

DOI: 10.17076/TM15_62

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
АПОДОЛОМИТОВОГО НЕФРИТА НА ПРИМЕРЕ ЗАЛЕЖИ № 1
УЧАСТКА ПРОЗРАЧНЫЙ КАВОКТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ,
СРЕДНЕ-ВИТИМСКАЯ ГОРНАЯ СТРАНА**

Кислов Е. В.

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

Нефрит – мономинеральная спутанно-волокнистая порода, состоящая из тремолита, реже актинолита или других амфиболов. Нефрит – высоколиквидный ювелирно-поделочный камень, издавна используемый человеком, особо популярный в Китае, Новой Зеландии, Центральной Америке. Наиболее ценятся белый просвечивающий нефрит, черный, ярко-зеленый с мини-

мальным количеством рудных минералов, а также с эффектом «кошачьего глаза», аллювиальные гальки с каемками прокрашивания.

Месторождения нефрита относятся к двум эндогенным геолого-промышленным типам: апоультрамафитовые метасоматиты офиолитов (апосерпентинитовый) и апокарбонатные тремолит-кальцитовые магнезиальные скарны

(аподолмитовый). Ко второму типу близки месторождения Дахуа в Гуанси-Чжуанском автономном районе [4] и Лодян в провинции Гуйчжоу [3] на юге Китая, образовавшиеся на контакте диабазов и известняков. Месторождения первого типа – источник преимущественно зеленого до бурого и черного нефрита, месторождения второго типа дают, в основном, светлоокрашенный нефрит от белого до светло-зеленого, бурого (медового) вследствие окисления двухвалентного железа до трехвалентного, реже встречается черный нефрит [2, 4]. Экзогенный геолого-промышленный тип представлен россыпями, из которых наиболее продуктивны аллювиальные.

Светлоокрашенный нефрит в бассейне р. Кавокта найден в 1983 г. при проведении экспедицией «Байкалкварцсамоцветы» поисковых работ на нефрит в районе нижнего течения р. Ципа. Первый аллювиальный валун нефрита обнаружил Ю.С. Вепрев. В.И. Стругов и В.Я. Беляев выявили и оконтурили ореол распространения валунов нефрита в русловых отложениях р. Кавокта. В 1984 г. В.И. Струговым и Н.В. Секериной найдены коренные выходы. В 1984–1993 гг. в бассейне верхнего течения р. Кавокта было разведано Кавоктинское коренное месторождение с Прозрачным и Медвежьим участками, переданное для отработки в 1994 г. С 2007 г. семейно-родовой эвенкийской общиной «Дылача» проводилась добыча с эксплуатационной разведкой. АО «Забайкальское горнорудное предприятие» с 2014 г. ведет геологоразведочные работы и эксплуатацию [1]. В 2021 г. поставлены на баланс запасы Левобережного участка.

Эта работа посвящена геологической обстановке, минеральному составу и особенностям формирования нефрита месторождения на примере залежи № 1 участка Прозрачный.

Кавоктинское – наиболее крупное месторождение аподолмитового нефрита России: на 01.01.2022 запасы по C_2 составляют 346.81 т. В 2021 г. добыто 70.36 т или 28.58 % добычи нефрита России. Месторождение выделяется высоким качеством нефрита.

Площадь месторождения сложена гранитами, диоритами 1-й фазы позднепалеозойского витимканского комплекса. В меньшей степени проявлены небольшие тела лейкократовых гранитов 2-й фазы витимканского комплекса. В гранитах залегают ксенолиты сложной формы, останцы в провисах кровли пород талалинской толщи (ранее – суванихинской свиты), как сей-

час считается, нижнего протерозоя. Они представлены метапесчаниками, кристаллическими сланцами, амфиболитами, доломитовыми мраморами. Степень метаморфизма отвечает амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фациям. Полная метасоматическая зональность: доломитовый мрамор – кальцифир – кальцит-тремолитовый скарн с нефритом – эпидот-тремолитовый скарн – амфиболит или диорит. Чаще наблюдаются сокращенные варианты зональности.

На месторождении выделено 3 участка, состоящих из 6 нефритоносных зон, включающих в себя залежи нефрита. Участок Прозрачный на северо-западе месторождения включает нефритоносные зоны 1 и 2. Нефритоносная зона 1 субширотного простирания находится на южном фланге участка и объединяет залежи № 1, 4, 9.

Залежь № 1 – нефритовое тело с тектоническими контактами сложной морфологии с пережимами, раздувами в районе контакта доломитовых мраморов с эпидотизированными амфиболитами. Длина залежи 15 м, мощность 0.2–2.8 м, падение крутое на юго-запад под углом 60–70°. Вскрыта на глубину 15 м. На глубине выявляется сложная пропеллерообразная морфология за счет изменения углов падения от 20 до 65° [1].

Доломитовые мраморы слагают относительно небольшие тела удлиненной и неправильной формы. Это белые, светло-серые, средне-крупнозернистые породы с массивной, участками полосчатой текстурой. Состоят они из доломита (50–60%) и кальцита. В скарнированных мраморах отмечается до 5 % форстерита, диопсида, тремолита, серпентина.

Амфиболиты пространственно тяготеют к телам доломитовых мраморов. Внешне они представляют полосчатые и пятнистые породы зеленоватых тонов, сложены крупными призматическими зернами роговой обманки и неправильно-таблитчатыми – плагиоклаза. В незначительных количествах присутствует магнетит, микроклин, хлорит, титанит. Вторичные изменения выражаются в замещении амфибола эпидот-клиноцоизитовым агрегатом, хлоритизации, актинолитизации, соссюритизации.

Вмещающие ксенолит гранитоиды витимканского комплекса представлены порфировидными и крупнозернистыми слабо гнейсовидными разностями.

Кальцит-тремолитовые скарны, продуктивные на нефрит, представлены узкими зонами мощностью до 3–4 м. Распространены относительно простые линзо- и жиллообразные формы

тел различной протяженности и мощности, как правило, с четкими, достаточно прямолинейными контактами, выдержанным падением на глубину. Кальцит-тремолитовые скарны – белые массивные, полосчатые, пятнистые скрытокристаллические породы. Они сложены агрегатом тонкозернистого, тонколучистого кальцита и микроволокнистого тремолита.

Распределение нефрита в телах скарнов крайне неравномерное. Наиболее характерна прожилковая и линзовидная форма обособлений нефрита мощностью от п мм до п см с постепенными переходами к кальцит-тремолитовым скарнам. Более крупные обособления нефрита обычно имеют тектонические контакты с кальцит-тремолитовыми скарнами, часто с зеркалами скольжения, вдоль которых развивается длиноволокнистый тремолит. Окраска нефрита серовато-белая, светло-салатная, серовато-салатная до зеленой и серовато-медовой (бурой). Просвечиваемость от 1 до 5 см. Две системы крутопадающих трещин субширотного и северо-западного простирания разбивают нефрит и вмещающие породы на плоскопараллельные блоки толщиной 5–15 см и длиной 70–80 см.

Минеральный состав 16 образцов керна залежи № 1 изучен в шлифах под петрографическим микроскопом «ПОЛАМ Л-213» и в аншлифах на растровом электронном микроскопе LEO-1430VP с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350 в ГИН СО РАН, Улан-Удэ.

Структура нефрита в шлифах разнообразная часто с участками разных структур в одном шлифе: фибробластовая до гранонематобластовой, микроволокнистая до спутанно-микроволокнистой, радиально-лучистая, метельчатая, реликтовая до псевдоморфной. Текстура пятнистая, неоднородная, беспорядочная, реже массивная, сланцеватая, реликтовая решётчатая.

Зафиксировано 25 минералов, относящихся к следующим стадиям:

- Реликтовые минералы доломитов и амфиболитов: алланит, доломит, хроммагнетит, титанит, скаполит (мейонит), циркон, эпидот;

- Метасоматические минералы донефритовой стадии: диопсид (корродированные реликты), форстерит;

- Метасоматические минералы нефритовой стадии: апатит (отмечены включения кальцита), кальцит I (отмечены включения тремолита и фторапатита), тремолит, флогопит;

- Минералы гидротермальной стадии: ангидрит, барит, галенит, молибденит, пирит, сфалерит, флюорит, шеелит. В сульфидах за редким исключением не фиксируются изоморфные примеси, что говорит об их низкотемпературном происхождении;

- Минералы вторичных изменений: кальцит II, пренит, романешит (?), серпентин, хлорит.

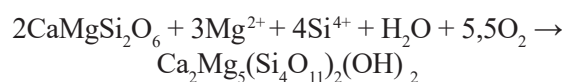
Широкое развитие фторфлогопита и фторапатита объясняет отмечавшиеся ранее высокие содержания F в аподоломитовом нефрите. Редкие мелкие зерна флюорита не могут обеспечить этот феномен.

Причины окраски. В тремолите 12 образцов различной окраски FeO не обнаружено. В серовато-салатных (обр. 550101) – 0–1.45 %, (обр. 519703) – 0–4.64 %, серовато-зеленых (обр. 915902) – 0.78–1.24 %, (обр. 916202) – 0.82–3.91 %, в черной части образца до 14.23 %. Зеленая окраска определяется примесью Fe в тремолите: по мере увеличения содержания Fe тон становится насыщеннее, что отмечалось и ранее [1]. Черная окраска нефрита в образце 916202 объясняется высоким содержанием Fe из-за близкого контакта с амфиболитом – только этот образец содержит титанит и хроммагнетит. Черный участок сложен тремолитом и актинолитом с крайне неравномерным распределением Fe.

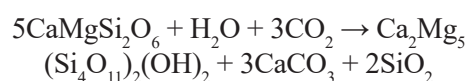
Формирование нефрита, судя по взаимоотношениям минералов, проходит в несколько стадий. Первоначально доломит на регрессивной стадии метасоматоза с участием содержащих кремнезем из амфиболитов флюидов замещается диопсидом:



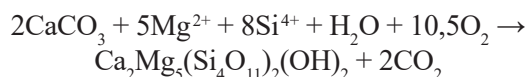
На регрессивном метаморфическом этапе уже диопсид при участии магния и кремнезема из амфиболитов замещается агрегатом тремолита (нефритом):



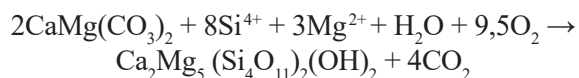
В другом варианте диопсид замещается кальцит-тремолитовым скарном – углекислота из первой реакции, кислород из вмещающих пород:



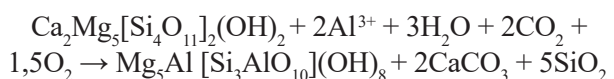
При этом кальцит скарна также может замещаться тремолитом с образованием нефрита:



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



При продолжении регрессивного процесса тремолит замещается хлоритом и кальцитом с привнесом глинозема из амфиболита, что приводит к ухудшению качества нефрита:



При этом роль гранитов сводится к региональному повышению температуры, обеспечивающему метасоматические реакции. Непосредственное участие в метасоматозе не гранита, а амфиболита, содержащего больше Fe, определяет разнообразие цветовой гаммы нефрита. Роль метаморфизма сводится к тектоническому дроблению, облегчающему проникновение флюидов, и стрессу, обеспечивающему спутанно-волокнистую скрытокристаллическую текстуру нефрита.

Выводы. Изучены 16 образцов нефрита из керна залежи № 1 участка Прозрачный Кавоктинского месторождения аподоломитового нефрита в Средне-Витимской горной

стране. Диагностированы 25 минералов, отнесенные к реликтовым, метасоматическим до-нефритовой и нефритовой стадий, гидротермальным и вторичным. Высокие содержания F в аподоломитовом нефрите объяснены широким развитием фторапатита и фторфлогопита. Интенсивность зеленой окраски нефрита объяснена примесью Fe в тремолите, а черная окраска – развитием актинолита в участках контакта с амфиболитом. Приведена модель формирования нефрита: развитие по доломиту диопсида, замещение диопсида тремолитом, замещение призматического тремолита спутанно-волокнистым. В отдельных случаях тремолит может развиваться непосредственно по доломиту. В дальнейшем тремолит замещается хлоритом. Граниты обеспечивают теплом метасоматоз. Участие в образовании нефрита амфиболита определяет разнообразие цветовой гаммы нефрита. Метаморфизм вызывает тектоническое дробление, облегчающее проникновение флюидов, и стресс, обеспечивающий спутанно-волокнистую скрытокристаллическую текстуру нефрита.

Автор признателен за предоставленные материалы АО «Забайкальское горнорудное предприятие», персонально А. П. Суздальницкому, Е. В. Раевской, выполнение анализов – Е. А. Хромовой, Е. В. Ходыревой. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-20003, <https://rscf.ru/project/22-27-20003>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гомбоев Д.М., Андросов П.В., Кислов Е.В. Кавоктинское месторождение светлоокрашенного нефрита: условия залегания и особенности вещественного состава // Разведка и охрана недр. 2017. № 9. С. 44–50.
2. Flin D. J., Dubowski E. A. Cowell jade province: detailed geological mapping and diamond drilling of jade and ornamental marble outcrops, 1982–1987. Department of mines and energy of South Australia. Rept. Bk. N 89/51. Dme N 85/88. 1991. V. 2. 98 p., V. 3. 26 p., V. 4. 29 p.
3. Zhang Y-D., Yang R.-D., Gao J.-B., Chen J., Liu Y.-N., Zhou Z.-R. Geochemical characteristics of nephrite from Luodian County, Guizhou Province, China // Acta Minerologica Sinica. 2015. V. 35, N 1. P. 56–64.
4. Zhong Q., Liao Z., Qi L., Zhou Z. Black nephrite jade from Guangxi, Southern China. Gems and Gemology. 2019. V. 55, N 2. P. 198–215.