

Псевдоморфозы



Кальцит по глаубериту, покрытый поверхностной плёнкой малахита. Из отложений древнего озера в Verde Valley, Аризона, США. Фото © В.Слётов

В природе встречаются минералы, которые имеют не свойственную им форму. Подобные образования называются псевдоморфозами (pseudos- ложь, morphe - форма, вид) – это кристалл, зерно или агрегат минерала, замещенный без изменения его формы другим минералом или смесью минералов. Отсюда и название – фальшивая (псевдо) форма (морфа)

Псевдоморфоза лимонита по конкреции пирита, 4см.
"Белая Пустыня", Египет
(White Desert, Egypt)



Псевдоморфозы встречаются среди всех классов минералов, например, медь образует псевдоморфозы по куприту, пирит по пирротину, гетит по пириту, малахит по куприту, топаз по микроклину и т.д. В химическом отношении псевдоморфоза может отличаться от первоначального минерала, однако это не обязательно. Основные признаки псевдоморфоз – несоответствие формы кристаллов минеральному виду или наличие остатков незамещенного раннего минерала.

Мушкетовит - псевдоморфоза магнетита по гематиту.



Мартит. Псевдоморфоза гематита по магнетиту



Образование псевдоморфоз

1. **Псевдоморфозы замещения** образуются путем постепенного замещения первоначального минерала по мере его реакции с воздействующим реагентом (т. е. исходным веществом, участвующим в химической реакции).

Среди них выделяют:

а) **Псевдоморфоза с потерей (выносом) компонентов.** Это как вычитание: «с - а». Мы берем одну формулу, удаляем какой-нибудь компонент и получаем новый, минерал.



Классическим примером данной группы является «беломорская рогулька» или глендонит. Ученые долго не могли понять — что представляло собой исходное вещество для этой псевдоморфозы. На музейных этикетках, еще лет 30 назад, значилось: «псевдоморфоза кальцита по неизвестному минералу». Дело в том, что огранка кристаллов в «беломорской рогулке» не соответствовала тем, которые может дать кальцит. То есть кальцит никогда, абсолютно никогда не может выглядеть так. В конце прошлого века загадка была наконец разгадана.

В 1962 году был открыт минерал икаит $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. От кальцита отличается 6-ю молекулами воды в структуре. Одна важная деталь: этот минерал не существует при температуре выше +8 градусов по Цельсию — его нет ни в одном музее мира (он очень быстро дегидратирует — вода покидает структуру). Образуется в условиях холодных морей. А Белое и Баренцево моря, на берегах которых находят рогульки, именно такие — температура на дне +3-4 градуса. Икаит образовывался, потом температура повышалась, например его выбрасывало на берег при шторме, он терял воду и превращался в кальцит.

б) с привнесом компонентов. Сложение «с + b». Берем одну простую формулу, добавляем еще один компонент и, получаем новый минерал. Почти алхимия.

в) с заменой компонентов (частичной или полной). Мы берем один компонент, к примеру серу в пирите, и меняем ее на что-нибудь. Кислород, например. Вот есть у нас глендонит, образовавшийся в холодном море в районе Австралии несколько миллионов лет назад. Он спокойно лежит в глинистой толще, и все бы ничего, но тут приходят гели кремнезема. Карбонат кальция выносятся и постепенно замещается кремнеземом. Образуется псевдоморфоза благородного опала по глендониту. И такое в нашем мире бывает.

Псевдоморфоза благородного опала по икаиту. Вайт Клиффс, Австралия



2. Псевдоморфозы облекания.

Здесь все просто — один минерал нарастает на поверхность другого, образуя корку. Потом вариации — либо исходный минерал растворяется и остается только «шкурка», но иногда он остается на месте, а мы все равно видим «шкурку».

псевдоморфоза
облекания аметиста по
кристаллам кальцита



3. Параморфозы.

Это очень любопытный вид псевдоморфоз. Дело в том, что химический состав здесь абсолютно не меняется — другие лишь кристаллические структуры (их другое название — полиморфы).

Самый интересный пример параморфоз, который, конечно же вызовет раздражение у любого уважающего себя геммолога — параморфоза графита по алмазу. Алмаз - это минерал, который комфортно себя чувствует при высоких давлениях и температурах, а на поверхности ему не так приятно, и, обнаружив любой излишек энергии (нагрев при малом давлении), он жизнерадостно его поглощает и переходит в графит, в отсутствии кислорода, конечно же. А теперь представьте этот процесс в масштабах горного массива ... Массив Бени Бушера в Марокко содержит массу таких «алмазов».

**Графит. Параморфоза по алмазу
(клифтонит) в пироповом
пироксените. Бени-Бушера,
Марокко. Образец: ФМ (№87425.
Колл.: Степанов В.И., 1982). Фото:
© А.А. Евсеев.**



4. Псевдоморфозы разделения / псевдоморфозы распада.

Этот тип псевдоморфозы чем-то напоминает семейную историю. Представим, что у нас есть какой-нибудь кристалл, например ильменит: FeTiO_3 — его можно представить как пару оксидов счастливо живущих вместе — $\text{FeO} * \text{TiO}_2$. Это химическое соединение устойчиво при каких-то конкретных физико-химических параметрах (давлении, температуре, окислительно-восстановительной обстановке и т. д.) Но время шло, и титан понял, что его любимое железо, с которым он жил со времен образования породы, не такое каким он его знал. Мир вокруг поменялся и железо стало трехвалентным. Титан не может так жить дальше, его сердце навсегда разбито, он рвет все связи с железом и подает на развод. И кристалл ильменита распадается на гематит Fe_2O_3 и рутил TiO_2 .

Псевдоморфоза рутила и гематита
по ильмениту. Мвинилунга,
Замбия



5. Метамиктные кристаллы.

Термин «метамиктный» означает, что кристаллическая структура минерала частично или полностью разрушена. Как такое может произойти? Возьмем кристалл с радиоактивными элементами (да тот же циркон с торием, что уж там). Кладем на полочку, ждем несколько сотен тысяч лет и смотрим кристаллическую структуру. Вуаля! Структуры нет, она разрушена под действием быстрых частиц (обычно ядер гелия), образовавшихся за счет многочисленных радиоактивных распадов. Дело в том, что каждая из таких частиц воздействует на структуру вещества как маленькое пушечное ядро — одна частица нарушает часть связей в структуре, повреждая лишь ее малую часть и оставляя за собой след-трек. Но постоянную бомбардировку структура не выдерживает и превращается в аморфную грудку атомов. Перед нами ни что иное как еще одна псевдоморфоза. Из цирконов получают псевдоморфозы, которые называются «малаконами» - это темные, часто значительно радиоактивные цирконы, в которых структура сильно нарушена или отсутствует. Однако следует заметить, что не любой малакон корректно называть псевдоморфозой — в случае, если значительная часть структуры сохранена, то это лишь частичная псевдоморфоза, а то и не псевдоморфоза вовсе.

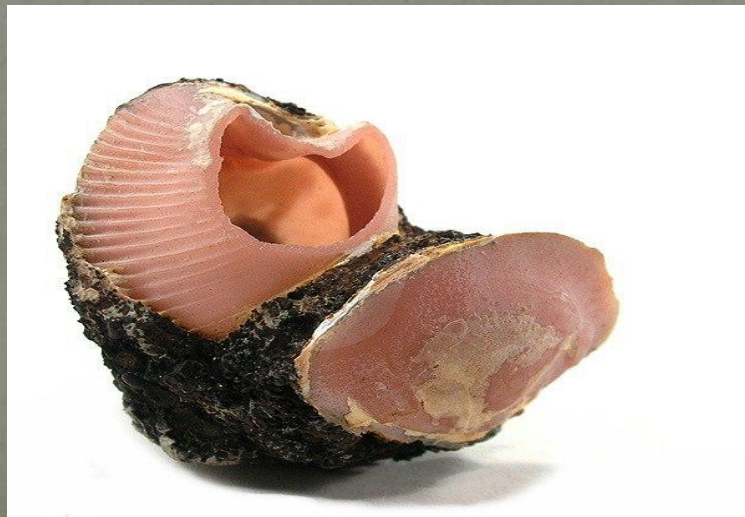
Метамиктные минералы — минералы, кристаллы которых при сохранении первоначального внешнего облика переходят полностью или частично из структурно упорядоченного кристаллического в стеклоподобное аморфное состояние вещества (метамиктизация). Это связано с воздействием излучений, сопровождающих радиоактивный распад входящих в их состав урана и тория. При нагревании или прокаливании метамиктные минералы вновь становятся кристаллическими.

**Малакон. Провинция
Антананариву, Мадагаскар**



6. Псевдоморфозы заполнения.

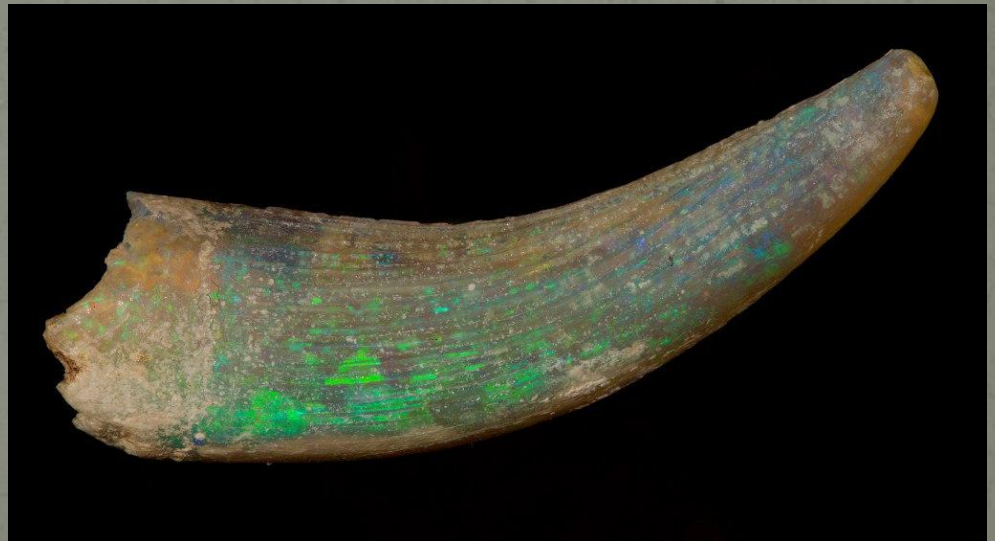
Сейчас вы услышите грустную историю о керченской ракушке. Давным-давно, в стародавние времена плиоцена жила двустворка на дне, в районе современного города Керчь. Потом она вполне предсказуемо умерла. Упала на дно, мягкое тело моллюска разложилось или было съедено а раковина осталась закрытой или полуоткрытой. Так или иначе, но там где раньше процветал моллюск, образовалась пустота. А потом в полость проникли растворы, содержащие марганец и углерод или железо и фосфор. И получилась псевдоморфоза заполнения — родохрозит или вивианит по раковине. Вивианитовые ракушки найти довольно просто до сих пор, а вот родохрозитовые — редкость и большое везение.



7. Окаменелости (биоморфозы).

За примером опять отправимся в Австралию. Плыл по юрскому морю плезиозавр с кучей зубов. И тут на него сверху падает глыба, он умирает, кости растворяются, а зубы остаются. Они захораниваются в том же слое, что и наш старый приятель глендонит. А потом... Вы сами знаете — приходит кремнезем и замещает зубы. Образуется псевдоморфоза опала по зубам плезиозавра.

Псевдоморфоза
благородного опала по
зубу плезиозавра.
Лайтнинг Ридж, Новый
Южный Уэльс





**Галит (псевдоморфозы по цветам). Более 20 см.
Образец: ГГМ им. В.И. Вернадского. 2011.11.11.
Фото: © А. Евсеев**

8. Комбинированные случаи — пункт специально для тех образцов, относительно которых ничего не понятно.



Арагонит. Псевдоморфоза по бумажному цветку розы. Карловы Вары, Чехия. Образец: Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН. Фото: © А.А. Евсеев.



Лампа, обросшая кристаллами галита в шахтном соляном озере. Шахта Южная, [Верхнекамское м-ние], Урал. Образец: Уральский геологический музей, Екатеринбург. Фото: © А.А. Евсеев.

В Швеции на одном из железных рудников неподалеку от города Фалун произошел следующий случай. Однажды, в 1719 г., в одной из штолен обнаружили погибшего рудокопа. Тело извлекли на поверхность. Множество зевак собралось посмотреть на него. Рудокопа опознала старая женщина – это был ее жених, пропавший 42 года назад. Его звали Матс Израэльссон. Он работал в шахте в 1677 г. Очевидцы утверждают, что тело рудокопа настолько хорошо сохранилось в воде, пропитанной минеральными солями, что выглядел он точно так же, как в день своего исчезновения. Он представлял собой каменную скульптуру человека, стоящего на ногах и заслонившегося рукой, вероятно, от камнепада. Сохранились не только поза, но и складки одежды, черты лица и даже табак в кармане. Матс был выставлен на показ обществу и стал известен как «Окаменевший (пиритовый) человек». Через некоторое время в условиях свободного доступа кислорода пирит начал окисляться и каменный человек стал разрушаться. В 1930 году его похоронили на церковном кладбище. Его могильный камень выполнен в виде знака меди.

Пиритовый человек из шведской деревни Фолун (гравюра начала XV века)



В XIX веке ученый – француз случайно оставил колбу с железным купоросом неплотно закрытой, а по возвращении из отпуска обнаружил в колбе мышь, целиком выполненную пиритом.



Псевдоморфоза халькантита
и атакамита по мыши

Образец: Мин. музей им. А. Е. Ферсмана
РАН (№1332). Фото А. А. Евсеева.
http://geo.web.ru/druza/m-pseud_geo_zh.htm



Благородный опал по гастроподам
(псевдоморфозы)

Австралия. Образец: А. Захаров. Гемма-2010.

Фото А. А. Евсеев



Медь по дереву (псевдоморфоза).
Ствол дерева (ливанского кедра) из
древней горной выработки, частично
заместившийся самородной медью

Mavrovouni Mine, Кипр.

Образец: Туксон-шоу-2009.

*[http://wiki.web.ru/images/1/1b/news.ph/
jpg](http://wiki.web.ru/images/1/1b/news.ph/jpg)*

Ботинок,
инкрустированный гипсом
(псевдоморфоза). Pernatty
Lagoon, Mt. Gunson, Ю.
Австралия. Образец: R.Scott
Werschky. Мюнхен-шоу-2017.
Фото: © Д. Тонкачев.





**Арагонит. Корка по сандали. Период образования 2 месяца.
Ахалцихе, Грузия.**

**Псевдоморфозы гётита
по пириту (слева).
Материал из работы Э.М.
Спиридонова.**



Псевдоморфоза
меди по галиту.

Корокоро,
Боливия. Материал из
работы Э.М. Спиридонова.



**Аметистовые
псевдоморфозы по
кристаллам кальцита в
агатовых жеодах. Santa
Elena.Artigas. Уругвай.
Материал из работы Э.М.
Спиридонова.**



Псевдоморфозы -биоморфозы кальцита по банану. Материал из работы Э.М. Спиридонова.



Псевдоморфозы целестина по раковинам
Третичные отложения полуострова Мангышлак, Западный
Казахстан. Материал из работы Э.М. Спиридонова.



Псевдоморфозы -биоморфозы халцедона по стеблям морских лилий. Материал из работы Э.М. Спиридонова.



Фитоморфозы халцедона по древесине ствола сикамора. Вайоминг, США. 230 мм . Материал из работы Э.М. Спиридонова.

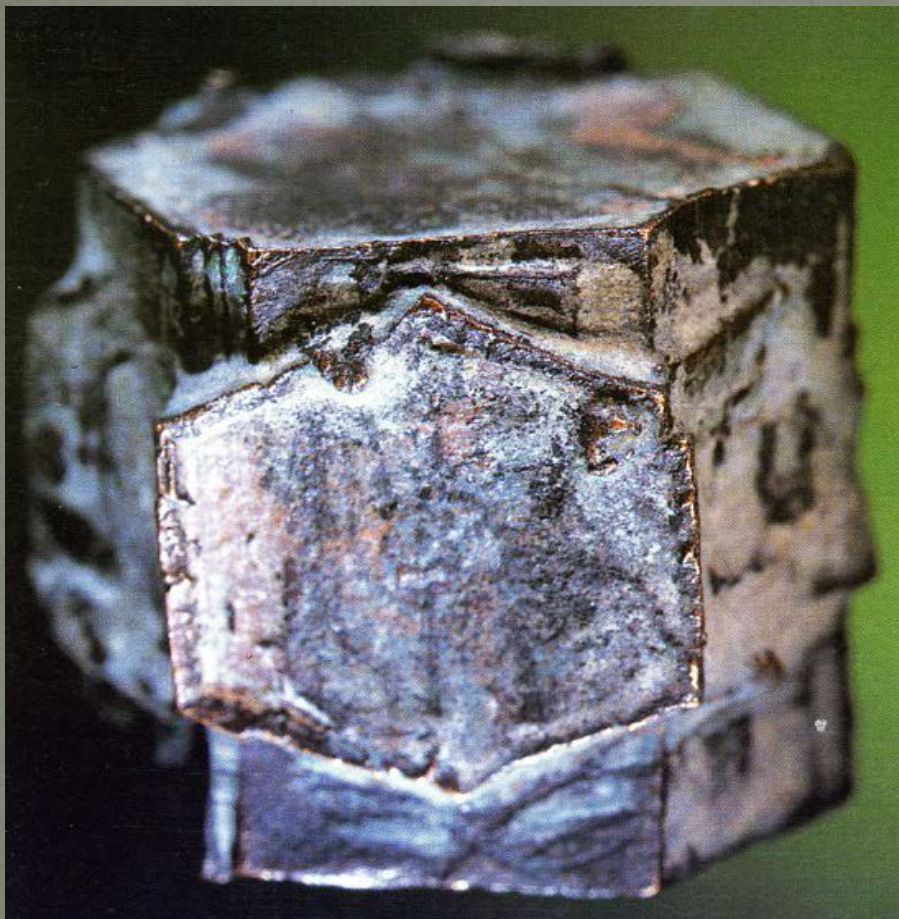


Материал из работы Э.М. Спиридонова.



Поликристаллическая псевдоморфоза меди по куприту. 60 мм.
Рубцовское месторождение, Алтай. Материал из работы Э.М. Спиридонова.





Псевдоморфозы меди по арагониту. Корокоро, Боливия. Материал из работы Э.М. Спиридонова.

Псевдоморфозы малахита
 $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ по азуриту
 $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$.
Цумеб, Намибия. Материал из
работы Э.М. Спиридонова.



Бирюза $\text{Cu}_2+\text{Al}_6[(\text{OH})_8/(\text{PO}_4)_4]\cdot 4(\text{H}_2\text{O})$ по апатиту $\text{Ca}_5[\text{F}/(\text{PO}_4)_3]$.
Сумовачи .Материал из работы Э.М. Спиридонова.



Бирюза $\text{Cu}_2+\text{Al}_6[(\text{OH})_8/(\text{PO}_4)_4]\cdot 4(\text{H}_2\text{O})$ по бериллу $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$.

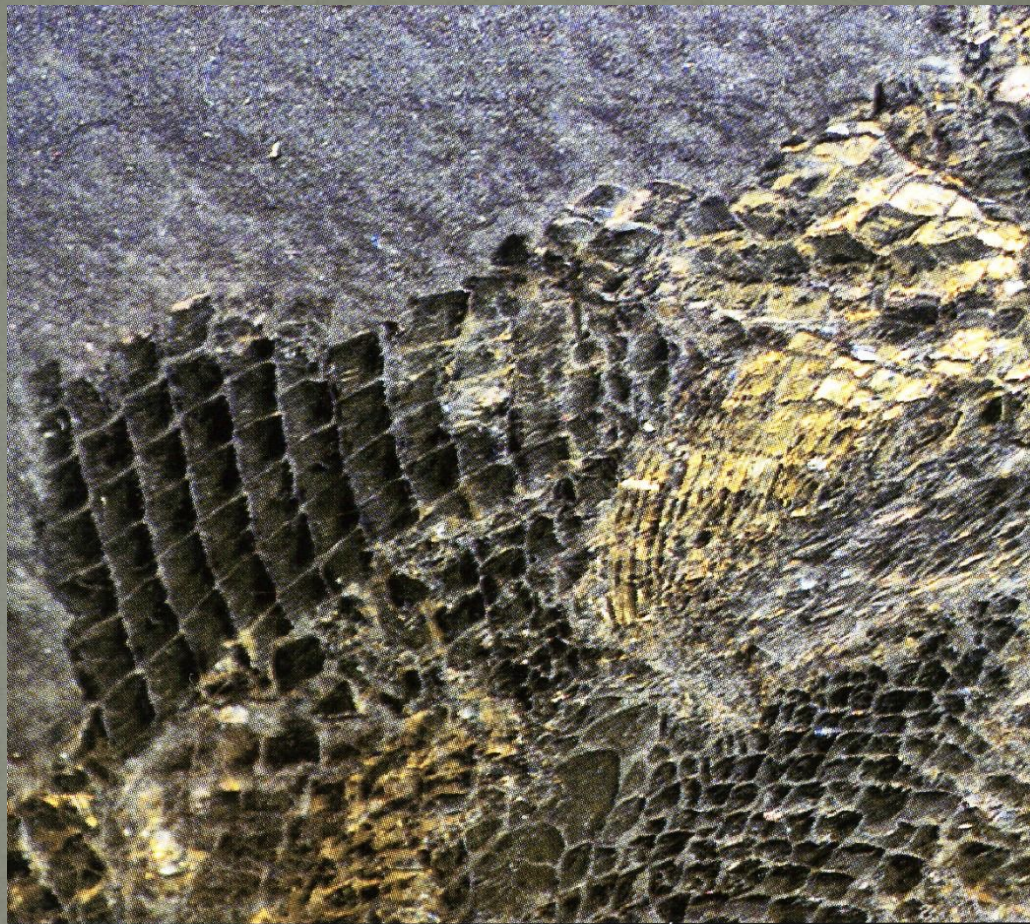
Apache Canyon mine,

Аризона, США. Материал из работы Э.М. Спиридонова.



**Халькопирит по рыбьей
чешуе.**

**43 мм. Масфельд,
Германия. Материал из
работы Э.М.
Спиридонова.**



Малахит по халькопириту, который заместил листья *Odontopteris rossika* Zalessky.

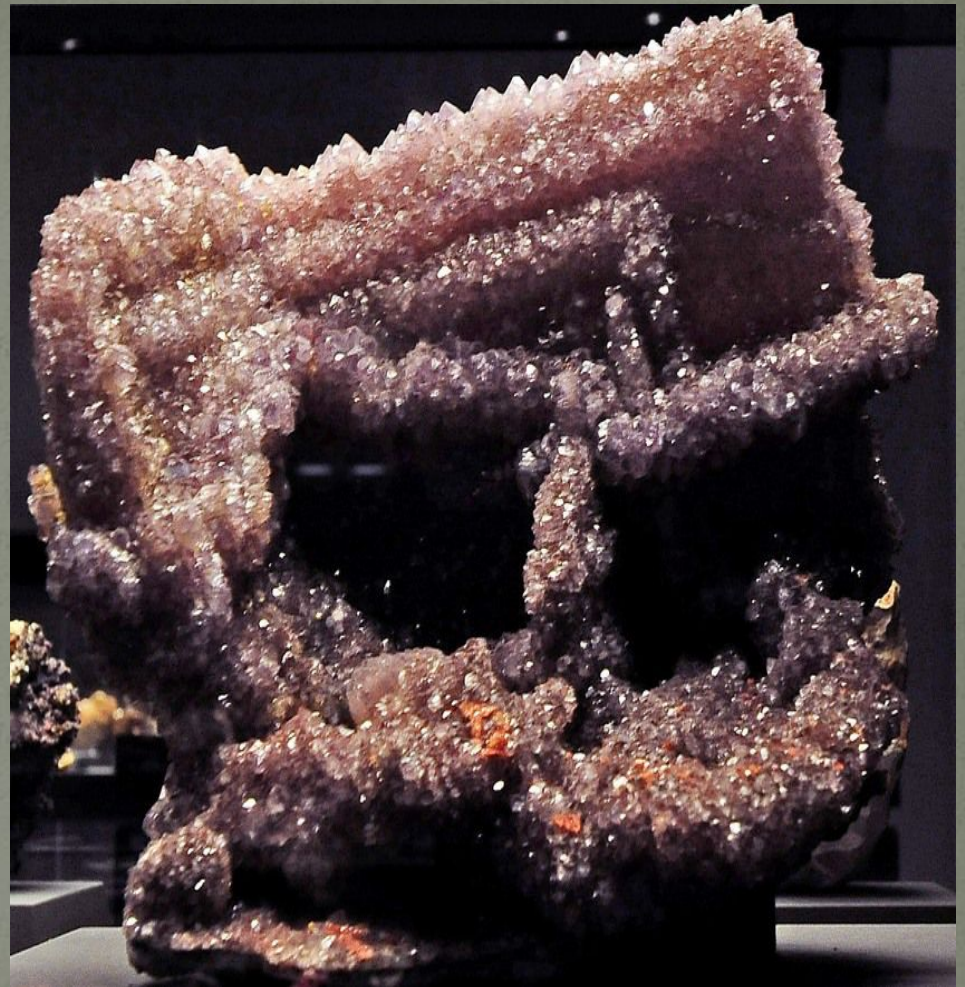
Пермское Приуралье. Материал из работы Э.М. Спиридонова.



Поликристаллическая псевдоморфоза корунд + магнезит по шпинели.
Могок, Бирма. Вероятная реакция : $\text{MgAl}_2\text{O}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgCO}_3$
Материал из работы Э.М. Спиридонова.



Псевдоморфоза кварца по
бариту.
Tizi-n-Tichka,
Quarzazate
Марокко. Материал из
работы Э.М. Спиридонова.



Псевдоморфоза облекания родохрозита
по пластинам кальцита. Мадан, Болгария. Колл. музея «Земля и люди»,
София.

Фото Н.Н. Жукова



Псевдоморфоза облекания кварца (аметиста)
по кальциту. Агатовые жеоды. Artigas, Уругвай. Материал из работы Э.
М. Спиридонова.

