

Група гранатів

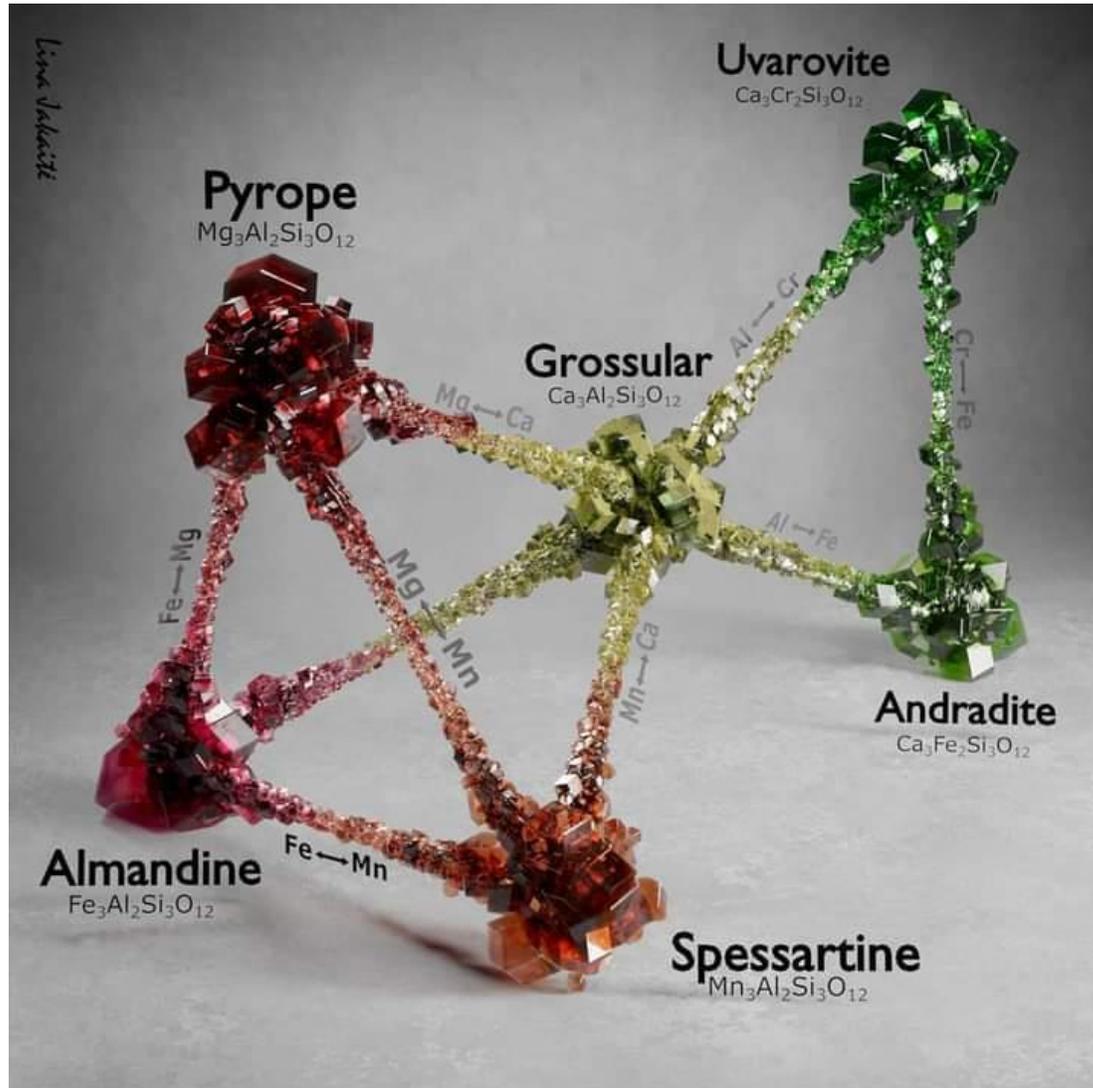
Загальна характеристика

- Гранати- це одна з найдавніше знаних людством мінералів, які застосовуються з метою оздоблення. У колекціях Британського музею природничої історії в Лондоні знаходяться чисельні артефакти виконані з цього каміння, які походять з епохи бронзи (5 тис. років тому).
- Термінологія цієї групи мінералів походить від латинської назви плода дерева гранату(*Pomum grautum*), хоче серед гранатів є відміни різних кольорів, а не лише червоного. В середньовіччі гранати, як і інші червоні камені позначались одним і тим же терміном «карбункул»

Загальна характеристика

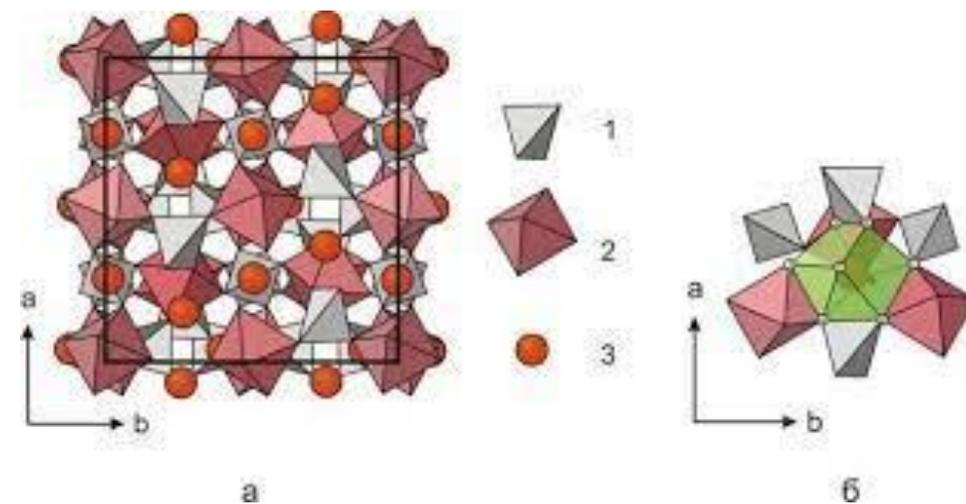
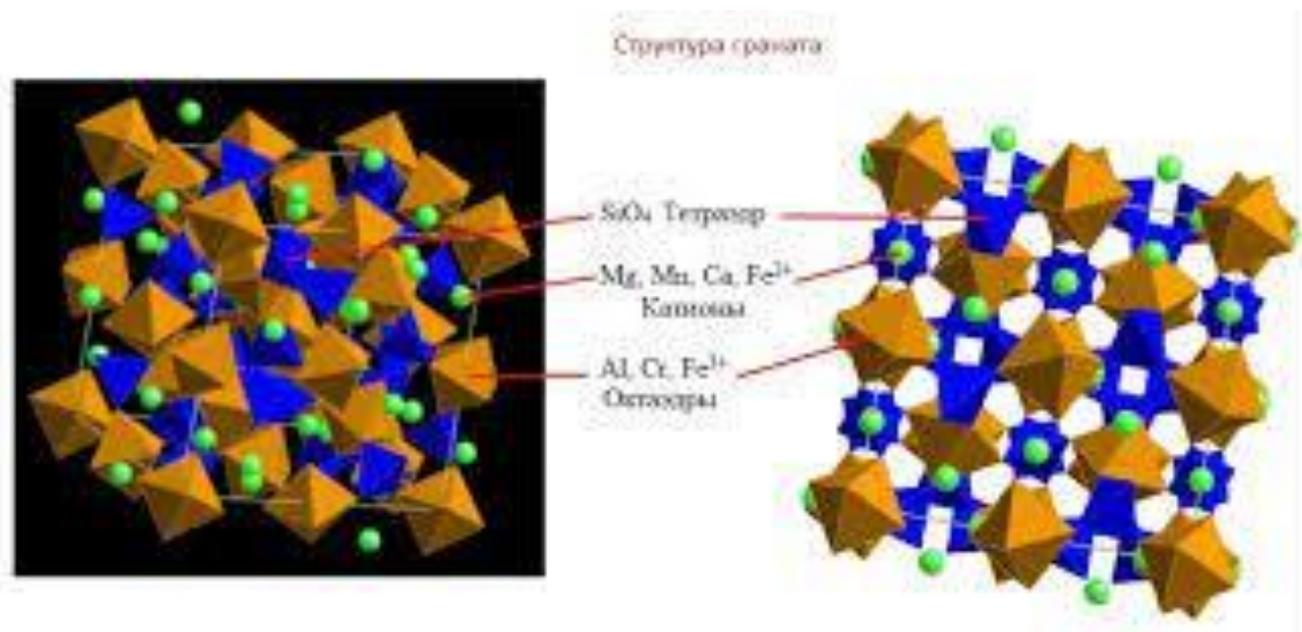
- До гранатів належать мінерали із загальною формулою $A_3B_2[TO_4]_3$, де А— Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Y^{2+} , рідше Na^+ , K^+ ; В— Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{3+} , рідше V^{3+} , Ti^{3+} , Ti^{4+} , Zr^{4+} , інколи TR^{3+} ; Т— Si^{4+} , в невеликому ступені Al^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} . Зазвичай це тверді розчини, в яких переважає два компоненти (мінерали), а решту складають 10-20 мол.%. Встановлені безперевні ряди піроп-альмандин, альмандин – спесартин і grosular-андрадит. (Mg, Fe, Mn) Al –гранати, названі піральспітами, рідко проявляють змішуваність із Ca—(Al, Fe, Cr)-гранатами— уграндитами, хоча відомі альмандин (38-54 мол.%) - grosularовий (39-49 мол.%) гранат (з метаморфізовних габро центрального Сікоку, Японія) спесартин (53.3 мол.%) - grosularовий (35.5 мол.%) гранат- джонстоніт (із санідін-слюдистою дайкою з фенокрисалами польового шпату біля Сігнет, Пд.Тасманія) альмандин- grosularовий гранат (шеєлітові скарни Куга, Фудзігатані, Японія). Розчинність між піральспітами і уграндитами збільшується із підвищенням тиску (гранати grosularитових і еклогітових ксенолітів у кімберлітах)

Ізоморфізм гранатів

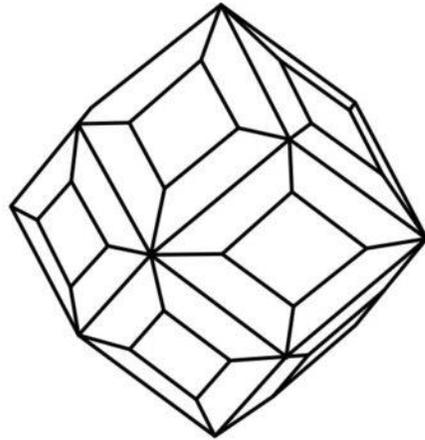
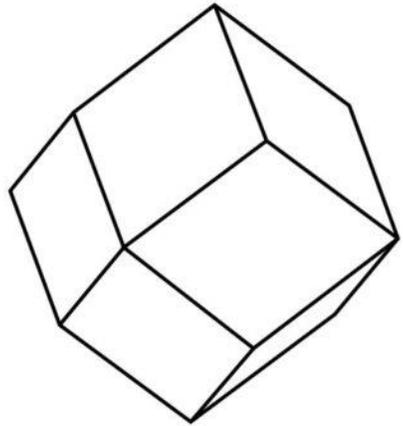


Експериментальні дослідження підтверджують можливості змішування в рядах grosуляр-спесартин, grosуляр-альмандин, а при високому тиску спесартин-уваровіт. Безперервна розчинність встановлена для ряду grosуляр-уваровіт. Намічається ряд піроп $Mg_3Cr_2[SiO_4]_3$ — кнорингіт (до 30-46 мол.% кнорингіту і 68-50 мол.% піропу). Для ряду піроп-спесартин встановлено розрив змішуваності. Виявлений також андрадит із вмістом 51 мол.% $Mn_3Fe_2[SiO_4]_3$ — кальдериту; синтезований $Mn_3Cr_2[SiO_4]_3$ (вище 3 ГПа) та $Fe_3Cr_2[SiO_4]_3$ (вище 6 ГПа). В багатьох зернах гранату Mg, Fe, Mn, Ca розподілені зонально; зазвичай у ядрі вміст Ca і Mn вище, ніж у зовнішній частині, збагаченій на Fe, Mn; рідше зональність зворотня. Для деяких змішаних гранатів застосовуються свої назви: гранат піроп-альмандинового ряду рожевого кольору- родоліт і спесартин- піропового ряду оранжевого кольору- мандарин.

Структура гранату



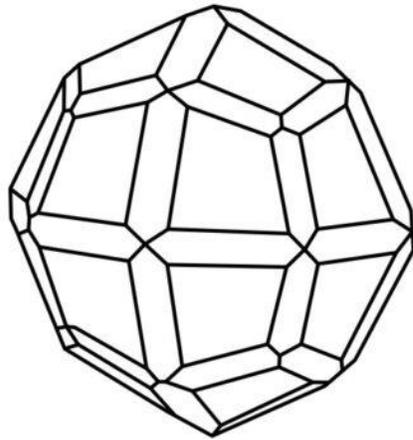
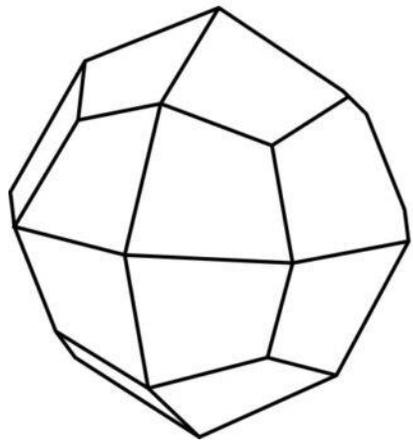
Кристали гранату *(за Goldschmidt, 1918 із змінами)*



Гранат утворює характерні добре розвинені в трьох напрямках кристали з додекаедрами або трапецієдрами, які зазвичай мають червонуватий або коричнюватий колір. Окремі перерізи мають 6-кутні форми (як шестикутники) і до 4- та 8-сторонніх.

Кристали можуть мати раковистий злам, а розщеплення трапляється дуже рідко.

Гранат відносно твердий і, як правило, більш стійкий до ударів, ніж метал. Його склоподібний блиск добре помітний на поверхнях зламу.



Фізичні властивості

- Твердість гранатів змінюється від 6.5 до 7.5 за шкалою Мооса. Подібним чином в широкому діапазоні змінюється і густина- 3.4-4.6г/см³.
- Залежно від хімічного складу змінюються і оптичні характеристики. Найвищий коефіцієнт заломлення і дисперсія, наближена , а той перевищує цей показник у діаманту- у деманнтоїду(0.057). Піральспіти(гросуляр, андрадит) завжди ізотропні, а уграндити в той же час—мають слабке двозаломлення(до 0.012). У поляризованому світлі ці мінерали показують сильний чи дуже сильний додатній рельєф.

Фізичні властивості

- В певних відмінах гранату (найчастіше у ряду піроп-спесартин) можна спостерігати зміну забарвлення залежно від освітлення. Це ефект олександриту, який пояснюється наявністю в структурі мінералу іонів хрому і ванадію. На паралельних вrostках актиноліту(амфібол)і рутилу з'являється ефект котячого ока, а де включення вкладені радіально, проявляється ефект астеризму. Ці явища відомі у деяких зразках альмандину і андрадиту (демантоїд, топазоліт).

Поверхневі оптичні ефекти в гранатах



Котяче око
Іран

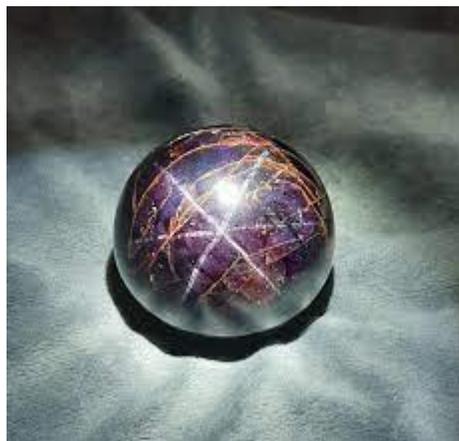
Іризація.
Гранати з Японії



Винятково рідкісне котяче око демантоїду(Керман, Іран)

- Демантоїдний гранат є одним з найцінніших членів сімейства гранатових - демантоїдів майже не можна побачити, оскільки вони дуже рідко зустрічаються. Кілька прикладів, які потрапили на ринок, походять з гір центрального Уралу в Росії. Однак у 2001 році нове джерело демантоїду було знайдено в провінції Керман, між селами Багха Борч і Соган) на південному сході Ірану. Було виявлено, що менше ніж 0,1% знайденого там матеріалу має ефект котячого ока. Ефект котячого ока в іранському демантоїді, очевидно, може бути викликаний довгими паралельними волокнистими включеннями (можливо, хризотилом або бісолітом). Якщо порівняти цей матеріал з демантоїдними матеріалами котячого ока з шахти Клодовка в Уральських горах в Росії, то виявилось, що їх кристалічні форми, розподіл кольору, типи та орієнтація включень відрізняються.
- Показаний на фото круглий кабошон відрізняється яскравим зеленим кольором, який нагадує дрібні уральські гранати-демантоїди. З високою прозорістю, яка в той же час демонструє дуже сильний в центрі зразка на вершині його купола ефект котячого ока. Це рідкісний колекційний дорогоцінний камінь виняткової якості та великого розміру для цього різновиду. Вага приблизно 7,04 карата і розміри 10,0 x 6,2 мм

Астеризм(гранати зі штату Айдахо, США)



Зміна кольору залежно від освітлення



Гранати з Мадагаскару
(Ambatondrazaka)

Колір гранатів

- Рідко безбарвні (гросуляр), піропи від оранжево-червоних до темно-червоних з фіолетовим відтінком (високий вміст Cr^{3+}) і густо-червоних (при одночасному вмісті $^{(4)}\text{Fe}^{3+}$ богемські піропи), інколи (високий вміст Cr^{3+} при одночасному високому вмісті Ca^{2+})- зелені при звичайному світлі і червоно-фіолетові при штучному освітленні; гросуляри – зелені різних відтінків до смарагдово-зелених із вмістом Cr (демантоїд) та Cr^{3+} і V^{3+} (цаворити з Танзанії і Кенії), андрадити-червоно-коричневі $^{(6)}\text{Fe}^{3+}$, спесартини – рожеві до оранжево-червоних ($^{(8)}\text{Mn}^{2+}$) і червоно-коричневих ($^{(6)}\text{Fe}^{3+}$), альмандини- фіолетово-червоні $^{(8)}\text{Fe}^{2+}$, уваровіти-смарагдово-зелені, меланіт і шорломіт- чорні. Забарвлення інколи плямисте, зональне. Деякі андрадити відрізняються підвищеним вмістом TiO_2 (до 11.5 % в меланіті і до 22% в шорломіті). В них інколи присутній підвищений вміст ZrO_2 (в шорломіті Вуоріярві, Карелія). В кіцмеїті з карбонатитів Магнет Ков (Арканзас, США) встановлено 29.9% ZrO_2 .
- У безбарвному гросулярі виявлено вміст оксиду магнію від 1,55 до 1,24%, оксиду алюмінію(III) від 27,14 до 30,14%, оксиду кремнію(IV) від 52,95 до 55,75%, оксиду кальцію 12,6. до 18,42% і оксиду заліза(III) близько 0,25%. За результатами випробувань з'ясувалося, що в мінералі відсутні хромофори, що визначають колір, за винятком 0,25% оксиду заліза(III), який може зовсім не впливати на колір.
- Складність хімічних формул гранатів пов'язана з широким ізоморфізмом всередині груп А і В, гетеровалентним ізоморфізмом $\text{Fe}^{3+}\text{Si}^{4+} \rightarrow \text{Ti}^{4+}\text{Al}^{3+}$; $\text{Fe}^{3+}\text{Si}^{4+} \rightarrow \text{Zr}^{4+}\text{Al}^{3+}$; $2\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Sn}^{4+}\text{Fe}^{2+}$; $2\text{A}^{2+} \rightarrow \text{Na}^+\text{TR}^{3+}$; $\text{Ca}^{2+}\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Na}^+\text{Si}^{4+}$
- В деяких гросулярах підвищений вміст H_2O (4.6% в гідрогросулярах) і 8-13% в гібшиті.

Генезис

- Гранати відносно поширені в метаморфічних породах і дуже рідко в магматичних породах. Однак за особливих умов їх можна знайти в деяких плутонічних і вулканічних породах. Породи за складом, багаті піропом, можуть накопичувати Al і Mg в ультраосновних типах порід, таких як кімберліт і перидотит, і можуть виникнути в результаті метаморфізму основних порід, наприклад, у фації еклогітів. Альмандин є типовим продуктом регіонального та контактного метаморфізму в метапелітах, які, як правило, багаті Al і Fe в порівнянні з Mg. У цих породах він може бути асоційований з білою слюдою, хлоритом, біотитом, ставролітом або Al-силікатами. Породи, які містять у своєму складі відміни гранату від альмандина до піропу зустрічаються в гранулітових породах і блакитних сланцях. Існують багаті альмандином гранітні породи. Спессартин рідко зустрічається в гірських породах і присутній лише як кінцевий елемент твердого розчину. Однак його можна знайти в деяких метасоматичних породах, таких як скарни та ін. Гранати, що містять кальцій, такі як гроссуляр і андрадит, можуть зустрічатися в багатих кальцієм породах, таких як метаморфізовані або метасоматизовані нечисті метакарбонати, у везикулах базальтових порід, іноді навіть у пегматитах. Ці гранати можуть бути пов'язані з іншими Ca-силікатами, такими як везувіаніт, діопсид або волластоніт. Уваровіт дуже рідкісний і зустрічається лише в багатих хромом породах, таких як метаморфізований серпентиніт або деякі скарни, де він може виникнути через хром-метасоматизм вапняків. Гідрогроссуляр можна знайти у змінених основних породах і метаморфізованих мергелях. Всі гранати можуть зустрічатися в осадових породах у вигляді уламкових мінералів.

Гранати в різних породах



Гранатові зерна відносно поширені в метапелітових породах на регіонально метаморфізованих террейнах. Зверніть увагу на червонуваті кольори та характерні правильні зерна з 4-6-гранними формами. Гранатовий слюдяний сланець із Сіроса, Греція.

Гранати в різних породах



Альмандинові гранати в
слюдяному сланці,
Північний Тіроль, Австрія.

Гранати в різних породах



Мілонітовий гнейс з порфіробластами граната (червоний) і плагіоклазу (білий). Отрой, Район Західний Гнейс, Норвегія

Гранати в різних породах



Архейський гранат (червоний) біотит (чорний)
метасоматична порода. 3,8 см в діаметрі. Гори
Беартут, південна Монтана, США

Гранати в різних породах



Гранатовий сланець

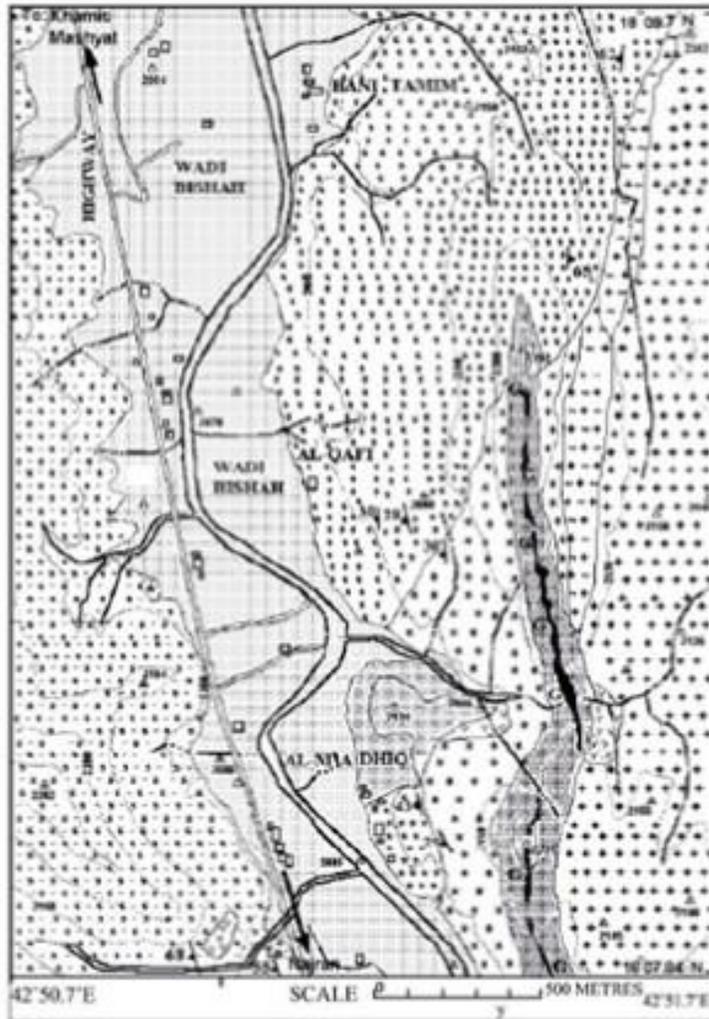


Середньоміоценовий гранатит(скарн). Копальня Коус Магнетайт, Тенкава, Хонсю, Японія

Гранати в різних породах



Гранатовий сланець з червоним гранатом,
Оточений матриксом з білої слюди

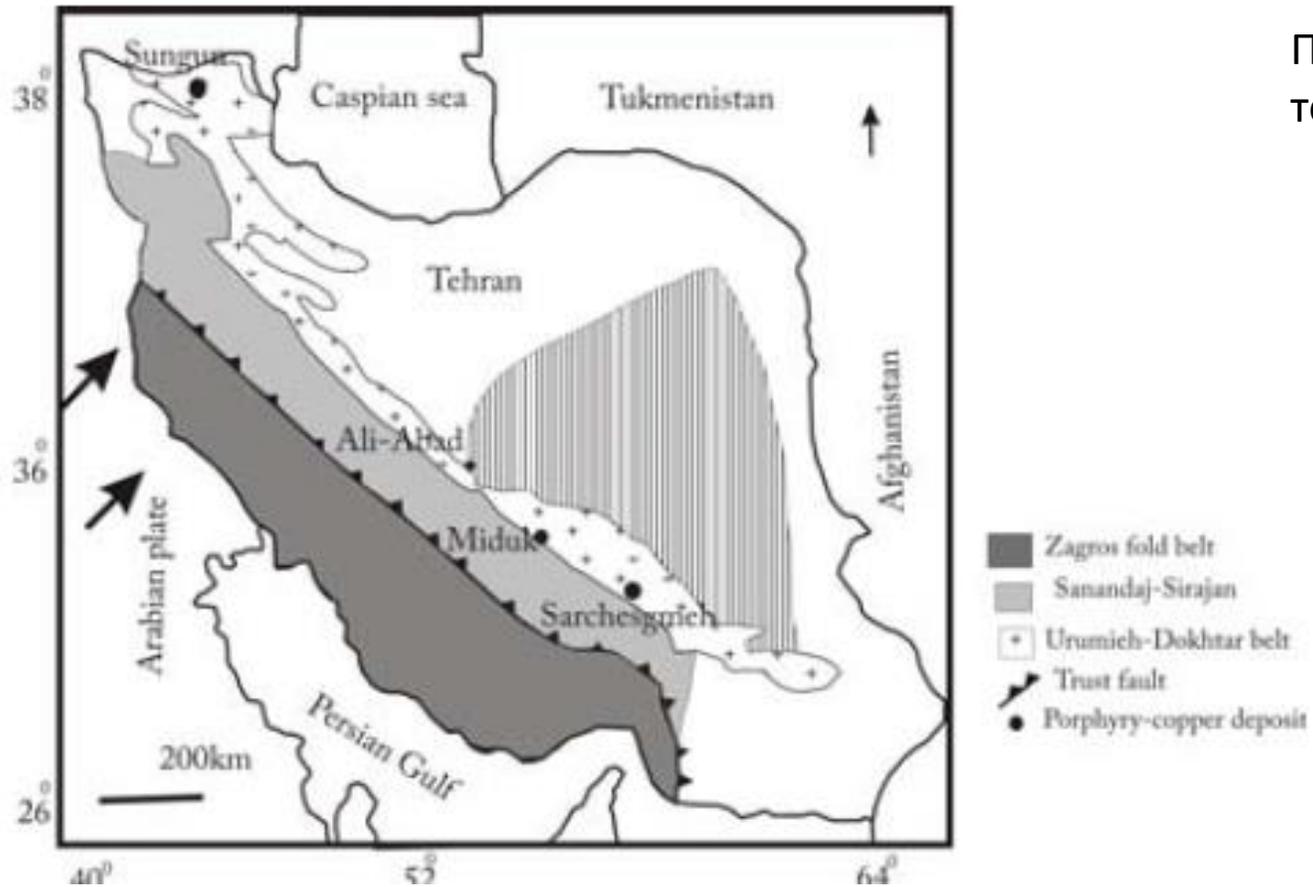


Детальна геологічна карта району Аль-Мадхк терейну Асір(Суадівська Аравія) Верстви гранатів цього прояву порівняні із смугами розщеплення(гнейсуватість, сланцюватість). Смуги мають потужність 5-90см, асоціюють з щільним кварцом і епідотовими периферійними зонами. Кварц-гранатові смуги часто переміщені розривами і позначені аплітовими дайками. Парагенез кварц-гранат-епідот розвинувся завдяки перколяції деяких збагачених на алюміній розчинів вздовж зон розщеплення в горнблендитових гнейсах. Тобто тут гранат метасоматичний. Однак присутній і інший гранатовий парагенезис асоційований з кварцем, слюдою, польовими шпатами в пегматитах, аплітах і кварцових жилах, тобто магматичний. Метасоматичний гранат за складом- grosуляр, має незональні кристали. Магматичний гранат спостерігається в пегматитах і лужних гранітах, має проміжний склад між альмандином і спесартином.

LEGEND

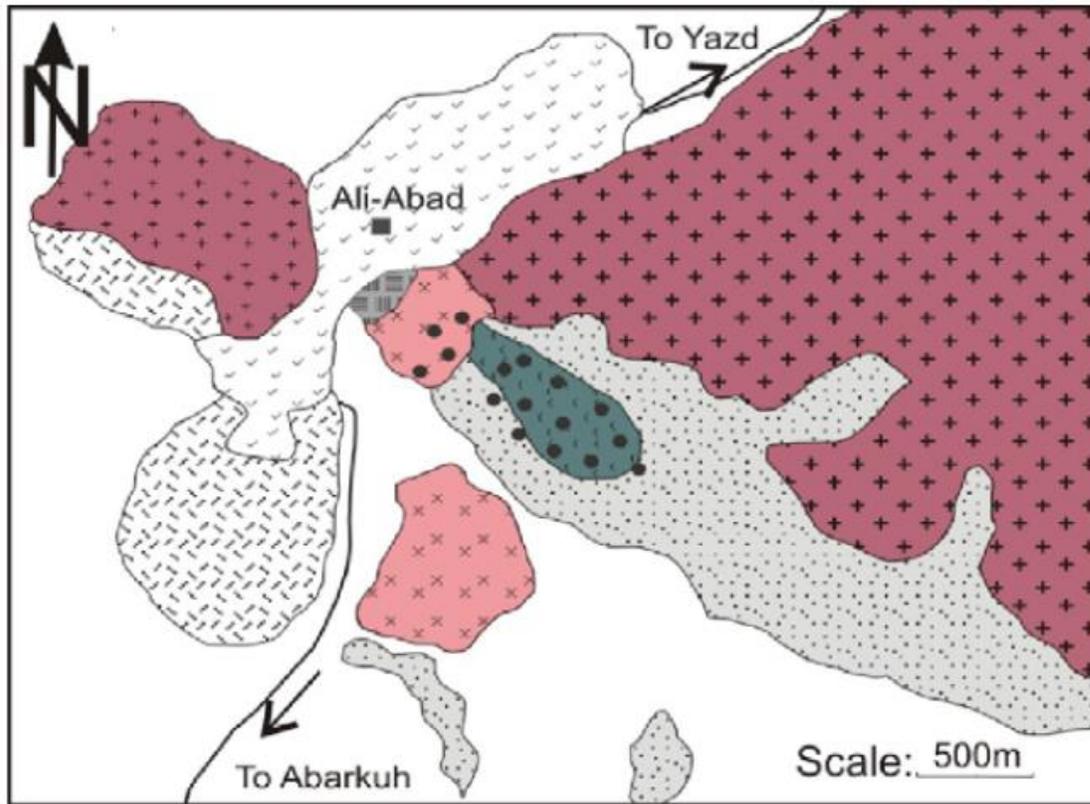
	Road		Foliation		Xenolith-bearing adamellite
	Peak/Spot		Diorite granodiorite		Amphibolite with veins of pegmatoids and granitoids
	Altitude		Garnet occurrence		Quartz-muscovite schist with amphibolite veins of granitoids, pegmatoids
	Gully		Granite		Metasedimentary schists and granitic gneiss
	Building		Granite gneiss		
	Contour		Quartzite		
	Alluvium				

Іранські міднопорфірові родовища з гранатом.



Приуроченість міднопорфірових родовищ Ірану до тектонічних зон

Іранські міднопорфірові родовища з гранатом



Quaternary alluvium



Neogene dacite-andesite



Leucogarnite ,Oligocene



Altered sandstones and conglomerate, lower Cretaceous



Granodiorite (Shir-kuh batholite), Jurassic



Meta shale and sandstone, Triassic



Skarn



Sampling points



Farm

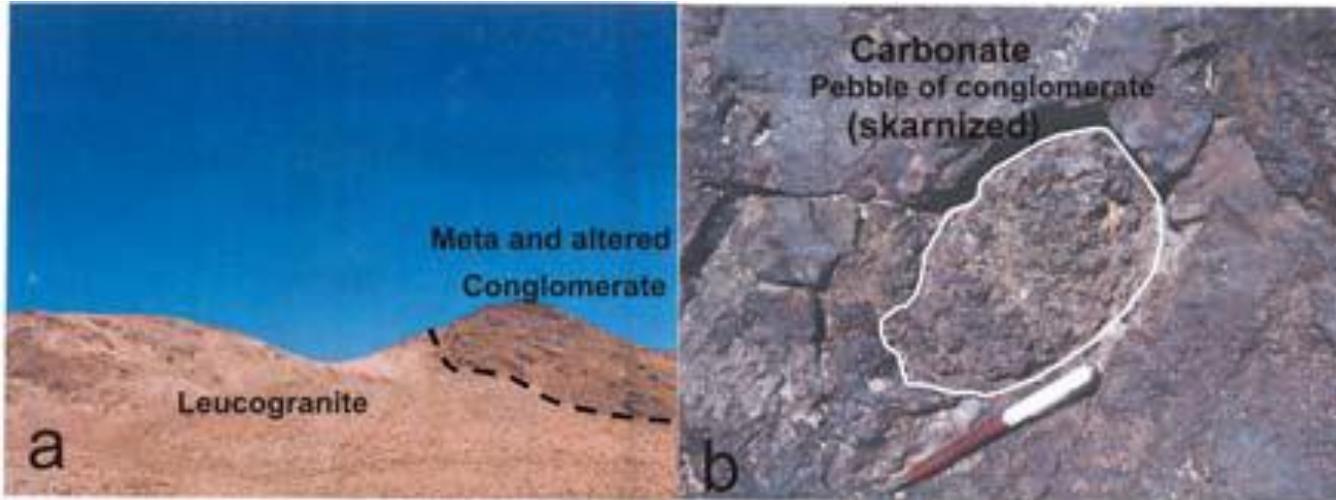


Мідно-порфірове родовище Алі-Абад

Алі-Абадське родовище

- Алі-Абадське родовище порфірової міді розташоване в центральній іранському магматичному поясі. В результаті субдукційного магматизму, оліго-міоценові лейкогранітоїдні породи укорінилися в конгломерати нижньокрейдового віку. Завдяки контактному метаморфізму в зміненому конгломераті відбулася така мінеральна сукупність: гранат (андрадит-гроссуляр) + епідот + кварц + кальцит + пірит. Скарніфікація відбулася лише в уламковому карбонатному матеріалі конгломератів. Хімічний склад гранатів і класична схема диференціації показують, що порфірова мідь пов'язана з мінералізацією скарнового типу. Для гранатів характерна різка хімічна зональність ділянок і тонкі смуги. Рідкісноземельна частина гранату із скарну та вмещаючого граніту мають подібні тенденції, тому зроблено висновок, що гранати гідротермального походження. Епізод мінералізації граната стався під час скарніфікації, що має гідротермальний характер і температура рідини становила 422-472 °C, ймовірно, цей епізод відповідає кипінню рідини і високій fO_2 процесів формування гранату в скарновій системі. Ймовірно, тимчасове зниження тиску гідротермальної рідини призвело до швидкого розростання андрадитових зон, тобто великий гідророзрив, пористість конгломерату може бути домінуючими умови, що призвели до кипіння гідротермальних рідин та випадання андрадитового гранату.

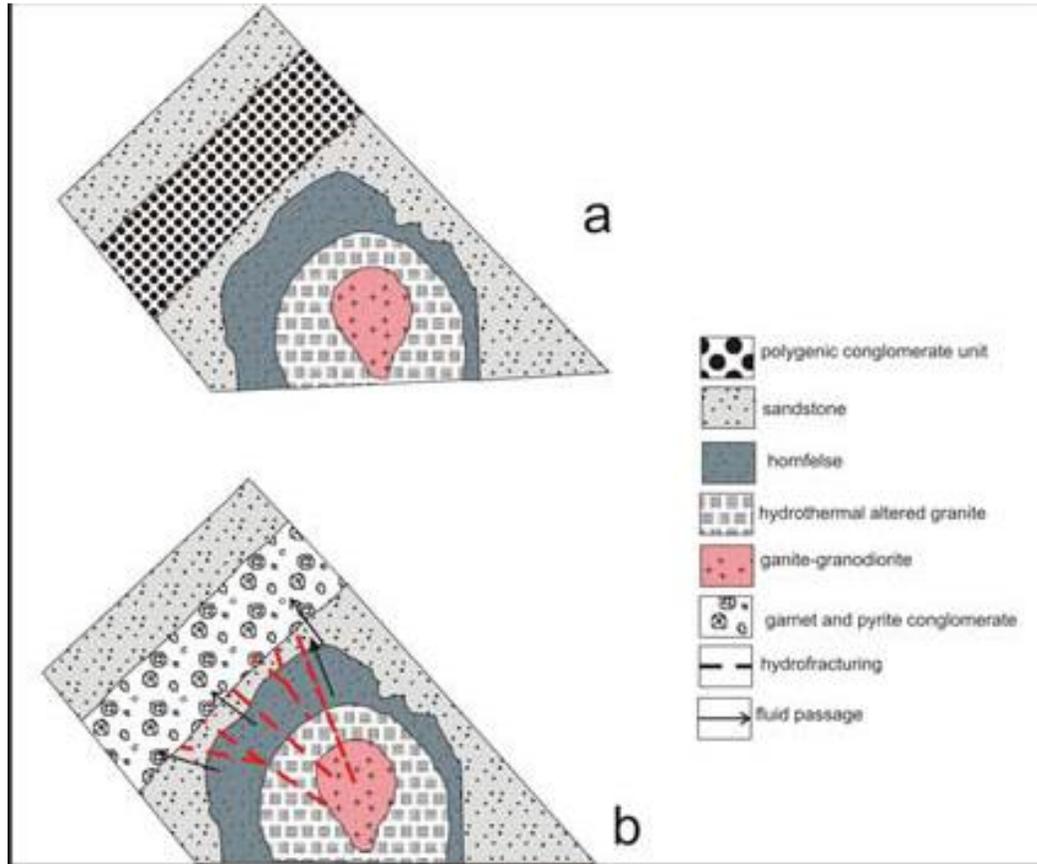
Алі-Абадське родовище



Контакт вміщуючих порід плутону в Алі-Абад(а).

Велика галька конгломерату, яка була повністю замінена на гранатовий мінеральний комплекс. Інші некарбонатні гальки не змінені(б).

Алі-Абадське родовище



Схематична модель утворення скарну в об'ємі водопроникних конгломератів в Алі-Абаді. а. укорінення, затвердіння та гідротермальна зміна інтрузивного тіла. б. Підвищення тиску гідротермальної рідини всередині інтрузії призводить до гідророзриву і раптового вивільнення рідини через жили, тріщини до проникних конгломератів

Різновиди ювелірного гранату



Ювелірні гранати



Вартість гранату

- Помилково вважати гранати напівкоштовним каменем. Є різновиди, які можуть за ціною позмагатись із мінералами першого ешелону. Мандаринові гранати можуть коштувати \$2500 за карат. Рідкісними і тому дорогими є андрадити і уваровіти. Ціна на цаворит стартує від \$500 за карат з малопомітними включеннями і може змінюватись в межах \$2000-7000 за карат чистого каменю з хорошим кольором. Родоліти високої якості обійдуться дешевше: у межах \$ 150-350.
- Найдорожчими вважаються самоцвіти з ефектом зміни кольору. Один такий екземпляр був проданий за кілька мільйонів доларів з аукціону.

Піроп

- Колір темно-червоний, вогненно-червоний з легким коричнюватим відтінком
- ■ Твердість :7-7,5
- ■ Густина: 3,65-3,80
- ■ Прозорий до такого, що просвічує,
- ■ Світлозаломлення :1,730-1,760
- ■ Дисперсія : 0,022
- ■ Лінії спектру поглинання: 687, 685,671,650,620-520, 505
- ■ Піроп можна сплутати з рубіном(твердість9, анізотропний, має чіткий дихроїзм і червону люмінесценцію в УФ променях); турмаліном(анізотропний, має дихроїзм, нижчі показники заломлення і густину), синтетичними матеріалами(інші фізичні властивості і включення)

Піроп







Альмандин

Альмандин $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

- Назва за місцевістю Алабанда в Малій Азії, де в давнину обробляли ювелірні камені.
- Колір: червоний, з фіолетовим відтінком.
- Твердість 7,5
- Густина 3,95-4,20
- Прозорий до такого, що просвічує.
- Світлозаломлення 1,78-1,81
- Дисперсія 0,024
- Лінії спектру поглинання: 617, 576, 526, 505, 476, 462, 428, 404, 393



Альмандин. Медісон-Каунті,
Пн.Кароліна, США



Альмандин. Район Норт-Крик,
Штат Нью-Йорк, США

Спесартин

Спесартин $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

(назв. від плато Шпессарт (Spessart) в Баварії, Німеччина)

- Колір: рожевий, оранжевий, коричнево-червоний.
- Твердість 7-7,5
- Густина 4,12-4,20
- Прозорий до такого, що просвічує.
- Світлозаломлення 1,795-1,815
- Дисперсія 0,027
- Лінії спектру поглинання: 495; 484,5; 481, 475, 462, 457, 455, 440, 435, 432, 424, 412, 406, 394.
- Відрізняється від зовні схожого гесоніту за включеннями та лініями поглинання.

Spessartine Garnets - Fujian, China



Middlebrook Photo © All Rights Reserved





Гроссуляр

Гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

(назв. від лат. Grossularia - аґрус, через схожість з плодами аґрису) .

- Колір: зелений, зеленувато-жовтий, мідно-бурий.
- Твердість 7-7,5
- Густина 3,60-3,68
- Прозорий до такого, що просвічує.
- Світлозаломлення 1,738-1,745
- Дисперсія 0,027
- Лінії спектру поглинання: 630
- При діагностиці слід відрізнити від нефриту, жадеїту, серпентину.



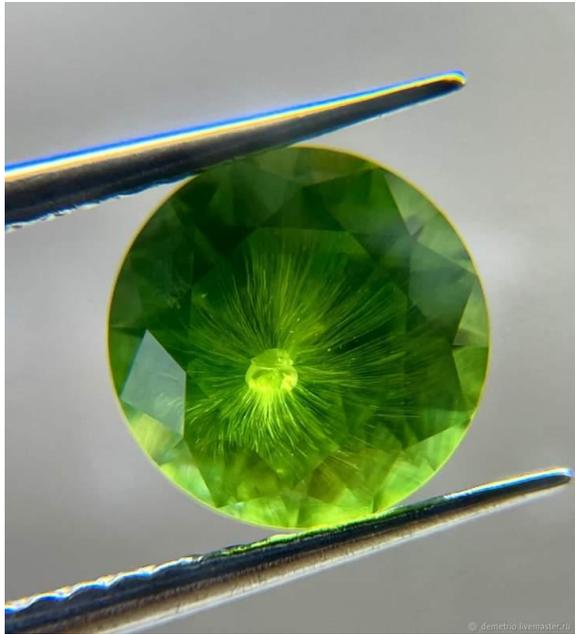


Демантоїд

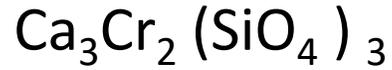
- Свою назву демантоїд отримав за сильним блиском та “грою”, як у алмазу(діаманту).
- ■ Хімічна формула: $\text{Ca}_3\text{Fe}_2 [\text{SiO}_4]_3$
- ■ Колір: зелений, зеленувато-жовтий, мідно-бурий.
- ■ Твердість 6,5-7
- ■ Густина 3,83-3,85
- ■ Прозорий до такого, що просвічує.
- ■ Світлозаломлення 1,888-1,889
- ■ Дисперсія 0,057
- ■ Лінії спектру поглинання: 701, 693, 640, 622, 185, 464, 443



GRANAT · DE MANTOID
 $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$
Val Malenco, Sondrio/Italien



Уваровіт



Колір: від трав'яно-зеленого до смарагдово-зеленого.

- Твердість 7
- Густина 3,77
- Прозорий до такого, що просвічує.
- Світлозаломлення 1,870
- Дисперсія 0.026
- Зустрічається у вигляд шкоринок дрібних кристалів по тріщинах в ультраосновних породах.

Застосовується у ювелірних виробках. Цінний колекційний камінь. Уваровіт звичайно знаходиться в асоціації з хромшпінелідами і хромовими хлоритами в порожнинах і тріщинах альпійського типу як продукт пневматолітовогідротермальних процесів в хромітоносних ультраосновних вивержених породах.





