

## НЕОРГАНИЧЕСКАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. В. Абрамян

Физико-химические свойства расплавленного,  
переохлажденного, стекловидного и  
перекристаллизованного базальтаVIII. Выщелачивание стеклобазальта азеотропным раствором  
соляной кислоты\*

В предыдущих сообщениях [1, 2] освещался процесс выщелачивания ереванского стеклобазальта 10%-ной соляной кислотой в зависимости от его структурного и поверхностного состояния, продолжительности и температуры нагревания, а также определялись скорость и коэффициент диффузии в условиях почти постоянного объема раствора. Для определения стадийности разложения стеклобазальта изучение процесса выщелачивания проводилось циклически азеотропным раствором соляной кислоты; при этом каждый раз брались новые количества раствора.

*Методика исследования.* Извлечение окислов из базальта проводилось при температурах 90—100° в видоизмененном аппарате Сокслета, снабженном регулируемым нагревателем и термометром. Выщелачивание образца проводилось перегнанным азеотропным раствором соляной кислоты. Через каждые 90 минут перегнанный реагент сифонировался в измерительную колбу. Раствор в приемнике время от времени перемешивался продуванием воздуха через сифонную трубку аппарата, что устраняло возможность образования изоконцентрационного барьера между активным реагентом и поверхностью прореагировавшего твердого стекловидного базальта.

Перегонка регулировалась так, что в течение 105 минут перегонялось 150 мл азеотропного раствора соляной кислоты. По достижении указанного объема и соответствующего уровня раствора последний автоматически сифонировался в измерительную мензурку.

Для изучения кинетики и механизма выщелачивания один и тот же образец базальта подвергался выщелачиванию одиннадцать раз.

В первой серии опытов образец базальта промывался только после окончания всего процесса выщелачивания. В другой серии опытов образец промывался после каждого цикла выщелачивания. Промывка образца всегда производилась водой (бидистиллятом). Температура, продолжительность промывки образцов и объем бидистиллята

\* Экспериментальная часть работы начата в НИИХ Совнархоза АрмССР.

были постоянными. По окончании промывки промывной раствор сифонировался в другую измерительную колбу и исследовался.

### Экспериментальные данные

Результаты химического анализа полученных растворов приведены в таблицах 1 и 2. Из данных таблиц видно, что выщелачивание стеклобазальта с промывкой после каждого цикла (табл. 1) происходит

Таблица 1

Результаты выщелачивания стеклобазальта азеотропным раствором соляной кислоты с промывкой образцов после каждого цикла выщелачивания

Циклы выщелачивания	Компоненты в з							HCl свободный
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	R <sub>2</sub> O по разности	ΣRO	
I выщелачивание промывка	0,012 0,001	0,110 0,038	0,268 0,004	0,084 0,010	0,134 0,014	0,072 0,014	0,700 0,004	0,53
II выщелачивание промывка	0,003 0,001	0,252 0,038	0,240 0,008	0,105 0,015	0,170 0,020	0,060 0,001	0,830 0,083	0,57
III выщелачивание промывка	0,002 0,001	0,252 0,007	0,132 0,055	0,083 0,019	0,125 0,023	0,156 —	0,750 0,105	0,63
IV выщелачивание промывка	0,018 0,001	0,186 0,034	0,105 0,030	0,068 0,021	0,085 0,025	0,048 —	0,510 0,111	0,67
V выщелачивание промывка	0,012 0,004	0,143 0,059	0,102 0,013	0,034 0,018	0,073 0,025	0,031 —	0,395 0,119	0,70
VI выщелачивание промывка	0,002 0,002	0,130 0,043	0,070 0,042	0,048 0,028	0,067 0,039	0,042 —	0,359 0,154	0,72
VII выщелачивание промывка	0,002 0,006	0,115 0,076	0,056 0,039	0,044 0,017	0,055 0,032	0,040 —	0,312 0,170	0,75
VIII выщелачивание промывка	0,001 0,002	0,124 0,043	0,062 0,046	0,016 0,012	0,046 0,020	0,020 —	0,269 0,123	0,77
IX выщелачивание промывка	0,002 0,002	0,086 0,056	0,072 0,038	0,017 0,015	0,032 0,029	0,015 —	0,224 0,140	0,80
X выщелачивание промывка	0,002 0,002	0,066 0,060	0,060 0,035	0,013 0,012	0,036 0,026	0,015 —	0,192 0,135	0,83
XI выщелачивание промывка	0,004 0,006	0,070 0,061	0,054 0,026	0,022 0,015	0,038 0,031	0,024 0,012	0,212 0,151	0,30
XII выщелачивание промывка	0,002 0,006	0,057 0,063	0,048 0,015	0,022 0,018	0,034 0,025	0,016 0,012	0,179 0,139	0,07
XIII выщелачивание промывка	0,007 0,002	0,066 0,070	0,036 0,020	0,020 0,013	0,030 0,026	0,015 0,008	0,174 0,139	0,39

закономерно; при выщелачивании же базальта без последовательной промывки образца после каждого цикла (табл. 2) эта закономерность не всегда сохраняется. При первых циклах выщелачивания в основной раствор переходит до 90% окислов, подвергшихся разложению, остальное количество окислов извлекается при водной вытяжке; в дальнейшем количество переходящих в основной раствор окислов уменьшается, а извлекаемых при водной вытяжке—увеличивается. При последних циклах выщелачивания их количества почти равны.

Таблица 2

Результаты выщелачивания стеклобазальта азеоотропным раствором соляной кислоты без промывки образцов после каждого цикла выщелачивания

Циклы выщелачивания	Компоненты в з						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	R <sub>2</sub> O по разности	ΣRO
I	0,0093	0,301	0,312	0,118	0,267	0,100	1,107
II	0,0155	0,682	0,223	0,104	0,214	0,096	1,334
III	0,0031	0,261	0,139	0,042	0,109	0,038	0,592
IV	0,0093	0,314	0,137	0,025	0,117	0,020	0,624
V	0,0052	0,189	0,134	0,077	0,130	0,060	0,595
VI	0,0031	0,299	0,124	0,050	0,075	0,044	0,595
VII	0,0063	0,277	0,134	0,052	0,109	0,047	0,635
VIII	0,0077	0,293	0,090	0,045	0,107	0,035	0,577
IX	0,0077	0,273	0,099	0,041	0,104	0,036	0,557
X	0,0097	0,241	0,063	0,020	0,095	0,115	0,449
XI	0,0150	0,230	0,050	0,067	0,146	0,058	0,591
промывные воды	0,0080	0,142	0,080	0,026	0,059	0,020	0,335
количество окислов, из- влеченных при каждом цикле выщелачивания	0,1000	3,532	1,591	0,667	1,532	0,569	7,991

На рисунке 1 показаны скорость роста толщины слоя кремнеземистого скелета и скорость растворения базальта в  $г/см^2 \cdot час$  и в  $см^3/час$  в зависимости от кратности выщелачивания или времени.

### Обсуждение результатов

Объем извлеченного базальта выражается формулой:

$$\Delta V = \Delta G / \gamma \quad (1)$$

где  $\Delta V$  объем, а  $\Delta G$  вес разложившегося базальта,  $\gamma$  удельный вес стеклобазальта, равный  $2,54 г/см^3$  [3]. Одновременно имеем:

$$\Delta G_{\text{общ.}} = \Delta G_1 \text{SiO}_2 + \Delta G_2 \Sigma \text{RO} \quad (2)$$

где  $\Delta G_1$  весовое значение количества извлекаемых окислов,  $\Delta G_2$  вес кремнеземистой макропенки, подвергшейся выщелачиванию. Так как извлечение окислов из стекловидного базальта происходит почти эквивипропорционально, то их весовое содержание для ереванского базальта с химическим составом: SiO<sub>2</sub> 49,28; TiO<sub>2</sub> 1,01; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 18,11; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,25; FeO 8,25; MgO 5,68; CaO 9,82 и R<sub>2</sub>O 5,33%—будет:

$$\Delta G_1 / \Delta G_2 = K = 0,96 \quad \text{или} \quad \Delta G_{\text{общ.}} = K_2 \Delta G_2 \quad (3)$$

Принимая  $\gamma$  равной  $2,54 г/см^3$  [3], из (1) и (2) получим:

$$\Delta V = 1,96 \Delta G_2 / \gamma = K_2 \Delta G_2 \approx 0,8 \Delta G_2$$

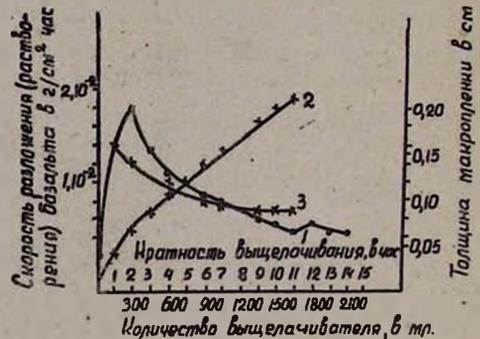


Рис. 1. Зависимость скорости разложения стеклобазальта от кратности выщелачивания. 1. Скорость растворения базальта в  $г/см^2 \cdot час$ . 2. Развитие толщины макропенки в  $см$ . 3. Скорость разгига макропенки в  $см^3/час$ .

Подставляя значение  $\Delta G_2$  из первого цикла выщелачивания (из табл. 1), получим:

$$\Delta V_1 = 0,616 \cong 0,62 \text{ см}^3$$

В таблице 3 приведены подсчеты кислородных единиц соответствующих окислов, находящихся в указанном  $\Delta V_1$  объеме базальта.

Таблица 3

Кислородные единицы в разлагаемом базальте  
(по данным таблицы 1, первый цикл выщелачивания)

Компоненты	Количество в г	Количество в молях	Количество кислорода	Количество катионов
SiO <sub>2</sub>	0,726	0,0121	0,0242	0,0121
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,110	0,0010	0,0030	0,0020
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,288	0,0007	0,0021	0,0014
MgO	0,084	0,0021	0,0021	0,0021
CaO	0,134	0,0024	0,0024	0,0024
R <sub>2</sub> O	0,072	0,0011	0,0011	0,0022

Исходя из данных таблицы 3, объем одной кислородной единицы в базальтовой стекломассе будет:

$$v_0 = \Delta V / aN = 0,616 \cdot 10^{24} / 0,035 \cdot 0,606 \cdot 10^{24} = 28,87 \text{ \AA}^3$$

где  $\Delta V$  объем базальта, подвергшегося разложению,  $a$  — кислородные единицы, соответствующие указанному объему базальта,  $N$  число Авогадро,  $v_0$  кислородный объем стеклобазальта. В указанном объеме базальта на каждую кислородную единицу приходится 0,642 катиона (см. данные таблицы 4).

Таблица 4

Соотношение кислородных единиц и катионов  
в стеклобазальте

Компоненты	Содержание компонентов		Количество кислорода	Количество кислородных единиц	Количество катионов
	в %	в молях			
SiO <sub>2</sub>	49,28	0,821	1,642	0,610	0,305
TiO <sub>2</sub>	1,01	0,012	0,024	0,008	0,004
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,11	0,178	0,534	0,200	0,132
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,25	0,014	0,042	0,016	0,011
FeO	8,25	0,116	0,116	0,043	0,043
MgO	5,68	0,142	0,142	0,052	0,052
CaO	9,82	0,160	0,160	0,059	0,059
R <sub>2</sub> O	5,33	0,050	0,050	0,018	0,036
			2,710	1,007	0,642

Объем вышеуказанных катионов, приходящихся на каждую кислородную единицу, будет:

$$\Delta v_{\text{элементов}} = 4\pi/3 (\alpha_1 R_{\text{Si}}^3 + \alpha_2 R_{\text{O}}^3 + \alpha_3 R_{\text{Al}}^3 + \alpha_4 R_{\text{Fe}}^3 + \alpha_5 R_{\text{Mg}}^3 + \alpha_6 R_{\text{Ca}}^3 + \alpha_7 R_{\text{(KNa)}}^3) = 12,23 \text{ \AA}^3 \quad (4)$$

Объем пустоты в стеклобазальте:

$v_{\text{пустот}} = v_{\text{баз.}} - v_{\text{ионов}} = 28,87 - 12,23 = 16,64 \text{ \AA}^3$ , или 57,6% объема базальта. SiO<sub>2</sub> занимает всего:

$v_{\text{SiO}_2} = 4\pi/3 (1,3 \times 0,61 + 0,43 \cdot 0,31) = 7,12 \text{ \AA}^3$ , а остальные катионы занимают всего  $12,23 - 7,12 = 5,11 \text{ \AA}^3$ , или 17,70% от общего объема стеклобазальта, что хорошо согласуется с нашими экспериментальными данными [2]. Следовательно, после извлечения вышеуказанных катионов из стеклобазальта общие пустоты его составят уже не 16,64, а  $28,87 - 7,12 = 21,75 \text{ \AA}^3$ . Указанные пустоты не являются структурно-равновесными и поэтому сразу же компенсируются ионами оксония и водорода; при этом получается чистый гидрокремнезем состава  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Количественный спектральный анализ полученного продукта приведен в таблице 5.

Таблица 5

Спектральный анализ продукта, полученного после выщелачивания стеклобазальта\*

Si	Ti	Zr	Al	Fe	Mg	Ca
очень много	есть	есть	мало	следы	следы	мало

Объем изокислородных ионов\*\* ( $\text{Si} = 0,33$ ;  $\text{H} = 0,66$ ;  $\text{O} = 1$ ) равен:

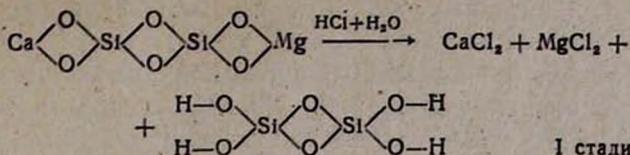
$$v = 4\pi/3 (\alpha_1 R_{\text{Si}}^3 + \alpha_2 R_{\text{O}}^3 + \alpha_3 R_{\text{H}}^3) = 20,9 \text{ \AA}^3 \quad (5)$$

т. е. меньше общего исходного объема базальта. В указанном явлении нужно искать причину того, что кремнеземистый скелет не распадается и не образуется ионообразный гидрат кремнезема. Как было показано в одном из наших сообщений [2], во время выщелачивания стеклобазальта при недостатке соответствующего количества активного реагента, особенно в замкнутой системе, образующиеся соли (хлориды или нитраты) малых катионов—алюминия, железа, титана или циркония—частично вступают в реакцию с неразложившейся частью скелета базальта. При этом образуются гидраты соответствующих окислов. Все эти катионы имеют малый радиус, большой заряд и могут заменить катион Si в стеклобазальте. Благодаря этому они легко присоединяются к отрицательно заряженному гидрату кремнезема и в некоторой степени загрязняют полученный продукт.

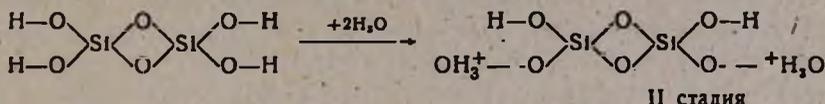
Если предположить, что в стеклобазальте имеются только простые силикаты или алюмосиликаты деформированной структуры, то вышеуказанные процессы выщелачивания: выделение кремнегидрата и осаждение окислов катионов с малыми радиусами—на примере одного из основных компонентов базальта—диопсида  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ , будут происходить по схемам:

\* Анализ произведен в спектральной лаборатории Управления геологии и охраны недр Совета Министров АрмССР (С. Тер-Маркосян).

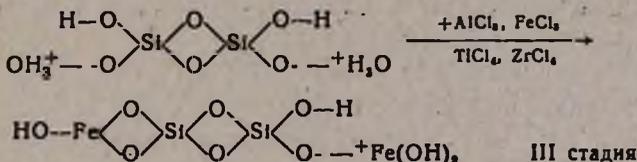
\*\* Так мы называем объем, занимаемый катионами, приходящимися на каждую кислородную единицу.



Данная схема объясняет выщелачивание всех компонентов из стеклобазальта с образованием кремнегидрата и растворимых солей катионов, находящихся в базальте. В дальнейшем кремнегидратный остаток, реагируя с водой, протекающей через этот слой, образует заряженное кремне-гидро-оксониевое соединение:



Образующийся при выщелачивании кремнегидрат в отмеченных выше условиях притягивает ряд катионов и образует новые силикатные соединения типа:



Эти схемы выщелачивания и выделения кремнеземистого скелета хорошо согласуются с нашими экспериментальными данными и, по нашему мнению, объясняют процессы выщелачивания горных пород в природе и образование ряда соединений.

Соотношение экстрагированных из стеклобазальта окислов приведено в таблице 6.

Таблица 6

Соотношение экстрагированных из стеклобазальта окислов (подсчитано по формуле Барта, где кислород = 1600 кислородных единиц)

Циклы выщелачивания	Атомное количество элементов						
	KNa	Ca	Mg	Fe	Al, Ti	Si	O
неразл. базальт	80	100	98	66	214	478	1600
неразл. без кремн.	124	260	211	213	550	—	1600
I	215	273	238	200	440	12	1600
II	234	262	243	241	390	10	1600
III	130	218	136	186	586	11	1600
IV	184	313	197	260	392	11	1600
V	114	187	126	142	652	12	1600
VI	116	230	114	196	654	16	1600
VII	110	230	66	198	614	12	1600
VIII	120	237	130	152	618	12	1600
IX	120	238	120	152	618	12	1600
X	120	254	74	126	686	12	1600
XI	182	295	203	70	566	28	1600
промывные воды	192	202	122	202	566	30	1600

Как видно из данных таблицы, при выщелачивании стеклобазальта в азеотропном растворе соляной кислоты магний не всегда извлекается эквипропорционально. В последних циклах выщелачивания его извлечение понижается до 120—174 единиц против 238—250 условных. Извлечение железа также не эквипропорционально: например, в пятом, десятом и одиннадцатом циклах извлечение значительно меньше, чем в других. Как было отмечено ранее [2, 4], здесь играет роль изменчивость валентности железа и его координационного числа. Извлечение же алюминия с самого начала процесса не эквипропорционально: часть алюминия сначала же остается в кремнеземистом скелете. По мере углубления процесса выщелачивания эта часть алюминия также извлекается. Это явление показывает, что алюминий, железо и отчасти магний находятся в стеклобазальте в двух различных структурных условиях и имеют неодинаковое положение и координационные числа. Один из типов этих ионов, прочно связанных с алюмосиликатным ядром, трудно извлекается, другой—легко. Наступает момент, когда под действием реагента начинает разлагаться также алюмосиликатное ядро и при этом извлекаются катионы, находящиеся в указанном связанном ядре.

Из экспериментальных данных вытекает, что убыль в весе окислов или удельная растворимость стеклобазальта зависит в основном от размеров и состояния поверхности. При допущении шарообразности частиц базальта она выражается формулой:

$$\Delta G = 4\pi/3\gamma\delta (3r_0^2 - 3r_0\delta - \delta^2) \quad (6)$$

где  $\Delta G$  убыль в весе стеклобазальта,  $\gamma$  удельный вес стеклобазальта,  $\delta$  толщина слоя макропленки,  $r_0$  начальный радиус частицы базальта. Выражая начальную поверхность стеклобазальта указанной формулой, получим:

$$\Delta G = 4\pi/3\gamma\delta \left( s_0 - \delta \sqrt{4\pi s_0} + \frac{4\pi}{3} \delta^2 \right) \quad (7)$$

Из зависимости значение  $\delta$  будет:

$$\delta = \sqrt{\frac{s_0}{4\pi}} \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{3\Delta G}{4\pi r_0^3 \gamma}} \right] \quad (8)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{s_0}{4\pi}} \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{3dv}{4\pi r_0^3}} \right] \quad (8a)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{s_0}{4\pi}} \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{dv}{v_0}} \right] \quad (8б)$$

Так как  $s_0 = 4\pi r_0^2$ , то, подставляя это значение в указанные зависимости, получим:

$$\delta = r_0 \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{dv}{v_0}} \right] \quad (8в)$$

Толщина слоя макропенки, подвергшейся разложению, выразится:

$$\delta = dr = r_0 - r_t = 0,2825 [\sqrt{s_0} - \sqrt{s_t}] \quad (9)$$

Проверка правильности формулы (9), выражающей убыль в весе стеклобазальта при выщелачивании, показала хорошее совпадение с экспериментальными данными, полученными на образцах, не имеющих определенной геометрической формы. Так, например, кусок базальта с поверхностью  $30 \text{ см}^2$  после частичного выщелачивания и снятия ножом слоя макропенки имел конечную поверхность  $21 \text{ см}^2$ . Слой макропенки после измерения инструментальным измерительным микроскопом имел толщину  $0,25 \text{ мм}$ .

Подставляя соответствующие значения  $s_0$  и  $s_t$  из эксперимента в (9), получим:

$$\delta = 0,2825 (\sqrt{s_0} - \sqrt{s_t}) = 0,2825 (\sqrt{30} - \sqrt{21}) = 0,254 \text{ мм}$$

Из изложенного видно, что расчетные и экспериментальные данные хорошо согласуются и наше допущение о шарообразности частиц базальта не сказывается на результатах подсчета.

Геохимическое значение полученных результатов заключается в том, что образование в земной коре ряда минералов типа боксита, латерита, андалузита, даже циркона, и других происходило, вероятно, в результате выщелачивания ряда стекловидных горных пород, а затем вследствие старения, под давлением и под влиянием температурных изменений происходила перекристаллизация и минерализация [5, 6].

### В ы в о д ы

Извлечение окислов из стекловидного базальта и развитие слоя кремнеземистой макропенки в азеотропном растворе соляной кислоты происходят в соответствии с той же закономерностью, что и при обработке образца базальта 10%-ным раствором соляной кислоты при 45, 60, 75 и 90°C. Параметры изменяются от времени  $t$  параболически по равенству  $\delta = kt^{0.7}$ . В зависимости от начальной поверхности и радиуса образца это равенство выражается формулами:

$$\delta = \sqrt{\frac{s_0}{4\pi}} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{dv}{v_0}} \right] \quad \text{или} \quad \delta = r_0 \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{dv}{v_0}} \right]$$

Извлечение окислов из стекловидного базальта в отдельных стадиях не всегда эквивпропорционально. Некоторые катионы (Al, Ti, частично Fe и Mg) в первые часы выщелачивания извлекаются медленнее, чем катионы с большим радиусом и малыми зарядами. В последних же стадиях извлечение этих катионов увеличивается и в конечном счете извлечение окислов становится эквивпропорциональным. После экстрагирования окислов из кремнеземистого скелета базальта остается продукт состава  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . В этом продукте часть H-ионов замещается оксониевыми,  $\text{H}_3\text{O}^+$  или катионами, являющимися изоморфными  $\text{Si}^{4+}$ .

При этом образуется продукт состава  $n\text{SiO}_2 \cdot \text{RO}(\text{OH}) \cdot \text{R}(\text{OH})_3$  или  $n\text{SiO}_2 \cdot \text{R}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , где R — один из указанных катионов.

Геохимическое значение полученных результатов заключается в том, что образование ряда минералов (типа боксита, пирофилита, латерита, даже циркона и т. д.) в земной коре происходило, вероятно, в результате химического выщелачивания ряда стекловидных горных пород, и лишь в дальнейшем образовавшиеся соединения подвергались процессу перекристаллизации.

Научно-исследовательский  
горно-металлургический институт  
Совнархоза АрмССР

Поступило 26 VI 1963

### Ս. Վ. Աբրահամյան

## ՀԱԼՎԱԾ, ԳԵՐՍՈՒԹՅՎԱԾ ԱՊԱԿԵՆՄԱՆ ԵՎ ՎԵՐԱԲՅՈՒՐԵԼԱՑՎԱԾ ԲՍՉԱՆՏԻ ՖԻԶԻԿԱ-ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒՅՑՈՒՆՆԵՐԸ

VIII. Աղաքրվի ազեոտրոպային լուծույթի միջոցով ապակեմեաց բազալտից Կրա օքսիդների տարալվացումը

### Ա մ փ ո փ ու մ

Ցույց է տրված, որ աղաթթվի սղեոտրոպային լուծույթի միջոցով բազալտ-ապակու-մասայի օքսիդների տարալվացումը, անջատված սիլիկահողային շերտի հաստութիան փոփոխումը և ապակեբազալտի տեսակարար լուծելիութունը ենթարկվում են այն օրինաչափությանը, ինչպիսին տեղի էր ունենում 10<sup>0</sup>/-ոց աղաթթվային լուծույթի պարամաներում:

Այդ փոփոխություններն ունեն  $\delta = kV^{0.7}$  պարարտիկ հավասարման տեսքը և սկզբնական մակերեսի կամ շառավիղի հետ կապակցվում են հետևյալ հավասարմամբ:

$$\delta = \sqrt{\frac{s_0}{4\pi} \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{dv}{v_0}} \right]} \quad \text{կամ} \quad \delta = r_0 \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{dv}{v_0}} \right]$$

Ի տարբերություն 10<sup>0</sup>/-ոց լուծույթի ներգործութիանը, ազեոտրոպային լուծույթով ներգործելիս տարալվացվող օքսիդներն արտամղման բոլոր ստադիաներում համամասնային չեն:

Մի շարք կատիոններ՝ Al, Ti և երբեմն էլ Fe ու Mg ներգործման առաջին ստադիաներում ավելի դանդաղ են տարալվացվում սիլիկահողային կմախքից, քան մեծ շառավիղ և փոքր լիցք ունեցող կատիոնները:

Բազալտ-ապակին կազմող օքսիդների տարալվացումից հետո մնում է բազալտի սիլիկահողային կմախքը, որի բաղադրությունն է՝  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ : Այս կմախքում H-իոնների մի մասը փոխարինվում է  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ով և կամ  $\text{Si}^{4+}$ -ին իզոմորֆ կատիոններով: Վերջին դեպքում առաջանում է սիլիկատային մի նյութ, որի քիմիական բաղադրությունն է  $n\text{SiO}_2 \cdot \text{RO}(\text{OH}) \cdot \text{R}(\text{OH})_3$  կամ  $n\text{SiO}_2 \cdot \text{R}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , որտեղ R-ը նշված կատիոններից մեկն է:

Վերահիշյալ երևույթի գեոքիմիական նշանակությունը, ինչպես ցույց է տրված մեր նախորդ աշխատություններից մեկում, կախնում է նրանում, որ երկրի կեղևում առաջացած մի շարք երկրորդային ծաղում ունեցող միներալները՝ անդալուզիտը, պիրոֆելիտը, ցիրկոնը և հիդրոսիլիկատները առաջացել են նման ձևով և ապա ենթարկվել վերաբյուրեղացման:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. В. Абрамян, Изв. АН АрмССР, ХИ 10, 373 (1957).
2. А. В. Абрамян, там же 11, 327 (1958).
3. А. В. Абрамян, там же 10, 257 (1957).
4. А. В. Абрамян, Труды III Всесоюзного совещания по стеклообразному состоянию. АН СССР, Москва—Ленинград, 1960, 435.
5. Г. Эрвин (младший), Е. Осборн, Сборник статей. ИЛ, Москва, 1954, 51.
6. А. В. Абрамян, Научные труды НИГМИ 3, 100 (1962).