

А. В. Абрамян

## Физико-химические свойства расплавленного, переохлажденного, стекловидного и перекристаллизованного базальта

IX. Выщелачивание халаджского стеклобазальта 5%-ным раствором азотной кислоты

Нами установлена возможность выщелачивания ереванского стеклобазальта раствором HCl и извлечения из его кремнеземистого скелета почти всех составных окислов [1—3]. Выяснилось, что извлечение окислов происходит эквипропорционально и практически полностью и в зависимости от температуры и времени выражается функцией  $\delta = kt^{0.7}$ , где  $\delta$  толщина слоя макропленки освобожденного кремнезема в см,  $t$  время выщелачивания в часах,  $k$  постоянная, зависящая от температуры выщелачивания [1]. Была высказана гипотеза о существовании двух видов стеклообразного состояния базальта: а) истинного, переохлажденного и б) промежуточного, обожженного, стекловидного [4, 5]. Выщелачивание стеклобазальта растворами азотной кислоты нам представляется интересным, ибо создает возможность практического использования всех извлеченных компонентов. Изучением кинетики разложения стеклобазальта растворами азотной кислоты можно уточнить воспроизводимость полученных результатов, выяснить новые закономерности в процессе выщелачивания сложных силикатных систем, найти связь между структурой и выщелачиваемостью горных пород и теоретически объяснить пути образования силикатов и других ассоциаций.

В данной работе освещается поведение при выщелачивании более основного, чем ереванский, стеклобазальта, содержащего не более 44% кремнезема и не менее 25—30% щелочноземельных окислов, со средней степенью окисляемости  $\sim 0,625$ .

**Методика выщелачивания.** Халаджский естественный базальт (Армянская ССР) по минералогическому составу принадлежит к менее кислым, доломитизированным базальтам. Он содержит до 2—5% белых пятен и значительные пустоты и представляет собой уже частично выветрившийся базальт. Химический состав естественного и расплавленного переохлажденного базальта приведен в таблице 1.

Гранулированный и замороженный стеклобазальт измельчался и просеивался через соответствующие сита. Выщелачиванию подвергались фракции зерен в 2; 1; 0,5 и 0,25 мм. Выщелачивание проводилось в колбе емкостью 1—2 л в зависимости от взятого количества

Таблица 1

Химический состав базальтов в %

Базальт	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	(KNa) <sub>2</sub> O	ппп
естественный	44,32	1,31	15,06	3,59	5,75	13,30	11,17	3,13	2,37
расплавленный, переохлажденный	45,50	1,17	16,32	9,88	—	12,86	9,98	3,50	—

растворителя. Условия выщелачивания: температура 80—85°C, время выщелачивания 1 час, концентрация раствора 51 г/л азотной кислоты, количество раствора при каждом цикле выщелачивания 300 мл, цикличность выщелачивания 10—13 раз. Последние 2—3 цикла проводились 5%-ными соляной или азотной кислотами. После каждого цикла раствор декантировался, осадок несколько раз промывался небольшими порциями дистиллированной воды, пока разложившаяся часть стеклобазальта—белые зерна—полностью отделялась и переходила в жидкую фазу. Полученные растворы каждый раз составляли примерно 400 мл.

### Экспериментальные данные

Результаты химических анализов полученных после каждого цикла выщелачивания растворов и ряд других характеристик процесса выщелачивания приведены в таблицах 2—4 и на рисунке 1.

Из приведенных данных видно, что в некоторых первых циклах выщелачивания извлекается почти в два раза больше окислов, чем в последующих циклах. Более крупные (2 мм) и более мелкие (0,25 мм) зерна сравнительно меньше выщелачиваются, чем зерна средних (1 и 0,5 мм) размеров. Слабая выщелачиваемость мелких зерен кажущаяся, так как после энергичного разложения зерен на их поверхности образуется обволакивающий защитный слой кремнезема, без удаления которого дальнейшее разложение стеклобазальта сильно замедляется.

Наиболее равномерное извлечение окислов происходит при выщелачивании фракций зерен в 0,25 мм (рис. 1).

Для разложения 100 г стеклобазальта при каждом цикле подавался 5%-ный раствор, содержащий примерно 15—16 г азотной кислоты. В некоторых циклах выщелачивания извлекалось до 20 и более процентов окислов по сравнению со стехиометрическим количеством. Это явление объясняется тем, что при выщелачивании происходит дальнейший гидролиз полученных солей и освобождается некоторое количество свободной азотной кислоты, которая, вступая в реакцию с неразложившейся частью стеклобазальта, разлагает его [1—5]. При выщелачивании 2 и 0,25 мм фракций в декантированной части раствора постепенно осаждалась и отделялась коллоидная суспензия. Химический состав ее после фильтрации и сушки приведен в таблице 5.

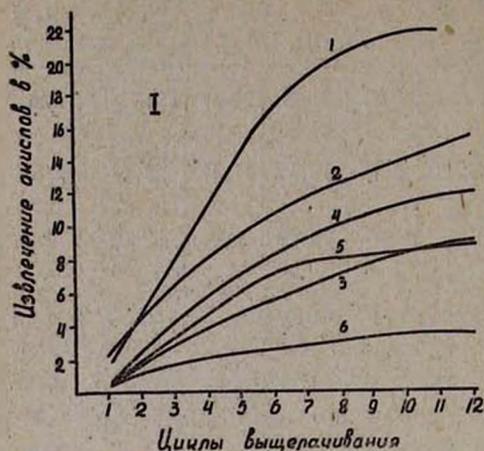


Рис. 1а. Изменение скорости извлечения различных окислов в зависимости от циклов выщелачивания (от времени и количества реагентов). Фракция 2 мм. 1.  $\text{SiO}_2$ , 2.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4.  $\text{CaO}$ , 5.  $\text{MgO}$ , 6.  $(\text{NaK})_2\text{O}$ .

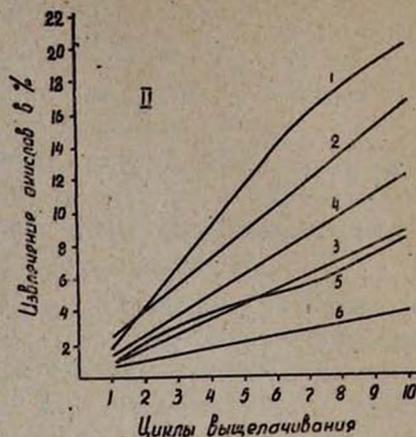


Рис. 1б. Изменение скорости извлечения различных окислов в зависимости от циклов выщелачивания (от времени и количества реагентов). Фракция 1 мм. 1.  $\text{SiO}_2$ , 2.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4.  $\text{CaO}$ , 5.  $\text{MgO}$ , 6.  $(\text{NaK})_2\text{O}$ .

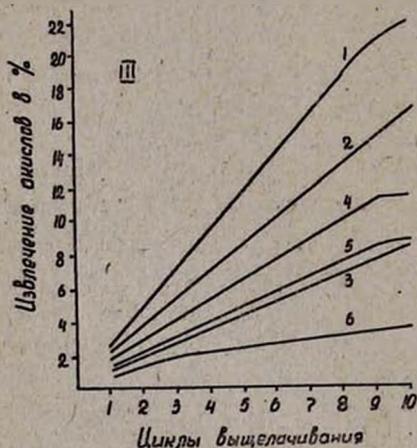


Рис. 1в. Изменение скорости извлечения различных окислов в зависимости от циклов выщелачивания (от времени и количества реагентов). Фракция 0,5 мм. 1.  $\text{SiO}_2$ , 2.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4.  $\text{CaO}$ , 5.  $\text{MgO}$ , 6.  $(\text{NaK})_2\text{O}$ .

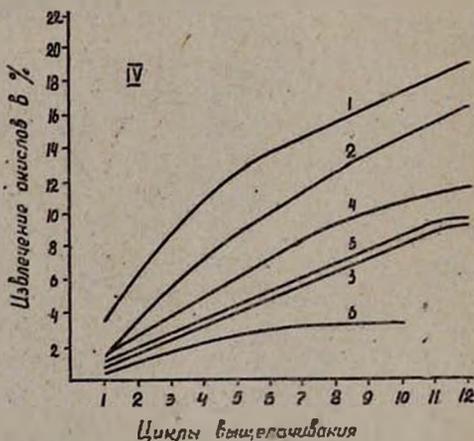


Рис. 1г. Изменение скорости извлечения различных окислов в зависимости от циклов выщелачивания (от времени и количества реагентов). Фракция 0,25 мм. 1.  $\text{SiO}_2$ , 2.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4.  $\text{CaO}$ , 5.  $\text{MgO}$ , 6.  $(\text{NaK})_2\text{O}$ .

Характерно, что осаждение гелеобразного продукта происходило лишь в случае двух полярных фракций зерен (2 и 0,25 мм) и что осадки при этом получались в почти равном количестве. Присутствие указанных окислов в гелеобразном осадке, по нашему мнению, является результатом адсорбции их кремнегидратом и гидролиза нитратов полуторных окислов. Гидролиз растворов и переосаждение основных солей нитратов железа и алюминия из растворов имеют место в основном в начальных циклах выщелачивания и в последующих цик-

Таблица 2

Результаты химического анализа растворов, полученных при выщелачивании халаджского стеклобазальта

Компоненты растворов	Циклы выщелачивания зерен стеклобазальта размером 2 мм												Сумма извлекаемых окислов после 12 циклов
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
SiO <sub>2</sub>	1,17	3,68	3,90	2,63	3,04	2,72	2,27	0,74	0,40	0,41	1,04	0,02	21,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,05	2,88	1,64	1,28	1,52	1,08	1,20	0,88	0,66	0,50	1,18	0,32	17,73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,39	0,56	2,20	1,40	1,68	0,85	0,64	0,24	0,24	0,16	0,32	0,16	8,84
CaO	0,98	1,50	1,74	1,22	1,40	1,04	1,25	0,86	0,65	0,56	0,62	0,22	12,10
MgO	1,09	1,14	0,78	0,72	0,76	0,75	0,73	0,66	0,70	0,80	0,60	0,25	8,68
R <sub>2</sub> O	0,65	0,55	0,32	0,30	0,35	0,25	0,22	0,20	0,20	0,14	0,12	0,12	3,49
ΣRO	6,36	10,31	10,70	7,67	8,85	6,79	6,41	3,68	2,92	2,70	3,98	1,27	69,69

Таблица 3

Результаты химического анализа растворов, полученных при выщелачивании халаджского стеклобазальта

Компоненты растворов	Циклы выщелачивания зерен стеклобазальта размером 0,5 мм											Сумма извлекаемых окислов после 10 циклов
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
SiO <sub>2</sub>	2,46	2,56	2,24	2,06	2,56	2,20	2,14	2,89	2,86	0,04	22,01	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,14	2,10	1,53	1,29	1,56	1,82	1,54	1,51	2,01	1,22	16,72	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,09	0,80	0,70	0,64	0,88	1,12	0,76	0,94	1,10	0,66	8,69	
CaO	1,96	1,13	0,89	0,99	1,37	1,37	1,12	1,41	1,47	0,08	11,79	
MgO	1,11	0,83	0,98	1,07	0,86	0,80	1,04	0,97	1,14	0,20	9,00	
R <sub>2</sub> O	0,60	0,58	0,58	0,42	0,36	0,26	0,20	0,16	0,16	0,10	3,37	
ΣRO	9,36	7,00	6,87	6,47	7,59	7,57	6,80	7,88	8,74	2,30	71,58	

лах происходят в соотношениях 4,19—0,62—0,45—0,34—0,22—0,10 и т. д., т. е. имеют сильно затухающий характер. Суммарное извлечение всех окислов в различных циклах выщелачивания показано на рисунке 2. Из 2 мм зерен сначала извлекается сравнительно большое количество окислов, в последующих циклах их количество постепенно уменьшается, извлекаемость снижается с 10 до 2—3%. Степень суммарного извлечения окислов из фракций 1; 0,5 и 0,25 мм в первых 4—5 циклах почти равна. После указанных циклов извлекаемость окислов из 0,25 мм фракции постепенно уменьшается с равномерной скоростью, а из средних фракций (1 и 0,5 мм) извлечение протекает синусоидально.

Указанная закономерность извлечения окислов, по нашему мнению, соответствует химическому составу силикатной системы, подвергающейся разложению в данной стадии или в данном цикле выщела-

чивания. Изучением химического состава извлеченной части силикатной системы при указанных стадиях выщелачивания удастся, по-видимому, определить структурную формулу выщелачиваемой части силиката и приблизительно установить те части силикатного состава, которые выщелачиваются на данной стадии выщелачивания.

Полученный кремнегидрат представляет собой желтоватую зернистую массу, прозрачную в воде, мутно-меловидную в сухом состоянии.

Сводные экспериментальные данные по выщелачиванию различных фракций 5%-ным раствором азотной кислоты приведены в таблице 4. Как видно из данных таблицы, основная часть стеклобазальта (75—80%) разлагается и извлекается раствором 5%-ной азотной кислоты; неразложившийся зернистый остаток (22—23%) представляет собой зерна кремнегидрата с некоторыми примесями (порядка 3,5% для остатка, полученного при выщелачивании 2 мм зерен, и 3,2%—для 0,25 мм зерен).

Почти половина  $\text{SiO}_2$  извлекается из стеклобазальта совместно с солями катионов, дру-

гая же половина остается в виде зерен. Вероятно, одна часть кремнезема связана с алюмосиликатным каркасом, а другая представляет собой кремнеземистый скелет. Сравнение с результатами, полученными при выщелачивании ереванского стеклобазальта растворами соляной кислоты, показывает, что в данном случае, когда в стеклобазальте содержится большое количество щелочноземельных окислов и преобладают составы метасиликатов, оливинов, получается менее зернистый стеклообразный кремнезем. Часть кремнезема получается даже гелеобразной, а в ереванском базальте, где меньше  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  и больше  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , гелеобразный кремнезем совсем не получается и продукт бывает чище, зернистым или пластинчатым.

Из сводной таблицы видно также, что извлечение окислов  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,

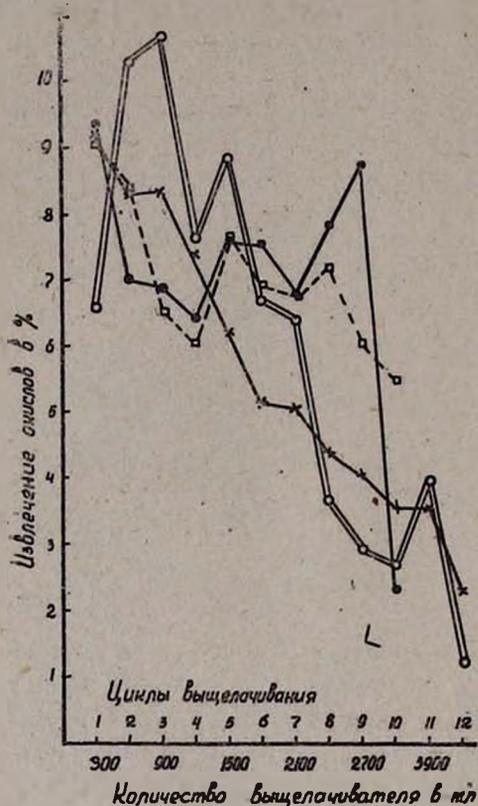


Рис. 2. Зависимость степени суммарного извлечения окислов от циклов выщелачивания и размеров зерен стеклобазальта. ○—○ фракция 2 мм, □---□ фракция 1 мм, ●—● фракция 0,5 мм, ×—× фракция 0,25 мм.

Результаты выщелачивания различных фракций 5%-ным раствором соляной кислоты

Компоненты	Фракция зерен стеклобазальта в мм													
	2				1			0,5			0,25			
	раствор	гелеобразный кремнезем	остаток	сумма	раствор	остаток	сумма	раствор	остаток	сумма	раствор	гелеобразный кремнезем	остаток	сумма
SiO <sub>2</sub>	22,76	5,27	16,07	44,10	21,97	22,66	44,63	22,24	22,30	44,54	19,26	4,10	21,50	44,86
TiO <sub>2</sub>	не опр.	0,12	0,22	0,34	не определено						0,09	0,20	0,29	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,17	0,36	0,24	16,77	17,70	0,12	17,82	17,82	не обн.	17,8	16,58	0,50	0,40	17,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,36	0,30	0,14	9,80	9,72	0,14	9,86	9,68	0,20	9,88	9,41	0,30	0,10	9,81
FeO	не опр.	0,10	не обн.	0,10	0,10	не определено						0,09	не обн.	0,09
CaO	12,70	0,16	0,06	12,92	12,54	0,18	12,72	12,66	0,34	13,00	12,19	0,40	не обн.	12,50
MgO	9,08	0,13	0,03	9,24	9,13	0,58	9,71	9,11	0,40	9,51	9,31	0,45	не обн.	9,76
(KNa) <sub>2</sub> O	3,42	не обн.	не обн.	3,42	3,43	не обн.	3,43	3,37	не обн.	3,37	3,45	не обн.	не обн.	3,45
	73,49	6,44	16,76	96,69	74,59	23,68	98,17	74,88	23,24	98,12	70,20	5,93	22,20	98,10

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{R}_2\text{O}$  происходит полностью. Загрязненность полученного кремнегидрата в данном процессе объясняется тем, что при циклическом выщелачивании в результате вторичных процессов—гидролиза, образования основных солей ввиду недостаточности кислоты и т. д.—создаются условия соосаждения и образования новых, более прочных, химически связанных силикатных осадков следующего состава.

При выщелачивании 2 мм зерен —  $4\text{CaO} \cdot 3\text{MgO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{TiO}_2 \cdot 50\text{SiO}_2 \cdot 28\text{H}_2\text{O}$ .

При выщелачивании 0,25 мм зерен —  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{TiO}_2 \cdot 112\text{SiO}_2 \cdot 137\text{H}_2\text{O}$ , т. е. получается в основном кремнегидрат с очень малым количеством примесей; его гидратный модуль равен почти единице. При выщелачивании 2 мм зерен в остатке примесей больше. В последнем остатке часть  $\text{SiO}_2$  связана с другими окислами.

Таблица 5  
Химический состав переосажденного желеобразного продукта

Фракции зерен в мм	Количество в г	Содержание окислов в %								
		$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	ппп	$\text{H}_2\text{O}$
2	6,7	79,1	1,81	5,45	4,95	1,44	2,38	1,92	1,78	0,74
0,25	6,2	66,89	1,49	9,44	5,12	1,51	6,41	5,58	1,58	0,40

С целью проверки воспроизводимости полученных результатов опыты по выщелачиванию стеклобазальта 5%-ным раствором азотной кислоты были поставлены и одностадийно на больших—от 300 до 500 г—навесках с полным стехиометрическим количеством реагента.

Таблица 6  
Химический анализ кремнегидрата, полученного после однократного выщелачивания стехиометрическим количеством 5%-ного раствора азотной кислоты

Способ получения и очистка кремнегидрата	Содержание окислов в кремнегидрате в %								
	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{R}_2\text{O}$	ппп	$\text{H}_2\text{O}$
промыт только азотной кислотой . . . . .	82,15	0,20	не опр.	следы	не опр.	не опр.	не опр.	11,5	6,90
промыт только соляной кислотой . . . . .	81,40	0,10	не опр.	следы	не опр.	не опр.	не опр.	11,3	6,20
промыт азотной и соляной кислотами . .	82,60	0,27	не опр.	0,33	не опр.	не опр.	не опр.	11,0	5,75

При этом условия выщелачивания (температура, время, концентрация) были теми же, что и при циклическом процессе. Пульпа в реакторе во время реакции все время перемешивалась. Реакция выщелачивания стеклобазальта раствором азотной кислоты экзотермична; достаточно нагреть систему до  $70^\circ$ , чтобы началось разложение с выделением значительного количества теплоты. По мере протекания реакции количество растворителя сильно уменьшается, выделившиеся

нитраты и кремнезем быстро поглощают воду и образуют тестообразную студенистую кашицеобразную массу. Для полного отделения кремнегидрата добавляли 1 л нагретой до 80—90° дистиллированной воды и отфильтровывали, осадок промывали 2—3%-ной азотной кислотой и горячей дистиллированной водой. Результаты химических анализов полученных в этих опытах кремнегидратов приведены в таблице 6.

Как показывают приведенные данные, степень чистоты полученного кремнегидрата зависит не от вида реагента, применяемого для промывки, а лишь от тщательности промывки кремнегидрата, его зернистости, свежести осаждения и быстроты фильтрования. Заметим, что при однократном выщелачивании кремнегидрат получается более чистым и с более крупными зернами, чем при стадийном выщелачивании.

Другим важным заключением является то, что при выщелачивании халаджского стеклобазальта в остающемся скелете кремнезема основной примесью является не глинозем, как при выщелачивании ереванского стеклобазальта, а железо. По нашему мнению, в халаджских базальтах ввиду большого содержания в них щелочноземельных окислов часть глинозема связана с этими окислами. Этим нужно объяснить более равномерное выделение глинозема из халаджского базальта по сравнению с его выделением из ереванского стеклобазальта.

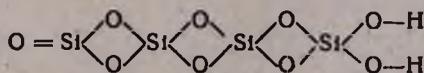
Причина присутствия окиси титана в обоих видах кремнегидрата, указанная нами ранее, подтверждается при выщелачивании халаджского базальта. В мокром виде, без особой сушки, при 110° эти кремнегидраты имеют следующий химический состав:

1.  $3\text{TiO}_2 \cdot 1370\text{SiO}_2 \cdot 400\text{H}_2\text{O} + 640 \text{ aqua}$
2.  $\text{TiO}_2 \cdot 1360\text{SiO}_2 \cdot 350\text{H}_2\text{O} + 630 \text{ aqua}$
3.  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{TiO}_2 \cdot 1380\text{SiO}_2 \cdot 320\text{H}_2\text{O} + 600 \text{ aqua}$

а в высушенном виде соответственно:

1.  $3\text{TiO}_2 \cdot 1540\text{SiO}_2 \cdot 430\text{H}_2\text{O}$ , где  $\text{SiO}_2 \div \text{H}_2\text{O} = 3,6 \div 1$
2.  $\text{TiO}_2 \cdot 1540\text{SiO}_2 \cdot 400\text{H}_2\text{O}$ , где  $\text{SiO}_2 \div \text{H}_2\text{O} = 3,8 \div 1$
3.  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{TiO}_2 \cdot 1540\text{SiO}_2 \cdot 360\text{H}_2\text{O}$ , где  $\text{SiO}_2 \div \text{H}_2\text{O} = 4,2 \div 1$

Отсюда, с увеличением примесей уменьшаются гидратные модули, т. е. в скелете кремнезема остаются еще другие, невыделившиеся катионы. При ряде допущений приведенные формулы можно записать в виде  $4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или структурно выразить кремнегидрат как тетраметакремневую кислоту:



В некоторых условиях, при достаточном количестве воды, возможно расщепление тетраметакремневой кислоты в диметакремневую по схеме:



которая, взаимодействуя со стеклобазальтом, разлагает его и извлекает дополнительные количества окислов.

4. При выщелачивании халаджского стеклобазальта почти половина кремнезема выделяется в гелеобразном состоянии, а другая половина — в виде зерен, которые, вероятно, являются стеклообразующими.

5. Полученные кремнегидраты чисты и содержат лишь незначительное количество примесей окиси титана. Их примерный состав:  $\text{TiO}_2 \cdot 1540\text{SiO}_2 \cdot 400\text{H}_2\text{O}$  или, при неполной очистке от железа:  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{TiO}_2 \cdot 1540\text{SiO}_2 \cdot 360\text{H}_2\text{O}$ .

6. При некоторых допущениях можно принять, что при выщелачивании стеклобазальта получаются полимеры тетра- или диметакремневой кислоты.

7. По своим физическим свойствам, т. е. характеру связи молекул воды, и химическому составу эти кремнегидраты аналогичны опалам и халцедонам, а путь их получения аналогичен процессу образования в природе опалов, халцедонов и других кремнегидратов.

Научно-исследовательский  
горно-металлургический институт  
Совнархоза АрмССР

Поступило 26 VI 1963

#### Ս. Վ. Ս. Բրահմաճյան

### ՀԱԼՎԱԾ, ԳԵՐՍԱՌԵՑՎԱԾ ԱՊԱԿԵՆՄԱՆ ԵՎ ՎԵՐԱԲՅՈՒՐԵՂԱՑՎԱԾ ԲԱԶԱԼՏԻ ՖԻԶԻԿԱ-ԲԻՄԻԱԿԱՆ ՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

IX. Խալաջի ապակեբազալտի 5%-անոց ազոտակա թրվի լուծույթով  
տարավայացման պրոցեսը

Ա մ փ ո փ ո լ մ

50%-անոց ազոտական թթվի լուծույթով բազալտների վրա տարված տարավայացման պրոցեսի ուսումնասիրություններից պարզվել է, որ խալաջի ապակեբազալտը լրիվ քայքայվում է թթվով և սիլիկահողի կմախքից լրիվ արտածվում են նրա թաղադրիչ մասերը:

Տարբեր օքսիդների արտածումը տեղի է ունենում համամասնորեն (նկ. 1 և 2) և ենթարկվում է այն օրինաչափությանը, որը հաստատված է Երևանի ավելի նվազ հիմնալին ապակեբազալտների աղաթթվալին լուծույթով մշակման դեպքում:

Ծիլլալին տարավայացման դեպքում արտածված օքսիդների գումարալին քանակը համապատասխանում է ավելացված ռեագենտի քանակին: Տարավայացման սկզբնական շրջանում, երբ դեռ լուծույթում քիչ են ազատված սիլիկահողը և թթուն, տեղի է ունենում արտածված երկաթի և ալյումինիումի նիտրատների հիդրոլիզը և առաջանում են այդ մետաղների հիմնալին աղեր և կամ հիդրատներ, որոնք առաջացնում են նստվածք և կեղտոտում սիլիկահողը: Այդ դեպքում անջատվում է համապատասխան քանակի թթու, որը

վերստին ներգործելով չքայքայված ապակեբազալտի վրա, շարունակում է քայքայման պրոցեսը: Հաստատվում է, որ հատիկավոր ապակեբազալտներից օքսիդների գումարային քանակի արտածման արագութունը կախում չունի հատիկների մեծությունից:

Պալաջի ապակեբազալտի տարավազման պրոցեսում սիլիկահողի 50% լինում է դոմիդոդանման, մյուս կեսը մնում է հատիկային: Վերջինս հավանաբար մեթասիլիկաթթվային ծագում ունի և կաղմում է ապակի առաջացնող սիլիկահող:

Պալաջի ապակեբազալտների տարավազման դեպքում ստացված սիլիկահողը շատ մաքուր է: Այն պարունակում է շատ աննշան քանակությամբ տիտանի և կամ երկաթի օքսիդ:

Նլնելով վերոհիշյալ ուսումնասիրություններից կարելի է ընդունել, որ խալաջի ապակեբազալտի տարավազման պրոցեսում առաջանում են տետրամետա- և կամ դիմետասիլիկաթթվային պոլիմերներ:

Առաջացած սիլիկաթթվային միացությունները, ելնելով նրանց միացված ջրի բնույթից և քիմիական կազմից, կարելի է նույնացնել բնական օպալներին և խալցեդոնին, իսկ նրանց առաջացումն էլ—բնության մեջ օպալների առաջացման պրոցեսին:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. В. Абрамян, Изв. АН АрмССР, ХН 10, 373 (1957).
2. А. В. Абрамян, там же 11, 327 (1958).
3. А. В. Абрамян, там же 17, 262 (1964).
4. А. В. Абрамян, Стекло и керамика 7, 12 (1963).
5. А. В. Абрамян, Труды III Всесоюзного совещания по стеклообразному состоянию. АН СССР, Москва—Ленинград, 1960, 435.
6. А. В. Абрамян, Научные труды НИГМИ 3, 100 (1962).
7. В. И. Вернадский, С. М. Курбатов, Земные силикаты, алюмосилакаты и их аналогн. ОНТИ, Геолит, Москва, 1937.