

Е. И. ЕРМОЛОВА

АНАЛЬЦИМ И МОРДЕНИТ В ОЛИГОЦЕНОВЫХ И МИОЦЕНОВЫХ
ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОГО ЗАКАВКАЗЬЯ

В литературе за последние годы вопрос об образовании цеолитов в осадочных породах разбирался уже неоднократно. Однако исследователи продолжают рассматривать наличие аутигенных цеолитов в осадочных породах как сравнительно редкое явление.

В Грузии и в крайней западной части Азербайджана в песчаных и алевролитовых отложениях миоцена и олигоцена аутигенные цеолиты весьма широко распространены, но они еще до сих пор не описаны.

Среди аутигенных цеолитов, описываемых в нашей статье, констатированы следующие минералы: анальцим, морденит, натролит и десмин. Вполне возможно, что при дальнейших исследованиях осадочных пород этот список значительно расширится. В настоящей же статье рассматриваются лишь анальцим и морденит как минералы, наиболее часто встречающиеся и поэтому изученные нами более полно.

В табл. 1 указываются географические пункты, где в миоценовых и олигоценовых песчаниках и алевролитах обнаружены анальцим и морденит, а также пределы их содержания в породе¹.

Попутно отметим также, что десмин обнаружен нами пока лишь в миоценовых отложениях района сел. Земо-Натанеби, а натролит — в районе Скра, Надербазеви и Земо-Натанеби.

Песчаники и алевролиты, содержащие цеолиты, состоят главным образом из обломков эффузивных и туфогенных пород, из обломков глинистых, карбонатных и других осадочных пород, из основных и средних плагиоклазов, щелочных полевых шпатов, кварца и слюд. Процентное содержание всех этих обломочных компонентов варьирует в широких пределах. В районе сел. Земо-Натанеби миоценовые песчаники включают в себя также и большое количество пироксенов и амфиболов, содержание которых в отдельных образцах доходит до 50%. Кроме цеолитов, в этих породах встречен ряд и других аутигенных минералов: кальцит, доломит, хлорит, гипс, бурые гидроокислы железа, монтмориллонит, ярозит и др.

Приводимая ниже характеристика анальцима и морденита дается в результате исследования иммерсионных препаратов и многочисленных шлифов, сделанных из образцов пород с ненарушенной структурой. Аутигенное происхождение цеолитов доказывается по характеру их связи

¹ Содержание вторичных цеолитов в породе определялось в шлифах при помощи микролинейки окуляра микроскопа и с применением объектива с большим увеличением ($\times 300$).

Таблица 1

Географические пункты исследований	Число анализированных образцов	Возраст изученных отложений	Пределы содержания неолитов в осадочной породе, %	
			анальцим	морденит
сел. Зейва (р-н с. Нафтаван)	18	Олигоцен	Следы—20,0	—
хр. Эйляр-Оуги	19	Миоцен	0—17,6	Следы
Северный склон хр. Чобандаг	27	»	0—6,5	0—7,0
сел. Удабно	21	»	0—17,0	0—4,3
сел. Пховели	11	Олигоцен	0—11,5	0—16,0
сел. Норю	14	»	Следы	—
сел. Глдани и Мамкочи	13	Миоцен	0—9,7	—
сел. Ассурети	15	Олигоцен	0—8,0	—
р. Тедзами	21	»	—	0—15,5
сел. Надербазеви	22	Миоцен	0—18,0	
			(подсчитывалось вместе)	
сел. Скра	17	»	0—15,0	
			(подсчитывалось вместе)	
сел. Вака	34	Олигоцен	Следы	—
сел. Джава	20	Миоцен	0—6,3	—
сел. Набахтеви	15	»	—	0—6,6
сел. Марджеси и Сачхери	17	Миоцен и олигоцен	0—7,5	
			(подсчитывалось вместе)	
сел. Усахело	18	Миоцен	Следы	—
ст. Квезани	15	»	1,1—17,5	
			(подсчитывалось вместе)	
сел. Мерхеулы	25	Олигоцен	0—15,0	—
сел. Псырдха	26	Миоцен	0—6,4	0—10,8
р. Бзыбь	10	Олигоцен	—	0—5,3
сел. Земо-Натанеби	37	Миоцен	0—19,0	—

с обломочными и другими компонентами породы, их облика (идiomорфизма или ксеноморфизма) и типу заполнения пор или форме нахождения в породе.

Анальцим встречается в виде замещений некоторых кластических обломков или в виде самостоятельных выделений в поровых пространствах. Форма кристаллов анальцима и морденита устанавливалась в иммерсионных препаратах (отдельные грани кристаллов совершенно ясно обрисовываются при перекачивании зерен в иммерсионной жидкости с показателем преломления, значительно превышающим светопреломление неолита).

Кристаллы анальцима или идиоморфны, и тогда они состоят из комбинации двух кристаллографических форм: тетрагон-триоктаэдра и подчиненных граней куба (рис. 1), или ксеноморфны. В последнем случае их форма обуславливается формой порового пространства или растворением. Размеры идиоморфных кристаллов чаще всего колеблются в пределах 0,01—0,25 мм, а ксеноморфные кристаллы иногда достигают 0,8 мм.

Фракция гравитационного анализа майкопского песчаника, взятого у сел. Зейва (Азербайджанская ССР), состоящая почти из одного анальдима с ксеноморфными очертаниями, была подвергнута для контроля неполному химическому анализу (не определялись щелочи). В табл. 2 показаны результаты химического анализа.

Разница между полученной суммой и 100% отнесена условно к щелочам.

Приведенный химический состав вполне сравним с результатами химических анализов нескольких образцов анальдима (табл. 2), приведенных у Doelter (1926).

Таблица 2

Данные химического анализа анальдима

Компоненты	Состав изучаемого образца анальдима, вес. %	Состав различных образцов анальдима по данным К. Дольтера (вес. %)			
		№ анализа			
		1	2	3	4
Na ₂ O	14,4 (усл.)	13,78	11,45	12,20	14,65
CaO	0,1	—	0,31	0,16	—
Fe ₂ O ₃	Следы	—	—	0,13	—
Al ₂ O ₃	21,0	21,98	20,90	21,48	23,00
SiO ₂	57,5	56,47	57,32	57,32	53,60
H ₂ O	7,0	8,81	9,18	8,96	7,20
Сумма	100,8	101,04	99,16	100,25	100,45

№ 1 — Фассаталь (Fassatal), Тироль; № 2 (бесцветный анальдим) — Гарнизонсмюле (Garnisonsmühle), Саксония; № 3 — Вессон Блюфф (Wassons Bluff), Новая Шотландия; № 4 — базальтовые миндалины Дороги Гигантов, Алтрим, Ирландия.

Качественный анализ щелочей определялся при помощи микрохимических реакций и показал почти полное отсутствие К и большое содержание Na.

Анальдим часто метасоматически замещает обломки эффузивов, полевых шпатов, роговых обманок и пироксенов. В тех случаях, когда было возможно установить состав замещаемых полевых шпатов, последние определялись как средние или основные плагиоклазы. Д. С. Белявкин и В. П. Петров (1945) также упоминают о замещении анальдимом и некоторыми другими цеолитами преимущественно средних или основных плагиоклазов. Замещая указанные обломки, анальдим одновременно выполняет и все поровое пространство вокруг замещенных зерен. Часто можно наблюдать в цеолитовом зерне остатки свежего полевого шпата или его контуры (рис. 2).

В онкофоровых (нижний миоцен) песчаниках районов Къезани и Надербазеви — Скра отмечаются случаи регенерации обломочного анальдима.

Анальдим из миоценовых и олигоценых песчаников районов Псырчха и Сачхери имеет сильно корродированные, бухтообразные контуры. Светопреломление как корродированного анальдима, так и неизмененного близко к 1,488.

Характерной морфологической особенностью анальдима в пределах анализированного нами материала является его трещиноватость, выраженная в разной степени (от чуть заметной на поверхности кристаллов до густой сетки трещинок, секущих зерно анальдима).

Анальцит из песчаников района Квезани сильно трещиноват, но сохраняет при этом кристаллографические очертания. Анальцит с трещиноватой поверхностью и с показателем преломления около 1,43 установлен в породах районов Скра, Надербазеви и Марджеви. Но часто анальцит в этих породах в той или иной мере освобожден от корки, и свободная поверхность кристаллов, в большинстве случаев ограниченная, имеет $N = 1,487$, т. е. обладает оптическими свойствами нормального анальцита. Д. С. Белянкин (1933), В. С. Соболев (1949), Д. С. Белянкин и В. П. Петров (1940) отмечают, что потеря цеолитной воды сопровождается понижением удельного веса и показателей преломления минерала. Опытное удаление воды из анальцита, осуществленное нами кратковременным прокаливанием на горелке Бунзена (температура 800° , время прокаливания 3—5 мин.), также вызвало трещиноватость и понижение показателя преломления ($N < 1,46$).

Таким образом, в песчаниках ряда географических пунктов Грузии, содержащих трещиноватый анальцит, некоторое время, очевидно, существовали условия, которые вызвали выделение цеолитной воды из анальцита.

Морденит встречается обычно в виде идиоморфных, часто очень мелких ($< 0,01$ мм) кристаллов таблитчатого, слегка удлиненного габитуса, обычно ориентированных от стенок к центру поровых пространств песчаников и алевролитов. Нередки кристаллы, размеры которых достигают 0,5 мм. На рис. 3—5 показаны наиболее типичные формы морденита. Наблюдается совершенная спайность по 010. Иногда он образует неправильные сростки мелких кристаллов. Показатели преломления морденита следующие: $N_g = 1,489$; $N_m = 1,485$; $N_r = 1,482$.

Замещение морденитом обломков эффузивных пород и полевого шпата отмечается в онкофоровых песчаниках Надербазеви и Скра и в сарматских отложениях Южной Кахетии. Более точного определения замещаемого полевого шпата сделать не удалось.

Интересны псевдоморфозы морденита по аморфному органическому кремнезему, наблюдавшиеся нами в песчаниках олигоцена и миоцена районов Набахтеви, Надербазеви и р. Тедзами.

Исследованный морденит аналогичен аутигенному мордениту из палеогеновых и меловых отложений восточного склона Урала, описанному П. В. Ренгартен (1945), и одновременно аутигенному гейландиту из миоценовых песчаников Калифорнии, исследованному С. М. Жильбертом (Gilbert, 1948).

Указанные морденит и гейландит интересны тем, что их оптические свойства плохо совпадают со свойствами, описываемыми в большинстве минералогических справочников.

Только в справочнике Е. Ларсена и Г. Бермана (1937) приводится гейландит с показателями преломления, совпадающими с нашими определениями. С. М. Жильберт и Н. В. Ренгартен подчеркивают также, что и химические свойства аутигенного гейландита или аутигенного морденита не являются обычными для этих минералов.

С. М. Жильберт (1948) на основании результатов рентгенометрических исследований кристаллической структуры, относил минерал к гейландиту, все же отмечает, что исследуемый им минерал более богат кремнекислотой, чем типичный гейландит.

Кроме того, автор заметил одно очень интересное свойство изучаемого минерала. При повышении температуры, например при изготовлении шлифа, минерал заметно изменяет свою оптическую ориентировку.

Напрашивается следующий вывод: минерал, обладающий промежуточными химическими и оптическими свойствами между морденитом и гей-

ландитом, возможно, является новым минералом. Как правило, он имеет аутигенное осадочное происхождение. Для точного разрешения этого вопроса, конечно, имеющегося материала далеко не достаточно и необходимы специальные исследования. Разные исследователи относят этот минерал то к мордениту, то к гейландиту. В советской литературе исследуемый минерал неоднократно описывался под названием морденита (Ренгартен, 1945; Бушинский, 1950), хотя от типичного морденита он отличается оптическими константами и химическими свойствами.

* * *

Условия образования анальцима и морденита в осадочных породах разные авторы, соответственно с полученными ими результатами исследований, трактуют по-разному.

Н. В. Ренгартен (1940, 1945) объясняет образование анальцима и морденита в отложениях казанского яруса Кировской обл. и в верхнемеловых и палеогеновых отложениях восточного склона Урала как результатом химических реакций между минерализованной морской водой и обломками эффузивных пород в рыхлом осадке.

Тот же автор в 1950 г. образование анальцима и ломоптита в нижнеюрских отложениях Северного Кавказа связывает с синтезом сложных алюмосиликатов в поверхностно-водных условиях.

Г. И. Бушинский (1950) считает, что морденит юры, мела и палеогена во многих местах Русской платформы образовался в морских осадках в позднюю стадию раннего диагенеза.

П. П. Авдусин (1948) указывает на возможность образования анальцима в результате гипергенных изменений вулканического стекла, присутствующего в виде примеси в кварцевых песках среднего отдела продуктивной толщи Апшеронского п-ва.

Г. С. Дзоенддзе (1943) образование анальцима в батских осадочных отложениях района Кутаиси объясняет воздействием растворов на глинистые частицы с последующей коагуляцией коллоидов SiO_2 и Al_2O_3 .

Чем же можно объяснить образование цеолитов в исследованных нами кластических породах.

Образование цеолитов происходило главным образом в стадию эпигенеза и прежде всего обуславливалось химической характеристикой жидкой фазы породы. Геохимическая обстановка среды влияла также и на степень устойчивости обломочного материала. В зависимости от характера среды и химизма водных растворов цеолиты образовались то в результате разрушения неустойчивых в определенной геохимической среде обломочных компонентов (плагноклазов, обломков эффузивных пород, вулканического стекла и т. п.), то вследствие выделения солей раствора, то в результате совместного действия обеих указанных причин.

Это хорошо устанавливается по результатам наших наблюдений; аутигенные цеолиты образовались либо путем замещения обломков эффузивных пород и плагноклазов, либо путем самостоятельных выделений в поровых пространствах. Сопряженность между наличием аутигенных цеолитов и содержанием обломков эффузивных пород и плагноклазов прослеживалось далеко не всегда. Можно отметить следующие факты.

а) В миоценовых и олигоценых песчаных породах районов Надербазеви, Скра, южной части Южной Кахетии и т. д. наблюдаются интенсивные процессы замещения плагноклаза и обломков эффузивных пород цеолитами.

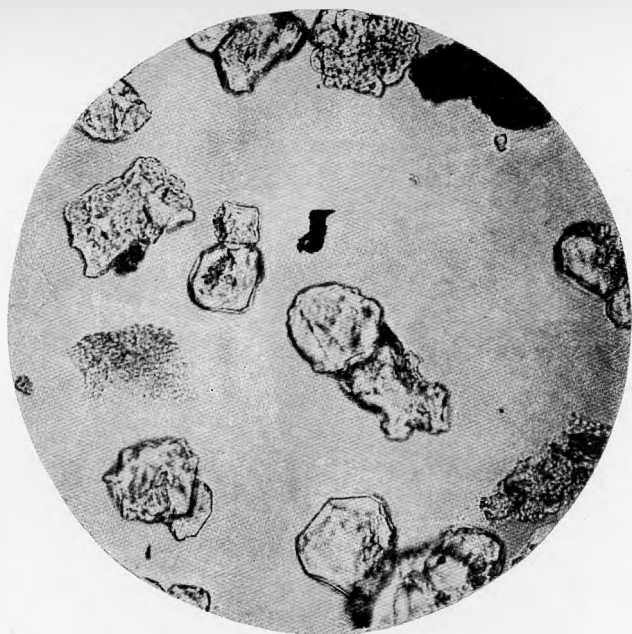


Рис. 1. Анальцимовая фракция из мелкозернистого полиминерального песчаника. Оligоцен, с. Зейва.

Обр. № 335, $\times 300$, без анализатора.



Рис. 2. Частичное замещение анальцимом зонального плагиоклаза. Видны заполненные анальцимовым веществом промежутки между зернами песчаника. Мелкозернистый полимиктовый песчаник. Сармат. хр., Зйляр-Оуги.

Обр. № 59, $\times 300$, без анализатора.

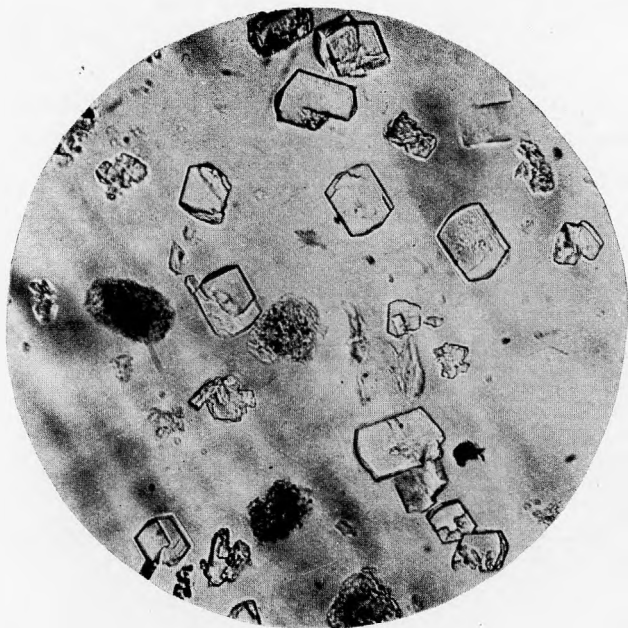


Рис. 3. Морденитовая фракция из мелкозернистого полиминерального песчаника. Олигоцен, с. Тедзами.

Обр. № 1751. $\times 300$, николи II

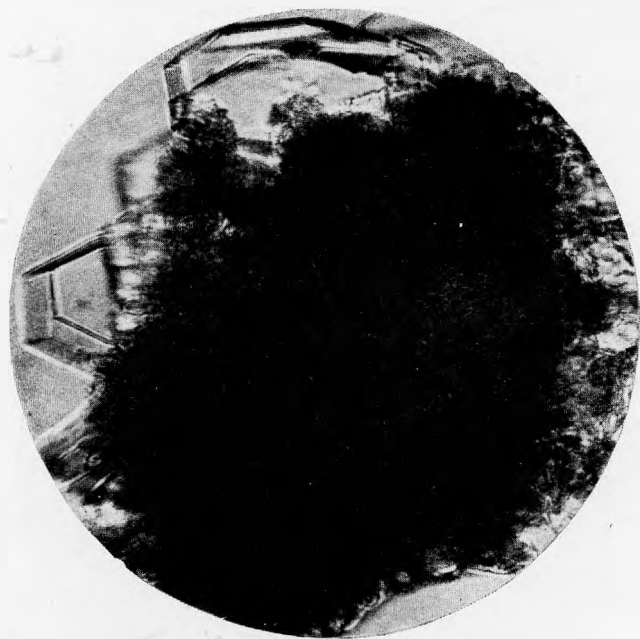


Рис. 4. Сросток кристаллов морденита из крупнозернистого полиминерального песчаника. Ср. миоцен, с. Надербазеви

Сбр. № 485×300, без анализатора.



Рис. 5. Выделение морденита в породах мелкозернистого полиминерального песчаника.

Нижний миоцен, с. Скра.

б) В песчаниках миоцена и олигоцена Земо-Натанеби и Зейвы содержание цеолитов весьма значительно и иногда достигает 20 0%. Как показали микроскопические наблюдения, цеолиты обычно присутствуют в виде самостоятельных выделений в порах и только в единичных случаях связаны с изменением обломочных компонентов. Все это говорит о том, что они явно привнесены в песчаники фильтрующимися водами.

в) В песчаных породах разрезов олигоцена Норио, Вака и Джавы отсутствуют цеолиты, несмотря на то, что эти песчаники содержат большое количество обломков эффузивов и плагиоклазов.

Образование анальцима и морденита происходит в разной геохимической обстановке. Анальцим образуется в слабокислой среде, а морденит — в слабощелочной. К такому заключению нас привели следующие соображения.

Образование анальцима в большинстве случаев сопровождается растворением кальцита, плагиоклазов, главным образом средних и основных, пироксенов и амфиболов, т. е. всех тех минералов, которые являются неустойчивыми в водном растворе, содержащем избыток углекислоты (Земо-Натанеби, Квезани, Скра, Надербазеви, Эйляр-Оуги, Глдани-Мамкоти, Зейвы и др.).

Образование морденита в слабощелочной среде доказывается, если исходить из растворимости кремнезема в щелочной и слабощелочной среде, следующим:

1) одновременным наличием, с одной стороны, сильно корродированных благодаря растворению форм аморфного кремнезема и, с другой, — прекрасно ограненных кристаллов вторичного морденита в породах хадумского горизонта бассейна р. Тедзми;

2) наличием в ряде районов псевдоморфоз морденита по аморфному органическому кремнезему;

3) беспорядочным распределением мелких кристаллов морденита в кальцитовом кристаллическом цементе, что указывает на близкие значения pH, при которых происходило их образование.

Присутствие в виде включений мелких и прекрасно ограненных кристаллов морденита также и в доломитовых, гипсовых и хлоритовых кристаллических цементах (с. Псырцха, р. Бзыбь, с. Скра и т. п.) служит дополнительным подтверждением предположения о возможности образования морденита в слабощелочной среде.

Нужно сказать, что выделение Н. В. Ренгартен (1950) особой геохимической цеолитовой фации вряд ли будет правильным, так как разные цеолиты часто образуются при совершенно различных физико-химических условиях, в частности при разных значениях pH. Целесообразнее было бы по мере накопления сведений об отдельных цеолитах приурочивать образование последних к разным геохимическим фациям, уже выделенным Г. И. Теодоровичем (1947), или связывать с изменившимися позднее различными геохимическими условиями.

Во всех кластических отложениях олигоцена и миоцена Грузии, где наблюдается образование анальцима, растворы обогащаются свободной углекислотой, в период формирования или существования осадочных пород создающей слабокислую среду и тем самым способствующей образованию анальцима.

Самый раствор при образовании анальцима должен характеризоваться недоиспользованностью кремнеземом по сравнению с содержанием щелочей (главным образом Na) и глинозема. Этим, вероятно, и объясняется невозможность одновременного образования кварца и щелочных полевых шпатов, с одной стороны, и анальцима, с другой, — хотя и те и другие минералы образуются в слабокислой среде.

Генезис морденита связан уже со слабощелочными водами, характеризующимися иным химическим составом. Для выделения морденита из раствора необходимо, чтобы последний содержал одновременно ион Са, глинозем и кремнезем.

Морденит является обычно более поздним продуктом аутигенных процессов, чем анальцит. На это указывает нередко наблюдаемое нарастание неизмененных кристаллов морденита на поверхности анальцита с трещиноватой корочкой.

ЛИТЕРАТУРА

- И. П. Авдусин. Грязевые вулканы Крымско-Кавказской геологической провинции. АН СССР, 1948.
- Д. С. Белянкин. О воде в некоторых минералах. Труды Петрограф. ин-та, вып. 4, 1933.
- Д. С. Белянкин и В. П. Петров. Петрография Грузии. АН СССР, 1945.
- Д. С. Белянкин. О кристобалите и об условиях кристаллизации его в некоторых породах Закавказья. Труды Минерал. музея, вып. 1, 1949.
- Г. И. Бушинский. Морденит в морских отложениях юры, мела и палеогена. Докл. АН СССР, сер. нов., т. LXXIII, № 6, 1950.
- В. И. Вернадский и С. М. Курбатов. Земные алюмосиликаты и их аналоги. ОНТИ, 1937.
- Г. С. Дзюценидзе. Анальцит осадочного происхождения из батских углистых сланцев окрестностей г. Кутаиси. Сообщения АН Груз. ССР, т. IV, № 10, 1943.
- Г. С. Дзюценидзе. Домиоценовый эффузивный вулканизм Грузии. АН Груз. ССР, 1948.
- Е. Ларсен и Г. Берман. Определение прозрачных минералов под микроскопом. ОНТИ, 1937.
- И. А. Преображенский. Об аутигенных минералах и минералообразовании. Труды ИГН АН СССР, вып. 40, сер. петрограф., № 13, 1941.
- Н. В. Ренгартен. Аутигенный анальцит в песчаниках казавского яруса Кировской области. ЗМО, сер. 2, ч. LXIX, вып. 1, 1940.
- Н. В. Ренгартен. Цеолит из группы морденита в верхнемеловых и палеогеновых морских отложениях восточного склона Урала. Докл. АН СССР, т. XLVIII, № 8, 1945.
- Н. В. Ренгартен. Ломонтит и анальцит из нижнеюрских отложений на Северном Кавказе. Докл. АН СССР, сер. новая, т. LXX, № 3, 1950.
- В. С. Соболев. Введение в минералогию силикатов. Львовск. гос. ун-т, 1949.
- Г. И. Теодорович. Осадочные геохимические фации. БМОИП, отд. геолог., т. XXII, № 1, 1947.
- W. H. Bradley. The occurrence and origin of analcite and meerschaum beds in Green River formation of Utah, Colorado and Wyoming. U. S. Geol. Surv., Prof. Paper, 158, 1929.
- P. S. Burgess a. W. T. Mc George. Zeolite formation in soils. Science, v. 64, p. 652, 1926.
- C. Doelter. Handbuch der Mineralchemie, I — III, 1926.
- C. M Gilbert a. M. C. Mc Andrews. Authigenic heulandite in sandstone, Santa Cruz County, California. Journal sediment. petrology, v. 18, № 3, 1948.