чертой этой технологической схемы получения глинозема является предварительное химическое обогащение породы.

В результате варки измельченной породы с едким щелоком концентрации до 300 *г/л* по NaOH в автоклавах значительное количество кремнезема породы переходит в раствор в виде силиката натрия (калия), а оставшаяся часть породы, присоединяя некоторое количество щелочи, образует концентрат.

В этом случае, как и вообще в процессах по выщелачиванию рудных тел, количество переведенного в раствор кремнезема зависит как от физико-химических условий процесса, так и от природы самой породы.

Манвеляном [3, 4] в крупнолабораторном масштабе было показано, что при взаимодействии нефелинового сиенита с раствором едкого натра при температурах от 100 до 220° и продолжительности реакции до 5 часов выход кремнезема в раствор находится в прямой зависимости от температуры и продолжительности опыта.

Значительная часть концентрата состояла из вновь образовавшегося изотропного алюмосиликата натрия с показателем преломления 1,485.

Глубина обогащения нефелиновых сиенитов зависит также от концентрации щелочи в растворе и степени измельчения породы.

По Аракелян и Чистяковой [5, 6], концентрат, полученный из нефелиновых сиенитов методом Манвеляна, при 180—200° в основном представлен мелкоагрегатной изотропной массой с показателем светопреломления 1,480—1,495 ± 0,003.

При изучении изменений основных породообразующих минералов в процессе химического обогащения нефелиновых сиенитов авто-

рами настоящего сообщения [7, 8] было показано, что основным составляющим концентрата, полученного при более высокой температуре (260°), является уже другой водный алюмосиликат натрия с показателями преломления: $Ng = 1{,}505 \pm 0{,}003$, $Np = 1{,}495 \pm 0{,}003$, обозначенный нами фазой А.

Многообразие факторов и условий, от которых зависит фазовый состав концентрата, следовательно и выход кремнезема в раствор, определяет сложность процесса химического обогащения нефелиновых сиенитов и трудности, связанные с его всесторонним исследованием.

Между тем, для изыскания путей интенсификации и установления оптимального технологического режима при организации процесса химического обогащения нефелиновых сиенитов необходимо выяснение роли хотя бы основных факторов процесса.

Мы поставили перед собой задачу исследовать влияние наиболее важных факторов—температуры (выше 220°) и сокращения продолжительности процесса на кинетику обогащения и фазовый состав получаемого твердого продукта реакций, а также внести ясность в сущность процесса.

Ориентируясь на максимально приемлемые в промышленных условиях продолжительность и температурный режим, мы исследовали процесс при температурах до 260° и продолжительности обогащения до 60 минут. Для опыта был взят нефелиновый сиенит Тежсарского месторождения АрмССР, измельченный до состояния полного прохождения через сито 0,1 *мм* (150 меш.) химического состава: SiO_2 54,84%, Al_2O_3 21,57; Fe_2O_3 3,16; CaO 3,50; MgO 0,85; Na_2O 4,38; K_2O 8,69; ппп 2,00%. 35,28 *г* породы обрабатывались раствором едкого натра концентрации 240,6 *г/л* Na_2O при Т : Ж = 1 : 3 (весовом) в автоклавах емкостью 130 *мл*, укрепленных на горизонтальном валу термостата с жидкой теплопередающей средой и вращающихся со скоростью 49 об/мин при заданной температуре в течение определенного промежутка времени. Тепловое равновесие в автоклавах обычно достигалось через 5—6 минут. Регулировка температуры обеспечивалась с точностью до ±1°С. Специальная конструкция термостата позволяла по истечении необходимого времени взаимодействия производить быструю закалку автоклава с содержимым холодной водой, после чего готовая автоклавная пульпа фильтровалась при 75°. Полученный щелочно-кремнеземистый раствор подвергался химическому анализу. Твердая фаза промывалась дистиллированной водой (45—50°) до слабо-щелочной реакции и высушивалась при 105°.

Наличие в полученных твердых продуктах реакций наряду с новообразованиями также некоторой части исходных минералов породы в значительной мере затрудняло определение новообразований, поэтому возникла необходимость выделения их из твердой фазы.

Путем разделения осаждением в спокойной воде нам удалось получить мелкие фракции, почти полностью состоящие из новообразований.

Таблица 1

Взаимодействие нефелинового сиенита с раствором едкого натра и фазовый состав получаемых концентратов

№№ опыта	Т. взаимодействия в °С	Продолжительность взаимодействия в минутах	Вес полученного твердого продукта реакций в г	Состав полученных растворов в г/л			Состав полученных промывных вод в г/л		Фазовый состав концентратов	
				Na_2O	SiO_2	R_2O_3	Na_2O	SiO_2	фазы	Кол-во (% от общего веса концентрата)
1	220	8	30,50	234,00	68,00	1,26	4,21	1,18	B A исходные минералы	30—50 5—15 40—50
2	220	15	29,70	242,10	85,68	1,70	5,89	1,95	B A исходные минералы	15—30 20—40 30—40
3	220	25	29,36	293,27	87,50	1,45	6,97	2,61	B A исходные минералы	5—20 60—80 20—30
4	220	35	29,14	234,34	95,29	1,64	6,70	2,70	A исходные минералы	70—90 10—20
5	220	60	28,78	233,27	101,00	1,75	6,34	2,65	A исходные минералы	80—90 5—20
6	240	8	29,35	237,15	88,60	1,83	6,69	2,76	B A исходные минералы	20—40 20—40 30—40
7	240	15	29,08	231,30	93,40	1,40	6,55	2,45	B A исходные минералы	0—5 60—80 20—30
8	240	25	28,84	231,72	97,50	1,80	6,88	3,00	A исходные минералы	70—90 10—20
9	240	35	28,75	232,50	100,50	1,55	5,24	2,25	A исходные минералы	75—90 5—20
10	240	60	28,74	231,72	100,25	1,41	5,85	2,47	A исходные минералы	80—90 5—20
11	260	5	29,27	243,75	92,80	1,42	6,47	2,58	A B исходные минералы	20—40 20—40 20—30
12	260	10	28,94	231,72	100,35	1,65	6,63	2,75	A исходные минералы	70—90 10—20
13	260	15	28,76	230,95	101,00	1,42	6,20	2,74	A исходные минералы	75—90 5—15
14	260	25	28,83	223,25	97,93	1,53	4,92	2,19	A C исходные минералы	80—90 1—3 5—15
15	260	35	29,27	219,80	95,50	1,20	5,00	2,08	A C исходные минералы	75—90 2—5 5—15
16	260	60	29,86	213,90	91,93	1,80	3,49	1,56	A C исходные минералы	70—90 5—10 5—15

Количественные соотношения фаз по фракциям определены визуально под микроскопом. Мелкие фракции полученных твердых продуктов реакции подвергались фазовому рентгеноструктурному анализу.

Данные, характеризующие кинетику и полноту извлечения окиси кремния из нефелиновых сиенитов в раствор, приводятся в таблице 1 и на рисунке 1.

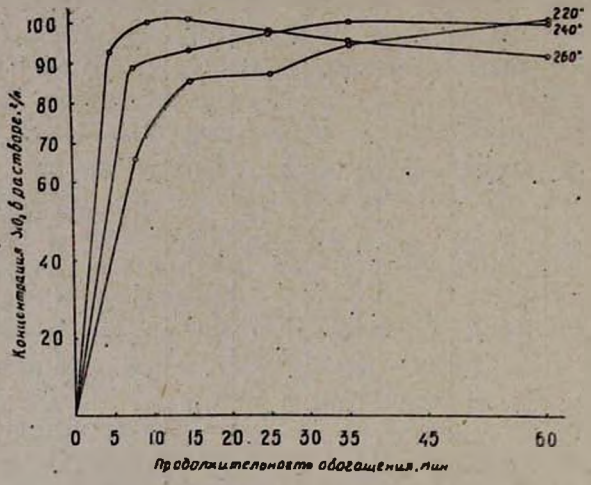

Рис. 1.

Как видно из этих данных, с повышением температуры скорость процесса существенно возрастает и при 240° продолжительность обогащения может сократиться до 15 минут вместо 35 минут при 220° без уменьшения извлечения кремнезема в щелочной раствор. Дальнейшее повышение температуры обогащения вызывает такое сокращение продолжительности процесса, которое практически граничит со временем, необходимым для скоростного нагрева нефелино-сиенитово-щелочной пульпы до заданной температуры. Предельная величина этой температуры в значительной мере зависит от степени измельчения и природных особенностей породы.

Для приведенного образца нефелиновых сиенитов извлечение кремнезема в раствор на уровне, достигаемом при температуре 240° за 35 минут (около 100 *г/л*), обеспечивалось в течение 10 минут от начала погружения автоклава в термостат с жидкой теплопередающей средой, нагретой до 260°. Увеличение продолжительности обогащения до 25 минут и более (при 260°) сопровождается понижением концентрации кремнезема в щелочном растворе, величина которой также зависит от упомянутых выше факторов. Так, изменение только помола исходной породы, обработанной нами в аналогичных условиях, приводило к понижению извлечения кремнезема в раствор на величину порядка 15 *г/л*, что уже может привести к снижению эффективности процесса химического обогащения нефелиновых сиенитов вследствие

непроизводительного прохождения этого количества кремнезема через все последующие операции.

Изменение концентрации кремнезема в щелочном растворе находит отражение и на количестве получаемых твердых продуктов реакции. Из рисунка 2 и данных таблицы 1 видно, что с увеличением продолжительности процесса химического обогащения соответственно

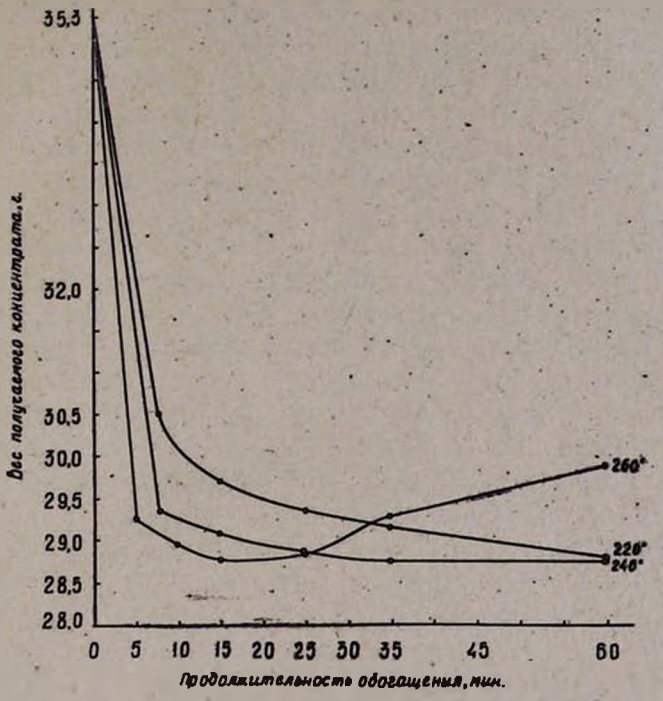

Рис. 2.

изменению концентрации кремнезема происходит уменьшение веса получаемого концентрата, который, достигая своего минимального значения приблизительно после 15 минут обработки, при 260° вновь увеличивается.

Эти факты указывают на вторичные взаимодействия растворенного кремнезема с образованием соединений с более высоким содержанием кремнезема, развивающиеся в конечных стадиях обогащения.

Более ясную картину протекающих взаимодействий дает исследование фазового состава получаемых твердых продуктов. Данные, полученные при кристаллооптическом и фазовом рентгеноструктурном анализе концентратов, приведены в таблице 1.

Как следует из приведенных в таблице 1 данных, полученные твердые продукты реакции состоят из нескольких фаз—не вступивших в реакцию исходных породообразующих минералов и новообразований, возникших в результате взаимодействия породы с раствором едкого натра. Однако количественные соотношения указанных фаз в твердых продуктах реакции различны и зависят от условий опытов.

Так, при 220° и продолжительности обогащения 8 минут (опыт 1) основная часть новообразования представлена изотропным водным алюмосиликатом натрия с показателем преломления 1,485 ± 0,003. Другой водный алюмосиликат натрия*, представленный агрегатами мелких анизотропных кристаллов и монокристаллами размером 3 × 10 μ, составляет всего лишь около 5—15% полученного твердого продукта реакции. Остальная часть концентрата представлена исходными светлыми и темноцветными минералами породы.

При увеличении продолжительности обогащения соотношение фаз в концентрате меняется в сторону увеличения фазы А и уменьшения фазы В и светлых минералов породы; при этом количество темноцветных минералов остается почти неизменным.

Несколько иная, хотя в общих чертах аналогичная картина получается при температуре 240°. Как и при 220°, в начальных стадиях обогащения составляющими концентрата являются фазы В и А (см. опыт 6); однако в этом случае уже 15-минутная обработка породы (вместо 35 минут при 220°) оказывается достаточной для полного исчезновения фазы В, после чего единственным новообразованием концентрата является фаза А. Количество непрореагировавших светлых минералов гораздо меньше количества их в соответствующих твердых продуктах, полученных при 220°. Дальнейшее увеличение температуры до 260° приводит к резкому сокращению продолжительности существования фазы В. В этом случае фаза В обнаружена только в концентрате опыта 11, полученном в результате взаимодействия породы и раствора едкого натра в течение 5 минут. После 25-минутного обогащения в концентрате, помимо фазы А, обнаруживаются также отдельные зерна новой фазы, количество которой с увеличением продолжительности обогащения возрастает, дойдя до 10% в концентрате, полученном при взаимодействии нефелинового сиенита с раствором едкого натра в течение одного часа. Это—изотропные кристаллы округлой формы с размером 5—10 μ; показатель преломления 1,58 ± ±0,01. Эта фаза обозначена нами условно фазой С. В таблице 2 помещены значения межплоскостных расстояний и интенсивности интерференционных максимумов мелкой фракции опыта 16, где звездочками отмечены характерные линии указанной фазы. Здесь же для сравнения приведены соответствующие данные для мелкой фракции опыта 13, почти полностью состоящей из фазы А.

Таким образом, повышение температуры и увеличение продолжительности обогащения приводит к незамедлительным и совершенно закономерным изменениям соотношения фаз в получающихся твердых продуктах реакции. Закономерность изменения отношения фаз А : В : светлые минералы породы заключается в уменьшении количества фазы В и светлых минералов породы при одновременном увеличении количества фазы А.

* В дальнейшем изложении, как и в предыдущих сообщениях [7, 8], изотропный водный алюмосиликат натрия нами обозначен фазой В, анизотропный—фазой А.

Таблица 2

Структурные характеристики мелких фракций концентратов опытов 13 и 16

№ измерений	Мелкая фракция концентрата опыта 16		Мелкая фракция концентрата опыта 13		№ измерений	Мелкая фракция концентрата опыта 16		Мелкая фракция концентрата опыта 13	
	d/n	интенсивность	d/n	интенсивность		d/n	интенсивность	d/n	интенсивность
1	6,34	3	6,37	6	28	1,791*	1	—	—
2	5,51	1	5,52	3	29	1,764	3	1,764	5
3	5,31*	1	—	—	30	1,710	2	1,711	3
4	4,69	6	4,69	9	31	1,669	1	1,672	2
5	4,34*	1	—	—	32	1,646	1	1,643	2
6	4,16	2	4,16	5	33	1,595	4	1,596	5
7	3,72*	6	—	—	34	1,555*	1	—	—
8	3,66	8	3,67	8	35	1,529*	3	—	—
9	3,32*	4ш	—	—	36	1,509	4	1,507	4
10	3,240	7	3,25	10	37	1,463	3	1,465	1
11	3,040	2	3,04	2	38	1,383	1	1,429	3
12	2,899*	3	2,993	1	39	1,374	1	1,380	2
13	2,850	1	2,858	2	40	1,357	2	1,358	4
14	2,752	4	2,756	6	41	1,333	3	1,334	5
15	2,630	10	2,634	3	42	1,319*	2	—	—
16	2,597	4	2,600	5	43	1,304	2	1,305	3
17	2,519	1	2,522	2	44	1,272	2	1,274	2
18	2,430	4	2,433	6	45	1,253*	2	—	—
19	2,271	2	2,273	3	46	1,206	1	1,226	3
20	2,180	2	2,182	2	47	1,180*	2	1,209	1
21	2,136*	1	—	—	48	1,173	1	1,174	2
22	2,119	3	2,120	4	49	1,164	1	1,167	1
23	2,054*	3	2,033	1	50	1,155	1	1,156	1
24	1,983	1	1,980	1	51	1,146	1	1,146	2
25	1,889	3	1,888	4	52	1,024	3	1,023	3
26	1,862	8	1,850	3	53	1,007	1	1,006	1
27	1,812	1	1,813	4					

Несмотря на всю схематичность количественного определения фаз в получаемых твердых продуктах реакций данные кристаллооптического и фазового рентгеноструктурного анализа концентрата дают реальную базу для истолкования цифр, полученных при химическом анализе щелочнокремнеземистых растворов (см. табл. 1).

На основании данных химического анализа было сделано заключение, что понижение концентрации кремнезема в растворе в конечных стадиях обогащения при 260° связано со вторичными взаимодействиями растворенного кремнезема с компонентами пульпы.

Определение фазового состава получаемых твердых продуктов реакций не только подтвердило правильность заключения, сделанного на основании данных, характеризующих кинетику процесса обогащения, но и в значительной мере расширило представления об этих взаимодействиях. К предполагаемым вторичным реакциям, в результате которых SiO_2 переходит из раствора в твердую фазу, относится не только образование фазы С в конечных стадиях обогащения при 260°, сопровождаемое понижением концентрации кремнезема в щелочнокремнеземистом растворе, но и взаимодействие фазы В получаемого твердого продукта реакции со щелочнокремнеземистым раствором.

Следствием этого взаимодействия является образование более высококремнеземистого водного алюмосиликата натрия—фазы А. Указанное взаимодействие протекает не только в конечных стадиях обогащения, но и на более ранних стадиях процесса, при условиях, благоприятствующих этому как в отношении температуры, так и концентрации кремнезема в растворе. При этом уровень извлечения SiO_2 в раствор может сохраниться практически неизменным за счет одновременного разложения светлых минералов породы под действием щелочи и температуры с образованием фаз А и В или даже повыситься (см. опыты 3 и 4), когда в единицу времени, в результате вторичных взаимодействий, из раствора в концентрат переходит меньшее количество кремнезема, чем из породы в раствор.

По-видимому, к числу вторичных взаимодействий следует отнести также взаимодействие водного алюмосиликата натрия (фазы А) концентрата со щелочнокремнеземистым раствором, в результате чего указанная фаза может обогатиться кремнеземом и щелочью.

В литературе имеются данные, указывающие на склонность алюмосиликата натрия присоединять в гидротермальных условиях различные соли. Так, Лемберг [9], подвергая длительной обработке высококремнистые алюмосиликаты смесью растворов едкого натра с растворами углекислого, хлористого, сернокислого натрия при 100° и промывке твердой фазы холодной водой, получил соединения, в состав которых входили некоторые количества этих солей. Подобный же результат был им получен [10] при обработке альбита раствором силиката натрия при 200°. На основании полученных данных Лемберг пришел к выводу, что алюмосиликат натрия—$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ имеет большую склонность давать соединения с различными натриевыми солями.

Такая же точка зрения высказывается в работе Вернадского и Курбатова [11].

Заславский, Песин и Равдин [12], взаимодействием раствора алюмината с раствором силиката натрия с молекулярным отношением $SiO_2 : Al_2O_3 = 2 : 1$ при 100 и 165° получили осадки с молекулярным составом, соответствующим $Na_2O : Al_2O_3 : SiO_2 = 1{,}2 : 1 : 1{,}1$. По мнению этих авторов, при доведении реакции до равновесия выпадает простейший цеолит $Na_2Al_2Si_2O_8 \cdot nH_2O$, который в сильно основных растворах адсорбирует $NaAlO_2$, давая продукт, приближающийся к составу содалита: $7(Na_2Al_2Si_2O_8)2NaAlO_2 \cdot H_2O$.

Курнаков с сотрудниками [13], изучая свойства пермутита, полученного сливанием горячих растворов алюмината натрия и силиката натрия, показали, что при значительном избытке силиката натрия во взятой смеси растворов образуются пермутиты с повышенным содержанием SiO_2. Такие кремнеземистые осадки в работе Курнакова и других рассматриваются как твердые растворы пермутитного ядра $Na_2Al_2Si_2O_8$ с SiO_2 или полисиликагом натрия.

Лилеев [14] нашел, что при сливании растворов алюмината и силиката натрия выделяется осадок состава $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, который при наличии в начальной смеси растворов избытка алюмината натрия присоединяет его, образуя содалит, состав которого, после промывки водой, отвечает формуле: $5(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)(Na_2O \cdot Al_2O_3) \cdot nH_2O$; в случае же избытка в начальной смеси растворов силиката натрия выделяемые осадки отличаются повышенным содержанием кремнезема— $(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2) \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$.

Из данных химического анализа растворов и фазового анализа полученных твердых продуктов в опытах 1, 6 и 11 видно, что в условиях проведенных опытов высокое содержание кремнезема в растворе устанавливается довольно быстро; почти с самого начала взаимодействия щелочного раствора с породой и фаза А находится в контакте с таким раствором на всем протяжении обогащения.

На данной стадии исследования нам не удалось выделить фазу А в чистом виде, поэтому мы лишены возможности непосредственно проследить изменения состава фазы А в процессе обогащения. Однако, исходя из данных литературы и вышеизложенного, следует допустить возможность изменения состава первоначально выделенной фазы А в результате взаимодействия ее со щелочно-кремнеземистым раствором в процессе химического обогащения нефелиновых сиенитов.

Таким образом, для достижения максимальной эффективности процесса при натриевом варианте химического обогащения нефелиновых сиенитов необходимо, во-первых, обогащение вести при температурах 220° и выше, максимально сокращая время предварительного нагрева пульпы, и, во-вторых, выбрать оптимальную продолжительность процесса так, чтобы не допустить сколько-нибудь заметного развития вторичных реакций, приводящих к дополнительному переводу некоторого количества растворенного кремнезема в твердую фазу.

Выводы

В результате проведенного исследования установлено, что:

1. Повышение температуры до 240—260° приводит к резкому сокращению продолжительности процесса химического обогащения нефелиновых сиенитов.

2. В процессе химического обогащения нефелиновых сиенитов получаемые водные алюмосиликаты натрия взаимодействуют со щелочно-кремнеземистым раствором.

В зависимости от температуры процесса результатом этого взаимодействия является образование фазы А или фаз А и С, присутствие которых в концентрате подтверждено методами кристаллооптического и фазового рентгеноструктурного анализов.

Институт химии
Совнархоза АрмССР

Поступило 24 VIII 1963

Մ. Գ. Մանվելյան և Ա. Կ. Նաջարյան

ՆԵՖԵԼԻՆԱՅԻՆ ՍԻԵՆԻՏԻ ԵՎ ԿԺՈՒ ՆԱՏՐՈՆԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՄԲ ՍՏԱՑՎԱԾ ՊԻՆԴ ՖԱԶԻ ԲԱՂԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Նեֆելինային սիենիտից և այլ նեֆելինային ապարներից կավահող (ալյումինիումի օքսիդ) ստանալու մեթոդներից մեկը քիմիական հարստացման մեթոդն է։

Այն խիստ կերպով տարբերվում է մնացած մեթոդներից ապարի նախնական հարստացումով։

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ ստացվող կոնցենտրատի ֆազային բաղադրությունը, հետևապես և լուծույթ դուրս բերված SiO_2-ի քանակը, կախված է բազմաթիվ ֆակտորներից և պայմաններից։ Հարստացման պրոցեսի ինտենսիֆիկացման և օպտիմալ պայմանների հաստատման համար անհրաժեշտ է որոշել պրոցեսի հիմնական ֆակտորների դերը։

Ներկա հետազոտության նպատակն էր ուսումնասիրել պրոցեսի ջերմաստիճանի բարձրացման և տևողության կրճատման ազդեցությունը հարստացման կինետիկայի և ստացվող նյութի ֆազային բաղադրության վրա։

Փորձերը կատարվել են 2 աղյուսակում բերված բաղադրությունն ունեցող նեֆելինային սիենիտի վրա։ Փորձերի պայմանները շարադրված են 1 աղյուսակում։ Նույն աղյուսակում բերված են նաև պրոցեսի կինետիկան բնութագրող տվյալներ։

Ստացված տվյալները ցույց են տալիս, որ հարստացման պրոցեսի ջերմաստիճանի բարձրացումը խիստ կերպով մեծացնում է պրոցեսի արագությունը։

260°-ի դեպքում 35 րոպե տևողությամբ մշակելուց հետո հիմնային լուծույթում նկատվում է SiO_2-ի կոնցենտրացիայի նվազում։ Այդ ցույց է տալիս, որ հարստացման այս փուլում ընթանում են երկրորդային պրոցեսներ։

Ստացված պինդ ֆազի բյուրեղօպտիկական և ֆազային ռենտգենակառուցվածքային անալիզները ցույց տվեցին, որ երկրորդային փոխազդեցությունների թվին են պատկանում B ֆազի անցումը A ֆազի և վերջինիս անցումը C ֆազի։

Ըստ գրական տվյալների պետք է ենթադրել, որ տեղի է ունենում նաև A ֆազի փոխազդեցությունը ստացված լուծույթի հետ, որի ընթացքում A ֆազը հարստանում է SiO_2-ով և հիմքով։

Ալսպիսի պրոցեսի էֆեկտիվության բարձրացման նպատակով պետք է հարստացումը կատարել 220°-ից բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում, առավելագույն չափով կրճատելով նախնական տաքացման ժամանակը, իսկ պրոցեսի տևողությունը ընտրել այնպես, որպեսզի կանխվի երկրորդային ռեակցիաների զգալի զարգացումը։

ЛИТЕРАТУРА

1. *М. Г. Манвелян*, Авторское свидетельство № 72427, 25/II 1948.
2. *М. Г. Манвелян*, Тезисы докладов совещания по химии и технологии глинозема. Ереван, 1960, 3.
3. *М. Г. Манвелян*, Переработка нефелиновых сиенитов Армении на глинозем и другие продукты (отчет Института химии АН АрмССР, 1950).
4. О комплексной переработке нефелиновых сиенитов Тежсарского месторождения Армянской ССР и основные данные по составлению проектного задания Ахтинского горнохимического комбината (отчет НИИХ СНХ АрмССР, 1958).
5. *О. И. Аракелян, А. А. Чистякова*, Цвет. металлы 4, 42 (1961).
6. *О. И. Аракелян, А. А. Чистякова*, Труды шестого совещания по экспериментальной и технической минералогии и петрографии. АН СССР, Москва, 1962, 237.
7. *М. Г. Манвелян, А. К. Наджарян, З. А. Акопян, С. А. Бабаян, Э. Г. Пилоян*, Тезисы докладов совещания по химии и технологии глинозема. Ереван, 1960, 4.
8. *М. Г. Манвелян, А. К. Наджарян, З. А. Акопян, Э. Г. Пилоян, С. А. Бабаян, С. М. Арешатян*, Изв. АН АрмССР, ХН 14, 3 (1961).
9. *J. Lemberg*, Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 35, 586 (1883).
10. *J. Lemberg*, Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellsphaft 37, 962 (1885).
11. *В. И. Вернадский, С. М. Курбатов*, Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги. ОНТИ НКТП, 1937, 243.
12. *Р. И. Заславский, Я. М. Песин, Я. А. Равдин*, Труды ГИПХ 28, 184 (1936).
13. *Н. С. Курнаков, Л. Г. Берг, В. Н. Свешникова*, Изв. АН СССР, ОХН 1937, 1381.
14. *И. С. Лилеева*, Докт. диссертация. Новосибирск 1948, 332.