

И. С. ГУЗИЕВ, А. С. МИХАЙЛОВ, С. Е. МАСЛОВ

**ЦЕОЛИТИЗИРОВАННЫЕ ТУФЫ БАСЕЙНА р. ГЕЙЗЕРНОЙ
(КАМЧАТКА)**

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 8 VII 1974)

Анализ условий формирования цеолитизированных туфов США и Африки⁽¹⁾, выявление в туфогенно-осадочных толщах СССР (Туркмения, Кавказ, Карпаты) почти мономинеральных залежей цеолитов, образовавшихся за счет диагенетического изменения кислого пирокластического материала⁽²⁾, приводят к заключению, что в условиях закрытых или почти закрытых систем (захороненные осадки) преобразование тонкого пирокластического материала кислого состава в цеолит является нормальным, саморегулирующимся и автоматически развивающимся процессом. Из этого заключения следует естественный вывод о широком развитии цеолитизированных туфов в районах распространения вулканогенно-осадочных образований кислого состава. При исследовании авторами туфогенных отложений Камчатки, Курил и Сахалина в 1972–1973 гг. этот вывод был еще раз подтвержден. Установлено широкое распространение цеолитовых пород в ряде кайнозойских стратиграфических подразделений этих регионов. Крупные концентрации клиноптилолита, в частности, обнаружены в плиоцен-четвертичном туфогенно-осадочном комплексе бассейна р. Гейзерной.

В региональном плане район бассейна р. Гейзерной относится к зоне Восточно-Камчатского вулканического пояса, сформировавшегося в плиоцен-четвертичное время⁽³⁾. Особенностью геологического строения района в пределах упомянутой зоны является широкое развитие вулканитов кислого состава — продуктов массовых эксплозий в период кальдерообразования.

По условиям формирования позднеплиоцен-четвертичные отложения района разделяются на два комплекса.

Основная часть стратиграфического разреза, вскрывающаяся в бортах рек Шумная — Гейзерная — ручей Водопадный, представлена туфами различной размерности, отложенными в водной среде. По сумме признаков этот комплекс расчленяется на пять горизонтов (рис. 1, I, 1–I, 5), снизу вверх.

1. Аргиллиты и алевролиты зеленоватого цвета, однородные, яснослоистые, незначительной твердости (2,5–3). Из аутигенных минералов в них содержатся хлорит, монтмориллонит, кальцит; цеолиты отсутствуют.

2. Горизонт туфогенных аргиллитов и алевролитов неоднородного состава: среди преобладающих зеленоватых туфогенных пород алевроелитовой структуры с четкой выдержанной слоистостью присутствуют выклинивающиеся пачки пестрых туфов различной размерности андезитового состава. По данным микроскопических и рентгенографических * исследований, в породах этого горизонта эпизодически развиты анальцит и клиноптилолит, причем минимальное количество цеолитов регистрируется в породах с минимальным количеством пирокластического материала.

* Рентгенографические исследования пород производились В. В. Власовым на дифрактометре УРС-50ИМ при следующих условиях: Си-излучение, Ni-фильтр, V=30 кв.

3. Грубообломочные туфы смешанного состава с редкими выклинивающимися пластами однородных пемзовых туфов алевритовой и псаммитовой структуры. Распределение цеолитов очень неравномерное: максимальное количество (до 50%) наблюдается в прослоях алевритовых пемзовых туфов, а в крупнообломочных породах цеолиты отсутствуют или содержатся в очень незначительных количествах.

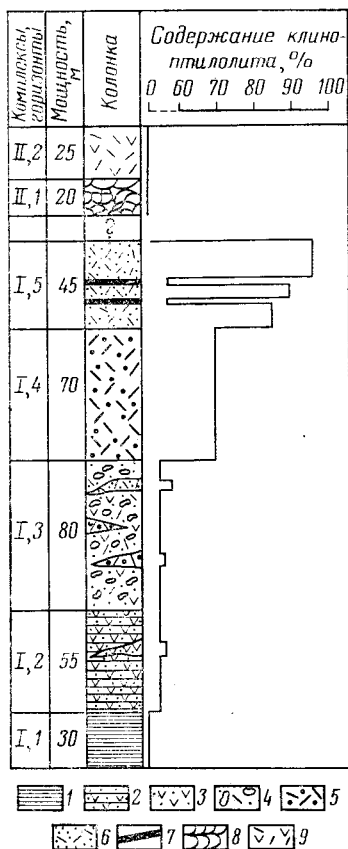


Рис. 1

Рис. 1. Распределение клиноптилолита по стратиграфическому разрезу вулканогенно-осадочных отложений бассейна р. Гейзерной. 1 — аргиллиты и алевролиты светлые; 2 — туфогенные аргиллиты и алевролиты; 3 — псаммитовые туфы андезитового состава; 4 — грубообломочные туфы смешанного состава; 5 — псаммитовые туфы кислого состава; 6 — алевритовые туфы кислого состава; 7 — аргиллиты темные; 8 — пемзовые агломераты кислого состава; 9 — лавы умеренно-кислого состава. Объяснение в тексте

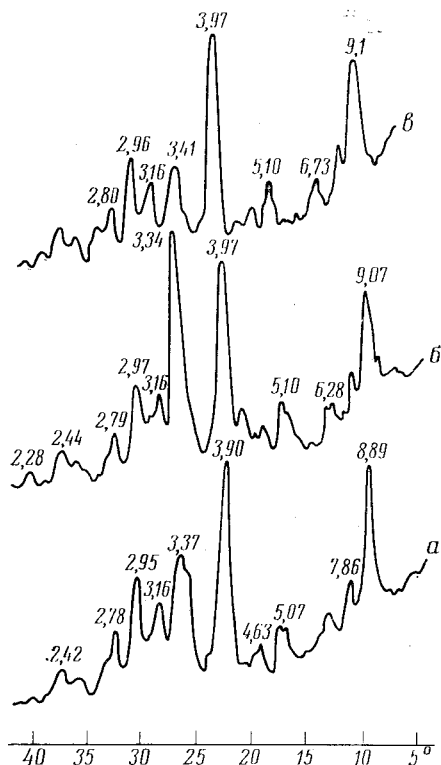


Рис. 2

Рис. 2. Диффрактограммы клиноптилолитовых пород месторождений: а — Гектор, Калифорния (1); б — Айдаг, Азербайджан; в — Гейзерное, Камчатка

4. Однородные светлые туфы неравномерной структуры с рассеянными обломками пемзы и кислых эффузивов различных размеров, реликтами кристаллов полевых шпатов и кварца. Обломочный материал замещен клиноптилолитом (до 60–70%).

5. Почти белые алевритовые пемзовые туфы с прослоями псаммитовых и псефитовых туфов, маломощными пропластками аргиллитов. Туфы характеризуются однообразной витрокластической структурой с пепловой связующей массой, более крупные обломки представлены пемзой. Кроме обломков кислого вулканического стекла, в породах устанавливаются ре-

ликты кислого плагиоклаза и кварца. Во всех анализированных образцах туфов этого горизонта, отобранных послойно по всю мощность разреза, установлено высокое содержание клиноптилолита (80—90%), а в верхней части, в интервале мощностью около 25 м, присутствуют почти мономинеральные цеолитовые породы. При этом высокая и довольно постоянная концентрация цеолита резко снижается в маломощных прослойках аргиллитов.

Второй комплекс вулканитов рис. 1 (II), вскрывающийся на более высоких гипсометрических отметках в пестоках ручья Водопадного, слагает плато по левобережью р. Гейзерной. Комплекс формировался в наземной обстановке и, в отличие от описанного ранее, характеризуется буроватыми тонами окраски, отсутствием прослоев осадочных пород. Кислые пемзовые отложения комплекса представлены несортированным материалом без признаков слоистости. Цеолиты в породах этого комплекса отсутствуют.

Формирование обоих комплексов охватывает довольно короткий интервал геологического времени (поздний плиоцен? — четвертичный период), отдельные отрезки которого еще недостаточно изучены. Применительно к предмету постоянных исследований важно подчеркнуть различие условий накопления вулканических продуктов: I комплекс формировался в водной среде, видимо в озерах, заполнявших вулканические депрессии (кальдеры), а II — в наземных условиях положительных форм рельефа.

По данным рентгенографических и микроскопических исследований, цеолиты представлены в основном клиноптилолитом; эпизодическое развитие имеют морденит и анальцит. Цеолиты развиваются в виде бесцветных таблитчатых (клиноптилолит) или игольчатых (морденит) кристалликов размером от сотых долей миллиметра до нескольких микрон по обломкам вулканического стекла и полевых шпатов. Наиболее крупные кристаллики цеолитов обнаруживают типичные для этих минералов диагностические признаки: очень низкое двупреломление ($<0,005$ или изотропны) и малое преломление (1,47—1,5). Кристаллики цеолитов отличаются чистотой, прозрачностью, отсутствием включений. Ориентировка кристаллов нередко подчинена определенным структурным направлениям замещаемого материала: преобладающее количество удлинено-таблитчатых кристаллов цеолита, развивающихся по полевым шпатам, ориентировано согласно их третьей кристаллографической оси, а по радиально-лучистым волокнам вулканического стекла развиваются сноповидные агрегаты цеолита (морденита). При высокой степени замещения по периферии обломков полевых шпатов и вулканического стекла наблюдается каемка, сложенная агрегатом буроватых глинистых минералов.

Рентгенографическими методами клиноптилолит диагностируется по интенсивным рефлексам $d=9,0; 3,96; 2,93 \text{ \AA}$ и ряду других более слабых отражений, а морденит — по интенсивным рефлексам $3,48; 3,22 \text{ \AA}$. Кроме цеолитов, установлено присутствие монтмориллонита, полевых шпатов, кварца, гидрослюда, каолинита, хлорита. В максимально цеолитизированных породах верхней части горизонта 5 (рис. 1, I, 5) на дифрактограммах (рис. 2), кроме клиноптилолита и незначительной примеси монтмориллонита, никаких других минеральных фаз не обнаруживается. По содержанию цеолита (90—95%) эти породы не имеют себе равных среди цеолитизированных туфов СССР, да и ряда зарубежных месторождений, в том числе клиноптилолитовых пород месторождения Гектор (Калифорния), содержащих до 90% клиноптилолита (1). Термические исследования и и.-к. спектроскопия дают картину, в целом аналогичную с цеолитизированными туфами месторождений Бадхыз (Туркмения) (2) и Айдаг (Азербайджан). При этом эндотермический эффект дегидратации при 70—210° сопровождается еще большей потерей веса (более 10%). Уникальность этих пород по содержанию цеолита обуславливает их более высокие адсорбционные свойства, чем у клиноптилолитовых туфов всех других известных месторождений. Статическая влагоемкость пород при относительной влажности

	№ 1	№ 2		№ 1	№ 2
SiO ₂	66,21	66,79	MgO	0,39	0,41
TiO ₂	0,10	He опр.	Na ₂ O	5,82	2,76
Al ₂ O ₃	11,02	12,97	K ₂ O	1,04	2,11
Fe ₂ O ₃	0,84	2,87	H ₂ O ⁺	7,12	8,88
FeO	—	—	H ₂ O ⁻	4,66	4,94
MnO	0,01	He опр.	SiO ₂ :Al ₂ O ₃	10,2	8,8
CaO	1,33	2,44			

* № 1 — цеолитизированный туф месторождения Гектор (90% клиноптилолита (¹)); № 2 — цеолитизированный туф Гейзерного месторождения, верхняя часть горизонта 5 (рис. 1, I, 5), обр. К-1 (аналитик В. А. Любочка).

100, 20 и 3% равна соответственно 19,87; 9,86 и 8,5 вес.% *. При сравнении химического состава с американскими цеолитизированными туфами (табл. 1) обнаруживается аналогия по главным окислам, определяющим кристаллохимическую формулу клиноптилолита, — SiO₂ и Al₂O₃. Существенные различия в содержании щелочей объясняются, видимо, более высокощелочной средой формирования цеолитизированных туфов месторождения Гектор. Приближенная формула клиноптилолита, рассчитанная по приводимому анализу обр. К-1: $(0,3\text{CaO} \cdot 0,3\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,2\text{K}_2\text{O}) \cdot [\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8,7\text{SiO}_2] \cdot 3,9\text{H}_2\text{O}$.

Из сравнительной оценки содержаний цеолитов устанавливается, что распределение их подчиняется следующим закономерностям:

1. Цеолитизацией затронуты лишь те горизонты туфогенных пород кислого состава, формирование которых происходило в водной среде.

2. Колебания концентраций цеолитов по стратиграфическому разрезу связано с изменением соотношения пирокластической и нормально-осадочной фракций пород. При этом, несмотря на вариации содержания цеолитов, начиная от горизонта 2 (рис. 1, I, 2) по мере перехода вверх по стратиграфическому разрезу — одновременно с повышением роли кислой прокластики, степени однородности пород и уменьшения размерности пирокластического материала — содержание цеолитов возрастает.

3. Вариации содержания цеолитов и до некоторой степени их видовой состав четко отражают зависимость от исходного состава пород: в туфогенных породах среднего состава со значительным количеством глинистого терригенного материала чаще развивается анальцит и монтмориллонит, а в туфах повышенной кислотности — высококремнистые цеолиты (клиноптилолит, иногда с примесью морденита).

Аналогичные описанным пепловые туфогенно-осадочные породы, особенно неогенового возраста, широко распространены на Камчатке, Курильских островах и Сахалине. Их выборочное опробование и рентгенографический анализ показали высокое содержание клиноптилолита, что позволяет рассматривать территорию Дальнего востока в качестве новой провинции цеолитизированных туфов промышленного значения.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт геологии нефтяных полезных ископаемых
Казань

Поступило
4 VII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ F. A. Mumpton, Am. Min., v. 45, № 3—4, 351 (1960). ² А. С. Михайлов, А. И. Бирнари, С. Е. Маслов, ДАН, т. 199, № 3, 696 (1971). ³ Геология СССР, т. 31, ч. 1, М., 1964, стр. 445.

* Приведенные данные показывают существенный рост адсорбционной емкости изученных образцов при высоких парциальных давлениях водяного пара, что, как известно, типично для цеолитов. Это обстоятельство, а также некоторые другие косвенные признаки заставляют предполагать присутствие в них кроме клиноптилолита какой-то неизвестной цеолитоподобной минеральной составляющей.