

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МЕЖДУВЕДОМСТВЕННЫЙ ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВСЕСОЮЗНЫЙ СЕМИНАР  
"ГЕОЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ  
ЦЕОЛИТОВ"

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

г. ЗВЕНИГОРОД-1978 г.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МЕЖДУВЕДОМСТВЕННЫЙ ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВСЕСОЮЗНЫЙ СЕМИНАР  
"ГЕОЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ  
ЦЕОЛИТОВ"

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

г. ЗВЕНИГОРОД-1978 г.



2395

ПРИРОДНЫЕ ЦЕОЛИТЫ — НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ  
СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

1. В последние десятилетия во многих странах мира открыты крупные месторождения пород, содержащих осадочные цеолиты.

2. Каркасная кристаллическая структура, тонкая пористость, термостойкость, кислотостойкость и др. физико-химические особенности, а также сравнительная дешевизна осадочных цеолитов обуславливают широкую перспективу их практического применения.

3. В настоящее время проводятся исследовательские, крупнотехнологические, опытно-промышленные и в ряде случаев внедренческие работы по пригодным осадочным цеолитам для их использования в качестве: эффективных осушителей, селективных адсорбентов для очистки и разделения газовых систем и очистки сточных вод, катализаторов и носителей активных веществ, диетических добавок к корму птиц и животных, дезодораторов, кондиционеров почвы и др.

4. Учитывая, что цеолиты природного происхождения являются ценными и дешевыми пористыми телами, их широкое применение будет способствовать ускоренному развитию научно-технического прогресса, в соответствии с решениями XXV съезда КПСС.

В этой связи следует расширить поиски пород, содержащих клиноптилолиты, мордениты, эриониты, шабазиты и др.

Принимая во внимание большое научное и практическое значение проблемы природных цеолитов, необходимо расширить комплексные геолого-минералогические и физико-химические исследования и работы по их практическому использованию.

ИФСО АН ГССР,  
г. Тбилиси

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ЦЕОЛИТОВ

Резко возросший интерес к изучению цеолитов стратифицированных формаций связан с двумя аспектами: 1. промышленным использованием цеолитов, 2. возможностью рассматривать цеолиты как индикаторы определенных геологических обстановок и процессов.

Важность изучения цеолитов для разработки геологических проблем определяется тем, что в современной осадочной геологии всё большее внимание уделяется объектам в той или иной степени, связанным с проявлениями эндогенных процессов. Это относится, как к вулканогенным или вулканогенно-гидротермальным образованиям, так и к проявлениям скрытого "камуфлированного" вулканизма в породах собственно осадочных комплексов. Широкое распространение цеолитов в таких отложениях и особенности их кристаллохимической структуры дают основание считать, что они окажутся такими же перспективными индикаторными минералами в литологии 70-х-80-х годов, какими оказались глинистые минералы осадочных терригенных формаций, начиная с 50-х годов.

К числу некоторых актуальных геологических проблем изучения цеолитов относятся:

1. Цеолитовая фация осадочного чехла океанов. Материалы глубоководного бурения показали глобальное распространение в мезокайнозойских отложениях Атлантического, Тихого и Индийского океанов двух цеолитов: филлипсита и клиноптилолита. Задача состоит в установлении закономерностей пространственного и временного распространения этих цеолитов и факторов его контролирующих. Большой интерес представляет вопрос о причинах, определяющих вертикальную стратификацию цеолитов: преимущественную приуроченность филлипсита к современным миоценовым отложениям, клиноптилолита — к эоцену-мелу. В процессе исследования необходимо накопить материалы по кристаллохимическим особенностям океанических цеолитов.

литов, их парагенезам с глинистыми минералами, вулканическими стеклами и другими кластогенными и аутигенными компонентами на ясном геологическом фоне, т.е. в разных литологических типах пород, на разных стратиграфических уровнях, в пределах главнейших тектонических структур океанического дна.

2. Проблема корреляции геологических процессов. Выявление определенных стратиграфических уровней интенсивного цеолитообразования /клинотилолит-кristобалитовые породы/ в кремнисто-меловых мезокайнозойских формациях Русской платформы и альпийской складчатой области. Сравнение этих горизонтов с аналогичными уровнями клинотилолит-кristобалитовых пород осадочного чехла океанов. Возможность использования горизонтов "раритетных" цеолитовых пород на фоне нормально осадочных образований в качестве индикаторов проявлений камуфлированного вулканизма на значительных площадях континентов и океанов.

3. Цеолитовая фация регионального эпигенеза. Относительная роль факторов, определяющих распространение ломонтита и анальцита в мощных сериях кластогенных пород: первичный состав обломочного материала и парагенезы сопутствующих минералов, фациально-климатические обстановки, физико-химические условия и термо-динамические уровни эпигенеза.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

## ПРОБЛЕМА СУЩЕСТВОВАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ

1. Цеолиты по своим физико-химическим особенностям сейчас, видимо, следует рассматривать как минералы-аналоги плагноклазов, образующиеся в условиях низких давлений и температур при избытке воды.

2. Из всех цеолитов и цеолитоподобных минералов при наиболее высоких параметрах кристаллизуется анальцит.

3. Известны два типа магматических цеолит-содержащих пород; во-первых, группа тешенитов - гипобиссальных цеолитовых габбро и, во-вторых, анальцитомовые порфириты - компонент многих вулканических комплексов прошлого.

4. Наиболее веским доказательством магматической кристаллизации анальцита служит само существование анальцитомовых порфиритов и анальцитомовых базальтов. К сожалению, пока не наблюдались современные излияния этих пород, однако в древних толщах, иногда в ассоциации с лейцитовыми лавами, такие породы весьма обычны. Анальцит в этих породах образует хорошо окристаллизованные порфиновые вкрапленники, включенные в микролитовую стеклосодержащую основную массу. Это позволяет, несмотря на известную дискуссионность проблемы, говорить о кристаллизации анальцита из расплава.

5. Анальцит, а в ряде случаев и другие цеолиты участвуют в структуре тешенитовых пород, являясь, однако, последними по времени кристаллизации минералами. Анальцит и цеолиты занимают интерстиции между совершенно свежим плагноклазом и пироксеном породы, однако, часто наблюдаемые случаи развития цеолитов по полевым шпатам породы и местные кеодоподобные выделения цеолитов говорят о продолжении процессов цеолитообразования и после отвердевания горной породы.

6. Тешениты и близкие к ним гипабиссальные породы содержащие магматические цеолиты сопровождаются иногда крайне интересными цеолитовыми скарнами, где наблюдаются те же закономерности смены безводных минералов их водными аналогами по мере снижения температуры. В начале процесса скарнообразования идет кристаллизация безводных - граната,

воластонита и др., которые позднее дорастают водными минералами — гиббитом и ксонотлитом; параллельно кристаллизуются апофиллит и цеолиты.

7. Цеолиты являются весьма характерными минералами щелочных пегматитов. Условия залегания цеолитов в этих образованиях позволяют считать, что они выделяются из относительно холодных, богатых водой остаточных расплавов-растворов.

8. Процессы цеолитообразования при низких давлениях, как рассмотрено выше, могут иметь место при любых температурных условиях, существующих на дневной поверхности. Однако, наиболее интенсивно эти процессы идут при умеренных температурах и при обилии воды. Именно в этих условиях находится область устойчивости большинства цеолитовых минералов.

ИГЕМ АН СССР,  
г. Москва

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЦЕОЛИТООБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТЯХ РАЗГРУЗКИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ МИРА

Геологический эффект гидротермальных процессов в областях активного вулканизма выражается в развитии крупных сложно-построенных тел гидротермально-измененных пород из закономерно сочетающихся в пространстве минеральных фаций. Совокупность их, состав, вертикальная и горизонтальная метасоматическая зональность для всех областей активного вулканизма мира имеет сходство, что определяется сходством геологических и гидрохимических условий их формирования.

Для новейшей метасоматической формации, развивающейся в областях разгрузки гидротермальных систем мира, характерно широкое развитие цеолитов в ассоциации с монтмориллонитом, слюдой, хлоритом, смешанно-слоистыми глинистыми минералами, альбитом, адуляром, эпидотом, пренитом, кальцитом, кварцем, сульфидами — цеолитовая фация преципитов. Количество цеолитов в метасоматитах может достигать 90%. Характер цеолитизации контролируется свойствами пород и их проницаемостью.

Среди современных гидротермальных цеолитов определено: анальцит, морденит, клиноптилолит, ломонит, вайрактит, гейландит, десмин, шабазит, томсонит, сколецит, филлипсит, гмелинит, мезолит, эпидесмин. Характерен широкий диапазон минеральных видов цеолитов на конкретных месторождениях и в пределах однотипных пород небольшого объема, что свидетельствует о чувствительности цеолитообразования к незначительным изменениям температуры и концентрации растворов. Такой режим характерен для областей разгрузки гидротермальных систем с дифференциацией растворов, вызванной их испарением, дегазацией, конденсацией и окислением.

Механизм цеолитообразования при гидротермальном метасоматозе, региональном метаморфизме и диagenезе сходен — взаимодействие поровой раствор-диспергированная порода. Во всех случаях с повышением температуры на глубину морденит и клиноптилолит сменяются на ломонит. Однако в силу

подъема высокотемпературной изотерм к поверхности в областях разгрузки гидротерм зон морденита и ломонтита сближены и приближены к поверхности.

Гидротермальная цеолитизация, которая протекает в условиях восходящей и пластовой фильтрации термальных растворов в открытых гидротермальных системах, имеет специфические особенности, позволяющие отличить их от цеолитизации в условиях регионального метаморфизма и диagenеза.

ИВ ДВНЦ АН СССР,  
г. Петропавловск-Камчатский

## ТИПЫ ЦЕОЛИТОВ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОСАДОЧНЫХ И ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Цеолиты полигенны. Они могут формироваться за счет различных геологических процессов. По этому признаку можно выделить следующие классы цеолитов: выветривания, осадочно-диагенетические, гидротермальные, метаморфические и позднемагматические.

В стратифицированных осадочных и вулканогенно-осадочных отложениях распространены в основном осадочно-диагенетические цеолиты, встречаются также наложенные гидротермальные и метаморфические. Класс осадочно-диагенетических цеолитов подразделяется на две группы: ранне- и позднедиагенетические; во второй группе целесообразно выделить две подгруппы, образовавшиеся в условиях открытых и закрытых систем, характеризующихся резкими отличиями в минеральном составе, по форме выделений, степени кристалличности, масштабам проявлений и по другим характеристикам. Дальнейшая классификация групп и подгрупп на типы производится по другим признакам условий образования /например, в группе раннедиагенетических цеолитов выделяются цеолиты, образовавшиеся в щелочных соленых озерах, а также в морских и океанических бассейнах нормальной солености и т.д./, по составу исходного материала /образовавшиеся на счет витрокластических туфов кислого состава, среднего состава и т.д./.

Кроме генетических групп и типов чистой линии имеются примеры месторождений промежуточного, переходного характера и даже сложного генезиса, например, позднедиагенетические с последующим влиянием охлажденных ниже  $100^{\circ}$  гидротерм, пропитывающих пластообразные залежи пористых туфов и оказывающих воздействие в условиях закрытой системы /Горячий Путь/ и т.д.

БРИМТВОЛНЕРУД,  
г. Казань

## ГЕОЛОГИИ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ЦЕОЛИТОВ ГРУЗИИ

Проявления цеолитов широко распространены в разновозрастных образованиях на территории Грузии, но промышленные их месторождения концентрируются преимущественно в осадочных и вулканогенно-осадочных образованиях юры, мела и палеогена.

В средней юре Западной Грузии давно выявлены крупные залежи анальцимовых пород — анальцимсодержащими являются углистые сланцы и песчанистые аргиллиты без примеси вулканического материала. Образование анальцима объясняется коагуляцией коллоидов  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , вносившихся в лагуну речными водами.

Недавно среди среднебайосских вулканогенно-осадочных отложений, в зоне Южного склона Большого Кавказа /район Джава/ были выявлены пласты ломонитсодержащих туффитов. Ломонит, количество которого достигает 70–85%, является явно диагенетическим.

Верхнемеловые вулканогенно-осадочные образования в пределах Грузинской глыбы насыщены анальцимом и натролитом, а на Артвино-Болнисской глыбе — клиноптилолитом и морденитом. Эти же цеолиты наблюдаются в верхнемеловых отложениях Триалетского хребта.

Цеолитсодержащими являются также все слоистые туфогенные породы среднего эоцена Аджаро-Триалетия, но особенно обогащены диагенетическими цеолитами нижние слоистые туфогенные породы Триалетского хребта /между Мцхета и Каспи/ и верхние слоистые туфогенные породы Ахалцихской депрессии. Всюду здесь главнейшими породообразующими цеолитами являются клиноптилолит, гейландит и анальцим. Диагенетический клиноптилолит обнаружен и в олигоцене района Чигатуры. Большинство упомянутых цеолитсодержащих пород содержат типичную для области шельфа и континентального склона микро- и макрофауну, указывающую на нормальную или, местами пониженную соленость морской воды. Кроме того, минералы ассоциирующие с цеолитами указывают, что среда, в которой формировались

цеолиты, была слабощелочной или щелочной.

Перечисленные цеолитсодержащие образования представляют значительный промышленный интерес.

ТГУ,  
г.Тбилиси

ЦЕОЛИТЫ ОСАДОЧНЫХ И ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЙ  
ПОЗДНЕГЕОСИНКЛИНАЛЬНОГО И ОРОГЕННОГО ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ  
АЗЕРБАЙДЖАНА

Осадочные и вулканогенно-осадочные формации позднегеосинклиналиного и орогенного этапов развития Азербайджана содержат в себе цеолиты собственно-осадочных и гидротермальных фаций. Цеолиты осадочных фаций приурочены к верхнему мелу с-в части М.Кавказа /Казахский прогиб/ и к эоцену Талыша и Нахичевани и представляют промышленный интерес. Указанные цеолиты являются результатом диагенетической переработки туфогенного материала, связанного с эффузивно-эксплозивной деятельностью базальт-андезит-дацит-лапаритовой формации верхнего мела /Казахский прогиб/, субщелочного /Талыш/ и андезито-дацитового /Нахичевань/ вулканизма нижнего и среднего эоцена. Неоднородный химический состав туфогенного материала определил различный состав цеолитов.

Цеолиты гидротермальной фации контролируются зонами проявления вулканитов указанных формаций. Они приурочены к жерловым и прижерловым зонам вулканических центров, а также выполняют миндалины, жеоды, гнезда и прожилки и не образуют промышленных скоплений.

В отложениях орогенного этапа развития также отмечается диагенетическое цеолитообразование, но почти во всех случаях оно связано с явной или "камуфлированной" пирокластикой и представляет минералогический интерес.

ИГ АН АЗЕРБ. ССР,  
г. Баку

## ЭПИГЕНЕТИЧНОСТЬ СТРАТИФОРМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ ЦЕОЛИТОВ /НА ПРИМЕРЕ ЗАКАВКАЗЬА/

При анализе особенностей нахождения высококремнистых цеолитов, приуроченных к мел-олигоценым толщам Закавказья, возникает сомнения относительно их диагенетического происхождения. Настораживают: пространственное тяготение, а иногда перемежаемость цеолитизированных туфов с бентонитами, кремнисто-марганцевыми, агатовыми и пренит-цеолитовыми образованиями заведомо гидротермального генезиса; постепенная смена цеолитов аргиллизитами — околорудоизмененными породами свинцово-цинковых руд; наличие в цеолититах сульфидов тяжелых металлов, цеолитизация покровов и даек липаритов при наличии в разрезе "целиков" свежих вулкаников; высокая пористость /20-25%/ цеолититов независимо от стратиграфического уровня нахождения при значительной уплотненности перекрывающих пород. Согласно геологическим данным некоторые толщи, содержащие клиноптилолитизированные туфы, погружались на глубину не менее 4 км. При столь значительных погружениях маловероятно сохранение не только высокой пористости, но и самого клиноптилолита, верхний температурный предел устойчивости которого в искусственной морской воде, согласно экспериментальным данным автора, не превышает 200°C. Искусственные и природные стекла кислого состава в среде нейтральных и слабощелочных растворов даже в условиях гидротермальных температур характеризуются повышенной устойчивостью. Если пренебречь возможным геологическим значением топотаксальных и зародышевых явлений при раскристаллизации стекол, можно допустить, что в нормально-морских условиях цеолитизация стекол затруднена и, что этот процесс, вероятно, не протекает вне участия горячих растворов. Широкое распространение рентгеноаморфных и оптически изотропных стекол даже в пелитовой фракции нормально-морских образований, в том числе отложений дна океанов, согласуются с таким выводом. По крайней мере, большинство высококремнистых цеолитов в мел-олигоценых толщах Закавказья формировались на ортогенном этапе развития при участии

отработанных на глубине гидротермальных растворов. Последние вблизи поверхности, в связи с редуцированностью основной движущей их силы — градиента давления, включились в динамику подземных вод и растекались по проницаемым пластам с образованием стратиформных метасоматических тел.

КИМС,  
г.Томск

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МИОЦЕНОВЫХ ЦЕОЛИТОВЫХ ТУФОВ  
СОЛОТВИНСКОЙ ВПАДИНЫ /ЗАКАРПАТЬЕ/

Клиноптилолитовые, клиноптилолитово-морденитовые и анальцимовые туфы Солотвинской впадины характеризуются довольно однообразным минеральным составом. Общей составной частью всех туфов являются кластогенные минералы — плагиоклаз, кварц и редко биотит. Акцессорные минералы туфов представлены апатитом, цирконом и редко зернами турмалина и граната. Из рудных минералов чаще встречаются пирит, реже магнетит и ильменит и эпизодически — сфен. В анальцимовых туфах, независимо от их гранулометрического состава, в псефитовых и реже псаммитовых клиноптилолитовых и клиноптилолитово-морденитовых разновидностях встречаются линзовидные скопления адуляра. Карбонаты присутствуют в туфах, испытавших влияние наложенных гидротермальных процессов — чаще в анальцимовых, где количество доломита и кальцита достигает 15%. В некоторых образцах нанковских клиноптилолитовых туфов встречаются единичные чешуйки мусковита. Клиноптилолит, морденит и анальцим образовались в результате замещения вулканического стекла и только в редких случаях развитие первых двух цеолитов наблюдается по периферии кристаллов плагиоклаза. Клиноптилолит, как и анальцим образуют преимущественно микрозернистые агрегативные псевдоморфозы по рогульчатому, серповидным, вилкообразным обломкам стекла. По крупным обломкам стекла чаще отмечается формирование сложных псевдоморфоз, состоящих из чередующихся полосок тонкозернистых агрегатов клиноптилолита, разделенных прослойками слоистых минералов. Показатель преломления клиноптилолита  $n=1,479-1,482$ , но в некоторых образцах обнаружены агрегаты почти изотопного клиноптилолита, у которого  $n=1,477-1,478$ . Агрегаты анальцима в проходящем свете бесцветны с четкой шагреновой поверхностью,  $n=1,486$ . Морденит образует войлокоподобные скопления и сферолитовые агрегаты, окрашенные гидроокислами железа в розовый цвет,  $n=1,478-1,480$ . В целом минеральный состав туфов отражает

условия накопления пирокластики, изменения стекла в захороненных осадках и влияние более поздних гидротермальных растворов.

ИМП МИНТЕО УССР,  
г. Симферополь

2395



ОСОБЕННОСТИ ЦЕОЛИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МИОЦЕНОВЫХ  
ТУФОВ СОЛОТВИНСКОЙ ВПАДИНЫ /ЗАКАРПАТЬЕ/

Клиноптилолит, морденит и анальцим присутствуют в качестве основного породообразующего минерала в составе туфов новоселицкой свиты, нанковского горизонта тересвинской свиты и доробратовской свиты. Моноцеолитовые туфы клиноптилолитового состава нанковского горизонта встречаются в районе сел Сокирица-Крайниково-Данилово, новоселицкой свиты по ручьям Беретянскому и глубокому Поток, доробратовской свиты по ручьям Кюсслер и Богущ. Туфы новоселицкой свиты смешанного состава - клиноптилолитово-морденитовые обнаружены возле сел Водица и Липча. В вышеуказанных туфах вблизи зон повышенной трещиноватости и тектонических разломов наблюдается появление анальцима, содержание которого возрастает по мере приближения к разлому. Банский горизонт туфов солотвинской свиты сложен только анальцимовыми разновидностями. В анальцимовых туфах почти всегда /иногда до 10%/ присутствует морденит и редко клиноптилолит. Высокие содержания клиноптилолита, морденита и отчасти анальцима приурочены к более тонкозернистым пирокластическим образованиям - псаммито-алевритовым, алевритовым и алевро-пелитовым кристалловитрокластическим и витрокластическим туфам, которые в целом характеризуются более повышенным содержанием, чем псаммитовые и псефитовые, вулканического стекла и меньшим количеством кластогенного материала. Клиноптилолит и морденит встречаются в туфах в виде двух генераций. Первая генерация является доминирующей, образуется в результате изменения вулканического стекла в обломках и в цементирующей основной массе, характеризуется весьма малыми размерами выделений /тысячные и сотые доли мм/ и, как правило, ксеноморфной формой. Образование второй генерации этих цеолитов связано с явлением перекристаллизации в присутствии растворов, о чем свидетельствует почти всегда наблюдающаяся ассоциация клиноптилолита с доломитом и кальцитом, а сферолитов морденита с зернами кварца, которые

располагаются в их центральных частях. Размер выделений цеолитов второй генерации иногда достигает 0,3мм.

ИМП МИНГЕО УССР,  
г. Симферополь

## ЦЕОЛИТЫ В ГИДРОТЕРМАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫХ ВУЛКАНИТАХ ДАЛЬНОГО ВОСТОКА

В вулканических поясах и зонах Дальнего Востока широко проявлен гидротермальный метаморфизм пород: пропилитизация, вторичное кварцитообразование, аргиллитизация, окварцевание, адуляризация, цеолитизация и другие типы изменений.

В окраинном вулканическом поясе Сихотэ-Алиня среди позднемеловых и палеогеновых пород наибольшим развитием пользуются среднетемпературные пропилиты и разнообразные вторичные кварциты — продукты кислотного выщелачивания. Цеолитизация на их фоне играет подчиненную роль, проявляясь в поздние стадии щелочного метасоматоза. Цеолиты /десмин, гейландит/ замещают минералы предшествующих стадий, ассоциируя с кварцем, хлоритом, серицитом, или образуют секущие прожилки. Более самостоятельное значение имеет цеолитизация в относительно слабо измененных неогеновых базальтах Сихотэ-Алиня, где она наряду с монтмориллонитизацией представляет главный тип изменения.

В вулканических зонах островной дуги проявления цеолитизации более разнообразны. Во-первых, цеолитизация наблюдается в кислых породах формации "зеленых туфов". Своеобразный облик и минеральный состав пород этой формации связан с водными условиями их образования. Цеолиты /морденит и анальцит/ здесь ассоциируют с опаловидным кварцем, монтмориллонитом, селадонитом, кальцитом, хлоритом, альбитом.

Второй тип цеолитизации присущ базальтам и кислым туфам плиоценового возраста. Площадные изменения по комплексу минералов и интенсивности отвечают условиям цеолитовой фации регионального метаморфизма, которая в отдельных случаях переходит в более высокотемпературные эпидот-хлоритовую и пренит-пумпелиитовую фации. Набор цеолитов здесь весьма широкий: филлисит, мезонит, анальцит, натролит,

**ЛОМОНТИТ.**

Третий тип цеолитизации носит локальный характер: цеолиты /натролит, ломонтит/ развиваются в одной из зон ореола гидротермально измененных пород, образующихся вблизи субвулканических тел диоритового состава.

Кроме того, интенсивная цеолитизация с широким набором минеральных видов характерна для площадей современной газо-гидротермальной деятельности /ломонтит, вайрацит, и др./

ДВГИ,

г. Владивосток

## О ИСТОЧНИКАХ КАЛИЯ В ЦЕОЛИТАХ ИСЛАНДИИ

Изученные цеолиты располагаются в верхней, низкотемпературной монтмориллонит-цеолит-кальцитовой зоне пород, подвергшихся региональному гидротермальному изменению. Характер распространения комплекса вторичных минералов среди дислоцированных вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ указывает на существование значительного перерыва между временем образования пород и развитием в них вторичной минерализации.

Особенности распространения и состава цеолитов в базальтовых толщах зависят от режима и химического состава подземных вод. Современное влияние морских вод на состав гидротерм и образующихся в результате их воздействия вторичных минералов изучено на п-ве Рейкьянес, где подземные подогретые воды по химизму сходны с морскими. Морские термальные воды по сравнению с холодной морской водой и с другими термомьялениями, питающимися пресными водами, значительно обогащены калием. Это явление связывается с взаимодействием нагретых морских вод и вмещающих их базальтоидов. По составу все изученные цеолиты /шабазит, томсонит, десмин, гейландит, натролит/ также как и монтмориллониты распадаются на две группы. В одну объединяются минералы с относительно низким содержанием  $K_2O$  /0,2-0,4%/. Другую группу составляют цеолиты, характеризующиеся повышенным содержанием  $K_2O$  /0,5-1,2% по сравнению со средним содержанием  $K_2O$  в базальтах /0,3-0,6%/. Сопоставление состава базальтов и продуктов их гидротермального изменения /цеолитов и монтмориллонитов/ позволяет считать, что обогащение последних калием происходило в тех случаях, когда в составе гидротерм участвовали морские воды. Изучение комплекса вторичных минералов, возникшего в результате гидротермального изменения низкощелочных базальтовых толщ показывает, что при переработке такого базальтового материала термальными системами с морской водой происходит за-

метное обогащение цеолитов и монтмориллонитов калием, а в некоторых случаях и возникновение калиевых минералов /калийный цеолит, калиевый полевой шпат/ за счет выщелачивания калия из больших объемов сильно прогретых пород и выноса его в более холодные зоны этих же толщ.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЦЕОЛИТОВ

Цеолиты устойчивы при температурах ниже 200–300°C и давлениях ниже нескольких тысяч атмосфер. Исключение составляет анальцит в системах недосыщенных кремнеземом.

Низкие скорости превращений при относительно пониженных температурах и участие вулканогенного стекловатого материала делают жизнеспособными метастабильные системы в условиях образования цеолитов. Поэтому в случае цеолитов необходимо учитывать фактор времени и влияние таких параметров как температура и щелочность не только на смещение реакций, соответственно, дегидратации, но и на скорости превращений.

В диагенетической обстановке и отчасти в условиях гидротермального изменения пород при температурах ниже 100–150°C могут сохраняться в течение времени, превышающего время образования цеолитов, пересыщенные кремнеземом растворы. Это приводит к значительному расширению полей обогащенных кремнеземом цеолитов: клиноптилолита, морденита и др.

Участие в реакциях с цеолитами неупорядоченных форм полевых шпатов также расширяет поля цеолитов. Анальцит в присутствии кварца может находиться лишь в равновесии с неупорядоченным альбитом. Это указывает на неправомерность использования равновесия анальцит–альбит для маркировки условий цеолитовой фации.

Расчеты констант равновесия реакций позволяют оценить равновесные отношения активностей ионов  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ , концентрации  $SiO_2$  и  $CO_2$ , pH, роль общей концентрации растворов в реакциях замещения анальцита, ломонтита полевыми шпатами и глинистыми минералами. Присутствие калия в растворе важно, по-видимому, и для образования таких цеолитов, как например, клиноптилолит, феррьерит. Сопоставление рассчитанных равновесных величин с составом растворов

из пород в некоторых областях современного цеолитообразования также указывает на вероятность отклонения реакций от истинных равновесий в диагенетической обстановке.

ИТАХ им. ВЕРНАДСКОГО АН СССР,  
г. Москва

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА РОЛЬ ВОДЫ В КРИСТАЛЛОХИМИИ ЦЕОЛИТОВ

Приведены результаты сравнительного изучения термохимических, спектроскопических и дифракционных данных по природным цеолитам. Показано наличие аномальных трансляционных колебаний молекул воды и алюмосиликатного каркаса, связанных с замерзанием колебаний и фазовыми переходами 2-го рода. Обсуждается роль колебательных состояний воды как фактора стабилизирующего рыхлую пронизанную каналами структуру цеолитов.

ИИТ, ИИХ СО АН СССР,  
г. Новосибирск

## К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ И НОМЕНКЛАТУРЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ

Исследования последних лет показали, что наряду с алюмосиликатами цеолитные свойства обнаруживают также водные каркасные берилло-, титано- и цирконосиликаты /Челищев, 1973/. В связи с этим предложена классификация, основанная на различиях в составе полианионных каркасов природных цеолитов.

Состав цеолитного каркаса	Заряд каркаса	Пример
Алюмо-силикатный	$(SiO_2)_n - [AlO_2]_x^- (SiO_2)_{n-x}]^{x-}$	Натролит $Na_2 [AlO_2]_n (SiO_2)_3 \cdot 2H_2O$
Берилло-силикатный	$(SiO_2)_n - [BeO_2]_x^{2-} (SiO_2)_{n-x}]^{2x-}$	Ловдариит $Na_2 [BeO_2] (SiO_2)_3 \cdot 2H_2O$
Алюмо-фосфато-силикатный	$(SiO_2)_n - [AlO_2]_x^- [PO_4]_y^+ (SiO_2)_{n-(x+y)]^{2-x-y}$	Визеит $(NaCa_2) [AlO_2]_x [PO_4]_y (H_2O)_n (SiO_2)_3 \cdot 8H_2O$
Титано-силикатный	$(SiO_2)_n - [TiO_2]_x^{2-} (SiO_2)_{n-x}]^{2x-}$	Дабунцовит $(Na_2Ca) [TiO_2] (SiO_2)_3 \cdot 2H_2O$
Цирконо-силикатный	$(SiO_2)_n - [ZrO_2]_x^{2-} (SiO_2)_{n-x}]^{2x-}$	Катапзеит $(Na_2Ca) [ZrO_2] (SiO_2)_3 \cdot 2H_2O$

Дальнейшие исследования, вероятно, позволят расширить перечень полианионных каркасов цеолитного типа.

Более дробная рациональная классификация встречает серьезные затруднения, т.к. свойства цеолитов непосредственно не зависят от вторичных структурных элементов каркаса, которые обычно используют в качестве основного классификационного признака. Поэтому представляется целесообразным классифицировать природные цеолиты по ионообменным и адсорбционным свойствам на основе различий в величинах обменной емкости, внутрикристаллического объема и кинетического диаметра входных окон.

Вопросы номенклатуры природных цеолитов осложнены способностью минералов к ионному обмену. Поэтому отнесение изоструктурных минералов к различным видам в зависимости от состава и соотношения обменных катионов представляется достаточно условным и требует детального изучения зависимости структурного состояния, ионообменных и адсорбционных свойств, термической и химической устойчивости от состава цеолитов.

ИМГРЭ,  
г. Москва

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕЙЛАНДИТА И ЛОМОНТИТА В  
ЧИСТОЙ ВОДНОЙ И Mg-ХЛОРИДНОЙ СРЕДАХ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ Т-  
ПАРАМЕТРАХ

Фазовые преобразования природных гейландита и ломонти-  
та при  $P_{H_2O} = 1$  кбар,  $T = 200-600^\circ\text{C}$  изучены в чистой водной и Mg-  
хлоридной паровых средах. Рентгеновскими дифракционными ме-  
тодами/ДРОН-1/исследования продуктов реакции установлено,  
что в присутствии чистой  $H_2O$  разрушение этих минералов про-  
ходит однотипно. Продуктами изменения являются основной пла-  
гиоклаз/№87-97/+кварц. В опытах с короткими экспозициями  
/24 час./необходимо значительное переступание по температуре  
/на  $200-300^\circ\text{C}$ /, по сравнению с равновесными значениями  $T^\circ$ ,  
для достижения разрушения их структур. В присутствии слабых  
Mg-хлоридных растворов/  $\sim 0,5M$ /гейландит менее устойчив, чем  
ломонтиит. Оба минерала разрушаются при более низкой темпера-  
туре/  $100-200^\circ\text{C}$ /, чем в чистой водной фазе, причем первым  
новообразованием в обоих случаях является диоктаэдрический  
монтмориллонит. Исследование монтмориллонита свидетельству-  
ет о том, что этот минерал не содержит  $Al^{IV}$ , т.е. является  
монтмориллонитом обычного типа/с  $Al^{VI}$ /. С повышением  $T^\circ$  до  
 $500-600^\circ\text{C}$  при  $P_{H_2O} = 1$  кбар, т.е. в условиях, типичных в кон-  
тактовых ореолах интрузий, ломонтиит преобразуется в триок-  
таэдрический хлорит+анортит, а гейландит - в тальк+корди-  
рит+кристобалит с выносом Ca в паровую фазу. Таким образом,  
распространенные в природе цеолитовые минералы- гейландит и  
ломонтиит, не устойчивы в гидротермальных условиях не только  
при повышенном парциальном давлении  $CO_2$ , на что ранее об-  
ращалось внимание различными исследователями, но и в слабой  
хлоридной среде. Построение слоистой структуры монтморилло-  
нита при низких  $T^\circ$  происходит в основном за счет Si-Al  
ресурсов каркаса цеолитов и лишь при повышенной  $T^\circ$  Al в  
октаэдрах вытесняется Mg, о чем свидетельствует синтез хло-  
рита или талька.

НИИ Земной коры и Кафедра кристаллографии  
ЛГУ, г. Ленинград

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И РОСТА КРИСТАЛЛОВ ЦЕОЛИТОВ ИЗ НАТРИЕВОАЛМОСИЛИКАТНЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

В природе цеолиты кристаллизуются в гидротермальных процессах в условиях, когда отношение  $Si/Al$  в растворах больше 1, что связано с большей распространенностью кремния в земной коре. Поскольку отношение  $Si/Al$  в кристаллах цеолитов зависит от отношения силикатных и алюминатных ионов в растворах, отношение в каркасе природных цеолитов в подавляющем большинстве случаев оказывается больше 1. В лабораторных условиях исследование кристаллизации цеолитов может быть распространено и на алюминатную область алюмосиликатных систем.

В настоящей работе исследовались условия кристаллизации цеолитов из натриевоалюмосиликатных растворов с  $Si/Al = 1$  при  $95^{\circ}C$ . Особое внимание уделялось влиянию пересыщения в растворе на образование, морфологию и рост кристаллов цеолитов.

При  $Si/Al = 1$  в широком диапазоне щелочности кристаллизуется цеолит  $\chi$ , причем последний получен в виде монокристаллов кубооктаэдрического габитуса размером 500 мкм в сравнительно слабощелочной среде /  $2N NaOH$  /.

В сильнощелочных растворах /  $NaOH-20+30\%$  / получены монокристаллы цеолита  $\chi-2I$  в виде кубооктаэдров размером 1000 мкм /  $a=35,95 \text{ \AA}$  /.

При  $Si/Al < 1$  получены: цеолит A, новый цеолит, кристаллизующийся в виде гексагональных монокристаллов  $125 \times 250 \text{ мкм}$  /  $a=13,93$  и  $c=9,52$  / и цеолит лосод в виде гексагональных игл и сферролитов; в такой последовательности эти цеолиты кристаллизуются в порядке уменьшения пересыщения в растворе.

Пересыщение в растворе при данной щелочности должно влиять на степень полимеризации кремнеалюмоокислородных анионов в растворе и является одним из факторов формирования того или иного типа цеолита.

Наименьшие преснижения для цеолита соответствующего структурного типа приводит к его двойникованию, расщеплению кристаллов и росту сферролитов, что, видимо, связано с входением примесей.

ИХС АН СССР,  
г. Ленинград

## ПАРАМЕТРЫ ЦЕОЛИТИЗАЦИИ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ КАМЧАТКИ

Среди продуктов гидротермального метаморфизма пород современных гидротермальных систем минералы группы цеолитов занимают одно из ведущих мест. Особенно широко процесс цеолитизации развит в хорошо проницаемых вулканогенных отложениях, представленных псефитовыми пеплово-пемзовыми туфами.

Для изучения условий современного гидротермального минералообразования эталонные образцы неизмененных базальтов, андезитов, дацита, пемзы, обсидиана и ряда монокристаллов минералов опускались в геотермальные скважины /на Паужетском, Больше-Банном и Средне-Паратунском месторождениях гидротерм/ и выдерживались на глубине 30-320 м в широком диапазоне температуры и ионно-солевого состава природных растворов от 2 до 12 месяцев.

Анализ новообразованных минеральных фаз позволил получить материал по условиям кристаллизации некоторых цеолитов. Установлен довольно узкий интервал условий цеолитизации по кислотности-щелочности растворов. Для полученных в наших экспериментах цеолитов /ломонтит, анальцит, вайрацит, морденит, шабазит, натролит/ он укладывается в pH 6,0-8,0. Температурный интервал наблюдаемого нами цеолитообразования охватывает зону 86-190°C. Наиболее интенсивно цеолитизация протекает в интервале 100-175°C.

Состав исходных пород в известной мере корректирует состав цеолитов. Так, по кислым разностям пород развиваются главным образом морденит и вайрацит. По основным - шабазит. Ломонтит, натролит, анальцит индифферентны к составу исходных пород. Не обнаружено также и четкой корреляции состава цеолитов с составом термальных растворов. Подмечено лишь большее разнообразие цеолитов на месторождениях высокотемпературных хлоридно-нитратных терм.

ИВ ДВНЦ АН СССР,  
г. Петропавловск-Камчатский

О СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ АМОРФНОГО БИОХЕМОГЕННОГО  $\text{SiO}_2$  И ГЕНЕЗИСЕ ОКОФОРД-ПАЛЪОЦЕНОВЫХ ЦЕОЛИТОВ ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ /НА ПРИМЕРЕ БССР И СОСЕДНИХ РЕГИОНОВ/

В описываемых существенно /до 50%/ опал-кristобалитовых породах генезис осадочных цеолитов гейландитовой группы тесно связан с монокрипными превращениями /перекристаллизацией/ аморфного биохемогенного  $\text{SiO}_2$  в результате перестройки структуры AI-кristобалита. В его элементарной ячейке в отличие от чистого /без алюмоксилородных тетраэдров/ кристобалита содержится от 1 до 3 произвольно расположенных тетраэдров  $\text{AlO}_4$ , свободный отрицательный заряд которых скомпенсирован ионами  $\text{Na}^+$ , тормозящими переход его в калцедон /кварц/. Этот AI-кristобалит способен к захвату еще одного дополнительного алюмоксилородного тетраэдра на стыке 2-х ячеек, обуславливающему перестройку структуры из трехслойной кристобалитовой в двухслойную цеолитовую. В результате кристобалитовый радикал  $[\text{Si}_{12}\text{O}_{24}]$  превращается в богатый  $\text{SiO}_2$  цеолитовый радикал  $[\text{Si}_8\text{AlO}_{16}]^-$ . Это происходит при  $\text{Si}/\text{Al}=9$ , которое можно считать границей между щелочным AI-кristобалитом и богатым  $\text{SiO}_2$  щелочным клиноптилолитом.

Структурной особенностью последнего является максимально плотная упаковка алюмокремнексилородных тетраэдров, в которой фиксируются рентгенометрически в основном лишь 4 и 5 членные кольца, параллельные плоскости /OIO/, т.е. жесткие сферические /-I/ места, занятые  $\text{Na}^+$ . Это типичный Na-клиноптилолит со средним соотношением  $\text{Si}/\text{Al}=4$  и минимальным количеством воды, тесно связанный с каркасом и  $\text{Na}^+$ , и еще неупорядоченной структурой по  $\text{Al}^{3+}$ . С увеличением содержания  $\text{Al}^{3+}$  в решетке / $\text{Si}/\text{Al}$  в среднем около 5/ расположение тетраэдров  $\text{AlO}_4$  в каркасе становится упорядоченным и появляются двоянные /-I/ и даже шестичленные /-2/ места, занятые молекулами воды. Это ведет к повышению гидра-

тарованности анионного субстрата и появлению в нем двухвалентных ионов Са, тяготеющих обычно к двоянным /-I/ местам.

Дальнейшее увеличение числа тетраэдров  $AlO_4$  в каркасе ведет к превращению высококремнистого клиноптилолита с начала в типичный /Si/Al в целом около 5/ клиноптилолит-Na, K/4Ca[Si<sub>30</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>72</sub>], а затем /Si/Al около 4/ в бедный SiO<sub>2</sub> Са-клиноптилолит-Na, K/Ca<sub>3</sub>[Si<sub>29</sub>Al<sub>7</sub>O<sub>72</sub>]. Цеолиты, содержащиеся в структуре от 7,5 до 10,8% ионов Al, относятся уже к Са гейландиту, при этом в зависимости от количества тетраэдров  $AlO_4$  в каркасе последний четко делится на богатую SiO<sub>2</sub>/Ca<sub>4</sub>[Si<sub>28</sub>Al<sub>8</sub>O<sub>72</sub>]/, обычную /Ca<sub>4,5</sub>[Si<sub>27</sub>Al<sub>9</sub>O<sub>72</sub>]/ и бедную SiO<sub>2</sub>/Ca<sub>5</sub>[Si<sub>26</sub>Al<sub>10</sub>O<sub>72</sub>]/ разновидности. Соотношение Si/Al в них составляет в среднем 3,5; 3 и 2,5 соответственно.

По мере дальнейшего увеличения Al в каркасе гейландит преобразуется сначала в филлипсит, имеющий Si/Al в среднем 2-/K<sub>2</sub>Ca/6[Si<sub>24</sub>Al<sub>12</sub>O<sub>72</sub>], а затем - в сколецит/Ca<sub>7</sub>[Si<sub>22</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>72</sub>] с Si/Al=1,5

Таким образом имеется четкий непрерывный изовалентный ряд превращения аморфного SiO<sub>2</sub> через моноклинные цеолиты гейландитовой группы в филлипсит и сколецит. Приводится радикальный анализ списываемых цеолитов. Показано, что появление цеолитов - результат закономерной постепенной замены тетраэдров SiO<sub>4</sub> тетраэдрами  $AlO_4$  в богатой Са<sup>2+</sup> щелочной среде, а гетеровалентный катионный изоморфизм отражает геохимические особенности диagenеза и состав поровых растворов вмещающих пород.

Обсуждается влияние Al на технологические свойства опал-кristобалит-цеолитового сырья.

КОМПЛ. ГОРНО-ГЕОЛ. ПАРТИЯ  
МПСМ БССР, БЕЛНИГРИ,  
г. Минск

Определены фазовые составы и содержание цеолитов методом количественного анализа из известным и вновь выявленных месторождений и проявлений цеолитсодержащих пород Азерб.ССР.

Исследованы влияния ряда факторов – концентрации растворителей, температуры, давления и времени кристаллизации на фазовые превращения цеолитсодержащих пород в гидротермальных условиях. На основе пород содержащих анальцим, ломонит и морденит синтезированы цеолиты с практически ценными свойствами. Установлена корреляция между термодинамическими параметрами  $P \cdot T$ , концентрацией растворителя и плотностью каркасов полученных цеолитов.

Изучены ионообменные свойства пород, содержащих клиноптилолит, морденит, гейландит.

Используя высокотемпературную приставку на рентгеновском дифрактометре исследованы промежуточные фазы в процессе дегидратации цеолитов. Этим же методом исследованы устойчивости каркасов цеолитов в зависимости от характера обменного катиона. Установлена корреляция между ионным радиусом, зарядом и количеством  $H_2O$  и температурой деструкции морденита в туфе.

На автоматическом дифрактометре уточнена кристаллическая структура и симметрия томсонита  $-Na_2Ca_4 Al_{10} Si_{10} O_{40} \cdot 12H_2O/a=13,122, b=13,077, c=6,621 \text{ \AA}$ , пр. гр.  $R_{6mm}$ . Установлено, что псевдопериод вдоль оси  $c$  возникает вследствие статического замещения натрия кальцием в восьмивершиннике, пр. группы в этом случае  $R_{6cp}$ .

В свете новых расшифрованных и уточненных кристаллических структур пересмотрена предложенная нами ранее кристаллохимическая классификация цеолитов.

Введены гипотетические каркасы родственные  $W$ - и  $Z$ -каркасам, осуществление синтеза которых с кристаллохимической точки зрения является вполне вероятным.

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ ЦЕОЛИТОВ  
ОСНОВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР

Проведено рентгенографическое исследование процессов термического преобразования клиноптилолитов и морденитов 8-ми месторождений цеолитового сырья Закавказья, Закарпатья и Крыма в интервале 400–800°C. Клиноптилолитовые минералы, характеризуются прогрессивной аморфизацией, начиная с 400°C, ход которой оценивался по уменьшению интегральных интенсивностей дифракционных максимумов. Термическая устойчивость клиноптилолитов из разных месторождений неодинакова – наименьшая у цеолита из Дзегви/Грузия/, наибольшая – у цеолита из Крайниково /Закарпатье/ и является функцией состава катионного обменного комплекса и совершенства структуры исходного материала. Для оценки степени структурной упорядоченности клиноптилолитов предложено использовать характер разрешения интенсивного дублета 400, 330–42Г. Уменьшение параметра  $\delta_0$  в ходе нагревания не показывает возникновения самостоятельных высокотемпературных фаз и может быть предположительно интерпретировано на основе структурной модели с селективным распределением обменных одно- и двухвалентных катионов по двумерным системам каналов. Мордениты являются более термоустойчивыми, чем клиноптилолиты и мало изменяются в интервале до 700°C.

ВНИИГЕОЛНЕРУД,  
г.Казань

ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ КЛИНОПТИЛОЛИТА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР

Данные о термической устойчивости пригодных цеолитов имеют важное значение для определения возможности их использования в качестве адсорбентов и катализаторов.

Исследование зависимости сорбции паров  $H_2O$  на клиноптилолитах из месторождений Закавказья и Закарпатья от температуры дегидратации позволило установить оптимальные режимы их активации и определить пределы термостабильности /таблица/.

Месторождение	Особенности состава	Максимальная ёмкость по парам $H_2O$ при $p/p_s = 0,42$ $\frac{a \text{ ммоль}}{g}$	Ёмкость по парам $H_2O$ после активации при 200-300 $\frac{a \text{ ммоль}}{g}$	Предел термостабильности $^{\circ}C$
Сокирница	$SiO_2/Al_2O_3 = 9,8$ $K + Na > Ca + Mg$	5,8	5,6	750
Хекордзула	$SiO_2/Al_2O_3 = 8,0$ $Na + K > Ca + Mg$	8,1	7,8	650
Ай-Даг	$SiO_2/Al_2O_3 = 9,8$ $Na + K > Ca + Mg$	7,1	6,7	600
Новый Кохоб	$SiO_2/Al_2O_3 = 8,4$ $Ca + Mg > Na + K$	7,0	6,7	500
Тедзами	$SiO_2/Al_2O_3 = 7,7$ $Ca + Mg > Na + K$	8,2	8,0	450

В качестве характеристики термостабильности выбрана температура трехчасовой термической обработки цеолита, после которой адсорбционная и ионообменная ёмкости уменьшаются ~ на 50%, а на дифрактограмме наблюдаются только диффузные отражения. Полученные данные подтверждают представления о влиянии природы обменного катиона и отношения  $SiO_2/Al_2O_3$  на устойчивость кристаллической структуры клиноптилолита /Челищев, Беренштейн, 1974/. Оптимальная тем-

пература термической активации для всех исследованных образцов ниже, чем у синтетических цеолитов, и практически одинакова /200-300<sup>0</sup>C/. Однако пределы термоустойчивости заметно отличаются. Это позволяет расположить клиноптилолиты из изученных месторождений в следующий ряд возрастающей термоустойчивости: Солярница > Хекордаула > Ай-Даг > Новый Кохб > Тадеами.

ИМГРЭ,  
г. Москва

К МЕТОДИКЕ АНАЛИЗА УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОЛИЦЕОЛИТОВЫХ ПОРОД

1. Количественный фазовый рентгеноанализ клиноптилолит-морденитовых и клиноптилолитовых пород Закарпатья нередко показывает существенные содержания рентгеноаморфной фазы, относимой аналитиками к опалу, кристобалиту либо к рентгеноаморфному цеолиту.

2. Минералого-петрографические исследования, электронно-микроскопические, химические данные и определения сорбционной ёмкости показывают, что рентгеноаморфная фаза является ультратонкодисперсным и плохо окристаллизованным цеолитом.

3. С помощью комплекса этих методик выявлены уникально богатые клиноптилолит-морденитовые породы с содержанием цеолитов 92-98%, адсорбционные свойства которых аналогичны синтетическому мордениту, поэтому корректировка рентгеновских данных в подобных случаях обязательна.

ВГЭ М. УССР, г.Берегово

ПРИМЕНЕНИЕ ДИЛАТОМЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЦЕОЛИТОВ

Для диагностики и изучения термических превращений в цеолитах широко используется метод дифференциального термического анализа /ДТА/. Однако, в связи с тем, что теплоты твердофазных превращений относительно малы и часто перекрываются на кривых ДТА широкими, энергоёмкими эндотермическими эффектами дегидратации, применение данного метода бывает затруднено. По этой причине авторами, наряду с методом ДТА, применялся метод измерения изменений размеров образца при изменении температуры/кривые дилатации ТД и их производные ДТД/.

Измерения проводились на дериватографе ОД-102 со стандартной приставкой для высокотемпературной дилатометрии /С-1000°С/ и низкотемпературным криостатом /0+-150°С/ оригинальной конструкции. Разработана методика приготовления образцов для дилатометрии прессованием порошков без каких-либо связующих добавок во фторопластовой пленке в однородные, достаточно прочные коаксиальные цилиндры.

Установлено, что нагревание образцов сопровождается значительными объёмными изменениями, отражающими сложную и специфичную кинетику сжатия и расширения цеолитов при образовании метегидратов и метофаз. Особенно характерно это для волокнистых и пластинчатых цеолитов. Специфична кинетика изменения размеров образца при аморфизации и перекристаллизация цеолита. Изучение монокристаллических образцов показало существенные отличия кинетики удлинения - сжатия в разных кристаллографических направлениях кристаллов цеолитов.

Таким образом, дилатометрические кривые /ТД, ДТД/ цеолитов обладают высокой индивидуальностью и могут успешно использоваться для целей диагностики даже в случае значительной близости свойств /например, стильбит и стеллерит/. Предлагается классификация цеолитов по характеру "жесткости-эластичности" их /Al, Si / - O каркасов при нагревании.

## ОБРАЗОВАНИЕ ЛОМОНТИТА И ПРОБЛЕМА ГИДРОКАРБОНАТНЫХ НАТРИЕВЫХ ВОД

Существующие представления о механизмах образования гидрокарбонатных натриевых вод /катионный обмен, углекислотное выщелачивание полевошпатовых минералов и ряд других/ не объясняют высоких концентраций в подземных водах ионов  $Na^+$  и  $HCO_3^-$ .

Процесс ломонтитизации в оптимальных условиях температуры, давления, содержания  $Na-Ca$  плагиоклазов и карбонатов может способствовать значительному росту концентрации  $HCO_3^-$  и  $Na^+$ . Предел концентрирования этих компонентов регулируется карбонатным равновесием и равновесным состоянием ломонтит-альбит.

Предложенный механизм образования высоких концентраций гидрокарбонатных натриевых вод при ломонтитизации может найти развитие и в других геологических процессах: в частности, в более глубоких зонах при объяснении участия содовых компонентов в карбонатитах, а в случаях наложения аномальных геотермических условий - при объяснении проявлений содового вулканизма.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

## ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИДРАТАЦИИ НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ

Измерены интегральные энтальпии сорбции  $H_2O$  представителями трех основных кристаллохимических типов природных цеолитов /волоконистого, пластинчатого, изометричного/: натролитом/Хибинь/, клиноптилолитом/Дзегви, Гр. ССР/ и эрионитом/Шурдо, Гр. ССР/ в зависимости от содержания в них  $H_2O$ .

Для натролита установлено, что при комнатной температуре его каркас не может содержать менее 4вес. %  $H_2O$ . При среднем содержании  $H_2O$  менее 4вес. % образец натролита представляет собой равновесную смесь двух фаз:  $\alpha$ -метанатролита/безводного натролита/и натролита содержащего 4вес.  $H_2O$ . Так как окружение молекул  $H_2O$  в натролите сохраняется при любом содержании воды энтальпия сорбции  $H_2O$  для натролита со средним содержанием воды менее 4вес. % может быть разделена на две составляющие: энтальпия сорбции собственно молекул  $H_2O$  в каркасе натролита/  $-106$  кдж/моль  $H_2O^{gas}$ / и энтальпия перестройки каркаса  $\alpha$ -метанатролита в натролит /  $18$  кдж/моль  $\alpha$ -метанатролита/.

Измерение теплот регидратации эрионита показало, что при содержании в нем воды от 0 до 3вес. %/около 4,5 мол. эл. ячейку/молекулы  $H_2O$  занимает в каркасе эрионита энергетически близкие положения с дифференциальной энтальпией сорбции  $\Delta H_{диф.} = -93$  кдж/моль  $H_2O^{gas}$ . Большинство остальных молекул  $H_2O$  распределены в полостях каркаса, по-видимому, статистически и дают относительно низкие значения  $\Delta H_{диф.}$  в интервале от  $-70$  до  $-55$  кдж/моль  $H_2O^{gas}$ .

Для клиноптилолита кривая зависимости интегральной энтальпии регидратации от содержания  $H_2O$  может быть разделена на три интервала: 0-3вес. %  $H_2O$ /  $\Delta H_{диф.} = 106$  кдж/моль  $H_2O^{gas}$ / 3-9вес. %  $H_2O$ /  $\Delta H_{диф.}$  находится в интервале 80-70 кдж/моль  $H_2O^{gas}$ / и от 9вес. %  $H_2O$  до полной гидратации/  $\Delta H_{диф.}$  плавно уменьшается до нуля, с некоторым ускорением к точке соответствующей полной гидратации/. Некоторые особенности полученной кривой объясняются известными структурными данными.

ИГиГ СО АН СССР, г. Новосибирск

Г.Р.Булка, Е.К.Варфоломеева, В.М.Винокуров, В.В.Власов, Б.Ф.Грбачев, В.Д.Шепкин

## КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОГРАФИИ, ЭПР, ЯМР И ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Методами ЭПР, ЯМР ИК-спектроскопии и рентгенографии исследованы природные и катионнозамещенные образцы цеолитов месторождений Дзегви, Айдаг, Ноемберян, Морденитовое, Сокирница, Водица, Крайниково, Карадаг. Установлено, что наиболее четко вариации в составе обменного комплекса проявляются в спектрах ЭПР, изменении интенсивности рентгеновских рефлексов, оптической плотности полосы ИК-поглощения при  $610\text{см}^{-1}$ . Все это позволило применить для оценки степени кристалличности как отношение интенсивностей аналитических рентгеновских рефлексов, так и отношение оптических плотностей полосы  $610\text{см}^{-1}$  цеолита и полос  $470$  и  $800\text{см}^{-1}$  аморфной фазы кремнезема. Рентгеновские данные и соотношение оптических плотностей полос при  $3630$  и  $3440\text{см}^{-1}$  использовано для оценки степени дегидроксилирования.

Основываясь на результатах этих исследований определены погрешности количественных определений цеолитовой фазы в природных образцах методами рентгенографии и ЯМР. Метод импульсной ЯМР-спектроскопии применен также для исследования термостабильности анализируемых образцов и неэквивалентности состояния водных молекул в каналах структуры цеолита. Возможность аналогичной кристаллохимической неэквивалентности катионов в структуре установлена по спектрам ЭПР ионов  $\text{Si}^{2+}$ .

Экспериментальные результаты комплексного исследования применены для сопоставления некоторых технологических свойств исследованных образцов.

КТУ, ВНИИГЕОЛНЕРУД МИНГЕО СССР,  
г.Казань

С.И.Давидович, Ч.Г.Прохоров, Н.П.Миценкова

## К МЕТОДИКЕ ВЫДЕЛЕНИЯ МОРДЕНИТА ИЗ ТРАССОВ КАРАДАГА

Разработана методика выделения монофракций морденита, обуславливающего специфические свойства карадагского трасса.

Минеральный состав крымских трассов отличается сложностью и непостоянством. В составе трассов в разных количествах присутствуют морденит (0-78%), кварц (5-40%), анальцит, андезин, лабрадор, глаукоцит (седадонит), монтмориллонит (0-50%), биотит, хлорит, опал, халцедон и роговая обманка.

Морденит представлен в породе тонкодисперсными микроагрегатами: сферолитами. Размеры последних до 0,08мм. Основная масса зерен морденита замещена седадонитом и монтмориллонитом.

Трудности выделения монофракции морденита из трассов обусловлены тонкой дисперсностью породообразующих минералов, их тесным сростанием и прорастанием, близостью плотностных характеристик, сложностью диагностики тонкодисперсных минералов в полиминеральной породе, а также отсутствием надежного и экспрессного метода контроля чистоты продуктов выделения.

Предложенная методика выделения морденита включает дробление исходного материала до 0,1мм, отмывку частиц меньше 0,01мм, электромагнитную сепарацию класса 45-50 микрон и доочистку неэлектромагнитной фракции на центрифуге волчкового типа полунепрерывного действия в бромформе

со спиртом.

В продукте плотностью меньше  $2,03 \text{ г/см}^3$  получена мономинеральная фракция игольчатых и метрических зерен морденита. Агрегаты зерен морденита из сферолитовых образований получены в продукте плотностью  $2,031-2,041 \text{ г/см}^3$ .

Контроль мономинеральных фракций осуществлялся кристаллооптическим, ИК-спектроскопическим и рентгенографическим методами. Показана возможность успешного применения ИКС метода для экспрессного контроля продуктов разделения.

ИИР,  
г.Симферополь

И.А.Белицкий, И.В.Дробот, Г.П.Валуева, Т.В.Батишвили  
ЭКСПРЕССНЫЕ МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО  
СОДЕРЖАНИЯ ЦЕОЛИТОВ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Сравнение известных методов анализа содержания цеолитов в горных породах/ионнообменный, сорбционный, рентген/свидетельствует о значительных преимуществах при экспрессных определениях большого количества проб, способа предложенного А.Кульфазом и др., основанного на измерении подъема температуры  $\Delta T$  воды при гидратации погруженного в нее, предварительно обезвоженного нагреванием и затем охлажденного без доступа воздуха, образца и сравнения полученных величин  $\Delta T$  с данными калибровочных графиков зависимости  $\Delta T$  от процентного содержания цеолита в эталоне.

Предлагаются два варианта портативных цеолитных лабораторий для полевого /ИЦЛ-1/ и лабораторного /ИЦЛ-2/ анализа содержания цеолитов в горных породах, техническое оформление которых обеспечило стандартизацию всех операций анализа, определяющих необходимую воспроизводимость результатов. Разработана методика оценки статистической надежности результатов определения содержания цеолитов с помощью предлагаемых лабораторий.

Установлено, что величины подъема температуры воды  $\Delta T$ , при регидратации образцов с различным содержанием  $H_2O$ , хорошо согласуются с теплотами их регидратации полученными на микрокалориметре Кальве.

Показана возможность диагностики мономинеральных цеолитов по кривым зависимости  $\Delta T$  от температуры их дегидратации.

ИГ и Г СО АН СССР,  
г.Новосибирск

М.В.Эйриш, Э.Н.Эйриш, Н.В.Лепешинская  
МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОНТМО-  
РИЛЛОНИТОВОГО КОМПОНЕНТА ЦЕОЛИТОВ

Монтмориллонит является компонентом многих природных цеолитов в форме самостоятельного минерала или смешанно-слоистых образований. Широкие вариации его содержания, малые размеры глинистых частиц, прочно сцементированных с минералами цеолитовой породы, затрудняют анализ цеолитов и их разделение. Для выделения цеолитовых минералов и концентрированных монтмориллонитовых фракций разработаны специальные методики, включающие и контроль за содержанием монтмориллонита.

Рациональный путь отделения частиц монтмориллонита от минералов-цеолитов (клиноптилолита и морденита) — ультразвуковая обработка водных или водно-солевых суспензий природных образцов с последующей тепловой обработкой и центрифугированием. Используя различную устойчивость взвесей глинистых частиц и цеолитов, выделены четыре фракции: две более тяжелые, преимущественно цеолитовые без примеси монтмориллонита, третья — смешанная и четвертая — с преобладанием монтмориллонита. Методики проверены на образцах цеолитов пяти месторождений с содержанием монтмориллонитового компонента в исходной пробе от следовых количеств до 10–12%. Определение содержания монтмориллонита проводилось на навесках 10 мг экспресс-методом адсорбционного люминесцентного анализа (Иван.АН Каз.ССР, 1975, 14, стр.82) на всех этапах: в суспензии исходного цеолита, после ультразвуковой и солевой обработок, в цеолитовых фракциях в процессе их отмывки и в глинистых фракциях. Чувствительность определений не менее 2% монтмориллонита.

Условия выделения фракций цеолитов необходимой чистоты заметно различались для проб изученных месторождений.

ВНИИГЕОЛНЕФУД,  
г.Казань

РЕНТГЕНОМЕТРИЯ АЛЬБ-МАССТРИХТСКИХ ЦЕОЛИТОВ ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ /НА ПРИМЕРЕ БССР И СОСЕДНИХ РЕГИОНОВ/

Комплексными детальными рентгеноструктурными и другими исследованиями установлено, что описываемые осадочно-диагнетические цеолиты характеризуются родственными параметрами кристаллической ячейки и относятся к гейландитовой группе /гейландита-клиноптилолита/. Среди них выделено несколько структурных модификаций, близких к типичному клиноптилолиту, кальциевому клиноптилолиту, богатому  $\text{SiO}_2$ , щелочному гейландиту, богатому  $\text{SiO}_2$ , кальциевому гейландиту, типичному Са-гейландиту и промежуточные разновидности. Неидентичность рентгенограмм свидетельствует о различиях цеолитов из разных пород. Они определяются количеством пятых, шестых и восьмерных тетраэдрических колец в их структуре, обусловленных числом тетраэдров  $\text{AlO}_4$  в решетке каждой разновидности. Эти модификации приурочены к определенным разновидностям пород и отличаются главным образом устойчивостью при прокаливании до  $600^\circ\text{C}$  и выше, а также относительной интенсивностью рефлексов, что свидетельствует о широком изоморфизме обменных катионов, отличиях в положении их /и соответственно молекул  $\text{H}_2\text{O}$ / в каркасе цеолитов из разных пород.

Так, например, близкие к типичному /термически устойчивому до  $600-700^\circ\text{C}$ / клиноптилолиту цеолиты из слабо карбонатных и /или/ глинистых силицитов дают устойчивые рефлексы, не изменяющиеся в препаратах, прокаленных до  $600^\circ$ . Рентгенограммы цеолитов, близких по структуре к кальциевому клиноптилолиту, характеризуются рефлексами, интенсивность которых сильно уменьшается при прокаливании. Эти цеолиты, разрушающиеся около  $500-600^\circ$ , наиболее типичны для смешанных глинисто-карбонатных опал-цеолитовых образований. Встречены в низах чистого туронского мела /в Брянской области на р.Лугань у с.Стенное и др./, реже в нижнеконьякском меле.

Богатые  $\text{SiO}_2$  щелочные гейландиты, дающие рефлексы, не

изменяющиеся при прокаливании до 400–500°С, доминируют в карбонатных и кремнистых прибрежных, реже глинисто- и слюдясто-песчаных альб-нижнесеноманских и сантонских отложениях /Калужской области и др./ и почти не встречаются в низкокарбонатных силицитах эпинеритовой зоны шельфа. Эта модификация распространена ограниченно.

Среди термически неустойчивых цеолитов выделяются 2 разновидности. Рентгеноструктурные особенности их близки к предыдущей группе. Богатый  $\text{SiO}_2$  Са-гейландит при 260° переходит в  $\beta$ -гейландит, а при 350° становится аморфным.

БЕЛНИГРИ, КОМП. ГОРНО-ГЕОЛ.  
ПАРТИЯ МПСМ БССР,  
г. Минск

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ КЛИНОПТИЛОЛИТ-  
-МОРДЕНИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ

1. Клиноптилолит-морденитовая минерализация установлена в областях современного и палеовулканического режима /Камчатка, Скотско-Чукотский вулканический пояс, Забайкалье, Закавказье, Крым/. В большинстве случаев образование этой ассоциации связано с циркуляцией трещинных и поровых термальных вод в зоне температурного поля остывшего вулканического очага. Гидротермы могут быть аутометаморфогенного и метаморфогенного происхождения.

2. Цеолитовая минерализация имеет локальное и площадное распространение. К локальному типу относятся зоны минерализации, окаймляющие штокообразные приповерхностные тела и купола, а также трещинные линейные и кольцевые тела. Тела и зоны площадного распространения имеют форму блоков и пластов. Блоковые гидротермальные структуры обычно формируются в пределах вулканотектонических депрессий. Пластовые тела образуются в результате избирательного замещения витрокластических пород и в ряде случаев не имеют пространственной связи с конкретным вулканическим очагом /Солотвинская впадина в Закарпатье/.

3. Клиноптилолит и морденит обычно образуются совместно при низких температурах и давлениях. Мономинеральные или близкие к мономинеральным клиноптилолитовые или морденитовые породы встречаются значительно реже /Ягоднинское цеолитовое поле на Камчатке, Холанское проявление цеолитов, Забайкалье/. Клиноптилолит образуется из растворов, рН которых близко к нейтральному, морденит из растворов несколько повышенной щелочности.

4. В преобладающем большинстве случаев клиноптилолит и морденит образуются за счет изменения кислого и среднего вулканического стекла. Минералообразование осуществляется в следующей последовательности: гидратация стекла -- клиноптилолит -- морденит. Характерна ассоциация цеолитов с минералами группы монтмориллонита.

ВЫСОКОКРЕМНИСТЫЕ ЦЕОЛИТЫ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ НА КАМЧАТКЕ

1. Образование высококремнистых цеолитов является одной из характерных особенностей гидротермальной переработки вулканитов в недрах гидротермальных систем и на выходах термальных источников Камчатки и Курильских островов.

2. Формированию промышленных отложений цеолитов способствует кислый состав туфов, состоящих главным образом из легко цеолитизирующегося вулканического стекла; пониженные фильтрационные свойства пеплово-пемзовых туфов; геологические условия их залегания.

3. В Долине Гейзеров выделяются два главных минеральных вида высококремнистых цеолитов—клиноптилолит и морденит. Клиноптилолит развивается в основном по породе, что приводит к образованию клиноптилолитового метасоматита /содержание клиноптилолита доходит до 95%. Морденит является трещинно-поровым минералом.

4. Среди разновидностей клиноптилолита выделяются: 1/преимущественно натриевые; 2/натриево-кальциевые; 3/кальцево-кальциевые. Морденит наиболее богат натрием.

5. Натриево-кальцево-кальциевый состав метасоматического клиноптилолита определяется составом исходного туфа дацита.

6. Высокое содержание натрия в мордените, отложившемся в пустотах и трещинах отражает их хемогенно-осадочное происхождение в среде трещинных растворов, богатых натрием.

7. Отмечается большое сходство в содержании кремнезема и алюминия, определяющих величину объемной ёмкости для высококремнистых цеолитов Долины Гейзеров с Кавказскими, Среднеазиатскими и Гектор в Калифорнии.

8. Туфы, замещаемые высококремнистыми цеолитами, составляют закономерную метасоматическую фацию современной пропилитовой формации в недрах гидротермальных систем типа Долины Гейзеров.

9. Молодые высококремнистые цеолиты Долины Гейзеров имеют промышленное значение, в условиях их формирования мо-

гут служить моделью подобного типа месторождений.

ИВ ДВНЦ АН СССР,  
г. Петропавловск-Камчатский

## ФИЛЛИПСИТ В ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АХАЛЦИХСКОГО РАЙОНА, /ЗАКАВКАЗЬ/

В вулканогенно-осадочных отложениях СССР в последнее десятилетие обнаружены десятки местонахождений и микрокристаллических цеолитов, образовавшихся за счет изменения, в основном, пирокластического материала. Минералогически они представлены клиноптилолитом, реже анальцитом или мордениитом. Пока единственным для СССР исключением являются цеолиты в слоистой туфогенной свите верхнего эоцена, распространенной в Ахалцихском районе Закавказья. Кроме высококальциевого клиноптилолита и анальцита среди цеолитов здесь довольно широко распространен филлипсит.

Филлипсит в качестве мономинерального компонента или в смеси с клиноптилолитом составляет пластобразные тела мощностью до 10 м. Содержание его в породе достигает 85-90%. Идентифицировался он на основании рентгеноструктурного анализа по характерным рефлексам 3,17; 7,05; 3,25; 5,02; 4,08; 2,94 Å и дополнительно по данным изучения шлифов, термического анализа и других физико-химических методов. Образует аналогичные клиноптилолиту и анальциту микрокристаллические агрегаты, образовавшиеся по осколкам вулканического стекла, реликты которых достаточно четко наблюдаются в некоторых шлифах под микроскопом. Разрушается при нагревании до 300-350°C. Характеризуется более высокими адсорбционной емкостью по воде и суммой обменных катионов, чем клиноптилолит. По отношению  $SiO_2:Al_2O_3$  отвечает образцам филлипсита, описанным в литературе. Среди катионов преобладают натрий и калий.

ВНИИТЕОЛНЕРУД,  
г. Кавань

НАХОДКА КИСМОНДИНА В ЦЕОЛИТИЗИРОВАННЫХ НЕОГЕНОВЫХ  
ТУФАХ ЗАКАРПАТСКОГО ПРОГИБА

Кисмондин, цеолит группы феллипсита, относится к редко встречающимся минералам. Его находки известны в Италии, США и на Гавайях.

Кисмондин обнаружен в миоценовых цеолитоносных туфах кислого состава Закарпатского прогиба, около сел Данилово и Сокирница.

Минерал замещает обломки вулканического стекла и тонкую пепловую связующую массу, а также выполняет межпоровые пустотки. Под микроскопом он представляет собой призмы, удлинённые или не совсем правильные ромбики, шестигранные срезы величиной до 0,075 мм в длину. Показатель преломления у кисмондина 1,540–1,535. В ромбовидных срезах наблюдается двойниковое строение. Двойники и сростки погасают неодинаково. По отношению к острым вершинам ромба угол погасания составляет 90° или 5°, причем погасание охватывает одну из половин двойника или 2/4 части сростка.  $n_g - n_p = 0,008 - 0,010$ . Диагностика кисмондина подтверждается другими методами анализа.

Кисмондин распространён в туфах неравномерно, содержание его в общей массе не превышает 0,5–1%, он встречается в ассоциации с клиноптилолитом, морденитом, анальцимом и является, по-видимому, продуктом наложенного метасоматического процесса.

ВНИИТЕОДНЕРУД,  
г. Казань

## ЦЕОЛИТЫ В КОНТАКТОВО-РЕАКЦИОННЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ, СВЯЗАННЫХ С ГИПЕРЕАЗИТАМИ, /СЕВЕРНЫЙ САХАЛИН/

Рассматриваются проявления цеолитов, связанные с родингитами в мезозойском офиолитовом комплексе п-ва Шмидта, /Северный Сахалин/.

Цеолиты слагают внешние слои зонально построенных родингитовых тел и прожилки, пересекающие эти тела. Представлены минералами группы натролита /натролит, томсонит/ и анальцима /анальцим/. Слои, непосредственно соприкасающиеся с серпентинитами сложены, по данным изучения микроанализатором Самеса MS-46, чистым без примеси калия и кальция структурно упорядоченным анальцимом, который по направлению к внутренним зонам родингитов замещает ранее сформированный натролит.

Предполагается, что образование цеолитов шло в завершающую стадию контактово-реакционных процессов, приведших к формированию родингитов и было связано с проявлением контактово-инфильтрационного метасоматоза в тектонически ослабленной зоне. Зональное распределение цеолитов объясняется изменением концентрации  $SiO_2$  в растворах. Повышение концентрации  $SiO_2$ , извлекаемого из исходной породы в результате метасоматической десиликации, непосредственно у контакта с рассланцованными серпентинитами, служившими своего рода экраном, способствовали формированию наиболее богатого  $SiO_2$  цеолита-анальцима. Одновременно шло отложение тонкораспыленного магнетита. Здесь же наблюдаются проявления самородного золота.

В трещинах и брекчированных зонах слабо измененных исходных пород, из которых в процессе инфильтрации растворов возможен был дополнительный вынос  $SiO_2$ , образовался альбит, в то время, как в десилицированных родингитах в этих условиях отложился анальцим.

Источниками компонентов, необходимых для формирования цеолитов служили исходные для родингитизации основные породы /роговообманковое габбро, слескартит/.

Наиболее активно во внешние зоны к серпентинитовому "экрану" выносились  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{SiO}_2$ , несколько отставал вынос  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Во внутренних зонах происходило относительное накопление  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; формировались гранат-пренит-хлоритовые слои.  $\text{K}_2\text{O}$ , извлекаемый из роговой обманки исходной породы, связывался в минеральные соединения с  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$  с образованием в промежуточных зонах чисто калиевого цеолита /калиевый анальцим?/ и мусковита. Температура формирования цеолитовых слоев оценивается интервалом 350-150°.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

ЦЕОЛИТЫ И ПРОЦЕСС ЦЕОЛИТИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПОРОД ОБИОЛИТОВОЙ  
ФОРМАЦИИ МАЛОГО КAVКАЗА /АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ ССР/

В связи с важной практической значимостью цеолитов всесторонние исследования их становятся вполне актуальной задачей.

Цеолиты в Азербайджане широко распространены в различных геолого-тектонических структурах среди осадочного, вулканогенного и магматического комплекса пород. Данные по ним позволяют выделить целые цеолитовые зоны, нередко имеющие практическое значение. Если цеолиты, связанные с вулканогенно-осадочными и вулканогенными образованиями широко освещены в геологической литературе, то этого нельзя сказать о цеолитах, генетически связанных с магматическими породами, в особенности, с цеолитах, образовавшихся по габброидам. Подобные цеолиты впервые нами обнаружены в бассейнах р. Тертер и Левчай Северо-Акеринской тектоно-магматической зоны и детально охарактеризованы. Площади выходов цеолитоносных габбро достигают 16-18 км<sup>2</sup>. Вмещающими отложениями габброидов являются меловые вулканогенно-осадочные и осадочные образования. Цеолиты представлены ломонитом, леонгардитом, а также в смеси друг с другом и др.; встречаются тонкими прожилками, налетами, гнездами, сыпучими и порошковидными агрегатами. Содержание цеолитов в породе колеблется от 30-50%. Размер прожилков колеблется от нескольких мм до 3-5 см, иногда достигая 10-15 см. Сопутствующими минералами являются плагиоклазы, пироксены и кварц. Детально изучены химизм, термические, рентгенометрические особенности цеолитов. Для них получены ИК-спектры. По условиям образования их можно разделить на два генетических типа: а/цеолиты, образовавшиеся в низкотемпературных стадиях гидротермальной деятельности габбро; б/цеолиты, образовавшиеся в гипергенных условиях. В обоих случаях первичными минералами, по которым образуются цеолиты, являются кальциевые алюмосиликаты.<sup>2</sup>

Следует отметить, что наряду с описанными цеолитами в этом же регионе встречаются также цеолиты, генетически свя-

занные с кислыми магматическими образованиями.

ИГ АЗ, ССР,  
г. Баку

## ЦЕОЛИТЫ ВУЛКАНОГЕННЫХ И ПЛУТОНОГЕННЫХ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ

В рудах, ореолах околорудных изменений и гидротермалитах медно-цеолитовой, медно-колчеданной, колчеданно-полиметаллической, медно-молибденовой и кварц-молибденовой, оловянно-вольфрамо-полиметаллической, золото-кварцевой и золото-полиметаллической, ртутной и ртутно-полиметаллической, железорудной, урановой и редкоземельной формаций известно 20 минеральных видов цеолитов из следующих структурных групп / по Д. Брекку, 1977/: I /S4R/ - анальцит, ваайрактит, гармотом, ломонтит, эгаваралит; IV /D6R/ - хабазит, гмелинит; V / $T_5O_{10}$ / - натролит, сколецит, мезолит, томсонит, гоннардит, эдингтонит; VI / $T_8O_{16}$ / - морденит, феррьерит, эпистильбит; VII / $T_{10}O_{20}$ / - гейландит, клиноптилолит, стильбит, стеллерит.

В эндогенных рудных формациях цеолиты могли образоваться до рудоотложения, одновременно с формированием жильных рудных тел и в пострудное время. Парагенетические комплексы цеолитов в составе минеральных ассоциаций рудных месторождений могут быть выделены в следующие группы: а/типоморфные, постоянно или часто присутствующие в конкретных рудных формациях и являющиеся продуктом определенной стадии гидротермального процесса; б/связные, не имеющие закономерной геохимической связи с определенным типом оруденения; в/случайные, образовавшиеся в результате наложения на консолидированные рудные тела гидротерм, причинно не связанных с рудогенезом.

Гидротермальные и гидротермально-метасоматические цеолиты могут свидетельствовать об относительно небольших глубинах формирования рудных месторождений и являться чутким физико-химическим индикатором среды рудообразования. Они могут иметь металлогенетическое значение в тех регионах, где цеолиты участвуют в общем процессе гидротермального изменения вмещающих пород, одним из этапов которого и явилось рудоотложение.

В некоторых регионах цеолиты могут быть важным поисковым критерием скрытых на глубине медно-молибденовых, медно-колчеданных, полиметаллических и урановых оруденений.

Крупные скопления высококремнеземистых цеолитов в ореолах околорудного изменения вмещающих пород могут представлять практический интерес в качестве нового вида минерального сырья.

СИУ МВССО УССР,  
г. Симферополь

СВЯЗЬ ЦЕОЛИТОВ С МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКИМ ВУЛКАНИЗМОМ  
МАЛОГО КАВКАЗА

С мезо-кайнозойским вулканизмом Малого Кавказа связано образование ряда магматических формаций: андезито-базальтово-липаритового и трахиандезито-базальтового состава в Самхито-Агдамской зоне, андезито-дацитового и андезитового - в Араксинской зоне и трахбазальтового в Аджаро-Триалетии и Талыше, характеризующихся широким развитием цеолитов различного генезиса.

Наиболее развитыми среди них являются диагенетические цеолиты, связанные с процессами преобразования различных по составу вулканогенных пород, образующими месторождения промышленного значения и состоящие преимущественно из клиноптилолита и морденита. Гидротермальные цеолиты развиты менее и представлены анальцимом, натролитом, гейландитом, мезолитом, сколецитом, томсонитом, десмином. Позднемагматические цеолиты - анальцим развит в щелочных основных формациях.

Изучение химического состава отдельных групп цеолитов позволило установить некоторые вариации их составов, связанное со спецификой и условиями проявления вулканизма. Рентгенодифрактометрические данные, в особенности относительные интенсивности отдельных отражений цеолитов исследуемых регионов несколько отличаются от литературных данных, что очевидно связано с особенностями химических составов.

Исследование позволяет установить зависимость между ассоциациями цеолитовых минералов и составом магматических формаций. Так, щелочной основной состав формации: трахиандезито-базальтовой и трахбазальтовой способствует образованию цеолитов с меньшим содержанием кремнезема - анальцима, натролита, мезолита, сколецита, томсонита, десмина; андезито-дацитовый и андезитовый - гейландита, томсонита, десмина, а кислый андезито-базальтово-липаритовый - высококремнистых цеолитов - клиноптилолита и морденита.

ИНЖ АН АЗЕРР. ССР; ИГ АН АЗЕРР. ССР,  
г. Баку

О ПРИРОДЕ ЦЕОЛИТИЗАЦИИ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ВОСТОЧНОЙ КУБЫ / ОРИЕНТЕ /

1. В восточной Кубе широко развиты цеолитизированные породы, залегающие среди стратифицированных вулканогенно-осадочных толщ палеоцен-эоценового возраста, отложенных в морской среде. По химическому составу исходные породы являются андезито-дацитовыми и андезитовыми.

2. Цеолиты в цеолитовых породах Кубы образуются явно за счет обломков вулканического стекла и стекловатого цемента пирокластических пород. При изменении пирокластов сохраняется их типичная витрокластическая структура.

При преобразовании вулканического стекла возникают: морденит, клиноптилолит, гейландит и сопутствующие им минералы: монтмориллонит, селадонит, гидрослюда и минералы кремнезёма /халцедон, тридимит, кристобалит, опал/.

3. Обилие морденита и клиноптилолита при отсутствии ломонтита указывает на то, что цеолитообразование происходило при температурах и давлениях близких к поверхностным.

4. Появление цеолитизации в участках, локально менявших цвет вместе с силицификацией соседних пород показывает, что возникновение цеолитов/морденита, главным образом/ вызвано воздействием гидротермальных растворов, пересыщенных кремнезёмом.

5. Результаты химического анализа исходных и цеолитизированных туфов, а также расчет баланса вещества показывает, что при цеолитизации, в основном, имел место привнос кремнезёма и воды /кроме глинозёма и окиси кальция в меньших количествах/ и вынос окислов железа и марганца.

Из исходных витрокластических туфов при простой перекристаллизации вулканического стекла средней основности не могли бы образоваться богатые цеолиты, состоящие из таких высококремнистых цеолитов, как клиноптилолит и морденит.

О СВЯЗИ МАРГАНЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ, ЦЕОЛИТИЗАЦИИ И СИЛИФИКАЦИИ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД КУБЫ

1. Большинство марганцевых месторождений республики Кубы сосредоточено в восточной части страны. Они залегают среди вулканогенно-осадочных формаций, которые в то же время являются цеолитоносными.

2. Как марганцевые руды, так и цеолитизированные породы в вулканогенно-осадочных толщах Восточной Кубы носят метасоматический характер.

Подвергались селективному замещению марганцевыми окисными минералами наиболее рыхлые и пористые разновидности вулканогенно-обломочных пород. Наиболее распространенным минералом марганца в них является тодорокит.

Цеолиты /представлены морденитом, главным образом, нередко вместе с клиноптилолитом и гейландитом/ возникали за счет замещения витрокластических туфов.

3. Весьма часто, рядом с марганцевыми залежами образуются очень большие тела /несколько сотен метров в поперечнике на плане/ метасоматическим силицитом /"баяте" по местному названию/, замещающие разные вулканы, конгломераты, известняки и другие породы.

Наиболее богатые морденитом участки сопровождаются линзами и прослойками вторичных силицитов, возникших чаще всего за счет туфитов или известняков.

4. Гидротермальные растворы, вызывающие марганцевое оруденение и цеолитизацию вулканогенно-осадочных толщ Восточной Кубы являлись марганценосными растворами, перенасыщенными кремнезёмом. По пути их перемещения по пористым толщам, гидротермальные растворы селективно преобразовали в цеолиты вулканическое стекло или освобождались от окиси марганца в благоприятных слоях/в зависимости от степени пористости пород, агрегатного их состояния, размеров обломков, физико-химической обстановки и других факторов/, а избыточный кремнезём осаждался последним, с соответствующим преобразованием в виде угодно пород, в силу его высокой активности.

МИНЕРАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ЦЕОЛИТОВ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ВУЛКАНИТОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КАВКАЗА

С поздневулканической низкотемпературной деятельностью позднемелового вулканизма Агджакендского и Казахского поперечных прогибов Малого Кавказа, сложенных соответственно породами андезито-базальтовой и базальт-андезит-дацит-липаритовой формаций во временном распределении цеолитов снизу вверх наблюдается следующая последовательность минеральных ассоциаций:

а/ Анальцит-натролит-томсонитовая. Анальцит и натролит встречаются совместно, томсонит обычно образует самостоятельные миндалины;

б/ Томсонит-шабазитовая. Встречается в миндалинах андезито-базальтов или в цементном материале вулканитов;

в/ Мезолит-сколецитовая. Выполняет жезды, гнезда и прожилки в андезитовых порфиритах;

г/ Сколецит-десмин-ломонтит-леонгардитовая. Является одной из распространенных и характерных минеральных ассоциаций мидалекаменных андезитовых порфиритов;

д/ Гейландит-морденитовая. Характерна для мидалекаменных андезито-базальтовых порфиритов;

е/ Морденит-кварцевая. Имеет ограниченное распространение и встречается в покровах базальтовых порфиритов.

Цеолитовая минерализация шла после формирования верхнемеловых вулканогенных толщ.

ИГ АН АЗЕРЬ.ССР,  
г.Баку

## ЦЕОЛИТИЗАЦИЯ НА ЗОЛОТОРУДНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

При изучении ряда золоторудных месторождений, залегающих в разновозрастных вулкано-тектонических структурах и вулкано-плутонических комплексах, среди измененных вмещающих пород обнаружены фации, несущие цеолиты.

На наиболее древнем из изученных месторождений, где вмещающие породы - допалеозойские и палеозойские гранитоиды, а наложенная на них мезозойская минерализация представлена скарнированными, грейзенизированными, калишпатизированными и окварцованными породами, цеолитизация выражена поздними прожилками, секущими все фации дорудных и синрудных метасоматитов. Прожилки могут быть чисто цеолитовыми или кварц-кальцит-цеолитовыми.

На месторождении, приуроченном к дат-палеоценовому вулкано-плутоническому комплексу, рудные тела существенно кварцевого состава залегают среди измененных вулканитов: пропилитов, биотититов, гидрослюдисто-кварцевых пород. В течение рудного этапа произошло скарнирование пород, захватившее также отдельные блоки внутри рудных тел. Цеолитизация здесь проявилась в стадию пропилитизации и в связи со скарнированием как её заключительный аккорд. Цеолиты /шабазит, ломонтит/ образуют псевдоморфозы, прожилки, выполняют пустоты. Ассоциируют они с альбитом, эпидотом, хлоритом, кальцитом, магнетитом, т.е. цеолитизация носит среднетемпературный характер.

На близповерхностных месторождениях палеогенового возраста с иным комплексом измененных пород: пропилитами, гидрослюдистыми и адуляр-кварцевыми метасоматитами - цеолитизация проявлена широко, но более удалена в пространстве и оторвана во времени от золоторудного процесса. Последний развивается среди адуляр-слюдисто-кварцевых пород. Цеолиты встречаются на более глубоких подрудных горизонтах с кальциево-натровым типом метасоматоза в ассоциации с

альбитом, хлоритом, эпидотом. Количество цеолитов здесь небольшое. Более широко и интенсивно цеолитизация проявлена в базальтах по периферии рудоносного сооружения.

ДВГИ,  
г. Владивосток

## ЦЕОЛИТЫ В БОКСИТОВОЙ ТОЛЩЕ СЕВЕРО-ОНЕЖСКОГО РАЙОНА

1. Цеолитсодержащие бокситовые породы, обнаруженные в бокситовой толще Северо-Онежского района, ранее рассматривались как диагенетические образования, связанные с формированием бокситов. Однако, локальное распространение цеолитовых пород, взаимоотношения цеолитов с глиноземистыми минералами в бокситах свидетельствуют о наложенном характере цеолитизации.

2. Цеолитовые породы были изучены в северо-западной части Залужемского участка, где они залегают в краевой части бокситовой залежи, образуя полосу протяженностью 5 км шириной 500-700 м. Цеолитовая минерализация в продуктах коры выветривания отмечена также на северном склоне Ширбазерской впадины, на Дениславском месторождении.

3. В распределении цеолитов отмечается определенная закономерность. В основании бокситовой толщи залегают мономинеральные цеолитовые породы в виде прослоя мощностью 0,5 м. Выше по разрезу цеолиты образуют рассеянные скопления в бокситовых породах, а в верхней части бокситовой толщи отсутствуют. Цеолитизации подвергнуты также подстилающие бокситовую толщу верхнедевонские нестроцветные глины, либо продукты коры выветривания на глубину 2-3 м от контакта бокситовой толщи. В отдельных участках цеолитизация отмечается только в подстилающих породах, а в самих бокситах отсутствует.

4. Цеолитизация обусловила возникновение в бокситовых породах разнообразных структур: микросферолитовой, коллоидной, пятнистой, перекристаллизацию тонкокристаллического бенита с образованием более крупных выделений с унаследованными от цеолитов формами скоплений.

5. Цеолиты представлены анальцимом и натролитом, причем анальцим более ранний. Он пользуется большим распространением, образует сферолитовые стяжения, бесформенные сгустки. Для натролита характерны лучистые агрегаты.

6. Предполагается, что цеолитизация обусловлена проникновением щелочных термальных вод в тектонически ослабленных зонах преимущественно по контакту бокситовой толщи с подстилающими породами. Бокситовые породы как высокоглиноземистые образования служили наиболее благоприятной средой для кристаллизации цеолитов.

ЛОПИ,  
г. Москва

## ЦЕОЛИТЫ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ И БОКСИТОВЫХ РУД

В линейной коре выветривания йолит-уртитов горы Юкспор известны филлипсит, томсонит и натролит. Цеолиты в шпреуштейне Хибин являются продуктами гидролитического разложения нефелина в щелочных условиях. Шпреуштейны щелочных пород Октябрьского массива Приазовья, состоящие из агрегатов натролита, томсонита и гидраргиллита, возникли в результате гидротермально-метасоматического изменения нефелина, содалита и канкринита.

В коре выветривания габброидов Бельтауского интрузива в Узбекистане описаны цеолитовые залежи, сложенные на 80% натролитом, который в процессе гипергенного метасоматоза замещается халцедоном и опалом. В продуктах выветривания плагиоклазов типа лабрадора из габброидных пород массива Палле /Атлантическая Луара/ установлены хабазит, гейландит-клиноптилолит и глинистые минералы /монтмориллонит, каолинит, гидрослюда/.

Новообразования цеолитов в коре выветривания щелочных и основных пород возникли за счет гипергенного и гидротермального преобразования плагиоклазов и фельдшпатоидов.

Цеолиты иногда ассоциируют с бокситами. В палеозойских бокситах Северного Урала, связанных генетически с морскими отложениями, присутствуют хабазит, филлипсит и феррьерит; в мезозойских бокситах озерного типа установлены гармотом и гейландит. На Северо-Онежском месторождении в нижнекарбоневой бокситовой толще, представляющей собой переотложенные продукты выветривания пикритов, присутствуют анальцит, филлипсит и эпистильбит. При гипергенном преобразовании цеолитов возникает бёмит. На одном из бокситовых месторождений Криворожья /с.Широкое/, представляющем собой древнюю железо-глинозёмистую кору выветривания ультрабазитов, найден филлипсит. В мел-палеогеновых бокситах Мало-Алексеевского разреза Никопольского марганцеворудного бассейна в интерстициях между гематито-гипсбситовыми

псевдооситами встречен хабазит.

Формирование цеолитов в древних корях выветривания основных и щелочных пород, а также в бокситоносных корях выветривания происходило не только под воздействием гипергенеза, но и при активном участии наложенных гидротермально-метасоматических процессов, связанных с циркуляцией и разгрузкой щелочных минерализованных вод, возможно, эндогенной природы.

СГУ МВССО УССР,  
г. Симферополь

## ЦЕОЛИТЫ В КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЮЖНОГО УРАЛА

1. В западной части Бриентско-Ашебутакского антиклинария /Оренбургская область/ вулканогенные породы - пироксен-плагиоклазовые порфириты базальтового состава интенсивно цеолитизированы. Цеолиты выполняют миндалины в виде спутанно-волокнистого агрегата совместно с призматическим альбитом.

2. В данном районе широкое развитие имеют разновозрастные коры площадного характера большой мощности.

3. Профиль выветривания цеолитсодержащих вулканитов состоит из трех зон: выщелачивания, монтмориллонит-гидрослюдистой и охристо-каолинитовой. В зонах начального и промежуточного разложения цеолиты сохраняются. Это бесцветные мутные или прозрачные призматические кристаллы с совершенной спайностью размером от 0,08 до 0,7 см. Рентгеноструктурным анализом с учетом оптических свойств и химического состава установлено, что это леонгардит.

4. Устойчивость цеолитов в монтмориллонит-гидрослюдистой зоне при широком её распространении может иметь практическое значение.

НИИ ГЕОЛОГИИ ПРИ ГСУ,  
г.Саратов

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СВЯЗЬ ЦЕОЛИТОЛИТОВ И БЕНТОНИТОВ НА ПРИМЕРЕ С-В СКЛОНА МАЛОГО КАВКАЗА/

На северо-восточном предгории Малого Кавказа и в прилегающей к нему части Среднекуринской низменности в верхнемеловых вулканогенно-осадочных отложениях широко развиты диагенетические и эпигенетические преобразования пирокластов в бентониты и цеолиты, которые находятся в генетической и пространственной связи, со стадийными переходами одних в другие.

В Казахском поперечном прогибе сосредоточены богатые залежи щелочных бентонитов /Дашсалахлы, Алпоут, Сарыгях/, расположенных в средней погружавшейся части прогиба и цеолитолитов /Каймахлы, Ноемберян, Кямарли, Айдаг, Тауз, Татлы, Долляр/- в бортовых частях синклинали с тенденцией к поднятию.

В изученных месторождениях отмечаются монокомпонентные, дикомпонентные, а также поликомпонентные ассоциации вторичных минералов, в формировании которых наблюдается площадная и вертикальная зональность. Поля развития ассоциаций ограничиваются областью распространения литологических разновидностей бентонитов и трассов /реликтовой текстурой, структурой, однородностью, дисперсностью/, глубиной их залегания, химическим составом, а также тектоническими нарушениями, по которым гидротермы поставляют дополнительные компоненты.

Бентонитизации подвергнуты витрофировые туфы андезит-базальтового /Сарыгях/, андезит-дацитового состава с реликтовой пемзой, перлитовой, неоднородной пемзово-перлитовой /Дашсалахлы/, мандельштейновой /Южный участок/, рогульчатой /Учгюль, Еленсутена, Киликдаг и др./ микротекстурами.

В покровных вулканокластических сплещившихся туфах Дашсалахлинского бентонитового месторождения /северный фланг/ в микрофельзитовую гиалиновую изотропную массу погружены перлитовые и рогульчатые обломки стекла, преобразованные в пластинчатые и удлиненные кристаллиты клиноптилолита, гидрослюда или монтмориллонит, а также пемзовые, измененные в монтмориллонит. На отдельных участках, перлитовые цеолитизированные обломки ориентированы и сплещены вдоль пемзовых во-

локон монтмориллонитового состава или их лейсты параллельно чередуются друг с другом в одном и том же обломке.

Сводный разрез сантонских отложений, вмещающих цеолитоносные трассы, составляет 600–700 м, где они в виде мощных 30–40 м толщ неоднократно чередуются / 10 пластов / с пелитоморфными известняками, анальцимовыми и окремнелыми опоконидными туфами, бентонитами. В известняках органические остатки заполнены цеолитом.

Выделены следующие разновидности трассов: I / голубо-зеленые, белые и розоватые крупно- и мелкозернистые витрокластические туфы / трассы / и пеплы, полностью преобразованные в клиноптилолит и имеющие шаровую, скорлуповатую, оскольчатую, плитчатую или листоватую отдельности; II / мергелеподобные пепловые туфы, в которых рогульчатое стекло погружено в гиалиновую стекловатую массу, характеризуются двух и трех компонентным составом – анальцимом в ассоциации с клиноптилолитом, вторичным кварцем / Каймахлы /; III / брекчиевидные трассы полиминерального состава. В них фиксируются разнородные гальки из разложившихся эффузивных пород и разнозернистых трассов, пеплов, бентонитов, известняков, а также зеленые флюидные включения, сложенные слюдястыми / 9, 8А / и смешаннослойными глинистыми / IIA / минералами в смеси с кальцитом, кварцем. Все они сцементированы тонким гиалиновым или рогульчатым стеклом, перешедшим в анальцим, пластинчатый кварц, клиноптилолит или монтмориллонит; присутствие последнего придает им жирность и разрыхляет их.

Таким образом, неоднородность пирокластического материала в трассах и бентонитах влечет за собой их поликомпонентный состав, что говорит о неравномерной и стадийной раскристиализации вулканического стекла.

ИГ АН АЗ. ССР, АЗНИИЧЕФТЬ  
г. Баку

## ГЕОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЦЕОЛИТОВ НОЕМБЕРЯНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АРМЯНСКОЙ ССР

Специфической чертой Ноемберянского месторождения является сочетание цеолитовых минералов с глинистым, где материнскими для обоих типов минералов служили одни и те же породы — осадочно-пирокластические. Пластообразные тела последних, с мощностями от нескольких сантиметров до 80 и более метров, обычно чередуются с пластами и пропластками органогенных, мергелистых и доломитизированных известняков, туфоизвестняков, фельзитовых туфов и др. нижесантон-нижнекампанского возрастов.

Цеолитовые минералы представлены здесь тремя разновидностями — анальцимом, клиноптилолитом и морденитом — диагенетического происхождения.

Глинистый минерал представлен монтмориллонитом и встречается со всеми тремя типами цеолитовых минералов. Установлено, что тип аутигенного цеолитообразования контролируется составом исходного вулканического стекла, а монтмориллонитообразование — нет. Цеолитовые минералы и монтмориллонит имеют постепенные переходы между собой как по вертикали, так и в латеральном направлении.

Цеолитизация осадочно-пирокластических пород Ноемберянского месторождения протекала в верхнемеловом морском бассейне, в диагенетических условиях, в закрытой или почти закрытой системе и в высокощелочной среде с  $\text{pH} = 10$ . Бентонитизация /монтмориллонитизация/ же, наоборот, протекала в более открытой системе, с участием вулканогенных газо-гидротерм и в более низкощелочной среде / $\text{pH} = 8-9$ /.

УГ СМ АССР

г. Ереван

ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ БЕНТОНИТЫ КУСТАНАЙСКОЙ  
ОБЛАСТИ И ЦЕОЛИТООБРАЗОВАНИЕ

В пределах Урало-Сибирской эпигерцинской платформы в зоне сочленения разновозрастных складчатых систем Центрального Казахстана и Южного Урала /Убаганская площадь Кустанайской области/ широко развиты покровы базальтов пермо-триаса и продукты кислого вулканизма, слагающие тела экструзивных куполов. В вулканитах под воздействием гидротермальных растворов в зонах, сопряженных с тектоническими нарушениями, образовались обширные зоны аргиллизации, принимаемые многими исследователями за продукты поверхностного выветривания. В последнее время удалось проследить развитие аргиллитов на глубину 200-500 м и установить, что их состав подчинен метасоматической зональности. В частности, на месторождениях бентонитовых глин Верховое и Южное, локализованных в телах кислых экструзивных куполов, начальная стадия изменений фиксируется щелочными метасоматитами, в которых широко развито окварнение /гранулированный кварц/, присутствуют адуляр, цеолиты /гейландит/, в крайних фациях появляется монтмориллонит. Эта зона выше по разрезу сменяется зоной аргиллизации, мощностью до 80 м. Внутренняя ее часть /около 45 м/ представлена бентонитами, сложенными диоктаэдрическим монтмориллонитом Na-состав в ассоциации с кристобалитом, с небольшой примесью цеолитов и структурно несовершенного каолинита. Во внешней части зоны /около 36 м/ преобладающим минералом становится глобулярный, лапчатый и гребенчатый кварц в полном сростании с каолинитом несовершенной структуры, реже калиевым полевым шпатом и цеолитами, часто замещенными сидеритом. В кремниевых щелочных метасоматитах суммарное содержание K и Na зачастую превышает 10%, а отношение калия к натрию - 7,7; в неизмененных кислых вулканитах эти величины соответственно равны 6-8% и 1. Количество Mg в бентонитовых глинах почти в 2,5 раза превышает его содержание в продукте. Содержание Si и

Zn в щелочных метасоматитах варьирует, соответственно, в пределах 0,2-0,5% и 0,1-1,0%, а в бентонитовых глинах 0,0001-0,01% и 0,01-0,08%.

Происхождение такой зональности и наблюдаемое поведение главных микроэлементов мы связываем с вскипанием и дегазацией гидротерм в тектонически ослабленных зонах /кремниво-щелочные метасоматиты/ и воздействием вторичных растворов, возникающих при конденсации газовой-жидких потоков, отделившихся от вскипевших гидротерм и закономерно меняющих свой состав по фронту движения.

ИГ при СГУ,

г.Саратов

## ОПЫТ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ ЦЕОЛИТОВ

Цеолиты — водные каркасные алюмосиликаты могут образовываться не только в гидротермальную стадию постмагматических процессов, но и возникать в осадочных отложениях в период седиментогенеза, диагенеза, катагенеза, гипергенеза и педогенеза. В магматических, метаморфогенных, стратифицированных вулканогенно-осадочных и осадочных формациях могут быть выделены такие основные генетические типы цеолитизации:

1/ гидротермальные и гидротермально-метасоматические цеолиты вулканогенных и плутогенных магматических и рудных формаций;

2/ гиалокластико-гальмиролитические цеолиты мел-эоценовых и миоцен-современных осадков Мирового океана;

3/ седиментационные и раннедиагенетические /вулканогенно-лимнические/ цеолиты ископаемых /эоцен-плиоцен/ и современных осадков щелочных натриево-карбонатных озёр;

4/ аутигенные /диагенетические/ цеолиты нормально-осадочных карбонатных и глинистых пород верхней юры, мела и палеогена;

5/ метагенетические цеолиты стадии катагенеза и начального метаморфизма /"глубинного диагенеза"/ терригенных угленосных формаций, метаморфизованных осадочных и туфогенных пород рифей-олигоценового возраста;

6/ позднедиагенетические цеолиты континентального и морского вулканогенно-осадочного литогенеза мезозой-кайнозой;

7/ эвстазиционно-осадочные /метасоматические/ цеолиты осадочно-вулканогенных формаций средней юры-плиоцена;

8/ гипергенные цеолиты площадных и линейных кор выветривания основных и щелочных пород;

9/ педогенетические цеолиты щелочных почв с содовым засолением.

В стратифицированных формациях СССР цеолиты третьего

генетического типа пока не обнаружены, они известны на западе США и в Восточной Африке.

Промышленные концентрации с содержанием в пороге свыше 50% высококремнеземистых цеолитов (клиноптилолита, морденита, феррьерита, филлипсита, эрионита) относятся ко второму, третьему, sixthому и седьмому выделенным генетическим типам.

СГУ МВССО,  
г.Симферополь

## К ВОПРОСУ О СОСТАВЕ И ГЕНЕЗИСЕ ОКЕАНИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ

Типичными аутигенными цеолитами океанических осадков являются филлипсит и клиноптилолит. Филлипсит имеет массовое развитие в верхней части осадочной толщи от миоцена до плейстоцена. Он приурочен к наиболее тонким пелагическим осадкам, скорости накопления которых минимальны и составляют I-3 и менее мм в тысячу лет. В глубоководных котловинах филлипсит находится в красных глинах в ассоциации с типичными для этих осадков Fe-Mn конкрециями и аутигенным баритом. В областях подводных поднятий филлипсит ассоциирует с палагонитизированными и измененными продуктами основного вулканизма.

Клиноптилолит является господствующим цеолитом в более глубоких горизонтах осадочной толщи, преимущественно в мелу и эоцене. Он встречается в более разнообразных фациальных и генетических типах осадков с более высокими скоростями осадконакопления от красных глин до карбонатных кремнистых илов и вулканокластических песчаников и алевролитов.

Массовое образование филлипсита на широких площадях глубоководных котловин Мирового океана связано с диагенетической переработкой тонкодисперсной пирокластики андезит-дацит-риолитового состава. В областях подводных поднятий филлипсит образуется за счет разложения и палагонизации основной вулкано- и пирокластики. Источником для формирования клиноптилолита является более разнообразный по составу алюмосиликатный материал.

Неодинаковые фациальные условия образования филлипсита и клиноптилолита объясняют разные соотношения этих цеолитов в разных океанах.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

ФИЛЛИПСИТ В ОКЕАНСКИХ ОСАДКАХ

Филлипсит — наиболее распространенный аутигенный цеолит глубоководных океанских осадков от современных до миоценовых, реже — более древних. Он приурочен к пелагическим осадкам, особенно — к пелагическим глинам, характеризующимся предельно низкими скоростями накопления. Содержание его в осадках варьирует от редких кристалликов до 50–70% или более. Среди пелагических глин Тихого океана встречаются цеолитовые глины и цеолититы, состоящие преимущественно из филлипсита. Выявлена приуроченность высокоцеолитовых осадков к районам проявлений подводного базальтового вулканизма, где филлипсит развивается по палагениitized материалу и ассоциируется с аутигенным монтмориллонитом.

ИО АН СССР,  
г. Москва

## КЛИНОПТИЛОЛИТ-ПАЛЫГОРСКИТОВАЯ И ФИЛЛИПСИТ-МОНТМОРИЛЛОНИТОВАЯ АССОЦИАЦИИ В ОКЕАНИЧЕСКИХ ОСАДКАХ. /ПО МАТЕРИАЛАМ DSDP/

Изучены образцы из кернов скважин №164, 165 /рейс 17 "Гломар Чалленджер", 196 /рейс 20/ в экваториальной части Тихого океана и скв.367 /рейс 41/ в Восточной Атлантике. Верхнемеловые пелагические осадки, вскрытые скважинами 164, 165 и 196, представлены переслаивающимися вулканогенными породами клиноптилолит-палыгорскитового /К-П/, феллипсит-монтмориллонитового /Ф-М/ и кремнисто-цеолитового /К-Ц/ состава. Текстура пород пятнисто-полосчатая, обусловленная присутствием темных и светлых участков, в различной степени обогащенных цеолитами, палыгорскитом и гидроокислами Fe и Mn. В разрезе скв.367 эоценовые зеленовато-серые глины перекрывают нижнеэоценовые К-Ц породы с монтмориллонитом. Феллипсит не обнаружен.

Проведено литологическое и минералого-петрографическое изучение имеющегося материала. Проанализированы литературные данные по химическому составу осадков, поровых растворов и вулканогенных пород изученных районов и условиям локализации указанных ассоциаций в других участках Мирового океана.

Предполагается, что К-П и Ф-М ассоциации в океанических осадках представляют собой различные метастабильные фазы, не связанные взаимными переходами.

К-П ассоциации генетически связаны с начальными этапами океанического рифтообразования и вулканизмом, сопровождавшимися процессами "пропаривания" /Тихий океан/ или конседиментационного поступления в осадки Mg-термальных растворов /Восточная Атлантика/.

Различный исходный состав "слояков" в пятнисто-полосчатых меловых породах Тихого океана обусловил колебания физико-химических условий минералообразования /рН, Eh, концентрация Mg и SiO<sub>2</sub>/ и, как следствие, смещение процесса неолитообразования в сторону палыгорскит- или монтмориллонитообразования.

Формирование Ф-М ассоциации /св. 196/ происходило при подкислении поровых растворов, с чем связано изменение филлипсита, присутствие гипса и гидроокислов Fe.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

ЦЕОЛИТЫ В ОСАДКАХ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ И ИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЕ  
С ПИРОКЛАСТИКОЙ

С помощью обычной и электронной микроскопии, а также дифрактометрии исследовались цеолиты и вулканическое стекло из плейстоценовых отложений каньона Стромболи в Тирренском море.

Для осадков характерен филлипсит, содержание которого достигает 20-25%. Филлипсит образует розетки и микродрозы на других минералах, по-видимому, пирокластического происхождения, встречаются также отдельные кристаллики палочковидного облика, редко - крестообразные двойники. Зафиксированы также редкие отдельные кристаллы гейландитоподобного цеолита таблитчатого облика.

Вулканическое стекло, по составу близкое к пехштейну /показатель светопреломления 1,500/ составляет до 5% осадка и не имеет никаких следов цеолитизации. Совместное нахождение филлипсита и гейландитоподобного цеолита свидетельствует против гипотезы трансформации первого во второй.

Филлипсит генетически связан с вулканогенным материалом, гейландитоподобный цеолит не обнаруживает такой связи.

ХГУ, ЮО ИОАН СССР,  
г. Харьков

ЦЕОЛИТЫ В СЛОЖЕННЫХ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО МАТЕРИАЛАМ БУРЕНИЯ  
" ГЛОМАР ЧЕЛЛЕНДЖЕР "

В пробуренной толще голоценовых и плейстоценовых отложений Черного моря цеолиты встречаются обычно в виде редких отдельных уплотненных кристалликов моноклинного габитуса. Исключение составляют лишь некоторые горизонты на рубеже неогена и плейстоцена, где в слабокарбонатных глинистых алевролитах и песках встречаются прослойки и гнезда с содержанием до 10-20% цеолитов таблитчатой и брусковидной форм.

В ассоциации с цеолитами находятся аллотигенные: слюды, полевые шпаты, кварц и аутигенные: пирит, кальцит, иногда доломит. Среди глинистых минералов резко преобладает аллотигенная гидрослюда. Монтмориллонит встречен в подчиненном количестве. Вулканическое стекло встречается спорадически как в легкой, так и в тяжелой фракциях. Цеолитизация его не наблюдалась. Корреляция между содержанием стекла и цеолитов отсутствует.

Термофазовые исследования показывают, что цеолиты представлены в основном кальциевым клиноптилолитом /с пониженной термостойкостью/ с примесью гейландитоподобного минерала.

Цеолиты являются диагенетическим образованием, не связанным с пирокластикой.

ХГУ, АО ИОАН СССР,  
г. Харьков

ЦЕОЛИТОСОДЕРЖАЩИЕ ПОРОДЫ МЕЗОZOЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО  
КАСПИЯ / РАКУШЕЧНОЕ - МОРЕ /

Морскими разведочными скважинами глубокого бурения в пределах Западного Ракушечного моря, относящегося к депрессии Казахского залива Среднего Каспия, вскрыты перспективные нефтегазоносные отложения мезозойского комплекса до глубины более 3000 м.

Литолого-минералогическими исследованиями охвачены отложения меловой, юрской и отчасти триасовой систем по кернам скважин II, 5, I, 2 и 3.

Основными типами пород, залегающими в виде массивных толщ или пакетов грубого и тонкого чередования с разным процентным соотношением в отдельных стратиграфических ярусах, являются обломочные, карбонатные и, реже, вулканогенно-осадочные образования.

Цеолитизация, наряду с другими процессами, отмечается в известковых разномерных полимиктовых песчаниках и в песчаных известняках, фиксируемых начиная от сеномана до триаса включительно, с наибольшим распространением в альбских и бат-байосских отложениях.

Цеолиты наблюдаются в виде прозрачных, зеленоватых или розоватых пластинчатых, удлиненных или клиновидных сростков с низким агрегационным двупреломлением. Они развиты по остроугольным, окатанным, иногда сферическим обломкам вулканического стекла и по полевым шпатам.

В отдельных обломках наряду с цеолитом образуются хлорит, серицит или кальцит. Вокруг некоторых цеолитизированных обломков наблюдается обволакивающая буроватая глинистая кайма.

С глубиной возрастает роль окремнения, глинизации, цеолитизации, развивающихся не только по обломкам, но и по цементующей массе.

Характерными дифрактометрическими линиями для них являются 8,8; 3,8; 2,9А, указывающие на клиноптилолитовую разность. Их содержание в породах не превышает 15-20%.

Присутствие цеолитов в исследуемых породах, образован-

них в эпигенетическую стадию в результате разложения обломков вулканического стекла и полевых шпатов может быть дополнительным фактором для суждения об условиях формирования, а также о стадийности породообразования в мезозойских отложениях исследуемой области.

ИГ АЗ. ССР,  
г. Баку

ЦЕОЛИТЫ МЕЗОКАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ.  
/ПО МАТЕРИАЛАМ РЕЙСОВ " ГЛОМАР ЧЕЛЛЕНДЖЕР " /

Нами установлено наличие цеолитов в мезокайнозойских отложениях Северной Атлантики. Они приурочены, главным образом, к прослоям пепловых туфов, органогенно-карбонатным, органогенно-кремнистым и терригенным отложениям с примесью аповитрокластического материала, а также к отложениям без видимой примеси пирокластики. Цеолиты представлены, главным образом, клиноптилолитом, филлипсит установлен нами в эоценовых глинах Норвежского моря. Возникновение цеолитов повсеместно связано с преобразованием пирокластики. Доказательством этого для пород не содержащих видимой пирокластики служит гнездовидная форма выделений цеолитов, их неправильные, не резко очерченные контуры и наличие реликтов обломков призматических кристаллов свежего моноклинного пироксена. В целом ряде случаев возможен так же гидротермальный путь образования цеолитов.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

КОМПЛЕКСНОЕ СРАВНИТЕЛЬНОЕ МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ И ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ЦЕОЛИТОВ

1. В осадочных породах изучены 3 типа цеолитопроявлений.

а/ В высококарбонатных породах морского генезиса без существенных выделений аутигенного кремнезема /мел, мергели/. Цеолиты по составу и свойствам промежуточные между гейландитом и клиноптилолитом, находятся в ассоциации с монтмориллонитом и гидрослюдой невулканогенного происхождения. Пирокластика не зафиксирована.

б/ Кремнистые и карбонатно-кремнистые породы морского генезиса /мергели кремнезёмистые, трепелы, опоки, песчаники/. По свойствам и морфологии сходны с предыдущим типом. Помимо гидрослюды и монтмориллонита характерна ассоциация с кристобалитом и тридимитом в виде каркасных сфер - вторичных по отношению к цеолитам. Связь с пирокластикой отсутствует.

в/ Песчано-глинистые и карбонатные эстуариевые отложения с органикой. Цеолиты представлены типичным гейландитом. Пирокластика присутствует, но связь с цеолитами не наблюдается.

2. Вулканогенно-осадочные месторождения цеолитов Дзегри, Айдаг, Бадхыз, Крайниково и др. Характерна гетероморфность цеолитов разных возрастных генераций. Породообразующие цеолиты: клиноптилолит /термостабильный/, морденит и гейландит. Вероятна стадия палеогонитизации вулканического стекла. Даже для кислых туфов не характерны каркасно-сферовые выделения кристобалита и тридимита.

3. Различия в морфологии цеолитов и их парагенезисах осадочных и вулканогенно-осадочных месторождений свидетельствует в пользу их полигенности. В настоящее время нет оснований всякое цеолитопроявление в осадочных породах связывать с влиянием пирокластики.

ХГУ,  
г. Хергков

## ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ЦЕОЛИТОВ ГЛАУКОНИТОВО-КРЕМНИСТОЙ ФОРМАЦИИ И ПРОБЛЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ГРУППЫ КЛИНОПТИЛОЛИТА-ГЕЙЛАНДИТА

Цеолиты группы гейландита-клиноптилолита присутствуют во многих разновидностях пород глауконитово-кремнистой формации. В опоках, в глауконитовых породах и иногда в трепелах их содержание исчисляется несколькими процентами от массы пород.

Кремнистость цеолитов и, в соответствии с этим, их свойства и принадлежность к тому или иному виду коррелируется с наличием в ассоциации аутигенных минералов различных форм свободного кремнезема /опал, кристобалит/. В парагенезе с опалово-кристобалитовыми леписферами содержится клиноптилолит, при отсутствии аутигенных минералов свободного кремнезема в породах присутствует высококремнистый гейландит.

Изучение цеолитов с помощью микрозонда позволило выявить с одной стороны зональность их строения, выражающуюся в неравномерном распределении Са и К от периферии к центру зерен. С другой стороны, отмечается концентрация Fe и Mg в узко локализованных участках зерен, что позволяет связывать присутствие этих элементов не со структурой цеолитов, а с микровключениями в кристаллах. Кроме того, резкое повышение содержания Mg и Fe отмечено в локальных зонах по контуру цеолитовых зерен. Таким образом присутствие магниевого железа нельзя связывать с составом собственно цеолитов, а следует отнести за счет микроскопически неразличимых контурных пленок и мельчайших включений.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СИБИРИ

Среди фанеровойских отложений Сибири нами выделяются четыре основных генетических типа стратифицированных цеолитоносных отложений, каждый из которых характеризуется определенной ассоциацией цеолитовых минералов.

Примером первого генетического типа служит среднепалеозойская красноцветная соленосная вулканогенно-осадочная толща загада Вилойской синекливы, где цеолиты являются продуктами преобразования риолитовых, трахитовых и андезитов-трахитовых туфов.

Генетический тип континентальных угленосных отложений верхнего палеозоя, включающих цеолитизированные шлаковые и кристаллокластические туфы андезитовых порфиритов, распространен в Тунгусской синеклизе и Кузнецком прогибе.

Третий генетический тип - континентальные пестроцветные вулканогенно-обломочные отложения триаса с цеолитизированными туфобрекчиями и туфами базальтового состава /Тунгусская синеклива/.

Четвертый генетический тип выделяется в составе мезозойско-палеогеновых туфогенных опокowych и опокovidных отложений Западно-Сибирской плиты, аналогичных кремнисто-меновым клиноптилолитовым формациям Русской платформы.

В распределении цеолитов намечается вертикальная зональность, обусловленная стадийными изменениями цеолитоносных осадков.

Во всех выделенных нами стратифицированных генетических типах цеолитоносных отложений постоянно присутствует пирокластический компонент. С целью установления обязательности является этот фактор в процессе цеолитообразования нами были исследованы современные осадки высокоминерализованных щелочных озер Кулунды, в составе которых не установлено присутствие вулканического пепла, а силикатный материал песча-

но-алевритовых илистых осадков состоит из полевых шпатов, кварца, роговых обманок, незначительного количества сладистого детрита, погруженных в пелитоморфное карбонатное вещество. Цеолиты в этих осадках не обнаружены.

Отмечается зональность в распределении цеолитов, отражающих стадийное изменение цеолитоносных пород.

СНИИТГИМС, г.Новосибирск

К ФОРМИЦИОННОМУ И ФАЦИАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ ЦЕОЛИТОНОСНЫХ ТОЛЩ  
МЕЗО-КАЙНОЗОЯ ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ  
/НА ПРИМЕРЕ БССР И СОСЕДНИХ РЕГИОНОВ/

Осадочно-диагенетические цеолиты гейландитовой группы в Южной Прибалтике, БССР и соседних областях УССР и РСФСР распространены регионально и встречаются почти во всех разностях оксфорд-палеогеновых пород терригенно-карбонатной формации мезо-кайнозоя. В неглубоко залегающей /местами в долинах рек обнажающейся/ глауконит-меловой формации мезозоя выделяются /снизу вверх/ терригенная, терригенно-меловая, кремнисто-меловая, опоковая и мергельно-меловая подформация. Наиболее продуктивны /до 20% и более/ коньяк-сантонская терригенно-меловая и особенно опоковая /глинисто-карбонатно-глинистого состава/. Здесь цеолиты являются одними из важнейших новообразований, тесно генетически связаны с аморфным биохемогенным кремнезёмом и местами достигают содержаний, все более широко используемых за рубежом. Концентрация, степень раскристаллизации и связанная с ней химическая активность опала во многом определяют интенсивность, продолжительность цеолитообразования, морфологическое различие /и содержание/ новообразований. Поэтому, чем меньше в породах опала и опал-кristобалита, тем меньше цеолитов, тем мельче и несовершеннее облик их кристаллов. Так, в высококарбонатных пористых породах оксфорда, где эволюция минералов группы кремнезёма достигла халцедон-кварцевой стадии, цеолиты очень редки, в отличие от коньяк-сантонских мергелей и, особенно, опал-кristобалитовых силицитов, где она заторможена на опал-кristобалитовой или кристобалитовой стадии.

Анализ распространения цеолитов в разрезе и по площади каждой подформации, впервые в описываемом и соседних регионах составленного комплекса детальных геолого-промышленных карт /по верхнеконьякскому продуктивному горизонту востока БССР/ и других материалов позволил установить ряд палеонных стратиграфических, структурно-тектонических, фаз-

мационных, литолого-фашиально-палеогеографических и других закономерностей локализации цеолитов, формирования и размещения цеолитопроявлений, а также поисковые признаки, факторы, предпосылки их обнаружения и в других генетически сходных осадочных отложениях платформ.

Прогноз и поиски этого сырья наиболее целесообразны на площадях развития неглубоко залегающих осадков трансгрессивных и регрессивных циклов седиментогенеза эпи- и инфранеритовых зон шельфа и, особенно, кор выветривания на них /где устранено разбавляющее действие кальцитового наупланктона/, что поможет поставить легко доступные опал-кristобалитовые и глинистые цеолитоносные породы в ряд важных новых видов нерудного сырья региона. Особого внимания заслуживают восток ЕССР, юг Литвы, Смоленской, Калужской, а также территории Брянской и частично Орловской областей. Здесь можно выявить существенно /до 20-50%/цеолитоносные карбонатно-глинисто-кремнистые породы коньяк-сантонского возраста и преимущественно цеолит-монтмориллонитовые коры выщелачивания на них. Последние являются природным /не требующим обогащения/ источником нового ценного глинисто-опал-кristобалит-цеолитоносного сырья для нефтехимической, пищевой и многих других отраслей народного хозяйства.

БЕЛВИТРИ, КИТИ ИПСМ ЕССР,  
г. Минск

## ВОПРОСЫ ГИДРОХИМИИ ЦЕОЛИТООБРАЗОВАНИЯ В ОСАДОЧНЫХ ПОГОДАХ

Цеолиты известны в различных типах осадочных пород /гравелитах, песчаниках, алевролитах, глинах, известняках, туфах, туфитах/, накапливавшихся в разнообразных фациальных условиях на континенте, в океанах и морях.

Будучи аутигенными минералами, цеолиты формируются в ходе постседиментационных преобразований пород, в диагенезе, раннем или позднем катагенезе, на разных уровнях погружения в стратифере. В качестве исходного материала их образования служат алюмокремниевые гели осадков, вулканическое стекло, обломочные алюмосиликаты /полевые шпаты, слюды, роговая обманка, эпидот и т.д./, глинистый материал.

Экспериментальные работы и наблюдения природных процессов показывают, что цеолиты формируются в щелочной среде, с pH выше 8,5 /нередко около 10/. Возникновение той или иной минеральной разновидности цеолитов определяется не только кислотно-щелочными особенностями среды, но также и соотношением в ней тех или иных компонентов, составом исходного алюмокремниевого материала, термобарическими условиями реакции. Так повышение температуры, по-видимому, снижает pH среды образования цеолитов.

В осадках и осадочных породах характер среды минералообразования определяется насыщенными их иловыми и подземными водами. В осадочных толщах континентального генезиса преобладают кислые или нейтральные воды. Более редкими являются типы щелочных, в том числе высокощелочных /содовых/ вод. Воды морей и океанов обладают значениями pH 8,1-8,2. В иловых и поровых водах морских отложений установлены значения pH 9-10.

Химический состав иловых и подземных вод морских и континентальных отложений, их кислотно-щелочные свойства контролируются не только /а часто и не столько/ составом самих пород, но также особенностями гидродинамики, микро-

биологической деятельностью, характером газового режима, преобразованием органического вещества и т.д.

Это многообразие факторов, влияющих на жидкую фазу осадков и пород, делает ее наиболее энергичным и универсальным фактором преобразования различных видов алюмосиликатного материала в цеолиты. Более щелочной характер морской воды по сравнению с обычными для континентов средами предопределяет и более широкое развитие цеолитообразования в морских осадках по сравнению с континентальными.

ГИН АН СССР,  
г. Москва

В.В.Власов, Р.Ш.Харитонов, Е.К.Варфоломеева, Б.Ф.Горбачёв,  
Г.И.Розенберг, Т.Г.Мусян, О.Г.Иглина, Н.Т.Шитовкин

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ ЦЕОЛИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР ДЛЯ БЪЯСНЕНИЯ ПУТЕЙ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Изученность природного цеолитового сырья достигла ступени, когда от характеристики сырья отдельных месторождений необходимо перейти к сравнительному анализу цеолитов различных месторождений/в стандартных условиях, по одной методике/. Осуществлено комплексное исследование и дана сравнительная характеристика представительных усредненных проб месторождений Дзегви, Ай-Даг, Ноемберян, Морденитовое/Закавказье/, Сокирница, Водича/Закарпатье/, Карадаг/Крым/. Определены химико-минералогический состав, термо- и кислотостабильность, водостойкость, адсорбционные свойства по воде, органическим жидкостям, кислотам газам, механическая прочность.

Все пробы характеризуются высоким  $SiO_2/Al_2O_3$  8, по составу обменного комплекса - поликатионные, имеют близкие объемы пор/0,106-0,127 см<sup>3</sup>/г/, являются эффективными сорбентами кислотных газов/ $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NOCl$ ,  $NO_2Cl$ ,  $Cl_2$ /. Исследуемые цеолиты являются хорошими осушителями воздуха, обеспечивают его обезвоживание до точки росы ниже 70°C, немного уступают синтетическим/СаХ, Н-М и др./по статической и динамической активности, но в 2-2,5 раза эффективнее окиси алюминия, в том числе по термо- и кислотоустойчивостям, механической прочности. По термоустойчивости и кислотоустойчивости пробы цеолитового сырья отечественных месторождений довольно резко разграничиваются на устойчивые и слабо устойчивые.

Проведено сопоставление полученных результатов, даны рекомендации по предпочтительному применению цеолитового сырья в технологических процессах с повышенными требованиями к ряду параметров.

ВНИИГЕОЛНЕРУД, КХТИ,  
г.Казань

## ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЛИНОПТИЛОЛИТА

Клиноптилолитовые туфы из различных регионов СССР различаются по адсорбционным и ионообменным свойствам, термостабильности, устойчивости к действию кислот и щелочей. Полученные нами данные показывают, что эти различия связаны как с особенностями минерального состава пород, так и со спецификой химического состава собственно клиноптилолита. Статистическая обработка около 30 химических анализов по каждому из изученных месторождений позволила установить функции распределения компонентов и выделить совокупности с повышенным содержанием  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{CaO}$ . Выявлен также тип пеллита промежуточный по составу между клиноптилолитом и гейландитом/месторождения Тедзами/. По механической прочности клиноптилолитовые туфы условно подразделены на 3 типа - с высокой прочностью /Сокирница, Ай-Даг/, средней прочностью /Гейзерное, Тедзами/, низкой прочностью /Татлы, Оксвазы/.

В зависимости от особенностей состава и физико-механических свойств намечены возможные области применения клиноптилолита из различных месторождений СССР.

Области применения	Особенности состава	Механическая прочность	Размер гранул мм	Месторождение
--------------------	---------------------	------------------------	------------------	---------------

Адсорбция	Преимущественно Ca форма с высоким отношением Si/Al	Высокая	3-5	Новый Кохб, Ай-Даг
Ионный обмен	Преимущественно Na-форма	Высокая	1-3	Хекордзула
Сельское хозяйство/рас- тениеводство/	K-Ca-форма	Высокая, низкая	< 3	Сокирница, Новый Кохб, Тедзами
Модификация и структуры рваные резин /наполнители/	$\text{NH}_4$ из Na формы	Низкая	0-2	Хекордзула
Произ-во пе- мента, синтез новых соеди- нений	Низкое Si/Al отно- шение	Низкая	0-2	Тедзами, Татлы, Оксвазы

Катализ	Са-форма Н форма из Ла	Высокая	0-5	Хекоризула
---------	------------------------------	---------	-----	------------

---

Полученные данные показывают, что особенности состава и механическая прочность имеют важное значение для определения предпочтительных областей применения клиноптилолита в народном хозяйстве СССР.

ИМГРЭ,  
г. Москва

Ф.Д.Овчаренко, Ю.И.Тарасевич, В.Е.Поляков, Г.Р.  
Вагнер, В.М.Руденко

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКАРПАТСКОГО КЛИНОПТИЛОЛИТА

Изучен минералогический и химический состав, термическое поведение, состав обменного комплекса и адсорбционные свойства закарпатского клиноптилолита. Исследовано влияние различных обменных катионов на адсорбцию воды и теплоту смачивания этого минерала. Показано, что клиноптилолит является эффективным сорбентом для осушки природного газа. Приведены реологические и технологические исследования цементных дисперсий с добавками природного и модифицированного органическими веществами клиноптилолита. Установлена перспективность применения этого материала в качестве активного минерального компонента тампонажных составов и бетонов. Намечены перспективы широкого использования клиноптилолита в различных отраслях народного хозяйства.

ИХХВ АН УССР,  
г.Киев

РОТАПРИНТ ГИНа

В ПЕЧАТЬ 23.2.78г. Т-05266  
ТИРАЖ 500, ОБЪЕМ 5,0 п.л.

ЗАКАЗ № 72

ЦЕНА 20 КОП.

2395

568 52605

Али 685