

УДК 553.241/242:553.411(571.65)

DOI 10.23683/0321-3005-2017-3-1-114-121

ИЗУЧЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО МЕТАМОРФИЗМА ЗОЛОТОВМЕЩАЮЩИХ ТОЛЩ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ

© 2017 г. А.Э. Харди́ков¹, А.А. Аста́хова²

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия,

²ООО «НОВАТЭК-НТЦ», Тюмень, Россия

RESEARCH OF LOW TEMPERATURE METAMORPHISM OF GOLD CONTAINING COMPLEXES OF VERKHOYANSK-KOLYMA FOLDER AREA DURING PROSPECTING AND EVALUATION OF GOLD DEPOSITS

A.E. Khardikov¹, A.A. Astakhova²

¹Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia,

²«NOVATEK-NTC» Ltd, Tyumen, Russia

Харди́ков Александр Эдуардович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, кафедра минералогии и петрографии, Южный федеральный университет, ул. Зорге, 40, г. Ростов-на-Дону, 344090, e-mail: khardikov@sfedu.ru

Aleksandr E. Khardikov - Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Mineralogy and Petrography Department, Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: khardikov@sfedu.ru

Аста́хова Анна Александровна – эксперт, управление геолого-разведочных работ, ООО «НОВАТЭК-НТЦ», ул. 50 лет ВЛКСМ, 53, г. Тюмень, 625026, Россия

Anna A. Astakhova - Expert, Exploration Department, «NOVATEK-NTC» Ltd, 50 let VLKSM St., 53, Tyumen, 625026, Russia.

Разработана новая методика поисково-оценочных работ на золотое оруденение, основанная на минералого-генетическом анализе процессов термального метазенеза и гидротермального метасоматоза золотовмещающих пород на примере Верхояно-Колымской складчатой области. Выделены четыре морфогенетических типа эпигенетически измененных пород. Дана минералого-петрографическая характеристика. Изучена зональность и построена схема метаморфических и гидротермально-метасоматических образований перспективной на коренное золото площади, расположенной в пределах Аян-Юряхского антиклинория Верхояно-Колымской складчатой области. Это позволило выполнить надежное прогнозное районирование и оценить перспективы рудоносности территории на стадии проведения прогнозно-поисковых работ масштаба 1:50000. Установлена связь между существованием неодинаковых уровней современного эрозионного среза территории и стадиями метасоматоза. Золотоносный эрозионный срез, соответствующий залеганию комплекса отложений омчакской свиты, проявлен на междуречье Хугланнах–Межевой и в бассейне ручья Стожильного. Он соответствует уровню распределения среднетемпературных метасоматических минеральных ассоциаций, возникающих на кислотной стадии и на стадии понижающейся кислотности гидротермальных растворов. Наиболее благоприятная минеральная ассоциация – кварц + серицит + анкерит + пирит + арсенопирит. На примере Азильской перспективной площади показана эффективность использования карт метаморфических и гидротермально-метасоматических образований для оценки перспектив рудоносности территории.

Ключевые слова: Аян-Юряхский антиклинорий, верхняя пермь, прогнозно-поисковые работы, метаморфизм, метасоматоз.

Developed a new method of research and evaluation works for gold mineralization is given. It is based on mineralogical and genetic analysis processes metagenesis thermal and hydrothermal metasomatism of the gold-containing rocks on the example of Verkhoyansk-Kolyma folded area. Four morphogenetic types epigeneticist altered rocks are allocated. Given the mineralogical and petrographic characteristics of the territory. Sketch map of the ore gold productive area within Ayan-Yurakh Anticlinorium of Verkhoyansk-Kolymsky Orog Verkhoyansk-Kolyma Folder Area en show the distribution of metamorphic hydrothermal metasomatic zones. It allows predicting ore gold perspective of the area during 1:50000 scale survey. The relation between the existence of different levels of the modern erosion areas and stages of metasomatism is described. Erosion of gold-bearing slice corresponding to the occurrence of complex deposits omchak retinue manifested in the area between Huglannakh-Mezhevoy and basin of the creek Storozhilny. It corresponds to the distribution of medium-temperature metasomatic mineral associations that occur on the acid stage and at the stage of decreasing acidity of the hydrothermal solutions. The most favorable mineral assemblage is quartz + sericite + ankerite + pyrite + arsenopyrite. The example of Azial perspective area shows the efficiency maps of metamorphic and hydrothermal-metasomatic formations to assess the prospects of ore-bearing territory.

Keywords: Ayan-Yuryakh Anticlinorium, upper Permian, survey works, metamorphism, metasomatism.

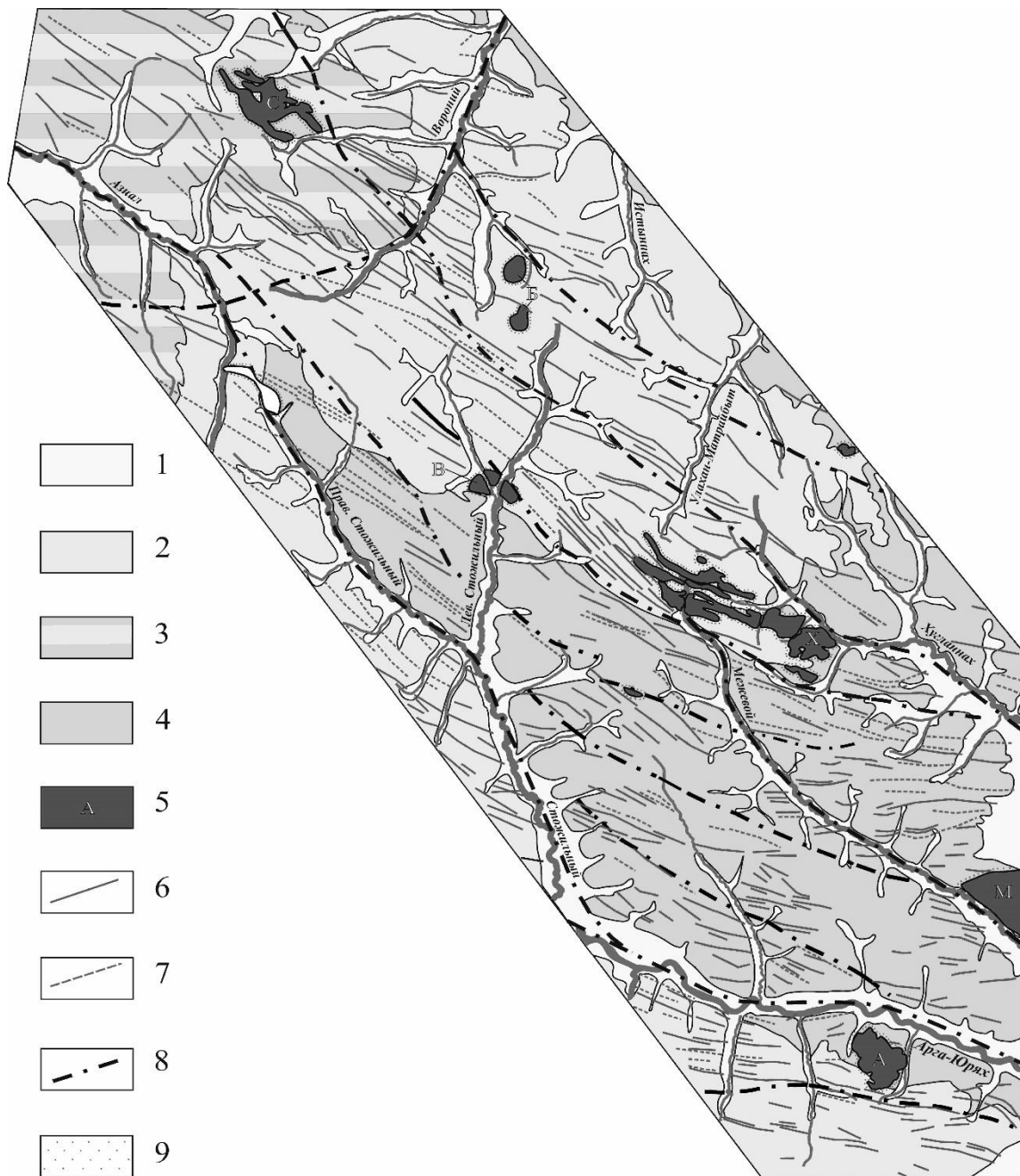
Изучение гидротермально-метасоматических образований для целей прогнозного районирования и оценки перспектив рудоносности территорий на стадии проведения поисково-оценочных работ масштаба 1:50000 является важной проблемой прикладной геологии, которая приобрела особое звучание в связи с разработкой специальной методики крупномасштабного картирования слабопроявленных гидротермально-метасоматических изменений [1, 2]. На ее основе возможны выявление и использование региональных метасоматических формаций – устойчивых совокупностей зон разнофациальных гидротермально-метасоматических образований, обусловленных конкретным геологическим событием (внедрением или длительным становлением интрузивных массивов, развитием подводных или субаэральных вулканических построек, тектонической перестройкой и др.). Методические рекомендации по изучению метаморфизма рудовмещающих толщ в золотоносных районах северо-востока России разработаны на основе многолетнего изучения метаморфизма этой территории. При проведении геологического картирования масштаба 1:50000 в золотоносных районах целесообразно составлять карты гидротермально-метаморфических образований. Их наличие повышает надежность прогнозного районирования, оценки перспектив рудоносности и проведения крупномасштабных поисковых работ.

Эффективность картирования гидротермально-метаморфических образований показана на примере Азияльской перспективной площади, расположенной в пределах Аян-Юрхского антиклинория Верхояно-Колымской складчатой области вблизи его северо-восточного фланга и границы с Иньяли-Дебинским синклинорием. В геологическом строении территории участвуют морские терригенные и вулканогенно-осадочные отложения верхней перми и в небольшом объеме триаса (трусская толща, обнажающаяся в бассейне среднего течения р. Арга-Юрх) смятые в сложные, преимущественно линейные складки северо-западного простирания и прорванные многочисленными дайками и штоками интрузивных пород (рис. 1). Залегание толщ нарушено многочисленными разломами, имеющими преимущественно северо-западное и широтное направление. Выше несогласно залегают неогеновые и четвертичные рыхлые континентальные образования. Верхнепермский комплекс стратиграфически непрерывен и расчленен на атканскую, омчакскую и старательскую свиты. В его средней части залегают характерные туфогенные породы – туфоалевролиты, туфопесчаники, алевритовые и псаммитовые лито-кристалло-кластические туффиты дацита и андезидацита атканской и омчакской свит [3–5].

Интрузивные породы занимают менее 3 % площади. В соответствии с легендой Нера-Бохапчинской серии листов среди них выделяются позднеюрский нера-бохапчинский габбро-гранит-диоритовый гипабиссальный комплекс малых интрузий, а также позднеюрский басугуньинский диорит-гранит-гранодиоритовый и поздне меловой биликанский монзонит-сиенитовый plutонические интрузивные комплексы [6–8]. Они сформировались в условиях мезозональной фации глубинности на глубине не более 5 км. В целом позднеюрские породы относятся к нормально-щелочному и низкощелочному рядам. Поздне меловые породы отличаются повышенной щелочностью.

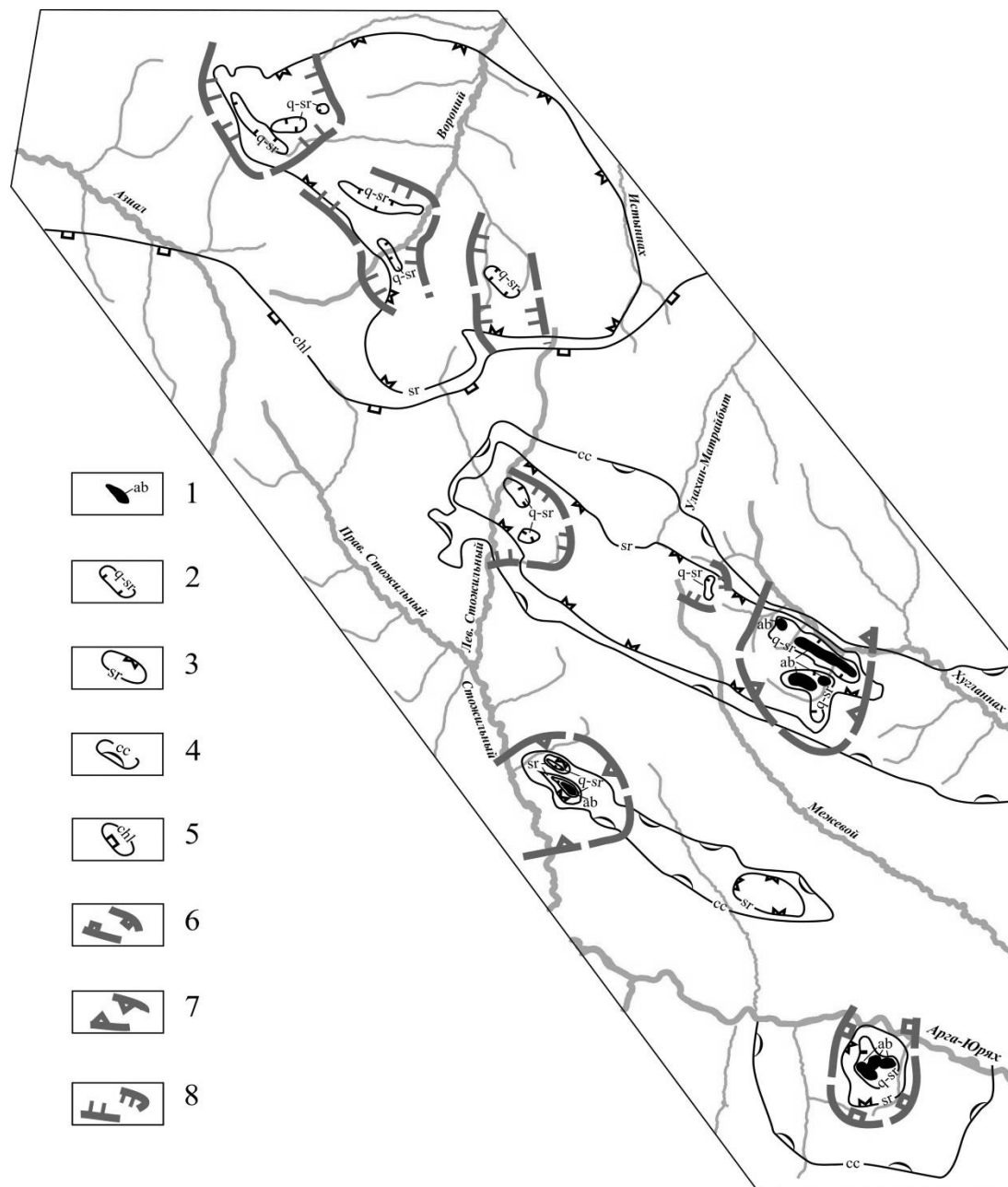
Для разбраковки Азияльской площади по перспективам золотоносности необходимо иметь четкое представление о природе, областях распространения и пространственно-временных соотношениях различных типов метаморфизма и метасоматоза отложений верхоянского комплекса и прорывающих его интрузивных образований. Необходимо также учитывать влияние на эти изменения зон тектонических нарушений. Такой подход позволит объяснить связь золотого оруденения с определенными типами метаморфизма и метасоматоза.

Результаты проведенных исследований изображены на схеме метаморфических и гидротермально-метасоматических изменений территории (рис. 2). На ней в качестве элементарных подразделений выделены зоны распространения ассоциаций минералов, возникших в результате метаморфических и гидротермально-метасоматических процессов. Анализ распространения эпигенетической минерализации производился последовательно в контурах исходных пород от наиболее молодых к древним. В результате выделены границы зон распространения эпипородных тел. В качестве дополнительных данных для прослеживания и ограничения этих зон использовались полевые макроскопические наблюдения, все ранее известные пункты обнаружения гидротермальной минерализации, а также разнообразные косвенные признаки, включая рельеф, растительность, аэрофотоснимки, геофизические и геохимические материалы. В ходе составления схемы устанавливалась сопряженность метасоматических зон, подразделяемых на периферические и центральные. Их сопряженность проверялась по связанности в пространстве и времени с определенным геологическим явлением; направленности щелочно-кислотной эволюции по пути возможного движения растворов; регрессивности в термодинамическом отношении стадийности минералообразования; наличию промежуточных и барьерных парагенезисов в области сочленения зон; взаимосвязи зон по геологическим, геофизическим, геохимическим и другим признакам.



Площади распространения стратиграфических подразделений: 1 – четвертичных отложений (Q); 2 – атканской свиты (P_{2at}); 3 – омчакской свиты (P_{2om}); 4 – старательской свиты (P_{3st}). Интрузивные образования: 5 – позднеюрские и позднемиоценовые штоки (С – Соготохский шток гранодиоритов и кварцевых диоритов позднеюрского басугуньинского интрузивного комплекса – I_{3b}; Б – шток Быстрый, представленный двумя разрозненными изометричными выходами граносиенит-порфириров и монцодиоритов позднемиоценового биликанского интрузивного комплекса – K_{2bl}; В – Верхне-Стожильненский шток гранодиоритов позднеюрского басугуньинского интрузивного комплекса – I_{3b}; Х – шток Хугланнах гранитов позднеюрского басугуньинского интрузивного комплекса – I_{3b}; А – Арга-Юряхский шток плагиогранитов и кварцевых диоритов позднеюрского нера-бохапчинского гипабиссального комплекса малых интрузий – I_{3nb}; М – шток Межевой кварцевых диоритов позднеюрского басугуньинского интрузивного комплекса – I_{3b}); 6 – дайки гранитов, гранодиоритов, плагиогранитов и их порфириров нера-бохапчинского, басугуньинского и биликанского комплексов (автометаморфизм: серицитизация, окварцевание); 7 – дайки кварцевых диоритов, диоритов и их порфириров, габбро-порфириров нера-бохапчинского, басугуньинского и биликанского комплексов (автометаморфизм: хлоритизация, сосюритизация, альбитизация, кальцитизация); 8 – тектонические нарушения; 9 – биотитово-кварцевые, биотитовые, альбит-актинолитовые роговики и узловатые сланцы, парагенезисы которых соответствуют мусковит-роговиковой фации контактового метаморфизма

Рис. 1. Схема геологического строения Азимальской перспективной площади
 / Fig. 1. Scheme of the geological structure of Azial promising areas



Метасоматоз: 1 – границы полей развития рудоносных интенсивно березитизированных кварц-полевошпатовых метасоматитов, березитов, анкеритово-кварцевого, алибитово-кварцевого и серицитово-кварцевого прожилкования (ab) – кварц + альбит + серицит + анкерит (кальцит) + пирит + арсенопирит); 2 – границы развития полей интенсивно березитизированных пород (q-sr) – кварц + серицит + анкерит (кальцит) + пирит; 3 – границы развития полей березитизированных пород (серицит + кварц + пирит); 4 – границы развития полей площадной приповерхностной пропилитизации и слабой березитизации пород (cc) – хлорит + кальцит + эпидот + серицит; 5 – границы полей слабой приповерхностной пропилитизации пород (chl) – хлорит + кальцит. Границы развития метасоматических минеральных ассоциаций, вскрытых современным эрозионным срезом: 6 – грейзен-березитовая минеральная ассоциация (кварц+серицит+железистые карбонаты + хлорит), возникшая в результате глубинной березитизации (4–3 км) при температуре 400–300 °С; 7 – минеральная ассоциация (кварц + альбит + серицит + анкерит/кальцит + пирит + арсенопирит), возникшая на глубине 3–2 км вследствие кварц-полевошпатового метасоматоза, произошедшего при температуре 350–250 °С и последующей интенсивной березитизации при температуре 250–150 °С; 8 – минеральная ассоциация (хлорит + кальцит + эпидот + кварц + серицит + пирит), возникшая в результате площадной пропилитизации, произошедшей при температуре 300–200 °С, и последующей березитизации при температуре 250–50 °С (глубина образования ассоциации – 2–0,5 км).

Во всех случаях берг-штриховка направлена внутрь полей распространения индекс-минералов и показывает нарастание интенсивности обозначаемого процесса.

Рис. 2. Схема гидротермально-метасоматических образований Азимальской перспективной площади
 / Fig. 2. Scheme of hydrothermal metasomatic formations of Azial promising areas

С учетом современных представлений [9] в результате проведенных исследований установлено, что на Азиальской перспективной площади выделяются следующие типы эпигенеза и метаморфизма: 1) метагенез, связанный с эпохой складкообразования, взбросо-сдвиговых дислокаций и рассланцевания в геодинамических условиях сжатия; 2) контакто-термальным метаморфизм, связанный во времени с формированием дайкового комплекса и сопровождаемый мощным метасоматозом; 3) контактовый метаморфизм, вызванный внедрением интрузий типа и штоков; 4) динамометаморфизм, обусловленный влиянием тектонических нарушений.

Метагенез на исследуемой территории проявлен повсеместно, представляя собой доинтрузивные эпигенетические преобразования толщи верхоянского комплекса, которые не испытали регионального метаморфизма зеленосланцевой фации [10–14].

Контактовый и контакто-термальным метаморфизм наложены на метагенез пород верхоянского комплекса. Контактовый метаморфизм, вызванный внедрением штокообразных интрузий, сопровождался образованием контактовых ореолов. В экзоконтактах залегают биотитово-кварцевые, биотитовые, альбитово-актинолитовые роговики и узловатые сланцы, парагенезисы которых соответствуют мусковит-роговиковой фации.

Контакто-термальным метаморфизм контролируется зонами разломов преимущественно северо-западного простирания, к которым приурочены свиты автометаморфизованных даек и штокообразные тела. В терригенных и вулканогенно-осадочных верхнепермских отложениях он выражен площадной пропилитизацией (зеленокаменными изменениями), произошедшей на глубине 2–1 км при температуре 300–200 °С. Неодинаковая степень термального воздействия внедрившихся интрузивных масс на толщу верхоянского комплекса на исследованной площади привела к возникновению зональности, отражающей интенсивность пропилитизации. В северо-западной части площади, во внешней зоне, где прогрев был наименьшим, распространены рассланцованные породы, не испытавшие площадной пропилитизации. В центральной и юго-восточной частях Азиальской площади, где толща верхоянского комплекса разогревалась сильнее, залегают умеренно рассланцованные породы, содержащие биотит метаморфического происхождения и агрегатные скопления лейкоксена. Вблизи тектонических нарушений и дайковых полей в ходе последующих зеленокаменных изменений биотит и другие темноцветные минералы почти полностью были замещены хлоритом, карбонатами, а также эпидотом и серицитом.

Во внутренних зонах распространения контакто-термального метаморфизма залегают обширные поля гидротермально-метасоматически измененных пород верхоянского комплекса, которые

здесь не сланцеватые, плотные, с трудом раскалывающиеся и образующие ребристую поверхность. Такой облик они приобретают вследствие слипания пластин сланцеватости под действием температуры и метасоматических процессов. В пределах внутренних зон расположены дайки и встречаются породы, содержащие сульфидную минерализацию. Так как для этих зон характерен масштабный метасоматоз, то в них часто распространены осветленные (окварцованные) петротипы, а также породы, содержащие тонкие и мелкие (от долей миллиметра до 1–2 см) прожилки хлорита, серицита, карбонатов, кварца, мелкие гнезда сульфидов и тонкоагрегатное золото. В контурах внутренних зон Азиальской площади находятся россыпи ручьев Стожильный и Хугланнах, так как водотоки размывают толщу, содержащую рассеянное коренное оруденение.

Гидротермально-метасоматические изменения протекали в три этапа.

Первый этап – это процесс кварц-полевошпатового метасоматоза, происходивший на контакте гранитоидной интрузии и вмещающей вулканогенно-осадочной толщи на глубине 3–2 км при температуре 350–250 °С. В результате калиевый полевой шпат гранитоидов подвергся альбитизации, и в нем появились пертиты замещения пятнистой формы, по которым в дальнейшем развился шахматный альбит. В это же время в результате деанортитизации кальцийсодержащих плагиоклазов возникли более кислые плагиоклазы, иногда с реакционными каемками альбита. Интенсивнее всего деанортитизации были подвержены плагиоклазы с высоким номером. Процесс альбитизации зональных плагиоклазов привел к образованию индивидов с обратной и рекуррентной зональностью. Иногда в одном зерне наблюдается несколько чередующихся зон разного состава. При альбитизации освобождался кремнезем, образующий кварц.

На втором этапе произошло растрескивание и дробление породы. Это способствовало более глубокому проникновению гидротермальных растворов и интенсивному выщелачиванию боковых пород, которое было компенсировано осаждением кварца. В породах появились жилы и прожилки, имеющие зональное строение и состоящие из нескольких разновидностей кварца. Во внутренней зоне таких прожилков наблюдается среднекристаллический кварц размером от 0,9 до 1,7 мм, реже до 2,5 мм, шестоватый и/или изометричный округлоугловатый, бурый из-за большого количества газовой-жидких включений (5–15 % поверхности зерен) и рудной пыли, с микротрещинами и часто обильным погасанием. Во внешней зоне находится микро- и мелкозернистый округлый или лапчатый (0,06–0,4 мм) кварц без включений. Граница прожилков часто подчеркивается скоплениями пылеватого пирита. В зальбандах кварцевых жил наблюдается более интенсивное замещение полевых шпатов.

Нередко отмечается образование новых минералов, представленных пластинчатыми и призматическими кристаллами мусковита, ориентированными вдоль прожилков, призматическими и таблитчатыми идиоморфными кристаллами шахматного альбита. В зонах дробления наблюдаются участки катаклазированных пород.

Третий этап – низкотемпературный околотрещинный кислотный метасоматоз (березитизация), произошедший в приповерхностных условиях (2–0,5 км) при температуре 250–150 °С. Преобладающими формами минералов являются псевдоморфозы замещения первичных минералов, прожилки и новообразования в пустотах. Замещение минералов проходило поэтапно. В первую очередь разрушению подвергались железо-магниево-силикатные, представленные в основном биотитом. По биотиту развивались псевдоморфозы серицита, мусковита, иногда пеннина, рутила и пирита, полностью замещая биотит на участках интенсивной трещиноватости. Затем по преимуществу кальцийсодержащим плагиоклазам образовывались агрегаты соссорита и пеннина, а по преимуществу натрийсодержащим – альбит-серицитовые агрегаты. В зональных плагиоклазах замещение вторичными минералами имело избирательный характер. Часто в таких плагиоклазах узкие каемки чистого альбита оставались неизменными. По трещинам спайности и по краям пертитов развивались микрозернистые агрегаты анкерита. В интенсивно березитизированных породах на месте псевдоморфоз образовывались скопления мельчайших кристалликов аксессуарных минералов. В результате разрушения полевых шпатов в виде кварца отлагался освобожденный кремнезем, замещая полевые шпаты и первичный кварц, заполняя микротрещины и пустоты в породе. Распространенными являются просечки микро- и мелкозернистого кварца, секущие гранитоиды и кварцевые прожилки раннего происхождения. Новообразованный кварц прозрачный, в нем отсутствуют или содержатся единичные газово-жидкие включения.

Наиболее ранняя сульфидизация гранитоидов проявилась в образовании тонкодисперсных и скрытокристаллических агрегатов пирита, замещающих биотит и полевые шпаты. Более поздние скопления новообразованных кристаллов арсенопирита приурочены к метасоматическим прожилкам микрозернистого кварца позднего происхождения. Окончательный этап изменения гранитоидов связан с незначительной кальцитизацией. Линзочки микрозернистого кальцита реже скопления крупных кристаллов отмечены как на месте разложения полевых шпатов и биотита, так в интерстициях породы, и в пустотах кварцевых прожилков.

Динамометаморфизм оказал влияние на характер метаморфических и особенно гидротермально-мета-

соматических преобразований в пределах Азиальской площади. Его проявления приурочены к разрывным нарушениям, сформировавшимся в коллизионной обстановке. Эти нарушения ограничивают и разделяют территорию на отдельные структурные единицы. Самым крупным и самым древним разрывным нарушением, пересекающим Азиальскую площадь, является Хинике-Кулинская зона разломов северо-западного простирания. Она фиксируется Арга-Юряхским полем даек, к ней приурочены выходы Арга-Юряхского штока. В зонах приразрывного кливажа алевритопелитовые и пелитово-алевритовые породы имеют грубое рассланцевание (расстояние между трещинами сланцеватости составляет несколько миллиметров и больше) и раскальваются по неровным поверхностям. Вблизи зон разломов и приуроченных к ним дайковых полей наблюдается околотрещинное ороговикование пород верхоянского комплекса, в которых развиты процессы рудоносного кислотного метасоматоза (березитизации). В зональных метасоматических структурах, приуроченных к тектоническим нарушениям, могут находиться золоторудные тела. Конфигурация ореолов перспективно рудоносных березитизированных пород определяется в основном распределением в пространстве и строением разрывных нарушений и систем трещиноватости. Это, прежде всего, жиллообразные тела вдоль одиночных трещин мощностью от десятков сантиметров до первых метров, прослеживающиеся на десятки, иногда сотни метров. В сложно построенных тектонических зонах дробления и рассланцевания развиваются тела более затейливой конфигурации с многочисленными реликтами исходных пород. Общая их мощность достигает 10 и более метров. Вдоль систем сближенных субпараллельных трещин березитизация наиболее интенсивная. Особого внимания заслуживают березитизированные, ороговикованные, а также катаклазированные породы в зонах тектонических нарушений. Безусловно, рудоконтролирующей является тектоническая зона северо-западного простирания. По времени заложения она является складчатой. Внедрение интрузивных тел происходило практически одновременно со складкообразованием. Возможно, этим объясняется сложная форма контактов и кровли штоков. В этой зоне наблюдается ороговикование пород верхоянского комплекса, а березитизация приобретает площадной характер.

В результате совокупности произошедших на Азиальской площади процессов, приведших к стадийному изменению температуры и кислотности гидротермальных растворов, в магматических, терригенных и вулканогенно-осадочных породах возникли и существуют одинаковые минеральные ассоциации. Эти ассоциации формируют вертикальную метасоматическую колонку и образуют 6 зон, отображающих различную степень метаморфических и

гидротермально-метасоматических изменений петротипов, слагающих территорию (рис. 2). Это зоны: 1) отсутствия гидротермально-метасоматических изменений; 2) слабой площадной пропилитизации отложений верхоянского комплекса (индекс-минералы: хлорит + кальцит); 3) пропилитизированных и слабоберезитизированных пород (хлорит + кальцит + эпидот + серицит); 4) березитизированных пород (серицит + кварц + пирит); 5) интенсивно березитизированных пород (кварц + серицит + анкерит/кальцит + пирит); 6) рудных зон, в пределах которых распространены интенсивно березитизированные кварц-полевошпатовые метасоматиты, березиты, анкеритово-кварцевое, альбитово-кварцевое и серицитово-кварцевое прожилкование (кварц + альбит + серицит + анкерит/кальцит + пирит + арсенопирит).

Наиболее перспективными являются зоны сочленения и наложения метасоматоза и контактовых ореолов (эндо- и экзоконтактов) гранитоидных штоков, где проявляются кварц-полевошпатовый метасоматоз и березитизация. Здесь происходят локализация и перераспределение золотого оруденения.

Метасоматоз, сопровождающийся золотым оруденением, проявлен не на всей Азиальской площади. Это объясняется наличием различных уровней современного эрозионного среза территории, выводящего на поверхность различные горизонты единой метасоматической колонки (см. рис. 2).

Наиболее благоприятный (рудноносный) эрозионный срез соответствует залеганию отложений омчакской свиты. Он вскрывает уровень минеральной ассоциации, возникшей в результате кварц-полевошпатового метасоматоза и наложенной на него березитизации (индекс-минералы: кварц + серицит + альбит + анкерит + пирит + арсенопирит).

В западной части Азиальской площади, где обнажается толща старательской свиты, существует высокие (надрудный) уровень эрозионного среза. Здесь наблюдается только наиболее низкотемпературная, безрудная часть метасоматической колонки, соответствующая верхнему горизонту развития приповерхностной березитизации, в пределы которого рудное вещество не поступало в связи с понижением кислотности гидротермальных растворов.

Эрозионный срез территории, выводящий на поверхность толщу атканской свиты, является более глубоким (подрудным). На этом уровне большинство продуктов гидротермально-метасоматической деятельности уничтожено. Об уровне эрозионного среза Арга-Юряхского штока можно судить по характеру метасоматоза слагающих его плагиогранитов. Во-первых, метасоматоз здесь соответствует грейзен-березитовой минеральной ассоциации (кварц + мусковит + серицит + железистые карбонаты + хлорит), возникшей на глубине 4–3 км при температуре 400–300 °С [9]. Во-вторых, метасоматически измененные породы находятся в границах

штока. Ничего подобного на остальной территории Азиальской площади нет. Там метасоматоз, представленный березитизацией, приурочен к контактовым ореолам штоков и зонам тектонических нарушений. Это значит, что уровень эрозионного среза Арга-Юряхского штока более глубокий, чем рудоносный, вскрывающий толщу омчакской свиты. Вся низкотемпературная часть метасоматической колонки над Арга-Юряхским штоком размыта. Уровень эрозионного среза штока Межевой еще более глубокий. В его границах на дневную поверхность выходят неизмененные интрузивные породы.

Таким образом, установлено, что в пределах Азиальской площади наблюдаются определенные пространственно-временные соотношения различных типов метаморфизма, приведших к формированию единой метасоматической колонки. Метасоматоз, сопровождающийся золотым оруденением, проявлен не на всей площади. Существование неодинаковых уровней современного эрозионного среза исследуемой территории привело к тому, что на дневную поверхность выходят горизонты, отвечающие стадиям метасоматоза, происходящим при различной температуре и кислотно-щелочном режиме. Золотоносный эрозионный срез, соответствующий залеганию комплекса отложений омчакской свиты, проявлен на междуречье Хугланнах – Межевой и в бассейне ручья Стожильного. Он соответствует уровню распределения среднетемпературных метасоматических минеральных ассоциаций, возникающих на кислотной стадии и на стадии понижающейся кислотности гидротермальных растворов. Наиболее благоприятная минеральная ассоциация – кварц + серицит + анкерит + пирит + арсенопирит. На примере Азиальской перспективной площади показана эффективность использования карт метаморфических и гидротермально-метасоматических образований для оценки перспектив рудоносности территории.

Литература

1. Плющев Е.В., Ушаков О.П., Шатов В.В., Беляев Г.М. Методика изучения гидротермально-метасоматических образований. Л. : Недра, 1981. 262 с.
2. Плющев Е.В., Шатов В.В. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. Л. : Недра, 1985. 247 с.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России : в 2 кн. / ред. А.И. Ханчук. Владивосток : Дальнаука, 2006.
4. Геология СССР. Т. XXX. Северо-восток СССР. Геологическое описание. Кн. 2. М. : Недра, 1970. 536 с.
5. Чехов А.Д. Тектоническая эволюция северо-востока Азии. М. : Научный мир, 2000. 204 с.
6. Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Котляр И.Н. Геохронология и геохронометрия эндогенных событий в мезозойской истории северо-востока Азии. М. : Наука, 2007. 358 с.

7. Котляр И.Н., Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Ганиева А.М. Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов северо-востока России. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. 319 с.

8. Маннафов Н.Г. Легенда Неро-Бохапчинской серии государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). Т. IV. Магадан : Магаданский ТФГИ, 1999.

9. Плющев Е.В., Шатов В.В., Кашин С.В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. 560 с.

10. Астахова А.А., Хардииков А.Э. Литогенез пермских толщ Аян-Юряхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области // Изв вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2016. № 1. С. 84–89.

11. Астахова А.А., Хардииков А.Э., Холодная И.А. О роли вулканогенного материала в образовании атканской свиты Аян-Юряхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области // Изв вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2016. № 2. С. 78–85.

12. Хардииков А.Э., Парада С.Г., Холодная И.А. Литолого-фациальные условия золотоносности верхнепермских отложений Аян-Юряхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области // Руды и металлы. 2009. № 3. С. 22–28.

13. Хардииков А.Э., Холодная И.А. Литолого-фациальные особенности и условия образования верхнепермских отложений Аян-Юряхского антиклинория Верхояно-Колымской складчатой области // Стратиграфия и седиментология нефтегазоносных провинций. 2010. № 1. С. 65–74.

14. Khardikov A.E., Kholodnaya I.A. Lithological conditions of gold content in the upper permian deposits of the Ayan-Yuryakh anticlinorium within the Yano-Kolyma folded region // Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins. 2010. № 1. P. 86–94.

References

1. Plyushchev E.V., Ushakov O.P., Shatov V.V., Belyaev G.M. *Metodika izucheniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy* [The method of studying the hydrothermal-metasomatic formations]. Leningrad: Nedra, 1981, 262 p.

2. Plyushchev E.V., Shatov V.V. *Geokhimiya i rudonosnost' gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy* [Geochemistry and ore-bearing hydrothermal metasomatic formations]. Leningrad: Nedra, 1985, 247 p.

3. *Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii* [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia]. In 2 books. Ed. A.I. Khanchuk. Vladivostok: Dal'nauka, 2006.

4. *Geologiya SSSR* [Geology of the USSR]. T. XXX. *Severo-vostok SSSR. Geologicheskoe opisaniye* [North-east of the USSR. Geological description]. Book 2. Moscow: Nedra, 1970, 536 p.

5. Chekhov A.D. *Tektonicheskaya evolyutsiya severo-vostoka Azii* [Tectonic evolution of the north-east of Asia]. Moscow: Nauchnyi mir, 2000, 204 p.

6. Zhulanova I.L., Rusakova T.B., Kotlyar I.N. *Geokhronologiya i geokhronometriya endogennykh sobytii v mezozoiskoi istorii severo-vostoka Azii* [Geochronology and geochronometry of endogenous events in the Mesozoic history of north-east Asia]. Moscow: Nauka, 2007, 358 p.

7. Kotlyar I.N., Zhulanova I.L., Rusakova T.B., Gageeva A.M. *Izotopnye sistemy magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov severo-vostoka Rossii* [Isotope systems of igneous and metamorphic complexes of the north-east of Russia]. Magadan: SVKNII DVO RAN, 2001, 319 p.

8. Mannafov N.G. *Legenda Nero-Bokhapchinskoi serii gosudarstvennoi geologicheskoi karty Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:200 000* [Legend of the Nero-Bohachinsk series of the state geological map of the Russian Federation at a scale of 1: 200 000]. 2nd. Magadan: Magadanskii TFGI, 1999, vol. IV.

9. Plyushchev E.V., Shatov V.V., Kashin S.V. *Metallogeniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy* [Metallogeny of hydrothermal-metasomatic formations]. Saint Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2012, 560 p.

10. Astakhova A.A., Khardikov A.E. Litogenez permских толщ Аян-Юряхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области [Lithogenesis of Permian strata of Ayan-Yuryakh anticlinorium of the Yano-Kolyma folded region]. *Izv vuzov. Sev.-Kavk. region. Estestv. nauki*. 2016, No. 1, pp. 84–89.

11. Astakhova A.A., Khardikov A.E., Kholodnaya I.A. О роли вулканогенного материала в образовании атканской свиты Аян-Юряхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области [On the role of volcanogenic material in the formation of the Atkan suite of the Ayan-Yuryakh anticlinorium of the Yano-Kolyma folded region]. *Izv vuzov. Sev.-Kavk. region. Estestv. nauki*. 2016, No. 2, pp. 78–85.

12. Khardikov A.E., Parada S.G., Kholodnaya I.A. Литолого-фациальные условия золотоносности верхнепермских отложений Аян-Юряхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области [Lithological and facies conditions of gold content of the Upper Permian deposits of the Ayan-Yuryakh anticlinorium of the Yano-Kolyma folded region]. *Rudy i metally*. 2009, No. 3, pp. 22–28.

13. Khardikov A.E., Kholodnaya I.A. Литолого-фациальные особенности и условия образования верхнепермских отложений Аян-Юряхского антиклинория Верхояно-Колымской складчатой области [Lithological and facial features and conditions for the formation of the Upper Permian deposits of the Ayan-Yuryakh anticlinorium of the Verkhoyansk-Kolyma folded region]. *Stratigrafiya i sedimentologiya neftegazonosnykh provintsiy*. 2010, No. 1, pp. 65–74.

14. Khardikov A.E., Kholodnaya I.A. Lithological conditions of gold content in the upper permian deposits of the Ayan-Yuryakh anticlinorium within the Yano-Kolyma folded region. *Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins*. 2010, No. 1, pp. 86–94.