

быть объяснено их распадом с образованием дислокационных петель и октаэдрических микродефектов (voidites), содержащих азот. Такой распад достигается экспериментально при температурах 2400–2700 °С, при этом весь примесный азот переходит в дефекты В1. По видимому, аналогичный процесс в природных условиях привел к образованию небольшого количества природных кристаллов типа IaB1 в кимберлитовых телах Якутии и имел место для большинства алмазов Бразилии.

RMS DPI 2007-1-109-0

**ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И ОКРАСКА НЕФРИТА
КАК ОТРАЖЕНИЕ ЕГО ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ
NEPHRITE LUMINESCENCE AND COLOUR
AS REFLECTION OF ITS INNER STRUCTURE**

**Борозновская Н.Н., Зырянова Л.А., Голубицкая И.Н., Климкин В.М.
Boroznovskaya N.N., Zyryanova L.A., Golubitskaya I.N., Klimkin V.M.
Tomsk State University, Tomsk, Russia, bnm@asd.iao.ru**

Nephrite was studied obtained from the show of the Gorniy Altai and eastern Sajan (Muinokskoye and Ospinskoye) which corresponds by genesis to the apoultrabasite type of deposits, as well as Vitimskian nephrite (apocarbonaceous type). The colour varies from grey-green to green in apoultrabasite nephrites and from mat-white to bluish-grey transparent type in Vitim's variety. The data of spectral, roentgenoluminescent (RL) and thermoluminescent (TL) analyses were considered for all nephrite varieties. The increased content of Cr, V, Bi, Fe, Pb and an insignificant predominance of Ni and Co concentrations were detected in green nephrite as compared with its grey version. The spectral composition of the nephrite RL radiation is represented by the following RL bands: Mn²⁺ (570-630 nm), Cr³⁺ (690-700 nm), Fe³⁺ and more rarely – O⁻ (450-500 nm). The nephrites from the apoultrabasite show were established to possess a very weak RL. Moreover, RL disappears totally in brightly green varieties. It is connected with the suppressing effect of Fe²⁺. On the contrary, nephrites from the shows of the apocarbonaceous type possess very intensive RL of Mn²⁺ and Cr³⁺. The presence of a broad range of chromophore components in the nephrite is conceivable. Those are Fe²⁺, Fe³⁺, Cr³⁺, probably V, Pb, Ni and Co. The colour, appearance of different tints, spotting and scintillation depend much from the scattering within the nephrite tangled-fibrous structure. The latter is possible either due to the presence of finely dispersed phases or to microcracks arising from the tectonic instability.

На протяжении многих тысячелетий нефрит использовался и продолжает использоваться для создания самых разнообразных ювелирных, бытовых и культовых изделий. Его удивительная вязкость, которая обеспечивает ему прочность и долговечность, мерцание после

обработки predeterminedелили отнесение этого минерала к наиболее почитаемым и дорогим ювелирно-поделочным камням. Особая прочность нефрита, его поведение при полировке связаны с его внутренней структурой. Нами исследовались нефриты из проявлений Горного Алтая (Муйножское) и Восточного Саяна (Оспинское), которые по генезису отвечают апогипербазитовому типу месторождений, и нефрит бассейна р. Витим (апокарбонатный тип). Окраска меняется от серо-зеленой до зеленой у алтайского и саянского нефрита и от матово-белой до голубовато-серой у полупрозрачной разновидности витимского. По химическому составу все исследуемые нефриты относятся к тремолиту с содержанием ферроактинолитовой молекулы в количестве 15 - 17% с формулой Ca₂(Mg,Fe)₅[Si₄O₁₁]₂(OH,F)₂. Отличительными чертами всех нефритосных ультрамафитовых массивов является широкое проявление в них тектонических нарушений и инфильтрационно-диффузионного кальциевого метасоматоза, обусловленного воздействием гидротерм преимущественно хлоридно-углекислого состава, приносящих кальций как из глубинных магматических очагов, так и заимствовавших его из контактирующих пород или ксенолитов. Анализ спектров поглощения, полученных ранее рядом исследователей [1] для амфиболов ряда тремолит-актинолит показал, что их окраска может быть обусловлена наложением полос поглощения и пропускания от ионов Fe²⁺, Fe³⁺, Cr³⁺ и переносом заряда Fe²⁺→Fe³⁺. Для исследования влияния элементов-примесей на характер окраски всех цветowych разновидностей нефрита были проанализированы данные спектрального, рентгенолюминесцентного (РЛ) и термолюминесцентного (ТЛ) анализов нефрита. В результате выявлены повышенные содержания Cr, V, Bi, Fe, Pb в зеленом апогипербазитовом нефрите и незначительное преобладание в нем же концентраций Ni, Co в сравнении с серым апокарбонатным нефритом.

Получены спектры РЛ в оптическом диапазоне длин волн 300–900 нм и кривые интегральной ТЛ в температурном интервале 50–400 °С. Идентификация центров излучения носит предварительный характер и дается на основе анализа спектров РЛ и ТЛ силикатов [2, 3] и собственных экспериментальных данных. Спектральный состав излучения нефрита довольно прост и представлен полосами РЛ Mn²⁺ (570 - 630 нм), Cr³⁺ (690 - 700 нм), иногда Fe³⁺ (720 - 730 нм) и реже – O⁻ (450 - 500 нм). Причем для Mn отмечено два вида центров: Mn²⁺I на месте Ca²⁺ (570 нм) и Mn²⁺II на месте Mg²⁺ (620 нм). Установлено, что нефриты из проявлений апогипербазитового типа обладают очень слабой РЛ. Причем у ярко-зеленых разновидностей РЛ совсем исчезает. Это связано с тушащим влиянием Fe, особенно, Fe²⁺. Нефриты из проявлений апокарбонатного типа, напротив, имеют очень

интенсивную РЛ Mn^{2+} и Cr^{3+} . Дело в том, что апогипербазитовые нефриты в значительной мере содержат актинолитовую молекулу, которая и является источником Fe^{2+} . В витимских нефритах содержание актинолитовой молекулы несущественно. Вероятно, именно в этом основная причина их различных люминесценции и окраски.

Кривые ТЛ чрезвычайно разнообразны, особенно, в образцах алтайского нефрита. Зафиксированы полосы излучения в следующих температурных интервалах ($^{\circ}C$): 100–120, 120–150, 150–160, 180–200, 230–240, 250–260, 280–300, 320–330, 34–360, 380–400. Для каждого образца отмечается четкая индивидуальность, как по интенсивности высвечивания, так и по характеру распределения центров захвата, в роли которых могут выступать собственные дефекты F' и O' . Различный характер ТЛ в исследуемых образцах свидетельствует о существовании крайне нестабильных условий минералообразования на небольших участках нефритовых проявлений, выразившихся в тектонической нестабильности и неравномерности проявления метасоматоза в пределах нефритовых массивов.

Таким образом, можно говорить о существовании целого ряда хромофорных компонентов в нефрите таких, как Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , возможно, V, Pb, Ni, Co. Сочетание соответствующих полос поглощения и пропускания, их перераспределение при изменении валентной формы элементов под воздействием природных физико-химических процессов могут быть ответственны за окраску нефрита. Однако наличие определенных хромофоров далеко не единственная причина неоднородности окраски этого минерала. По мнению авторов, большой вклад в окраску, особенно, в появление различных оттенков, пятнистости и эффекта мерцания вносит явление рассеяния в вязкой спутанно-волоконистой структуре нефрита, возможное либо за счет присутствия тонко-дисперстных фаз других минералов, либо за счет микротрещин в самом агрегате нефрита, появляющихся вследствие тектонической нестабильности в пределах нефритовых проявлений.

[1] А.И. Бахтин, Б.С. Горобец. Оптическая спектроскопия минералов и руд и ее применение в геологоразведочных работах. Казань: изд-во КГУ, 1992. 233 с.

[2] А.Н. Тарашан. Люминесценция минералов. Киев: Наукова Думка, 1978. 296 с.

[3] Б.С. Горобец, А.А. Рогожин. Спектры люминесценции минералов. Справочник / Минеральное сырье. №1. Москва, 2001. 312 с.

RMS DPI 2007-1-110-0

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ АМАЗОНИТА
TYPOMORPHIC FEATURES OF AMAZONITE LUMINESCENCE

**Борозновская Н.Н., Коноваленко С.И., Свешникова В.Л.,
Агапова Е.Д., Небера Т.С.
Boroznovskaya N.N., Konovalenko S.I., Sveshnikova V.L.,
Agapova E.D., Nebera T.S.**

Tomsk State University, Tomsk, Russia, boroznovskaya@mail.ru

The studies were performed on green amazonites from the Ilmen Reserve, blue amazonites from Kola Peninsula, blue and green amazonites from Transbaikalia, the Tien-Shan, Tuva, the Pamirs and Mongolia. They are mainly the pegmatitic block zones with the exception of N. Tien-Shan's (amazonitic granite) and Mongolian (quartz-amazonitic veins). The studied amazonites are represented by the maximum microcline, sometimes by the orthoclase. The roentgenoluminescence (RL) spectrum was obtained in the optical range of wave lengths 250-900 nm. The comparison was performed between the data gained by the roentgenostructural, spectral and luminescent analyses. The typomorphism of RL characteristics of amazonite was marked. It was stated that amazonite may be formed in the conditions of diverse depths, alkalinity, at different stages of the granite and pegmatite formation.

Как известно, амазонит несет в себе три загадки: свое название, секрет окраски и тайну происхождения. Авторы полагают, что исследование отдельных типоморфных признаков амазонита постепенно должно приблизить к разрешению этих задач. Исследовался амазонит различных оттенков из разных геологических объектов, представленных в минералогическом музее Томского государственного университета. К ним относятся зеленые амазониты Ильменского заповедника, голубые – Кольского п-ва, голубые и зеленые – Забайкалья, Тянь-Шаня, Тувы, Памира и Монголии. В основном, это блоковые зоны пегматитов, за исключением С. Тянь-Шаня (амазонитовые граниты) и Монголии (кварц-амазонитовые жилы). Исследуемые амазониты представлены, в основном, максимальным микроклином, но, нередко, и ортоклазом. Методика исследований КРШ, КРШ-пертитов, включающая в себя сравнение полученных данных рентгенофазового, спектрального и люминесцентного анализов и интерпретация центров свечения обсуждалась ранее [1-3].

Получены спектры рентгенолюминесценции (РЛ) в оптическом диапазоне длин волн и ближнем ИК диапазоне (250 - 900 нм). Для исследуемых амазонитов характерны четыре полосы излучения с максимумами (λ , нм) на 285 (УФ полоса), 490 - 510 (AlO_4^{4-}), 710 (Fe^{3+}), 880 (ИК полоса). Выделено пять типов спектров РЛ.