

НЕФРИТ ВОЙМАКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СРЕДНЕ-ВИТИМСКАЯ ГОРНАЯ СТРАНА: ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Гончарук И.С.¹, Кислов Е.В.^{1,2}, Вантеев В.В.²

¹Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова, Улан-Удэ, Россия, gongcarukirina993@gmail.com

²Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Воймаканское месторождение находится в Средне-Витимской горной стране на территории Баунтовского эвенкийского района Бурятии. Выявлено в 1981 г. геологами экспедиции «Байкалкварцсамоцветы» под руководством А.П. Секерина. При проведении рекогносцировочных маршрутов в среднем течении р. Ципа среди элювиально-делювиальных глыб гранитов и мраморов были обнаружены кальцит-тремолитовые скарны. На месторождении проводилась несанкционированная добыча. В 2012 г. ЗАО «МС Холдинг» получило лицензию на геологическое изучение, разведку и добычу нефрита. Научные исследования не проводились, публикаций нет [Сутурин и др., 2015]. Цель работы – изучение минерального состава и особенностей формирования нефрита.

На площади месторождения развиты метаморфические породы суванихинской свиты (талалинской толщи) раннего протерозоя, граниты палеозойского витимканского комплекса, мезозойские тела габбро и диоритов, четвертичные отложения. Метасоматические изменения с образованием нефритовых зон развиты вблизи контактов мраморизованных доломитов и амфиболитов. В амфиболитах метасоматические изменения выражаются в существенном увеличении содержания эпидота, клиноцоизита, появлении тремолита и хлорита до формирования тремолит-эпидотовых скарнов. Метасоматические изменения в карбонатных породах проявлены сильнее, с образованием кальцит-тремолитовых скарнов с нефритом. Кальцит-тремолитовые скарны – белые массивные и сланцеватые мелкокристаллические породы. Распределение и содержание нефрита крайне неравномерное. Наиболее характерна прожилковая, линзовидная, гнездовидная и желвакообразная форма нефритовых обособлений, мощностью от миллиметров до нескольких десятков сантиметров, с постепенными переходами к кальцит-тремолитовым скарнам.

На Воймаканском месторождении нефрит имеет преимущественно бледно-зеленую (светло-салатную), зеленую (салатную) и серовато-зеленую окраску. Прозвучиваемость по краю штупа от 1 до 5 см. Твердость 6–6.5 по шкале Мооса. Удельный вес: 2.94–2.95 г/см³. Блеск матовый, излом раковистый или занозистый. Содержание сортового нефрита по пробам 5–50 %,

среднее содержание по залежам – 3.1–5.2%. Полировку принимает совершенную с зеркальным блеском. Дефекты: трещиноватость, включения кальцита и визуально различного призматического тремолита, пленки кальцита, гидроксидов железа и марганца.

Нефрит (10 образцов), контактовые и вмещающие породы (5 образцов) были изучены в шлифах под петрографическим микроскопом «ПОЛАМ Л-213» и в аншлифах на растровом электронном микроскопе LEO-1430VP с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350, аналитик Е.В. Ходырева. Силикатный анализ 17 образцов выполнен на спектрофотометре UNICO 1201; атомно-абсорбционном спектрофотометре SOLAAR-6M, использовались атомно-абсорбционный, пламенно-фотометрический, гравиметрический и титриметрический методы. Анализы выполнены в ЦКП «Геоспектр» ГИН СО РАН, Улан-Удэ.

Треолит-эпидотовые скарны сложены крупными удлиненно-призматическими кристаллами тремолита, интерстиции между которыми заполнены серпентином, в подчиненном количестве крупные кристаллы эпидота, в том числе церий-содержащего, иногда с включениями циркона, зерна титанита, в том числе фтор-глиноземистого, гидроциркона и циркона с включениями бадделеита, кальцита, диопсида, фторапатита, хлорита. *Доломит* гранобластовой структуры состоит из тонкозернистого доломита с удлиненными агрегатами кальцита, редкими изометричными агрегатами хлорита и зернами фторапатита. Отмечены сросток барита с баритоцелестином, сросток галенита с халькопиритом, англезит, бадделеит, рутил. *Кальцит-тремолитовые скарны* состоят из тонколучистого кальцита и скрытокристаллического спутанно-волокнистого тремолита.

Нефрит Воймаканского месторождения характеризуется массивной, реже сланцеватой текстурой и скрытокристаллической, спутанно-волокнистой (фибробластовой) структурой. Среди минералов преобладает тремолит двух генераций: гипидиоморфные изометричные призматические зерна более крупных размеров и скрытокристаллические спутанно-волокнистые агрегаты, замещающие тремолит первой генерации. Лейсты и игольчатые

кристаллы тремолита первой генерации наиболее характерны для приконтактных частей тел нефрита.

Реликтовые минералы доломита или амфиболита – алланит, доломит, магнетит, уранинит, титано-силикат РЗЭ, Mg и Ca (?), фторапатит, циркон.

Минералы донефритовой метасоматической стадии – корродированные призматические зерна диопсида, реже его тонкозернистые агрегаты, кварц, форстерит.

Минералы нефритовой метасоматической стадии – тремолит, кальцит.

Минералы регрессивной стадии – замещающий тремолит тальк, кальцит-тальковые прожилки, пятнообразные агрегаты и жилки хлорита, серпентин, самородные серебро и медь, бронза, ванадинит, вульфенит, Mn минерал с Ba и Pb в трещине – голландит (?), уранофан.

Интересны своеобразные диопсидиты с прожилками нефрита. Диопсид светло-бежевый неравнозернистый – иногда зерна достигают 2 см в сечении. Диопсидит содержит кальцит, кварц, иногда выполняющий интерстиции, фторапатит, тальк. Диопсид корродируется тремолитом, замещающимся хлоритом. Порода обладает декоративностью – диопсидит цвета слоновой кости содержит линзочки, затейливые прослои нефрита серого, салатного, светло-бурого цвета, принимает зеркальную полировку, может использоваться для резьбы многоцветных изделий или инкрустаций.

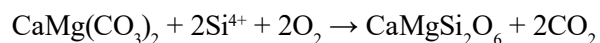
Тремолит в амфиболите более железистый, содержит больше Al, часто Na, а в нефрите – мало железистый, иногда содержит Cl, чаще и в больших количествах F. Диопсид мало железистый, примеси Al, Mn, Na редки и невелики, в амфиболите их больше. Апатит во всех породах высокофтористый – 4.3–6. % F, в двух образцах нефрита из скважины 16 As_2O_5 0.84–6.49 % по результатам 6 анализов. Реже встречается примесь Se, S, еще реже гидроксилapatит с небольшим содержанием Cl. Кальцит в доломите без примесей, в амфиболите содержит Mg, в нефрите – Mg, реже Mn. Хлорит в доломите более магнезиальный, чем в амфиболите и нефрите, небольшие примеси Fe и Ca. Серпентин и титанит в амфиболите с небольшой примесью Al и Fe, серпентин в нефрите с небольшой примесью Al и Ca. Тальк только в нефрите, мало железистый, примеси Ca, реже – Al. Циркон в амфиболите с Hf, в нефрите – без него. Эпидот только в амфиболите (4 анализа), алланит в амфиболите и нефрите (по 2 анализа). Уранинит в нефрите со значительной примесью Th, небольшой – Pb. В бронзе 7.30–53.65 % Sn, примесей нет.

Традиционно считается, что окраска нефрита определяется содержанием железа и отношением двух- и трехвалентного железа. По мере увеличения содержания суммарного железа в валовых пробах нефрита окраска изменяется от бурой до салатной: бурый – 0.28 мас. % $Fe_2O_{3\text{общ}}$, белый с желтоватым оттенком – 0.34, белый с салатным оттенком – 0.41, светло-салатный – 0.66, салатный – 0.54, 1.36. То есть степень зеленого оттенка усиливается. Этот эффект связан с содержанием именно двухвалентного железа: белый с желтоватым оттенком < 0.10 мас. % FeO; бурый – 0.24; белый с салатным оттенком 0.28; светло-салатный – 0.44; салатный – 0.44, 0.92 Увеличение содержания трехвалентного железа в целом вызывает более темную окраску: белый с салатным оттенком – 0.10 мас. % Fe_2O_3 ; салатный – < 0.1, 0.34; светло-салатный – 0.17; белый с желтоватым оттенком – 0.24. Но при этом в буром < 0.10 мас. % Fe_2O_3 , хотя именно бурую окраску традиционно связывают с переходом железа из двухвалентного в трехвалентное состояние.

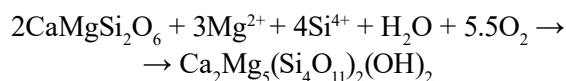
Состав тремолита подтверждает вышеописанную закономерность. В белых, серых, бурых нефритах (7 образцов, включая прожилки в диопсидите) содержание FeO в основном ниже пределов обнаружения, редко и не во всех образцах до 0.53 %. В салатных нефритах (5 образцов) содержание выше, до 0.85 %, в одном образце до 16.48 %.

Элементы группы железа также могут влиять на окраску нефрита. Повышение содержания кобальта коррелирует с изменением окраски нефрита от салатной до бурой: салатный – 10, 18 г/т Co; светло-салатный 11; белый с салатным оттенком 11; белый с желтоватым оттенком – 13; бурый – 41. Содержание кобальта в тремолите ниже предела обнаружения СЭМ-ЭДС анализа. При этом бурую окраску нефрита традиционно связывают с гипергенными изменениями. Для определения роли кобальта в окраске нефрита необходимо изучить возможность вхождения кобальта в структуру тремолита.

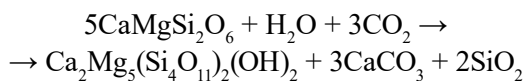
Формирование нефрита, судя по взаимоотношениям минералов, проходит в несколько стадий. Первоначально доломит на прогрессивной стадии с участием содержащих кремнезем из амфиболов флюидов замещается диопсидом:



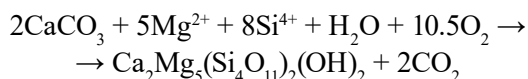
На регрессивном этапе уже диопсид при участии магния и кремнезема из амфиболов замещается агрегатом тремолита:



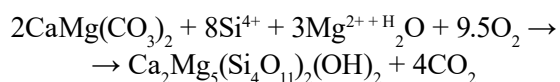
В другом варианте диопсид замещается кальцит-тремолитовым скарном - углекислота из первой реакции, кислород из вмещающих пород:



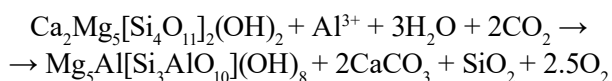
При этом кальцит скарна также может замещаться тремолитом с образованием нефрита:



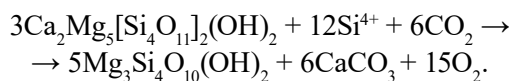
В некоторых образцах диопсид не установлен – он весь заместился либо тремолит образуется непосредственно по доломиту:



При продолжении регрессивного процесса тремолит замещается хлоритом и кальцитом с привносом глинозема из амфиболита:



Или тальком и кальцитом с привносом кремнезема из амфиболита:



Замещение хлоритом, тем более тальком, вплоть до полного замещения, значительно ухудшает качество нефрита.

Выводы. Нефрит Воймаканского месторождения отвечает требованиям к камнесамоцветному сырью. Нефрит в телах кальцит-тремолитовых скарнов залегает на контакте доломитов и амфиболитов. Определены 22 минерала реликтового, метасоматических донефритового и нефритового, регрессивного парагенезисов. Предложено использование диопсидита с прожилками нефрита. Показано, что усиление зеленого оттенка нефрита связано с повышенным содержанием Fe^{2+} . Модель формирования и преобразования нефрита: образование по доломиту диопсида, его замещение тремолитом или кальцит-тремолитовым агрегатом, замещением раннего призматического тремолита спутанно-волокнистым скрытокристаллическим, дальнейшее замещение нефрита хлоритом или тальком в ассоциации с кальцитом.

Информация и образцы предоставлены ЗАО «МС Холдинг» и ООО «BBC». Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-20003, <https://rscf.ru/project/22-27-20003>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сутурин А.Н., Замалетдинов Р.С., Секерина Н.В. Месторождения нефритов. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015. 377 с.