

МИНЕРАЛОГИЯ

А. Х. МНАЦАКАНЯН

О ЦЕОЛИТИЗАЦИИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ
 ПОРОД СЕВЕРА АРМЯНСКОЙ ССР

В Северной части Армянской ССР вулканизм верхнемелового времени (коньяк-сантон) связан с развитием на юрской геосинклинали в виде наложенных структур Прикуринского геосинклинального бассейна и его проливов и заливов — Иджеванского и Таузского [6]. В пределах основных структурных единиц развиваются параллельные ряды ассоциаций пород, относящихся к единому петрохимическому типу — характерной для орогенных поясов базальт-риолитовой серии с повышенной глиноземистостью и известковистостью.

С верхнемеловой вулканической серией связана своеобразная группа минеральных новообразований, которая отражает различный характер процессов, протекающих на позднемагматическом и гидротермальном этапах кристаллизации пород и формирования серии. Выделяются три главных комплекса новообразований, отчетливо обособленные в пространстве и близко совпадающие по времени образования с формированием пород серии. 1) Палагонит-цеолит-кальцитовый, регионально выраженный и характерный для коньяк-нижнесантонских лав и брекчий базальтового и андезитового составов. Образование этого комплекса шло в значительном температурном интервале: начало процесса восходит к самым поздним этапам кристаллизации базальтов и долеритов — обособлению палагонитового кристаллизационного остатка, обогащенного FeO , Fe_2O_3 , H_2O и щелочами. Эта стадия сменяется во времени собственно гидротермальной низкотемпературной стадией (образование разнообразных цеолитов и кальцита). Указанный тип метаморфических преобразований отвечает поверхностной и приповерхностной фациям глубинности, для которых по Д. С. Коржинскому [3] весьма типична «цеолитовая пропилитизация». 2) Калиевый полевой шпат, реже бариогейландит с поздними кварцем и баритом, развитый в верхнесантонских липаритовых экструзивах. 3) Опал-халцедон-кварц-кальцит-морденитовый комплекс с монтмориллонитом и бейделлитом, локально выраженный и приуроченный к зоне мелких тектонических нарушений на участке развития верхнесантонских андезитов и андезито-базальтов. Этот комплекс типичен по многим авторам для зон активной термальной деятельности в современных вулканических областях.

Среди минералов указанных комплексов нами специально, с применением оптических методов, химических, спектральных, термических и рентгенометрических анализов, были изучены цеолиты. В результате, кроме упоминавшихся в разное время А. Е. Ферсманом, Я. А. Драновским и М. А. Сатианом анальцима, натролита, мезолита, гейландита, морденита и томсонита, установлены также сколецит, десмин, барногейландит, брюстерит, стеллерит, леонгардит и шабазит.

Детальное минералогическое описание всех приведенных цеолитов будет выполнено в другой статье; в настоящей работе рассматриваются некоторые особенности процесса цеолитизации.

Процессы цеолитообразования исключительно характерны для верхнемеловой вулканогенной серии Северной Армении и, по данным Р. Н. Абдуллаева [1], для всей полосы развития верхнемеловых эффузивов по северо-восточному склону Малого Кавказа. Среди других палеовулканических формаций Армении цеолиты или слабо изучены, или не известны. Цеолиты широко развиты также в среднеюрских, верхнемеловых и среднеэоценовых вулканических образованиях Грузии, где детально изучены Г. В. Гвахария [2].

По своему распространению в породах верхнемеловой серии Прикуринской зоны, Иджеванского и Таузского прогибов цеолиты могут быть сгруппированы в следующие основные ассоциации:

1. Анальцим-натролит-томсонитовая с более поздним гейландитом.
2. Томсонит-сколецитовая.
3. Томсонит-шабазитовая.
4. Сколецит-десмин (стеллерит, брюстерит)-леонгардитовая с более поздним гейландитом.
5. Барногейландитовая.
6. Гейландит-морденитовая.

Анальцим-натролит-томсонитовая ассоциация выделяется в Кохбском разрезе коньяк-нижнесантонских брекчий и лав, мощностью 880 м. Томсонит обычно образует самостоятельные миндалины в шлаковых обломках брекчий; анальцим и натролит встречаются всегда совместно как в миндалинах, так и в гнездах в цементе брекчий; гейландит в этой ассоциации всегда более поздний и образует прожилки, секущие цемент брекчий и переслаивающиеся с ними туффитовые песчаники (г. Конд). Характерно, что вкрапленники плагиоклаза в лавах и брекчиях замещаются анальцимом и томсонитом. Все перечисленные минералы развиты равномерно по мощности разреза. Другими минералами, обычными в этой ассоциации, являются пренит и кальцит, нарастающие на кристаллы цеолитов.

Томсонит-сколецитовая ассоциация характерна для разрезов, где мощности брекчий и лав колеблются в пределах 270—688 м. Это Котигюхский, Саригюхский, Ачаджурский и Хаштарахский разрезы. Ассоциация развита на большей площади и является одной из самых распространенных. В небольших количествах в сростках со сколецитом встречается мезолит. Очень редок натролит. Из других минералов с томсонитом

том и сколецитом встречаются селадонит, палагонит и кальцит. Сколецит чаще встречается в миндалинах лав, томсонит — в гнездах и прожилках в цементе брекчий.

Томсонит-шабазитовая ассоциация характерна для участков наименьших мощностей коньяк-нижнесантонского комплекса (143 м), для разрезов у сс. Иджеван и В. Агдан. Оба минерала встречаются в миндалинах обломков шлаков в брекчиях и конгломератах. Обычно шабазит следует за томсонитом. Изредка совместно с ними встречается анальцит. Другие минералы в этой ассоциации представлены кальцитом и селадонитом.

Сколецит-десмин-леонгардитовая ассоциация относится к числу наиболее распространенных и характерна для Паравакарского и Таушского разрезов, в которых мощности коньяк-нижнесантонского комплекса составляют 500—630 м. Сколецит, десмин и брүстерит слагают обычно крупные миндалины в мандельштейновых лавах Таушского разреза; в небольшом количестве встречается с ними томсонит. Леонгардит и стеллерит образуют крупные гнезда в цементе вулканических брекчий обоих разрезов и приурочены к их верхним горизонтам. Гейландит, выделяющийся позже всех цеолитов, образует преимущественно прожилки, секущие потоки лав и брекчий. Среди других минералов в этой ассоциации постоянно встречаются кальцит, селадонит, реже апофиллит. С гейландитом отмечены кристаллики кварца.

Барногейландитовая ассоциация имеет ограниченное распространение и характерна лишь для липаритовых порфиров р. Тауш.

Гейландит-мордениговая ассоциация, наиболее поздняя из всех, также имеет локальное распространение и выделяется на Саригюхском месторождении агатов, в верхнесантонских андезитовых порфиритах. Весьма характерно совместное нахождение указанных цеолитов с минералами кремнезема.

В пространственном распределении первых четырех ассоциаций, характерных для коньяк-нижнесантонского комплекса вулканических пород, проявляется отчетливая смена одних другими в горизонтальном направлении. Эти зоны протягиваются примерно по простиранию брекчий и лав комплекса. В вертикальном направлении определенной закономерности в распределении цеолитов не выявляется. Однако, исходя из соотношений мощностей комплекса, можно указать, что томсонит-шабазитовая ассоциация является наименее глубинной и перекрывает, по-видимому, сколецит-томсонитовую. Последняя располагается на уровне сколецит-десмин-леонгардитовой и, по-видимому, частично перекрывает анальцит-натролитовую. Барногейландитовая и гейландит-мордениговая ассоциации являются локальными и наиболее поздними и низкотемпературными; гейландит-мордениговая — приурочена к зоне мелких тектонических нарушений.

Уокер [10, 11, 12], специально изучивший и закартировавший распределение цеолитов в третичных лавах Ирландии (плато Carron и Antrim), связывает расположение определенных ассоциаций цеолитов и их

габитусов по зонам, примерно параллельным наслонению лав, с распределением температуры в лавах в течение процесса цеолитизации. Анальцит — натролитовая ассоциация слагает самые низкие горизонты лав и относится по Уокеру к наиболее высокотемпературной. Весьма характерная для лав Ирландии шабазит-томсонитовая ассоциация следует выше за анальцит-натролитовой. Указанным автором выделен также ряд других ассоциаций, последовательно сменяющих друг друга. Локальной зоной, приуроченной к разлому, является гмелинитовая.

Уже из краткого описания выделенных в верхнем мелу ассоциаций цеолитов можно видеть, что установить последовательность выделения отдельных минералов исключительно по текстурным признакам в большинстве случаев затруднительно. Они пространственно разобщены и встречаются либо в различных миндалинах, либо в различных разрезах; нередко при совместном нахождении двух и более цеолитов соотношения их противоречивы, например, анальцита и натролита. С достоверностью устанавливается только, что основная масса лучистых цеолитов (томсонит, натролит, сколецит, мезолит) выделяется раньше пластинчатых — десмина (и его разновидностей) и гейландита, а также шабазита.

Согласно принципу Корну, между содержанием воды в цеолитах и температурными условиями их образования существует определенная (обратная) зависимость, т. е. с понижением температуры выделяются более гидратированные разновидности. Она положена в основу формулы, по которой определяется последовательность выделения цеолитов в тех или иных ассоциациях. М. Н. Шкабара [8] предлагает вводить в формулу Корну все компоненты, входящие в состав цеолитов, учитывая широко развитый изоморфизм в них. По Шкабара, формула приобретает вид:

$$Q \equiv \frac{M_{H_2O}}{M_{K_1} + M_{K_2} + \dots + M_n}, \text{ где}$$

M_{H_2O} — молекулярное количество воды, входящей в цеолит; $M_{K_1}, M_{K_2}, \dots, M_{K_n}$ — молекулярные количества всех компонентов, входящих в состав цеолита. Между значением коэффициента «Q» и временем выделения данного цеолита в последовательном ряду зависимость обратная: чем меньше Q, тем раньше выделялся тот или иной цеолит. Разумеется, из правила Корну существуют исключения, связанные с наложением более высокотемпературных стадий на низкотемпературные, но о них здесь говорить не будем.

Значения коэффициента Q, вычисленные по данным химических анализов изученных цеолитов из верхнемеловой серии, приведены в табл. 1, где минералы расположены, примерно, в возрастной последовательности. Анальцит является одним из самых ранних минералов, что хорошо согласуется также с присутствием его еще в позднемагматических выделениях совместно с палагонитом. Далее по таблице видно, что выделение натролита, мезолита и сколецита примерно одновременное. Несколько позднее, но по времени близко к ним, выделяется томсонит. Гейландит, десмин (и брюстерит), леонгардит следуют позднее; наиболее поздним

является шабазит. Несколько занижен за счет содержания BaO коэффициент «Q» для несомненно позднего барногейландита.

Ту же возрастную последовательность выражают отношение молекулярного количества воды к молекулярному количеству наиболее инертного компонента— Al_2O_3 и атомное отношение $\text{Si}:\text{Al}$ (табл. 1). И Ко-

Таблица 1

Значение коэффициентов Q, $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Si}:\text{Al}$ для цеолитов из верхнемеловых эффузивов и брекчий Северной части Армянской ССР

Образец	Минерал	Q	$\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Si}:\text{Al}$	Парам. «Q» в породах (по А. Н. Заварицко- му)
22а	анальцим	0,334	1,94	1,91	-10,1
18а	натролит	0,510	2,35	1,36	-9,5
319а	мезолит	0,505	2,52	1,46	-6,5
574б	сколецит	0,512	2,46	1,37	-8,4
100	сколецит	0,542	2,50	1,37	-7,2
559	сколецит	0,562	2,76	1,46	-7,5
289	томсонит	0,568	2,43	1,18	-6,6
98	томсонит	0,581	2,54	1,28	-7,3
18р	гейландит	0,720	5,44	2,81	+5,3
537а	барногейландит	0,668	4,82	2,65	-28,3
715а	лесмин	0,771	5,82	2,81	+10,2
574а	брюстерит	0,635	4,43	2,81	+17,8
631	леонгардит	0,642	3,85	1,97	-6,3
350а	шабазит	0,914	5,87	2,19	-3,3

стовым [4] установлено на примере изучения цеолитов Болгарии, что формирование этих минералов происходит согласно степени замещения Si на Al в кристаллической решетке и коэффициенту $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Это подтверждается также и для изученных из верхнемеловой серии цеолитов (табл. 1). Причем, намечается также зависимость между недостатком (или избытком) кремнезема во вмещающих цеолиты породах и указанными коэффициентами, выражающаяся в возрастании коэффициента Q, отношений $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ и Si/Al в образующихся цеолитах с увеличением параметра «Q» пород.

Обращаясь к вопросу об условиях образования цеолитов в верхнемеловых вулканических породах, необходимо указать следующее. Если вопросы минералогии цеолитов разработаны в литературе довольно детально, то в вопросах их генезиса в той форме, в какой они проявляются в эффузивах, еще много спорного и особенно—в вопросе о времени образования цеолитов и их месте в общем ходе развития вулканической деятельности. Условия образования цеолитов подробно рассмотрены А. Е. Ферсманом [7]; им выделены следующие генетические типы: 1) магматический, эпимагматический и послемагматический; 2) послевулканический, гидротермальный; 3) жильный—гидротермальный; 4) пневматолитический—стадии гранитных пегматитов; 5) контактово-гидротермальный; 6) поверхностного разрушения пород. Эта классификация А. Е. Ферсмана была дополнена М. Н. Шкабара и Г. В. Гвахария еще одним типом—7) цеолитами осадочного происхождения. Цеолиты в вулканиче-

ских породах относятся к первым трем генетическим типам и также, по-видимому, к шестому.

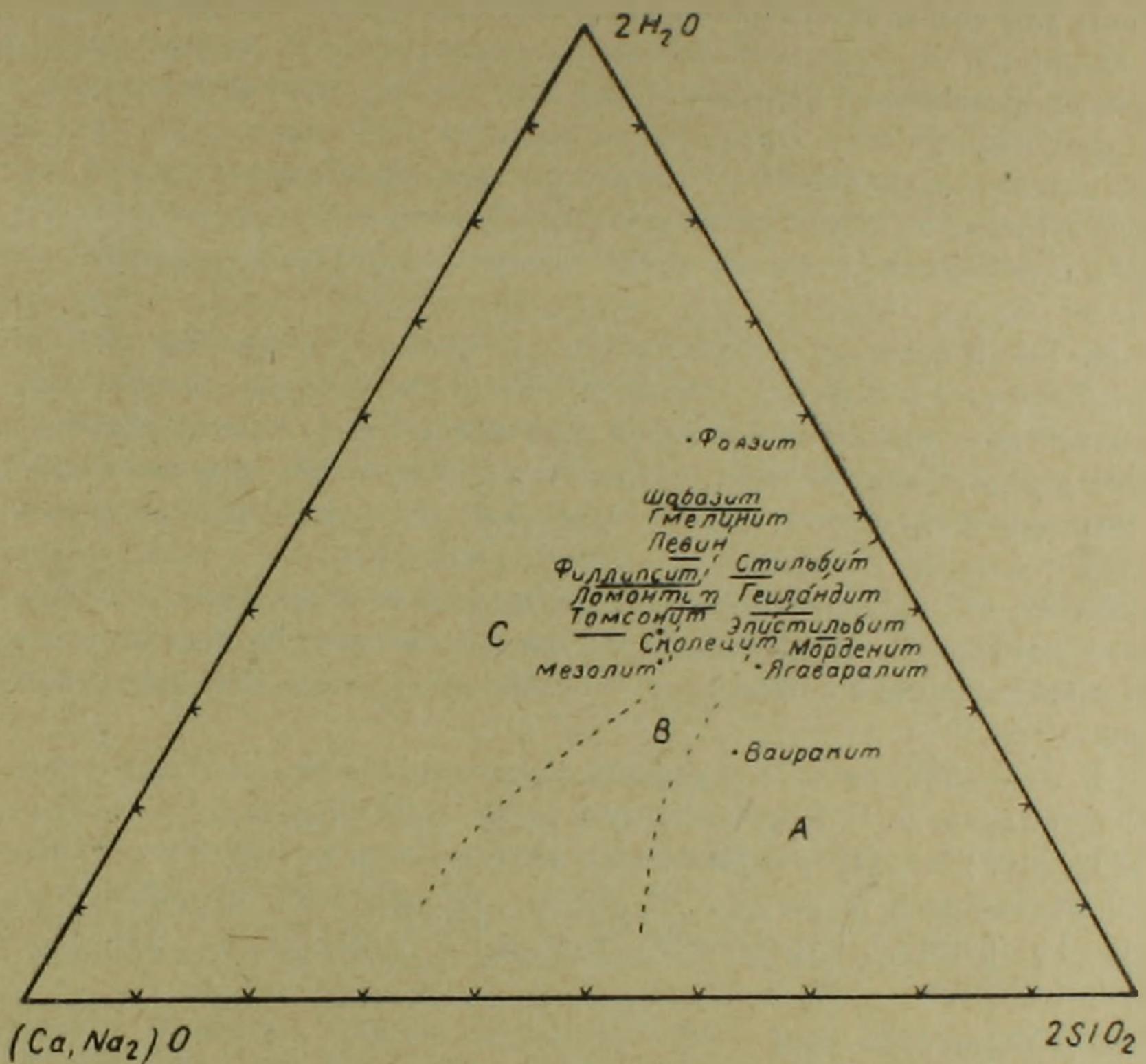
По С. И. Набоко [5] в областях современной вулканической деятельности цеолитизация пород происходит на глубинах от 30 до 250 м, в температурном интервале 140—190° под воздействием щелочных натрово-хлоридных вод, содержащих углекислоту в условиях отделения фазы пара и углекислого газа из кислых растворов.

Кумбс и др. [9], отмечая, что цеолиты являются устойчивыми для определенных условий температуры и давления образованиями, выделяют минеральную фацию цеолитов. Это понятие распространяется ими как на цеолиты метаморфического происхождения (в зоне диагенеза), так и на цеолиты, выполняющие жилы и амигдалоиды в лавах, т. е. на низкотемпературные гидротермальные образования. Указанные авторы отмечают тот факт, что наблюдаемая в жилах и миндалинах последовательность заполнения является функцией изменения температуры и давления или изменений в составе растворов. Установлены важные и основные соотношения между содержанием SiO_2 в цеолитах и находящейся с ними в равновесии свободной кремнекислотой. На воспроизведенной из указанной работы Кумбса треугольной диаграмме (фиг. 1) иллюстрируется основная тенденция цеолитов формироваться в трех главных группах сред: среде А, пересыщенной относительно кварца; среде В—насыщенной SiO_2 и среде С—недосыщенной относительно кварца. Исходя из указанных соотношений, авторами показано, что морденит (и вайрацит) являются типичными для зон активной термальной деятельности цеолитами и образуются в среде, в которой чрезвычайно велика активность SiO_2 . Ссылаясь на работы Уокера, указанная группа авторов показала также, что основная масса Na—Ca-цеолитов, содержащих мало SiO_2 (шабазит, томсонит, натролит, мезолит и др.), встречается преимущественно в породах типа оливиновых базальтов, т. е. недосыщенных кремнекислотой. Гейландит, десмин, ломонтит и другие присутствуют большей частью в жилах и прожилках в кварцсодержащих породах.

Вопросы генезиса цеолитов в лавах детально разобраны в серии работ Уокера [10, 11, 12]. Автор убедительно показал, что цеолиты в третичных лавах Ирландии являются наложенными и образовались после эффузии 40 или 50 отдельных потоков оливиновых базальтов, общей мощностью 1000 м. Основные, регионально выраженные зоны цеолитов (шабазит-томсонитовая, анальцим-натролитовая и др.) имеют в целом простирание, параллельное напластованию лав, но при детальном рассмотрении оказываются дискордантными; локальные ассоциации приурочены к зонам разломов.

Цеолитизация произошла, по Уокеру, в базальтах, впитавших воду метеорного происхождения. Необходимое для этого процесса тепло доставлялось частично самими лавами; существенный прирост тепла происходит при внедрении в комплекс лав даек и других секущих тел. Однако, особым источником тепла Уокер считает экзотермические реакции гидратации плагиоклаза и оливина (концепция «самогенерации тепла ла-

выми толщами»). Именно в условиях различного температурного режима по Уокеру на разных глубинах лавовой толщи и возникают отдельные ассоциации цеолитов и происходит распределение определенных их габитусов по зонам.



Фиг. 1.

Перейдем к рассмотрению возможных условий образования цеолитов в верхнемеловых вулканических породах.

1. Образование цеолитов шло после накопления всей толщи коньяк-нижнесантонских эффузивов и брекчий, поскольку цеолитизацией этот комплекс охвачен по всей мощности.

2. Образование определенных зон и ассоциаций цеолитов обязано, несомненно, факторам температуры и глубинности. Наиболее погруженная анальцит-натролитовая ассоциация и является наиболее высокотемпературной; наиболее низкотемпературной является самая приповерхностная — томсонит-шабазитовая ассоциация.

3. Цеолитизация шла в еще не испытавших уплотнение брекчиях и лавах комплекса за счет кислотных магматогенных растворов и газов. Поступлению их способствовало внедрение на поздних этапах формирования комплекса пластовых тел и даек, которые также цеолитизированы. Поступавшие снизу горячие растворы и газы смешивались также с мор-

ской водой, которой, если учитывать геологические условия образования указанного комплекса, были пропитаны рыхлые шлаковые накопления и пористые горизонты лавовых потоков. При этом смешении поровые воды приобретали агрессивность. Породы комплекса были достаточно проницаемы для возникавших таким образом гидротермальных растворов и, по-видимому, не было необходимости в существовании особых путей в форме тектонических нарушений для поступления горячих растворов, о которых пишет Уокер. Образование цеолитов шло, несомненно, как за счет материала, привносимого самими растворами с глубин, так и за счет выщелоченных из рыхлых вулканических брекчий компонентов — Na, Ca, Si, Al. С понижением температуры восходящих растворов возрастает активность SiO_2 и Al_2O_3 .

4. Таким образом, в соответствии с данными Кумбса, Элліса, Файфа и Тейлора в обстановке дефицита SiO_2 (в базальтовых лавах и брекчиях коньяка—нижнего сантона) образовались такие бедные кремнекислотой цеолиты, как сколецит, натролит, мезолит, томсонит и шабазит. С возрастанием активности SiO_2 к концу процесса цеолитизации образовались гейландит и десмин, а также бариогейландит — в липаритовых порфирах. Образование гейландит-морденитовой ассоциации в андезитовых порфиритах верхнего сантона связано с зоной локальных тектонических нарушений и происходит в обстановке чрезвычайно высокой активности SiO_2 .

В заключение автор считает своим долгом выразить глубокую благодарность акад. Д. С. Коржинскому и проф. М. Н. Шкабара за советы и ряд ценных указаний, направлявших исследования цеолитов. Автор глубоко признателен также Э. Х. Хуршудян, выполнившей трудоемкую работу по рентгенометрическому изучению всех названных минералов группы цеолитов.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 26.X.1964.

Ա. Խ. ՄՆԱՑԱԿԱՆՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍԻ ՀՅՈՒՄԻՍԱՅԻՆ ՄԱՍԻ ՎԵՐԻՆ ԿԱՎՃԻ ՀՐԱՔԻՆԱՅԻՆ
ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՑԵՈՒՏԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Վերին կավճի հրաբխային առաջացումների հետ կապված է ուշ մազմատիկ և հիգրոթերմալ միներալների մի խումբ, որն արտացոլում է ետմազմատիկ պրոցեսների յուրօրինակությունը:

Վերոհիշյալ միներալային նորաառաջացումներից մենք հատկապես ուսումնասիրել ենք ցեոլիտները, սզտագործելով սպտիկական մեթոդները, քիմիական, սպեկտրալ, թերմիկ և ռենտգենաչափական անալիզները: Ուսումնասիրության արդյունքը եղավ այն, որ բացի տարբեր ժամանակներում Ա. Ե. Ֆերսմանի, Յա. Տ. Դոանովսկու և Մ. Ա. Սաթիանի կողմից նշված անալիզից,

նատրոլիտից, մեգոլիտից, հելլանդիտից, մորդենիտից և թոմսոնիտից հալտնաբերվեցին նաև սկոլեցիտ, դեամին, բարիոհելլանդիտ, բրյուստերիտ, ստեկլերիտ, լեոնգարդիտ և շարադիտ:

Ցեոլիտներն ըստ իրենց ստարածվածության Մերձքուսյան դոնալի, Իջևիվանի և Թավուշի ձկվածքների վերին կավճի հրաբխային ապարներում կարելի է խմբավորել հետևյալ ասոցիացիաներում.

1) Անալցիմ-նատրոլիտ-թոմսոնիտային ավելի ուշ առաջացած հելլանդիտով:

2) Թոմսոնիտ-սկոլեցիտային:

3. Թոմսոնիտ—շարադիտային:

4. Սկոլեցիտ-դեամին (ստեկլերիտ, բրյուստերիտ)-լեոնգարդիտային ավելի ուշ առաջացած հելլանդիտով:

5. Բարիոհելլանդիտային:

6. Հելլանդիտ-մորդենիտային:

Ցեոլիտների առաջացման մոտավոր հաջորդականությունը, որը սահմանվում է տեկստուրային հատկանիշներով, ինչպես նաև Կոոնու-ի «O» դորժակցով և H_2O/Al_2O_3 , $Si : Al$ հարաբերություններով, արտացոլված է աղյուսակում:

Ցեոլիտների տարբեր ասոցիացիաների առաջացումը վերին կավճի հրաբխային ապարներում կապված է այնպիսի գործոնների հետ, ինչպիսիք են ջերմությունը, խորքայնությունը, SiO_2 -ի և Al_2O_3 -ի ակտիվությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абдуллаев Р. Н. Мезозонский вулканизм северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. АН Аз. ССР, Баку, 1963.
2. Гвахария Г. В. Цеолиты Грузии. Изд. АН Груз. ССР, Тбилиси, 1952.
3. Коржинский Д. С. Зависимость метаморфизма от глубинности в вулканогенных формациях. Тр. Лаб. вулканологии, вып. 19, 1961.
4. Костов И. Цеолиты Болгарии. Годишник Софийск. ун-та. Биол.-геол.-геогр. фак. 1958—1959 (1960), № 2.
5. Набоко С. И. Современные гидротермальные процессы и метаморфизм вулканических пород. Тр. Лаб. вулканологии, вып. 19, 1961.
6. Ренгартен В. П. Стратиграфия меловых отложений Малого Кавказа. Региональная стратиграфия СССР. т. VI, Изд. АН СССР, 1959.
7. Ферсман А. Е. Материалы к исследованию цеолитов России; ч. IV; общий обзор цеолитов России. Тр. геол. и мин. музея им. Петра Великого Российской АН, том II, вып. 7, Петроград, 1922.
8. Шкабара М. Н. Минералогия крымских и некоторых кавказских месторождений цеолитов. Автореферат докторской диссертации. Львов, 1952.
9. Coombs D. S., Ellis A. J., Fyfe W. S. and Taylor A. M. The zeolite facies, with comments on the interpretation of hydrothermal syntheses. Geochimica et Cosmochimica Acta; volume 17, № 1/2, August, 1959.
10. Walker G. P. L. The amygdale minerals in the Tertiary lavas of Ireland. I. The distribution of shabazite habits and zeolites in the Garron plateau area, County Antrim. Min. magazine, vol. 29, № 215, 1951.
11. Walker G. P. L. The amygdale minerals in the Tertiary lavas of Ireland. II. The distribution of gmelinite. Min. magazine, vol. 32, № 246, 1959.
12. Walker G. P. L. The amygdale minerals in the Tertiary lavas of Ireland. III. Regional distribution. Min. Magazine, vol. 32, № 250, 1960.