

Оригинальная статья / Original article
УДК: 553.3

ФАКТОРЫ НЕФРИТОНОСНОСТИ ГОЛЮБИНСКО-ОЛЛАМИНСКОГО НЕФРИТОНОСНОГО ПОЛЯ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

© А.П. Кочнев¹, Д.А. Краснов²

^{1,2}Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

РЕЗЮМЕ. Введение. Известные месторождения нефрита в пределах Витимского перспективного района являются малыми и сверхмалыми объектами с очень ограниченным количеством запасов, и при существующих объемах добычи срок их полного исчерпания вполне обозрим. В этой связи весьма актуальным представляется выявление новых залежей на известных месторождениях и открытие новых месторождений нефрита на основе прогнозной оценки перспективных территорий с использованием новейших методик. Для реализации этой задачи необходимо оценить геологическую позицию известных месторождений нефрита и сформулировать базовые минерагенические факторы и признаки нефритоносности. **Методы.** Приведена краткая геологическая характеристика Голубинско-Олламинского нефритоносного поля по материалам геолого-съемочных, поисково-разведочных и эксплуатационных работ. Описаны структурно-геологические и морфологические особенности выявленных залежей нефрита апокарбонатного промышленного типа. Дана характеристика литолого-стратиграфической и структурно-тектонической позиции разведанных залежей нефрита. На основе базовых положений регионального минерагенического анализа сформулированы главные минерагенические факторы локализации и поисковые признаки проявлений апокарбонатного нефрита: литолого-стратиграфические, магматические, минерально-парагенетические и структурно-тектонические. **Результаты.** Известные в районе месторождения нефрита расположены на площади выходов гранитоидов витимканского комплекса с ксенолитами карбонатных пород восточно-горбылокской свиты и контролируются разрывными нарушениями, вдоль которых фиксируются процессы нефритообразования и парагенетической метасоматической переработки. Показано, что в условиях Витимского нефритоносного района применение традиционных методов прогнозирования с использованием качественных минерагенических факторов малоэффективно: выходы продуктивных вещественных комплексов восточно-горбылокской свиты и витимканских гранитоидов занимают большие площади; нефритоконтролирующие разрывные нарушения дают сложную сеть; проявления нефритоносных метасоматитов имеют точечный характер. Все это не позволяет отбраковать неперспективные площади и наметить потенциально перспективные участки для поисков промышленных залежей нефрита. **Выводы.** Для локального прогнозирования нефрита предлагается использовать косвенные поисковые признаки с оценкой потенциальной нефритоносности на основе количественных показателей информативности. Для их реализации рекомендуется провести геологическое доизучение и минералогическое картирование потенциально перспективной площади Витимского нефритоносного района.

Ключевые слова: нефрит, факторы нефритоносности, Витимский нефритоносный район, Голубинско-Олламинское поле.

Формат цитирования: Кочнев А.П., Краснов Д.А. Факторы нефритоносности Голубинско-Олламинского нефритоносного поля (Республика Бурятия) // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 1. С. 52–65.

¹Кочнев Анатолий Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры прикладной геологии, тел.: (3952) 405114, e-mail: kochnev@istu.irk.ru

Anatoliy P. Kochnev, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Applied Geology Department, tel.: (3952) 405114, e-mail: kochnev@istu.irk.ru

²Краснов Дмитрий Александрович, студент, тел.: (3952) 405114, e-mail: dkrasnov88@mail.ru

Dmitriy A. Krasnov, Student, tel.: (3952) 405114, e-mail: dkrasnov88@mail.ru

NEPHRITE-BEARING FACTORS OF GOLYUBINSKOE-OLLAMINSKOE NEPHRITE-BEARING FIELD (BURYAT REPUBLIC)

A.P. Kochnev, D.A. Krasnov

Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation.

ABSTRACT. Introduction. Known nephrite deposits within the Vitim prospect area are small and super small objects with very limited reserves. Moreover, their full exhaustion is foreseeable under existing extraction volumes. Therefore, it is very important to identify new deposits in the known fields and discover new nephrite deposits on the basis of the predictive assessment of promising areas with the use of the latest techniques. In order to implement this task, it is necessary to evaluate the geological position of the known nephrite deposits and formulate the basic mineralogical factors and the indications of nephrite presence. **Methods.** The Golyubinskoe-Ollaminskoe nephrite-bearing field is given a brief geological description on the basis of geological survey data and prospecting and exploration works. Description is given to the structural-geological and morphological features of the identified nephrite deposits of the apocarbonate industrial type. The lithologic-stratigraphic and structural-tectonic position of the explored nephrite deposits are characterized. Based on the main principles of the regional mineralogical analysis the fundamental mineralogenic factors of apocarbonate nephrite localization and prospecting indicators of its manifestations are formulated: lithologic-stratigraphic, magmatic, mineral-paragenetic and structural-tectonic. **Results.** The nephrite deposits known in the region are located in the Vitim-Kansk complex granitoid outcrops with the xenoliths of the carbonate rocks of the East Gorbylok Formation and are controlled by the faulting along which the processes of nephrite formation and paragenetic metasomatic processing have been identified. It is shown that in the conditions of the Vitim nephrite-bearing region the use of traditional forecasting methods with the use of qualitative mineragenic factors is ineffective: the manifestations of the productive complexes of the East Gorbylok Formation and Vitim granitoids occupy large areas. Nephrite control faults cause a complex network; manifestations of nephrite-bearing metasomatites are pointlike. All these does not allow to reject unpromising areas and to outline the areas potentially promising for nephrite industrial deposits prospecting. **Conclusions.** It is proposed to use indirect prospecting indicators with the estimation of their potential nephrite bearing on the basis of quantitative indicators of their informativeness in order to perform local nephrite predictions. Their implementation is recommended to conduct through the additional geological appraisal and mineralogical mapping of the potentially promising area of the Vitim nephrite-bearing region.

Keywords: nephrite, nephrite presence factors, Vitim nephrite-bearing area, Golyubinskoe-Ollaminskoe field

For citation: Kochnev A.P., Krasnov D.A. Nephrite-bearing factors of Golyubinskoe-Ollaminskoe nephrite-bearing field (Buryat Republic). Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits. 2017. Vol. 40. No. 1. Pp. 52–65. (In Russian).

Введение

Голубинско-Олламинское нефритоносное поле находится в Муйском районе Республики Бурятия [1, 2], в пределах Витимской горной страны – в междуречье рек Ципа и Бамбуйка (рис. 1). В пределах поля известно два месторождения апокарбонатного нефрита – Голубинское и Нижне-Олломинское – и залежь Сергеевская. Голубинское месторождение открыто в 1979 г. в процессе поисковых работ в бассейне р. Нижний Олломи, притока р. Голубе, сейчас здесь выявлено и частично отработано 10 залежей светлоокрашенного нефрита. В 2000–2004 гг. к западу от Голубинского

месторождения выявлена залежь Сергеевская, а в 2011 г. при поисковых работах на продолжении нефритоносной зоны Голубинского месторождения открыто Нижне-Олломинское месторождение, разведано три залежи нефрита, которые разрабатываются с 2012 г.

По таксонометрическому положению Голубинско-Олламинское поле входит в состав Витимского нефритоносного района (являющегося частью обширной Сибирской нефритоносной провинции), который объединяет несколько месторождений и проявлений нефрита, относящихся к апокарбонатному промышленно-генетическому типу.

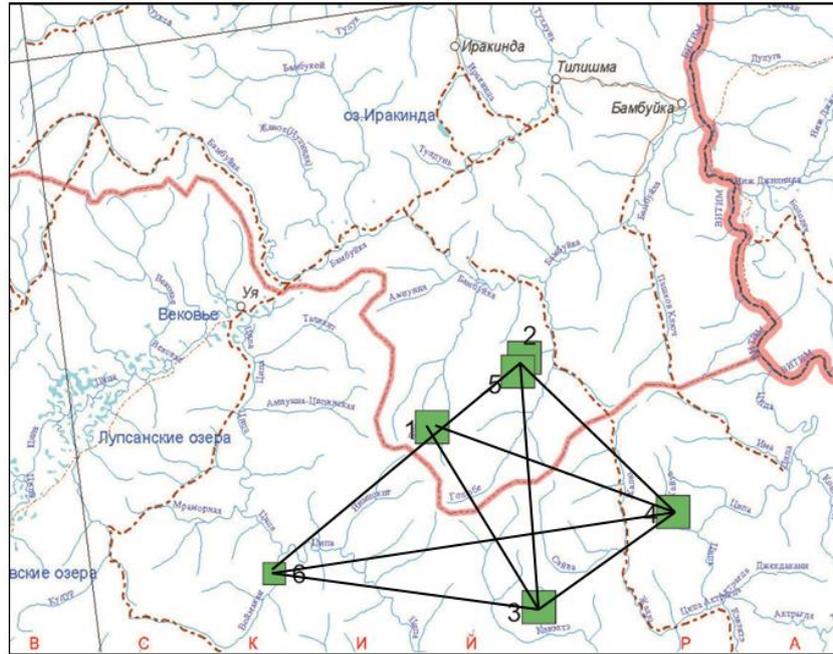


Рис. 1. Обзорная карта месторождений (1–5) и проявлений (6) нефрита Витимского нефритоносного района:

1 – Буромское, 2 – Голубинское, 3 – Кавоктинское, 4 – Хайтинское,
5 – Нижне-Олломинское, 6 – Воймаканское.

Прямые линии – векторы предполагаемых латентных нефрито-контролирующих разломных структур

Fig. 1. Areal map of deposits (1–5) and nephrite occurrences (6) in the Vitim nephrite-bearing region:

1 – Buromskoe, 2 – Golyubinskoe, 3 – Kavoktinskoe, 4 – Khaytinskoye,
5 – Nizhne-Ollominskoe, 6 – Voymakanskoe.

Direct lines are the vectors of the supposed latent nephrite-controlling fault structures

Апокарбонатные нефриты в природе распространены значительно реже по сравнению с апосерпентинитовыми. Их месторождения имеются лишь в Китае в предгорьях хребта Куэнь-Лунь, в Австралии на полуострове Эйр и в России в бассейне среднего течения реки Витим.

Известные месторождения Витимского нефритоносного района в настоящее время интенсивно разрабатываются. Они являются малыми и сверхмалыми объектами с очень ограниченным количеством запасов, и при существующих объемах добычи срок их полного исчерпания вполне обозрим. В этой связи весьма актуальным представляется выявление новых залежей на известных месторождениях и открытие месторожде-

ний нефрита на основе прогнозной оценки перспективных территорий с использованием многофакторных моделей.

Для реализации этой задачи необходимо оценить особенности геологического строения месторождений нефрита, определить геологическую позицию и закономерности формирования и пространственного распределения нефритоносных залежей в районе.

Краткая геологическая характеристика

Витимский нефритоносный район имеет сложное геологическое строение и характеризуется длительной геологической эволюцией, выразившейся в проявлении раннедокембрийского, байкальского, каледонского, герцинского, мезо-

зойского и кайнозойского этапов тектогенеза. Расшифровка геологического строения крайне затруднена, так как около 70% площади сложено магматическими и «немыми» метаморфическими породами.

В геологическом строении Голубинско-Олламинского нефритоносного поля (рис. 2) по материалам геолого-съе-

мочных, поисково-разведочных и эксплуатационных работ принимают участие осадочно-метаморфические породы восточно-горбылокской свиты предположительно раннепротерозойского возраста, гранитоиды витимканского интрузивного комплекса каменноугольного возраста и разнообразные метасоматические образования.

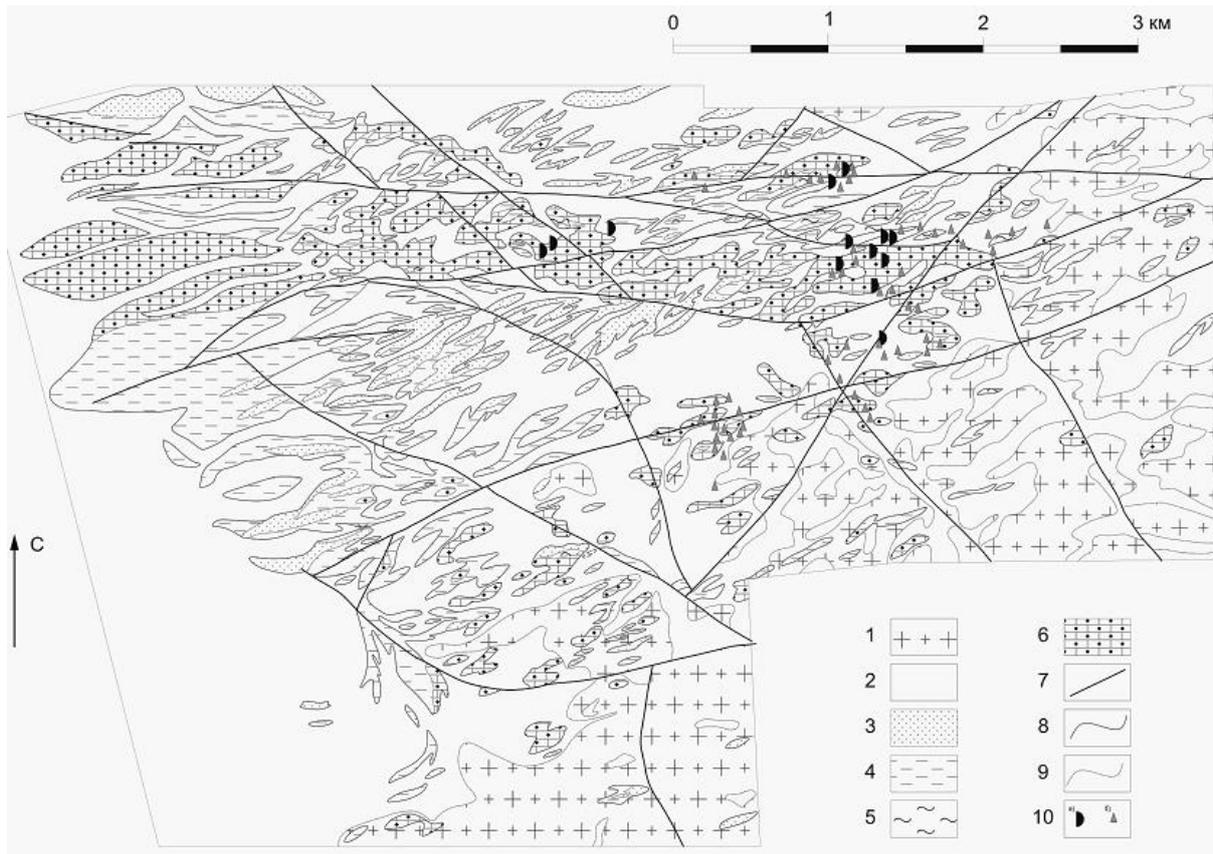


Рис. 2. Геологическая карта Голубинско-Олламинского нефритоносного поля:

- 1–2 – гранитоиды витимканского комплекса первой (1) и второй (2) фаз;
3–6 – осадочно-метаморфические породы восточногорбылокской свиты:
3 – биотит-кварц-полевошпатовые метапесчаники; 4 – тонкозернистые биотитовые гнейсы и кристаллические сланцы; 5 – хлоритизированные гранатсодержащие кварц-полевошпат-биотитовые, реже роговообманковые сланцы; 6 – среднезернистые доломитовые мраморы; 7 – разрывные нарушения; 8–9 – геологические границы между разновозрастными образованиями (8) и фациальными разновидностями (9);
10 – залежи нефрита (а) и находки нефрита в делювии (б)

Fig. 2. Geological map of the Golyubinsko-Ollaminskoe nephrite-bearing field:

- 1–2 – granitoids of Vitim-Kansk complex of the first (1) and second (2) phases;
3–6 – sedimentary-metamorphic rocks of the East Gorbylok Formation:
3 – biotite-quartz-feldspathic meta-sandstones; 4 – fine-grained biotite gneisses and crystalline schists; 5 – chloritized garnet-containing quartz-feldspar-biotite, less often hornblende schists; 6 – medium-grained dolomite marbles; 7 – faulting; 8–9 – geological boundaries between different age formations (8) and facies varieties (9);
10 – nephrite deposits (a) and nephrite finds in deluvium (b)

Парапороды обнажаются в виде небольших ксенолитов в поле гранитов витимканского комплекса, что затрудняет детальную стратификацию свиты.

В общем плане в низах свиты преобладают биотитовые, биотит-амфиболовые, гранат-амфиболовые кристаллические сланцы, гнейсы и их ороговикованные разновидности, выше залегают кристаллические доломиты и метапесчаники. Мощность свиты оценивается в 1000 м.

Залежи нефрита приурочены в основном к пачкам доломитовых мраморов, сложенных кальцитом и доломитом [2]. Структура их обычно средне-крупно-зернистая, текстура массивная. Широко развиты окварцованные и скарнированные разновидности доломита, вторичные изменения чаще выражаются в развитии тремолита, диопсида, серпентина, кварца, находящихся в различных количественных отношениях, изредка встречаются слюда и форстерит.

Судя по минеральным парагенезисам парапороды претерпели региональный метаморфизм эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций с наложенным контактовым метаморфизмом амфибол-роговиковой фации. Зеленые хлоритизированные кварц-полевошпат-амфиболовые сланцы по существу являются диафоритами, поскольку обнаружены в пределах нефритоносных зон с отчетливо проявленной гидротермально-метасоматической переработкой пород. За пределами их хлоритизация проявлена слабее или вообще отсутствует.

Витимканский интрузивный комплекс занимает почти половину территории района, его формирование связывается с герцинской тектономагматической активизацией. По петрохимическим особенностям они относятся к субщелочному калиево-натриевому весьма высокоглиноземистому ряду. Комплекс представлен плутонической и жильной фазами.

Преобладают гранитоиды первой фазы – массивы преимущественно гранитов, гранодиоритов и граносиенитов, содержащих скиалиты метаморфических пород. Они представлены породами розовато- или желтовато-серого цвета, средне-крупнозернистой структуры, массивной и порфиroidной текстуры. Различаются лейкократовые, биотитовые, биотит-роговообманковые, роговообманковые разновидности. Акцессорные минералы – магнетит, циркон, гранат, сфен, ортит, апатит. Вторичные изменения проявлены в виде процессов эпидотизации, сосюритизации и хлоритизации; по полевым шпатам развиваются альбит, серицит и мусковит.

Гранитоиды второй фазы представлены лейкократовыми и биотитовыми мелко-среднезернистыми розовато-светло-серыми гранитами, которые слагают несколько небольших штокообразных тел. Структура пород гипидиоморфнозернистая, текстура массивная. Акцессорные минералы – апатит, рутил, ортит, циркон, сфен и рудный.

Жильные производные представлены дайками и жилами гранит-порфиров, пегматитов и кварца. Как правило, это прямолинейные тела мощностью от нескольких сантиметров до 20–30 м и протяженностью до нескольких сот метров, реже более. Состав их обычно плагиоклаз-микроклиновый, в пегматитах присутствует мусковит, размер его пакетов – до 10×15×4 см.

В периферийных частях интрузий широко развиты ксенолиты вмещающих пород, контакты которых, как правило, падают в сторону вмещающих пород. Контакты гранитоидов с вмещающими породами резкие. В эндоконтактах граниты обычно мелкозернистые, иногда неясногнейсовидной текстуры, изредка наблюдаются гигантопорфиroidные и пегматоидные структуры гранитов. В экзоконтактах отмечаются следы активного воздействия гранитоидов на вмещающие

породы: происходит ороговикование кристаллосланцев и гнейсов, мраморизация и скарнирование доломитов. В непосредственной близости от контакта гнейсы интенсивно пронизаны маломощными (1–1,5 см) прожилками гранитного состава, чаще всего вдоль гнейсовидности и сланцеватости.

В зонах тектонических нарушений граниты катаклазированы и окварцованы, часто неясногнейсовидные.

Метасоматические образования распространены вблизи контактов гранитов с контрастными по химическому составу породами – доломитовыми мраморами и алюмосиликатными породами. Они представлены зонами скарнирования, ороговикования, пропилитизации и фельдшпатизации. С зонами скарнирования кальцит-тремолитового состава связаны проявления и месторождения апокарбонатного нефрита, а с ороговикованными кристалло-сланцами – проявления высокоглиноземистого силлиманитового сырья.

Зоны скарнирования почти повсеместно отмечаются на контакте гранитов с мраморами, мощность их колеблется от первых сантиметров до нескольких метров. В эндоконтактах со скарнами граниты имеют более светлую окраску со слабым зеленоватым оттенком. По минеральному составу измененные породы соответствуют граносиенитам и сиенитам. Характерной особенностью этих пород является почти полное отсутствие кварца, высокое содержание кислого плагиоклаза, отмечается наличие мусковита, карбоната, апатита, сфена.

Непосредственно на контакте с мраморами метасоматиты представлены эпидот-кальцит-тремолитовыми скарнами, слагающими узкие зоны мощностью 20–50 см, в которых часто наблюдается сеть кварц-микроклиновых прожилков мощностью 2–3 мм. Экзоконтактовые зоны выражаются внешне в изменении текстуры, структуры, цвета мрамора:

вблизи контакта породы приобретают более плотный тонкозернистый сахаровидный облик, неравномерную пятнистую окраску. Отмечается развитие призматического тремолита, и мраморы постепенно переходят в тремолитовые скарны. Зоны скарнов имеют линзо- и жиллообразную форму, приурочены к тектонически ослабленным зонам в краевых частях ксенолитов доломитовых мраморов, на небольшом удалении от гранитных пород или непосредственно в гранитах. Внешне они представляют собой белые массивные или сланцеватые скрытокристаллические породы. Минеральный состав скарнов: тремолит – 40–45%, кальцит – 55–60%, иногда отмечается наличие серпентина – до 5%.

Полная метасоматическая зональность на участке работ имеет следующий вид: доломитовый мрамор – нефритосодержащий кальцит-тремолитовый скарн – эпидот-тремолитовый скарн (или скарнированный граносиенит) – мелкозернистый биотитовый гранит.

В тектоническом плане Витимский нефритоносный район принадлежит к Бамбуйско-Олиндинскому блоку, который является частью Байкало-Муйского мега-блока, представляющего собой сложное складчатое сооружение антиклинорной формы. Ограничением блока служат зоны глубинных разломов – Сунукит-Бамбуйского, Бамбуйского и Верхнеголюбекского. Формирование структурных элементов блока охватывает длительное геологическое время и связано с тектоническими процессами разного возраста – от нижнего протерозоя до перми, в его структуре традиционно выделяются каледонский и герцинский структурные этажи.

Метаморфические породы восточногогорбылокской свиты входят в состав каледонского структурного этажа. Они смяты в Аманак-Буромскую синклиналь линейного характера, от которой сохранились лишь небольшие фрагменты ее

юго-восточного крыла, осложненные симметричными складками шириной до 1 км и сбросо-сдвиговыми разрывными нарушениями. Размах крыльев складки – не менее 15 км, падение пород ЮВ 40–50°, ближе к ядру – 60–70°, что объясняется влиянием разрывной тектоники.

Герцинский структурный этаж представлен гранитоидами витимканского комплекса, слагающего восточную окраину Ангаро-Витимского ареал-плутона. В пределах этажа широко развиты разноориентированные разрывные нарушения различных кинематических типов, определяющие сложную разломно-блоковую структуру территории [2] и играющие важную нефритоконтролирующую роль. На обзорной карте Витимского нефритоносного района (см. рис. 1) четко фиксируется цепочечное расположение известных месторождений и проявлений нефрита, трассируя, скорее всего, векторы предполагаемых латентных нефрито-контролирующих разломных структур. Намечается пять систем таких векторов, трассирующих разное число проявлений нефрита:

– СВ (50–55°) – выражены наиболее четко, трассируют проявления 1-2-3-4-5-6;

– СЗ (315–330°) – выражены менее четко, трассируют проявления 1-2-3-4-5;

– ЗСЗ (275–285°) – выражены менее четко, трассируют проявления 1-3-4-6;

– субмеридиональные (350–360°) – трассируют проявления 2-3-6;

– субширотные (80–90°) – трассируют проявления 4-6;

Геолого-структурные особенности самих месторождений нефрита изучены недостаточно полно. Фрагментарный характер выходов парапород в виде разоб- щенных ксенолитов в поле гранитоидов затрудняет расшифровку складчатой структуры. В районе Голубинско-Олламинских месторождений они считаются [2] фрагментами антиклинальной

(предположительно) складки, к замку которой и приурочены месторождения.

Непосредственно на площади Голубинско-Олломинского нефритоносного поля широко распространены разрывные нарушения, образующие сложную сеть [2]. Они группируются в две основные системы северо-восточного и северо-западного простирания. Опережающие их разрывные дислокации высокого порядка представлены в основном зонами повышенной трещиноватости субширотной ориентировки. Последние контролируют процессы метасоматического преобразования пород в постмагматический этап становления гранитоидов, с которыми генетически связывают образование нефритовых залежей.

В пределах Голубинско-Олломинского поля известно 13 залежей нефритоносных скарновых зон, длина их варьирует от 7 до 150 м при мощности до 2–2,5 м. Нефрит в скарновых залежах характеризуется мозаичным распределением с невыдержанными размерами как по мощности (от нескольких сантиметров до 0,45 м, реже до 0,8 м), так и по простиранию. Характерной чертой нефрита, в отличие от скарнов, является его скрытокристаллическая структура и способность просвечивать на глубину до 2,5 см.

Обособления нефрита в зонах скарнирования образуют обычно сложные по морфологии жилы (рис. 3) с многочисленными беспорядочно ветвящимися апофизами, реже простыми прожилками, прослоями, линзами, гнездами. Падение залежей преимущественно на северо-запад, реже на юго-восток, под углами 45–80°. Переходы от нефрита к скарнам постепенные, нечеткие. Более крупные, представляющие промышленный интерес обособления нефрита обычно имеют тектонический контакт со скарнами, часто с зеркалами скольжения.

В зависимости от структурно-геологической позиции выделяется три типа залежей нефрита:

- приуроченные к контактам доломитовых мраморов и гранитов;
- залегающие вдоль границ доломитовых мраморов и полевошпат-кварц-амфиболовых кристаллосланцев;
- залегающие в теле мраморов вне видимой связи с алюмосиликатными породами и гранитами.

Метасоматическая зональность в первых двух типах залежей имеет следующий вид: доломитовый мрамор + экзокарновая зона кальцит-тремолитового состава + нефрит + эндоскарновая зона алюмосиликатного состава. В третьем случае залежи представлены нефритсо-

держащими аподоломитовыми экзокарнами, а эндоскарновая зона отсутствует. Состав и характер распространения обособлений тонковолокнистого тремолита, представляющего собой собственно нефрит, во всех типах залежей сходен, однако их мощности различны. Наиболее значительных размеров (до 2–2,5 м, реже до 3 м) достигает экзокарновые зоны второго и третьего типов залежей. Наименьшие значения этого параметра (0,5–1 м) характерны для аналогичных метасоматитов первого типа вдоль контактов с гранитами.

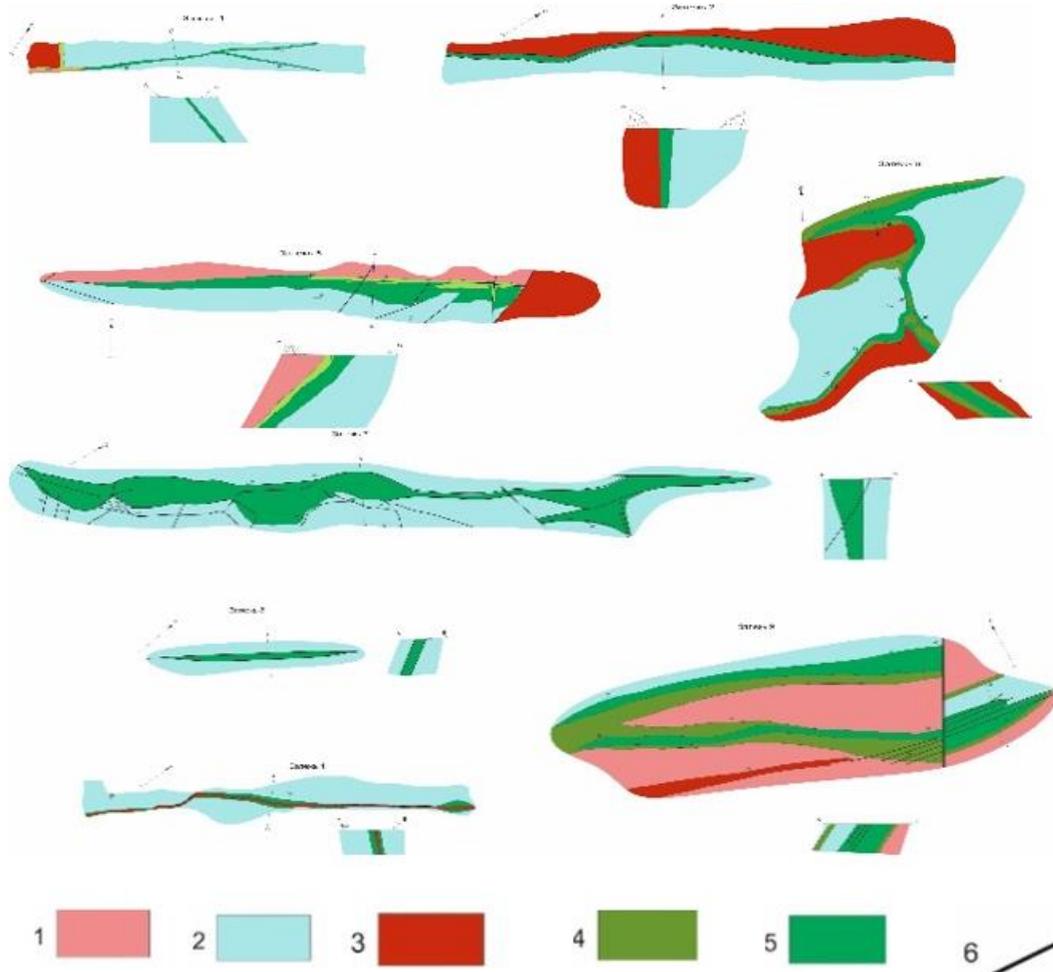


Рис. 3. Морфология залежей нефрита Голюбинско-Олломинского нефритоносного поля:
1 – сланец; 2 – мрамор; 3 – гранит; 4 – эпидот-тремолитовый скарн;
5 – нефрит; 6 – разрывные нарушения

Fig. 3. Morphology of the nephrite deposits of the Golyubinsko-Ollominskoe nephrite-bearing field:
1 – schist; 2 – marble; 3 – granite; 4 – epidote-tremolite skarn;
5 – nephrite; 6 – faulting

Наиболее протяженные (до 100 м и более) и выдержанные по мощности (0,7–1,2 м) жилы нефрита относятся к залежам второго типа, в то время как для третьего типа характерно брекчиевидномозаичное строение продуктивных экзокарновых зон, обусловленное незакономерным распределением всевозможных по размеру и конфигурации обособлений нефрита в кальцит-тремолитовым субстрате. Масштабы и интенсивность метасоматических преобразований в экзоконтактах обусловлены различными физико-механическими свойствами контактирующих пород и степенью их дробления.

Нефриты характеризуются широкой гаммой цветовых оттенков не только в различных залежах, но и в пределах отдельных обособлений. Более светлые (от снежно-белых до голубовато-белых) разности обнаружены в залежах первого типа. В контактовых зонах доломитовых мраморов с кристаллическими сланцами преобладают нефриты различных оттенков салатно- и табачно-зеленых тонов. В третьем случае для обособлений нефрита присущи приглушенные серовато-голубые тона со всевозможными оттенками – вплоть до снежно-белых.

Методика и результаты исследования

Приведенный выше краткий очерк геологического строения площади Голубинско-Олломинского нефритиносного поля, а также анализ геологической позиции разведанных залежей нефрита позволяют сформулировать главные минерагенические факторы локализации и поисковые признаки проявлений апокарбонатного нефрита, хотя закономерности их формирования и распределения в нефритиносных структурно-вещественных комплексах до сих пор изучены недостаточно полно.

Прямыми поисковыми признаками нефритиносности являются выявленные месторождения, рудопроявления, точки минерализации и механические ореолы

рассеяния нефрита, отражающие реализацию процессов нефритообразования в конкретных участках геологического пространства региона [1–3].

Косвенные минерагенические факторы и поисковые признаки нефритиносности определяются структурно-геологической позицией залежей нефрита по имеющимся геологическим картам и материалам поисково-разведочных работ.

Для Голубинско-Олломинского нефритиносного поля Витимского региона намечаются четыре категории таких факторов и признаков: литолого-стратиграфические, магматические, минерально-парагенетические и структурно-тектонические [1–3]. Они охватывают практически все особенности геологического строения района и определяют условия образования и закономерности размещения выявленных месторождений нефрита.

Литолого-стратиграфический фактор проявляется в пространственной и генетической связи нефритовых залежей с выходами доломитовых мраморов восточно-горбылокской свиты. Часть залежей тяготеет к контактам мраморов с кристаллосланцами, а неблагоприятными литологическими разновидностями являются метапесчаники и метаэффузивы.

Магматический фактор проявляется в приуроченности залежей нефрита к контактам доломитовых мраморов с гранитоидами первой фазы витимканского комплекса или к зонам скарнирования мраморов в непосредственной близости от массивов и даек кислых пород второй фазы.

Структурно-тектонический фактор проявляется в широком развитии локальной разрывной тектоники в участках локализации нефритовых залежей, в контроле их позиции разломными структурами: все залежи располагаются либо вдоль разломов, либо в зонах опережающей трещиноватости и в узлах пересечения разломных зон различного простирания.

Минерально-парагенетический фактор проявляется в парагенетической связи нефритовых залежей с метасоматическими изменениями мраморов, кристаллических сланцев и гранитов:

– с зонами скарнирования мраморов, сложенными волокнистым тремолитом и кальцитом, реже с процессами оталькования и серпентинизации доломитовых мраморов;

– с зонами эпидотизации в гранитах и кристаллосланцах с образованием эпидозитов и других хлорит- и эпидотсодержащих зеленосланцевых пород.

В полной мере эти факторы 1 рода применимы лишь на региональном уровне прогнозирования, когда оконтуривается вся потенциально нефритоносная территория района. На локальном уровне эти признаки мало информативны [1–3], так как площади развития продуктивных вещественных комплексов (гранитоидов витимканского комплекса с ксенолитами карбонатных пород восточно-горбылокской свиты), нефритоконтролирующих разрывных нарушений и метасоматических процессов практически совпадают и охватывают значительную часть территории. Это не позволяет выделить на ней участки разной степени перспективности, соразмерные с отдельными месторождениями и залежами нефрита, на которых целесообразно проводить детальные поиски и поисково-оценочные работы.

Для выявления таких локальных участков необходимо использовать косвенные поисковые признаки и минерогенетическими факторами второго рода, не нашедшие отражение на исходных картах, но учитывающие дополнительные свойства продуктивных структурно-вещественных комплексов, разные стороны проявления геологических процессов на исследуемой территории, несущих информацию о вероятности наличия или отсутствия залежей нефрита в данном участке района.

Так, в рамках литолого-стратигра-

фического фактора нефритоносности косвенными поисковыми признаками второго рода могли бы являться площади выхода отдельных пачек продуктивной восточно-горбылокской свиты – доломитовых мраморов, кристаллосланцев, метапесчаников и метаэффузивов. Однако по исходной карте района без специального геологического доизучения это сделать невозможно, так как выходы этих пород наблюдаются в виде одиночных ксенолитов, не имеющих четкой стратиграфической привязки, поэтому оценить степень их потенциальной нефритоносности пока невозможно.

В рамках магматического фактора нефритоносности косвенными поисковыми признаками второго рода могли бы быть площади выхода разных петрографических типов и фаций гранитоидов продуктивного витимканского комплекса – гранитов, гранодиоритов, граносиенитов и т.д. Однако по исходной карте района без специального геологического доизучения это сделать невозможно, потому что выходы пород комплекса не расчленены по петрографическому составу.

В рамках структурно-тектонического фактора нефритоносности косвенными поисковыми признаками второго рода могут быть площади выхода разных структурных элементов складчатого и разрывного характера – замковых частей и разных крыльев складок, разных систем и кинематических типов разрывных нарушений. Однако на исходной карте района складчатые структуры четко не откартированы и без специального геологического доизучения можно проанализировать только разрывную тектонику района.

На площади исследования закартирована сложная сеть разрывных нарушений (см. рис. 2), но наиболее четко проявилась система разломов субширотного простирания. Это наглядно видно на розе-диаграмме (рис. 4), где отчетливо выделяются три системы разломов:

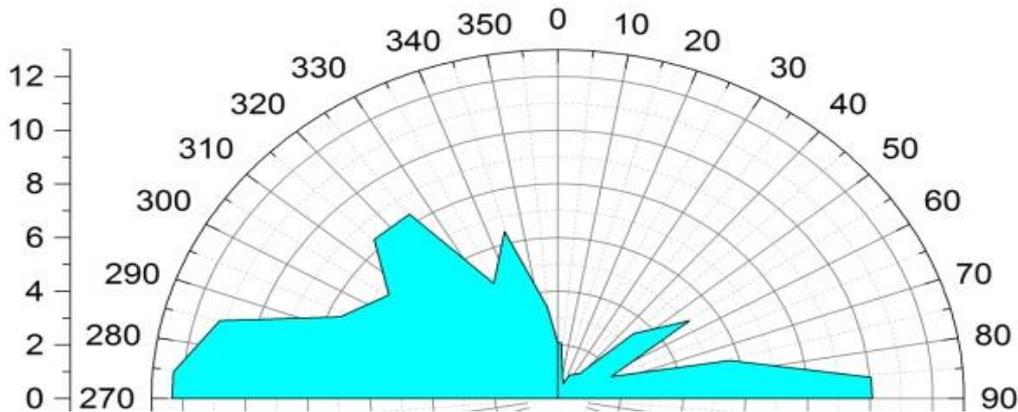


Рис. 4. Роза-диаграмма разломных структур
Fig. 4. Rose diagram of fault structures

субширотная (260–290°), северо-западная (310–330°) и северо-восточная (50–60°).

Морфологические особенности разведанных залежей нефрита (см. рис. 3) и их структурно-геологическая позиция указывают на важную нефритоконтролирующую роль малых структурных форм – зон трещиноватости, сланцеватости и полосчатости вмещающих пород. Относительно времени образования нефрита они условно разделены на три группы:

- дорудные: сланцеватость и полосчатость парапород, которые пересекаются телами нефрита;
- синрудные: контакты залежей нефрита;
- пострудные: неминерализованные неотектонические трещины в нефритовых телах.

Анализ сферограмм ориентировки малых структурных форм (рис. 5) показывает, что основные системы дорудных синрудных и пострудных дислокаций имеют близкую субширотную ориентировку с падением на север под углами 60–80°. Менее развиты другие системы структурных форм – трещины северо-восточного простирания с падением на юго-восток под углами 50–70° и крутопадающие трещины северо-западного простирания. Расположение этих систем на сферограммах имеет достаточно четко

выраженный поясовый рисунок северо-западного направления, характерный для оперяющей трещиноватости, связанной с взбросо-надвиговыми смещениями по разломам [4, 5]. Такие активные разломы, скорее всего, имели субширотную ориентировку с падением на север под углами 60–80° – поверхность сместителей фиксируется главной системой малых структурных форм. Полюс пояса отражает ориентировку оси средних нормальных напряжений σ_2 поля тектонических напряжений при формировании малых структурных форм. Реконструкция этого поля определяется по синоптической сферограмме: статистически средняя ориентировка оси средних нормальных напряжений σ_2 – СВ 55/40° при субгоризонтальном положении оси минимальных нормальных напряжений (сжатия) σ_3 по аз. 325° и погружении оси максимальных нормальных напряжений (растяжения) по аз. 235/50°.

На геологической карте Голюбинско-Олломинского нефритоносного поля – схеме разломной тектоники (см. рис. 2) – достаточно отчетливо проявляется приуроченность залежей нефрита к зоне интенсивного развития субширотных разломов и к участкам их сопряжения с разрывными нарушениями других систем.

Поскольку большинство разведанных залежей нефрита связано с

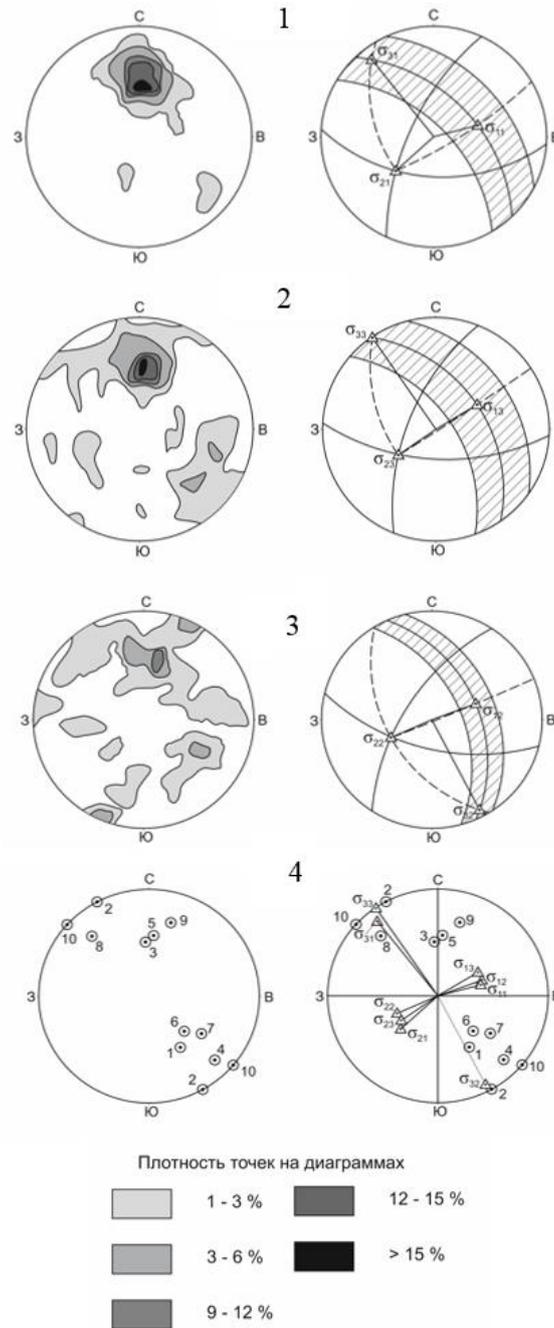


Рис. 5. Сферогаммы ориентировки малых структурных форм:

1 – сланцеватости и полосчатости вмещающих пород (130 замеров); 2 – синрудной трещиноватости – контактов залежей нефрита (90 замеров); 3 – пострудной трещиноватости в залежах нефрита (139 замеров); 4 – обобщенная сферогамма ориентировки залежей нефрита (слева) и синоптическая сферогамма осей напряжений (справа), цифры – номера залежей. Для первых трех пар сферогамм слева приведены исходные плотностные сферогаммы, а справа – схемы реконструкции полей тектонических напряжений

Fig. 5. Spherograms of small structural form orientation:

1 – schistosity and banding of host rocks (130 measurements); 2 – syn-mineral fracturing – nephrite deposit contacts (90 measurements); 3 – post-ore fracturing in nephrite deposits (139 measurements); 4 – generalized spherogram of the nephrite deposits orientation (on the left) and a synoptic spherogram of the stress axes (on the right), the figures show the deposit numbers. For the first three pairs of spherograms, the initial density spherograms are given on the left, and reconstruction schemes of tectonic stress fields are given on the right

трещинными зонами субширотного простираия, а меньшая часть их имеет северо-восточное простираие, нефритоконтролирующими можно считать разломы субширотного и северо-восточного простираия.

В рамках минерально-парагенетического фактора нефритоносности косвенными поисковыми признаками могли бы быть площади выхода продуктов метасоматических изменений мраморов, кристаллических сланцев и гранитов – тремолит-кальцитовых скарнов, участков оталькования и серпентинизации доломитовых мраморов, зон эпидотизации в гранитах и кристаллосланцах и т.д. Однако по имеющимся геологическим картам эти площади не могут быть выделены, так как парагенетически связанные с нефритом минералы отмечены только в разведанных залежах, а на остальной площади эти процессы при геолого-стратиграфическом расчленении не зафиксированы, поэтому для их использования необходимо провести геологическое доизучение и минералогическое картирование потенциально перспективной площади.

Заключение

Таким образом, анализ геологического строения Голюбинско-Олламинского нефритоносного поля по имеющимся геологическим материалам позволяет выделить лишь региональные парагенетические факторы нефритоносности первого рода. Однако применение этих

факторов для локального прогнозирования малоэффективно: выходы продуктивных вещественных комплексов восточно-горбылокской свиты и витимканских гранитоидов занимают большие площади, нефритоконтролирующие разрывные нарушения дают сложную сеть, а проявления нефритоносных метасоматитов имеют точечный характер – все это не позволяет провести детальное минерогеническое районирование изученной территории по степени перспективности, отбраковать неперспективные площади и наметить потенциально перспективные участки для поисков промышленных залежей нефрита.

Решение этих задач возможно путем использования косвенных поисковых признаков второго рода с оценкой их потенциальной нефритоносности на основе количественных показателей их информативности. Достоверность ожидаемой прогнозной оценки может быть существенно повышена при условии получения дополнительных геологических материалов, для чего целесообразно провести геологическое доизучение площади Голюбинско-Олламинского нефритоносного поля, включая детальное стратиграфическое расчленение продуктивной свиты парапород, расшифровку складчатой структуры толщи, минералого-петрографическое картирование фаций магматических и метасоматических образований региона.

Библиографический список

1. Замалетдинов Р.С. Методика поисков и разведки месторождений нефрита. М., Недра, 1975.
2. Сутурин А.Н., Замалетдинов Р.С., Секерина Н.В. Месторождения нефритов. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015. 377 с.

References

1. Zamaletdinov R.S. *Metodika poiskov i razvedki mestorozhdenii nefrita* [Methodology of nephrite prospecting and exploration]. Moscow, Nedra Publ., 1975.
2. Sutturin A.N., Zamaletdinov R.S., Sekerina N.V. *Mestorozhdeniya nefritov* [Nephrite deposits]. Irkutsk, Irkutskii gosudarstvennyi universitet Publ., 2015. 377 p.

3. Кочнев А.П., Юренков Е.Г. Основы типизации прогнозно-поисковых моделей // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2014. № 1 (44). С. 74–80.

4. Данилович В.Н. Метод поясов в исследовании трещиноватости, связанной с разрывными смещениями. Иркутск: Изд-во ИПИ, 1961. 47 с.

5. Шерман С.И., Днепровский Ю.И. Поля напряжений земной коры и геолого-структурные методы их изучения. Новосибирск: Наука, 1989. 158 с.

3. Kochnev A.P., Yurenkov E.G. *Osnovy tipizatsii prognozno-poiskovykh modelei* [Fundamentals of forecasting and prospecting models typification]. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya seksii nauk o Zemle Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii* [Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits], 2014, no. 1 (44), pp. 74–80. (In Russian).

4. Danilovich V.N. *Metod poyasov v issledovanii treshchinovostei, svyazannoi s razryvnymi smeshcheniyami* [The method of belts in studying fracturing associated with shear ruptures]. Irkutsk, Irkutskii politekhnicheskii institut Publ., 1961. 47 p.

5. Sherman S.I., Dneprovskii Yu.I. *Polya napryazhenii zemnoi kory i geologo-strukturnye metody ikh izucheniya* [Earth crust stress fields and geological and structural methods of their study]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1989. 158 p.

*Статья поступила 20.01.2017 г.
The article was received 20.01.2017.*