

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ И МИНЕРАГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВЫ ПОРОД И РУД УРЬИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (БЕРЕЛЕХСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН, СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)

Т.И. Михалицына¹, М.И. Фомина²*

¹ Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило, г. Магадан, Российская Федерация

² Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, г. Москва, Российская Федерация

* tim_66@mail.ru

Аннотация

В статье приводятся результаты исследований минерального состава руд и вмещающих пород трех проявлений золоторудной минерализации в Урьинском рудном поле, входящим в Чай-Юрьинский рудно-россыпной узел Берелехского минерагенического района Яно-Колымского металлогенического пояса. Минералого-петрографические исследования проведены по традиционной методике с акцентом на степень метасоматических изменений и деформаций слагающих породы минералов. Установлено, что золоторудная минерализация парагенетически связана с гидротермально-измененными дайками нера-бохапчинского комплекса (J_{nb}), по составу отвечающим кварцевым диорит-порфиридам и диорит-порфиридам. Метасоматические изменения представлены двумя типами преобразований – пропилитизацией (хлорит, серицит, эпидот, альбит) и широко развитой березитизацией (кварц, серицит, хорит, карбонат, пирит). На метасоматически преобразованные породы наложены прожилки кварцевого, хлорит-карбонат-кварцевого, карбонат-кварцевого, альбит-карбонат-кварцевого состава с рудной минерализацией. Выявлены три этапа рудообразования – метасоматический, гидротермальный и гипергенный. В метасоматический этап в породе отлагается лейкоксен и ксеноморфный пирит I, (реже) пирротин, халькопирит и сфалерит (с микропримесью Cd). Гидротермальный этап подразделяется на четыре стадии (плутоногенная – I, II) и вулканоплутоногенная (III, IV); три являются продуктивными. С первой стадией связано развитие прожилков друзовидного кварца I, к трещинам которого приурочены глинистые минералы и лимонит; во вторую стадию отлагается висмутсодержащий галенит и высокопробное золото (929 ‰); третья – характеризуется образованием кварц (II)-полевошпатовых прожилков с гнездами карбоната и включением короткопризматического арсенопирита и пирита II. По трещинам катаклаза и в кавернах этих минералов обнаружены полисульфидные минералы и самородное золото (692 ‰). В четвертую стадию происходит формирование прожилков халцедоновидного кварца, содержащего редкую вкрапленность самородного золота, и отложение в породе фрамбоидального пирита, марказита и длиннопризматического арсенопирита. Описанные проявления Урьинского рудного поля по минеральному составу и вмещающей среде могут быть отнесены к золото-кварцевой рудной формации дайкового типа.

Ключевые слова: Урьинское рудное поле, Верхний и Нижний Власыч, месторождение Шахтное, рудовмещающие породы, дайковый тип, петрографический состав, березитизация, руда, рудная минерализация, золото-кварцевая формация, минеральные парагенезисы.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы НИР Рудообразующие процессы и системы в истории формирования главных тектонических структур арктической и тихоокеанской континентальных окраин Северо-Востока Азии (№ гос.рег. 121031700301-5) и при финансовой поддержке Хоз.договора между ООО «Золотодобывающая корпорация» и Северо-Восточным комплексным научно-исследовательским институтом им. Н.А. Шило.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность руководству ООО «Золотодобывающая Корпорация» в возможности проведения полевых работ на исследуемой площади. Также авторы благодарят к.г.-м.н. Соцкую О.Т., директора ЦКП СВКНИИ за выполнение микроминералогических работ. Особую признательность авторы выражают рецензенту, д.г.-м.н. Н.Е. Савве за объективные и конструк-

тивные замечания, исправления которых значительно улучшили работу. Отдельно хочется отметить работу ответственного редактора Шепелевой Я.П. поддерживающей оперативную связь с авторами во время работы над публикацией и консультирующей по всем возникающим вопросам.

Для цитирования: Михалицына Т.И., Фомина М.И. Петрографический и минералогический составы пород и руд Урьинского рудного поля (Берелехский рудный район, Северо-Восток России). *Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле»*. 2025;(1):23-42. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-23-42

Original article

PETROGRAPHIC AND MINERALOGRAPHIC COMPOSITIONS OF ROCKS AND ORES OF URYINSKY ORE FIELD (BERELEKHSKY ORE DISTRICT, NORTHEAST OF RUSSIA)

Tatiana I. Mikhailitsyna T.^{1}, Marina I. Fomina²*

¹ N. A. Shilo North-East Interdisciplinary Research Institute, Magadan, Russian Federation

² Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals,
Moscow, Russian Federation

* tim_66@mail.ru s

Abstract

The article presents the results of studying the mineral composition of ores and host rocks of three manifestations of gold ore mineralization in the Uryinsky ore field, which is part of the Chay-Yurinsky ore-placer unit of the Berelakh mineralogical region of the Yano-Kolyma metallogenic belt. Mineral and petrographic studies were carried out according to the traditional method with an emphasis on the degree of metasomatic changes and deformations of the constituent minerals. It was established that gold ore mineralization is paragenetically related to hydrothermal-altered dikes of the Nera-Bohapchinsky complex (J3nb), which in composition correspond to quartz diorite-porphyrates and diorite-porphyrates. Metasomatic changes are represented by two types of transformations: propylitization (chlorite, sericite, epidote, albite) and widely developed beresitization (quartz, sericite, chlorite, carbonate, pyrite). Veins of quartz, chlorite-carbonate-quartz, carbonate-quartz, albite-carbonate-quartz composition with ore mineralization are superimposed on metasomatically transformed rocks. Three stages of ore formation were identified – metasomatic, hydrothermal and hypogenic. During the metasomatic stage, leucocene and xenomorphic pyrite I, (less commonly) pyrrhotite, chalcopyrite and sphalerite (with a micro-mixture of Cd) are deposited in the rock. The hydrothermal stage is divided into four stages (plutonogenic – I, II) and volcanic-plutonogenic (III, IV); three are productive. The first stage is associated with the development of veins of drusoid quartz I, to the cracks of which clay minerals and limonite are confined; in the second stage, bismuth-containing galena and high-grade gold (929 ‰) are deposited; the third stage is characterized by the formation of quartz (II) feldspar veins with carbonate nests and the inclusion of short-prismatic arsenopyrite and pyrite II. Polysulfide minerals and native gold (692 ‰) were found along the cracks of the cataclase and in the caverns of these minerals. In the fourth stage, veins of chalcedony-like quartz are formed, containing rare inclusions of native gold, and framboidal pyrite, marcasite and long-prismatic arsenopyrite are deposited in the rock. The described manifestations of the Uryinsky ore field in terms of mineral composition and host medium can be attributed to the gold-quartz ore formation of the dyke type.

Key words: Uryinsky ore field, Upper and Lower Vlasych, Shakhtnoye deposit, ore-bearing rocks, dyke type, petrographic composition, beresitization, ore, ore mineralization, gold-quartz formation, mineral paragenesis.

Funding. The work was carried out within the framework of the research topic Ore-forming processes and systems in the history of the formation of the main tectonic structures of the Arctic and Pacific continental margins of Northeast Asia (state registration No. 121031700301-5) and with the financial support of the Contract between Gold Mining Corporation LLC and the North-East Comprehensive Research Institute named after N.A. Shilo.

Acknowledgments. The authors express their sincere gratitude to the management of Gold Mining Corporation LLC for the possibility of conducting field work on the study area. The authors also thank Ph.D. Sotskaya O.T., director of the Central Committee of the SVKNII for performing micromineralogical work. The authors express special gratitude to the reviewer, Doctor of Medical Sciences N.E. Savve for objective and

constructive comments, the corrections of which significantly improved the work. Separately, I would like to note the work of the responsible editor Shepeleva Y.P. maintaining prompt communication with the authors while working on the publication and advising on all emerging issues.

For citation: Mikhailitsyna T.I., Fomina M.I. Petrographic and mineralogical composition of rocks and ores of the Urinsky ore field (Berelekh ore district, Northeast Russia). *Vestnik of North-Eastern Federal University. "Earth Sciences"*. 2025;(1):23-42. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-23-42

Введение

Рассматриваемая территория, начиная, с конца 30-х годов прошлого века и по настоящее время привлекает особое внимание, в связи с уникальностью, открытой в 1936 году Чай-Юрьинской россыпи золота и высокой вероятностью нахождения соответствующих ей по масштабам коренных источников. В последнее десятилетие в результате поисковых и разведочных работ ООО «БарГолд» и ООО «Золотодобывающая Корпорация» в центральной части Чай-Юрьинского рудно-россыпного узла было выявлено золоторудное месторождение Шахтное и ряд рудопоявлений, объединенных в Урьинское рудное поле (далее РП).

Целью исследований является изучение петрографического состава рудовмещающих пород и минерального состава руд с акцентом на выявление их метасоматических преобразований и последовательности формирования золоторудной минерализации.

Материалы и методы

Для аналитических исследований использовался авторский материал двух полевых сезонов, отобранный из поверхностных и подземных горных выработок. Петрографические исследования проводились по классической методике. Процентное соотношение минералов в шлифах установлено полуколичественным методом с помощью визуальной оценки площади минеральных зерен в 10-20 полях зрения (в зависимости от зернистости породы) и последующего подсчета средних значений [1]. Минералого-петрографические исследования (более 200 препаратов) осуществлялись под микроскопом Axioplan Imagin ZEISS с использованием объективов и окуляров различного увеличения (от 25 до 1000). В аншлифах все минералы определялись на основании оптических свойств минералов в отраженном свете. На фотографиях при микросъемке использовались объективы '2,5 – поле зрения 10 мм, объектив '10 – 2,2 мм, объектив '20 – 1,1 мм, объектив '50 – поле зрения соответствует 0,84 мм и объектив '100 – 0,44 мм. Изучение химического состава рудных минералов выполнено с использованием микроанализатора Camebax с ЭДС-детектором X-Max-50 Oxford Instruments и программным обеспечением AZtec, режим Point ID; предел обнаружения элементов составляет 0,3 мас. %, диаметр электронного луча 3–4 мкм. (Северо-Восточный ЦКП, СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан, аналитик – О. Т. Соцкая).

Результаты и обсуждение

Объект исследований расположен в пределах Чай-Юрьинской рудно-россыпной площади, локализованной в зоне сочленения двух региональных структур Яно-Колымского орогенного пояса – Аян-Юряхского антиклинория (юго-запад) и Иньяли-Дебинского синклинория (северо-восток) (рис. 1). Для данных структур характерны линейная складчатость и преобладание разрывных нарушений северо-западного простирания, являющихся основными тектономагматическими структурами, вмещающими многочисленные дайки, многие из которых золоторудные. Границей служит Чай-Юрьинский глубинный разлом, который в современном рельефе прослеживается вдоль долины реки Чай-Урья. Разлом сопровождается интенсивной зоной деформации шириной 4–6 км, имеющей северо-западное простирание с общим падением на юго-запад и левосторонним взбросово-сдвиговым типом смещения.

По металлогеническому районированию Урьинское рудное поле входит в состав Чай-Юрьинского рудно-россыпного узла и относится к Берелехскому минерагеническому району Яно-Колымского металлогенического пояса [3].

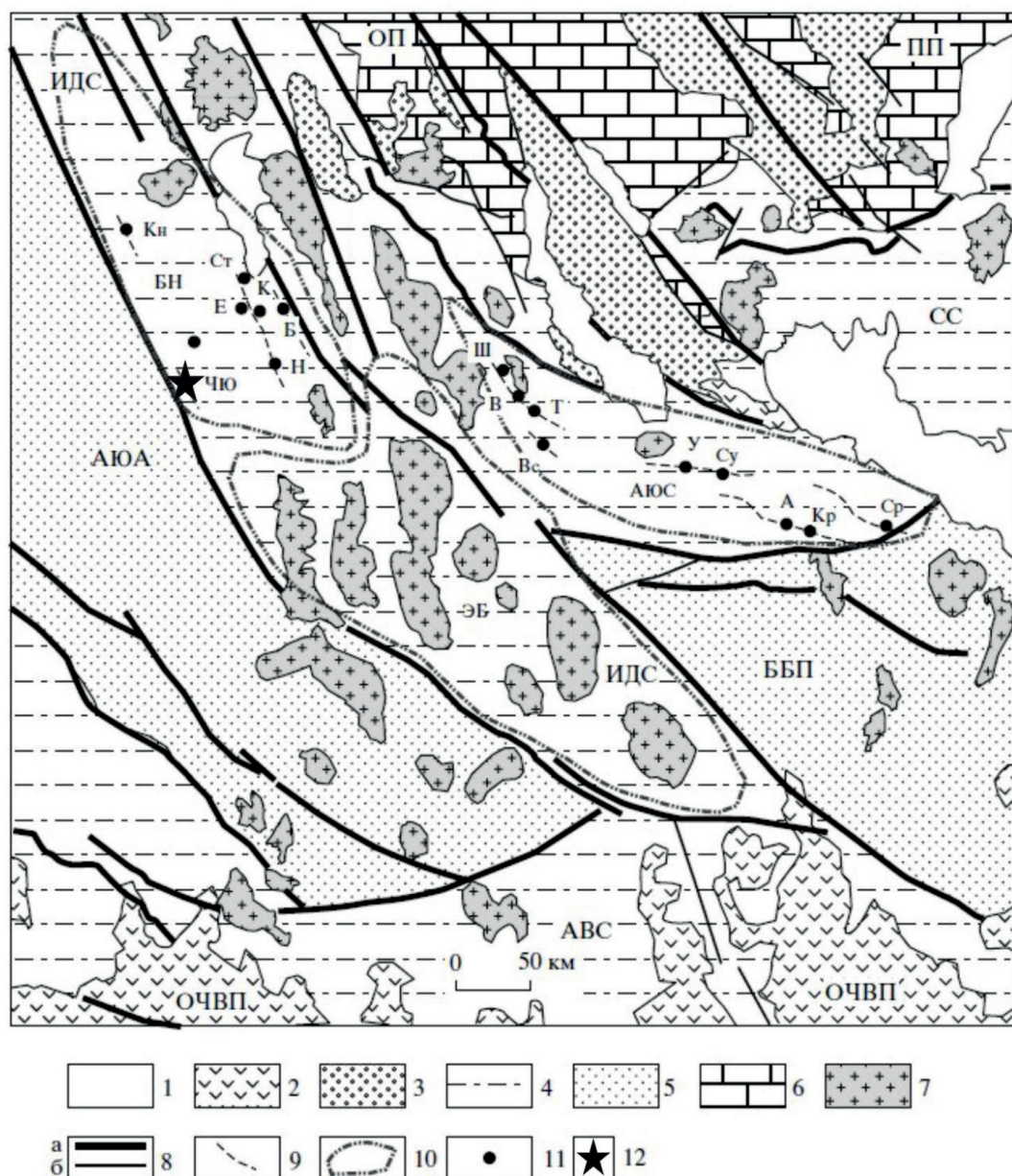


Рис. 1. Тектоническая позиция свит золотоносных даек [2].

Условные обозначения: 1 – молассы неотектонических впадин; 2 – ниже-верхнемеловые вулканогенные отложения ОЧВП; 3 – верхнеюрские терригенно-вулканогенные молассы краевых прогибов и рифтов; 4 – тонко-терригенные формации синклиний Яно-Колымской системы: ИДС – Ингьяли-Дебинский, СС – Сугойский; АВС – Армано-Вилигинский; 5 – тонко-терригенные формации антиклинорий и поднятий Яно-Колымской системы: АЮА – Аян-Юрхский, ББП – Буондино-Балыгчанское, 6 – рифейско-среднепалеозойский структурный этаж: терригенно-карбонатные и кремнистые шельфовые формации окраинных поднятий и срединных массивов: ПП – Приколымское, ОП – Омулёвское; 7 – мезозойские гранитоидные массивы; 8 – тектонические нарушения: крупнейшие (а), прочие (б); 9 – свиты золотоносных даек; 10 – металлогенические зоны: АЮС – Ат-Юрх-Среднеканская, БН – Берелёх-Нексиканская, ЭБ – Элэгыня-Бохапчинская; 11 – основные месторождения золота в дайках: А – Арик; Б – Богатырь, В – Восточное, Вс – Веселое, Е – Евгар, К – Корта, Кн – Контрадинское, Кр – Крохалиное, Н – Новое, Ср – Среднеканское, Ст – Стахановское, Су – Сурьяная, Т – Транспортная, У – Утинское, ЧЮ – Чай-Юринское, Ш – Штурмовское; 12 – Чай-Юрьинский РРУ

Fig. 1. Tectonic position of gold-bearing dyke suites [2].

Legend: 1 – molasses of neotectonic depressions; 2 – Lower-Upper Cretaceous igneous sediments; 3 – Upper Jurassic terrigenous-volcanic molasses of marginal deflections and rifts; 4 – thin-terrigenous formations of synclinoriums of the Yano-Kolyma system: IDS – Inyali-Debinsky, SS – Sugoyksky; ABC – Armano-Viliginsky; 5 – finely graded formations of anticlinoriums and uplifts of the Yana-Kolyma system: AYAA – Ayan-Yuryakhsky, BBP – Buyundino-Balygychanskoye, 6 – Riphean-Middle Paleozoic structural floor: terrigenous-carbonate and siliceous shelf formations of marginal uplifts and middle massifs: PP – Prikolymskoye, OP – Omulevskoye; 7 – Mesozoic granitoid massifs; 8 – tectonic faults: major (a), other (b); 9 – suites of gold-bearing dykes; 10 – metallogenic zones: AYS – At-Yuryakh-Srednekanskaya, BN – Berelyokh-Nexikanskaya, EB – Elegynya-Bohapchinskaya; 11 – the main gold deposits in the dikes: A – Arik; B – Bogatyr, V – Vostochnoye, Vs – Veseloe, E – Evgar, K – Korota, Kn – Kontradinskoye, Kr – Krokhalinoye, N – Novoye, Sr – Srednekanskoye, St – Stakhanovskoye, Su – Surmyanaya, T – Transportnaya, U – Utnaya, CHU – Chai-Urinskoye, Sh – Sturmovskoye; 12 – Chai-Urinsky RRU

Урьинское рудное поле включает в себя рудопроявления *Нижний и Верхний Власыч*, *Приисковый* (в данной работе не рассматривается) и *месторождение Шахтное*. Территория сложена морскими терригенными, вулканогенно-терригенными породами от триаса до средней юры. Литологически породы сходны друг с другом, отличаясь типом переслаивания песчаников, алевролитов и сланцев, мощностями отдельных прослоев, текстурой. Для юрских отложений характерными особенностями являются повышенная кремнистость, карбонатность и наличие туфогенной примеси. Осадочные отложения прорваны штокообразными интрузивными телами и многочисленными дайками, образующими ареалы разнообразной формы и направления. Основной тип золоторудной минерализации Урьинского рудного поля в целом парагенетически связан с дайками нера-бохапчинского комплекса.

На площади Урьинского рудного поля вмещающие породы преобразованы широко развитыми метаморфическими и метасоматическими процессами. Породы регионально-метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации и подразделяются на хлорит-серицитовую и стильпномелановую субфации и более высокотемпературную эпидот-амфиболитовую фацию. Все последующие метаморфические изменения наложены на зеленосланцевую фацию.

Регионально-плутонические преобразования пород, контролируются зонами Чай-Юрьинского разлома и сопровождаются кальциево-железисто-магнезиальным метасоматозом, где минералами-индикаторами являются ильменит, кордиерит или андалузит. Контактный метаморфизм, обусловленный внедрением интрузивных массивов, выделяется полями ороговикованных пород, которые фиксируют нескрытые интрузии. Динамометаморфические преобразования, интенсивно проявленные в зонах стрессового воздействия, имеют площадное развитие. В породах частично утрачивается первичная осадочная структура, отмечается перераспределение углеродистого вещества, миграция его в плоскости сланцеватости и переотложение совместно с гидрослюдами, серицитом, биотитом (стильпномеланом).

Главными жильно-метасоматическими минералами *на всех участках* являются кварц, полевой шпат (альбит), карбонаты ($\pm$ анкерит) формирующие прожилки и жилы (рис. 2). Пустоты и трещины в жилах заполняются карбонатом, а в их зальбандах развиваются глинистые минералы (рис. 2 д, е). Необходимо также отметить, что на всех участках в разной степени проявлен актинолит (рис. 2, ж, з).

В рудах обнаружено три разновидности кварца: *кварц I* – мелкокристаллический, друзовидный, прозрачный до полупрозрачного, серо-белого цвета, трещиноватый, слабо лимонитизированный. Отлагается в призальбандовых частях прожилков, либо формирует редкие самостоятельные прожилки мощностью до 1,8 мм (рис. 2, а); *кварц II* – крупно- до скрытокристаллического, полупрозрачный, бело-серый, трещиноватый, по трещинам лимонитизированный. Заполняет пространство между кристаллами кварца I. Выделяются две фазы его внедрения: с первой связано формирование кварцевых жил, содержащих крупное высокопробное золото,

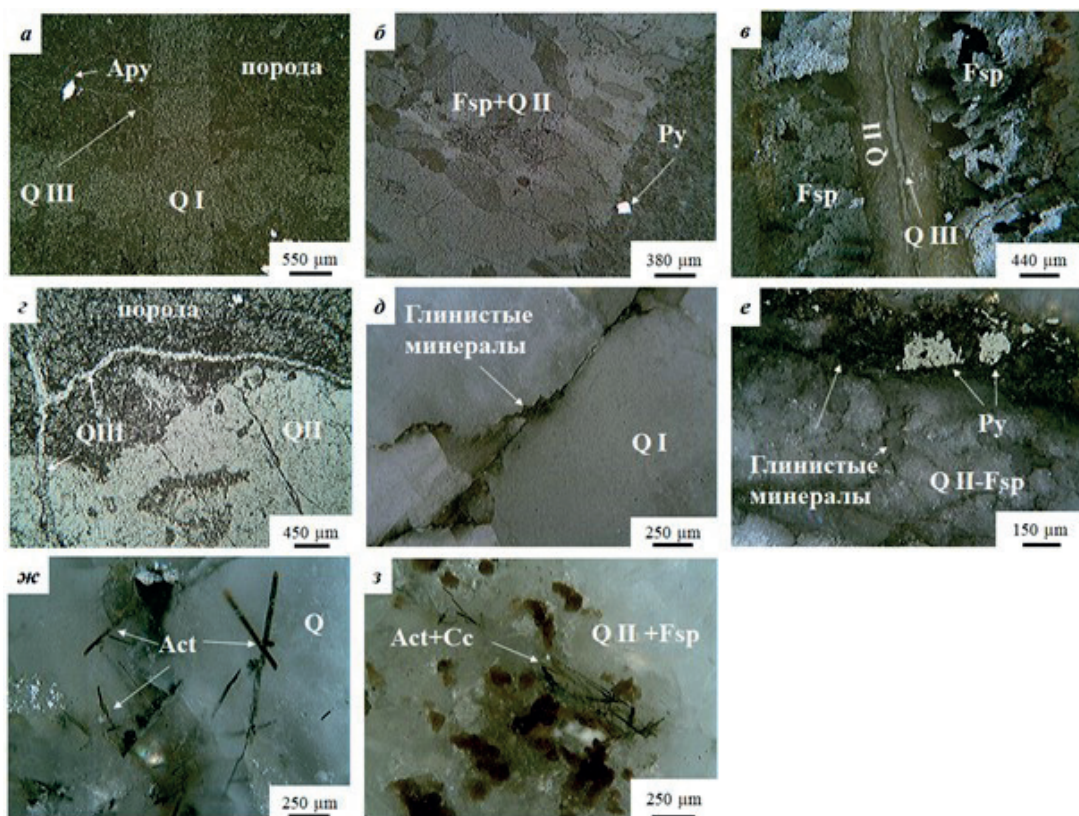


Рис. 2. Жильно-метасоматические минералы Урьинского рудного поля:

а) пересечение породы (с включением арсенопирита) кварцем I и микропрожилками кварца III; б) кварц (II)-полевошпатовый прожилок в породе, в зальбанде включение пирита; в) кварц III пересекает кварц II в обрамлении которого развиваются полевые шпаты; г) кварц III пересекает породу и кварц II; д) отложение глинистых минералов между кристаллами кварца I; е) развитие глинистых минералов на контакте с породой. В зальбанде отлагается пирит; ж) включение актинолита в кварце; з) включения актинолита и карбоната в кварц (II)-полевошпатовом прожилке. *Примечание:* Q – кварц, Fsp – полевошпат, Cc – карбонат, Act – актинолит, Py – пирит, Apy – арсенопирит

Fig. 2. Vein-metasomatic minerals of the Urinsky ore field:

а) rock intersection (with the inclusion of arsenopyrite) with quartz I and microregions of quartz III; б) quartz (II)-feldspar veins in the rock, pyrite inclusion in the zalbando; в) quartz III crosses quartz II, framed by feldspars; г) quartz III crosses rock and quartz II; д) deposition of clay minerals between quartz crystals I; е) development of clay minerals in contact with the rock. Pyrite is deposited in the zalbando; г) inclusion of actinolite in quartz; з) inclusion of actinolite and carbonate in quartz (II)-feldspar vein. Note: Q – quartz, Fsp – feldspar, Cc – carbonate, Act – actinolite, Py – pyrite, Apy – arsenopyrite

срастающееся с висмутсодержащим галенитом; вторая входит в состав полевошпат-карбонат-кварцевых прожилков, в которых установлена золото-полисульфидная минерализация. Кварц II образует не выдержанные по мощности (от 0,5 до 4 мм) линзы и прожилки, пересекается кварцем III; кварц III – халцедоновидный, выполняет трещины в породе и кварце II (рис. 2, в, г). На месторождении Шахтное в нем установлены микровключения самородного золота.

Полевой шпат (альбит) – мелкокристаллический, темноокрашенный, преимущественно отлагается в зальбандах кварцевых прожилков (см. рис. 2, в). Мощность полевошпатовых зальбандов часто выдержанная и составляет 1,5 мм.

В образцах выделяются две генерации карбоната: *карбонат I* – встречается в виде обломков небольших кристаллов в карбонате II. Размер от 0,07 до 0,12 мм; *карбонат II* – скрытокристаллический, слабо лимонитизированный (рис. 2, з), заполняет пустоты в кварце II и формирует в нем прожилки мощностью до 0,1 мм. Содержит спорадическую вкрапленность халькопирита, в редких случаях корродирует пирит.

Оруденение Верхний Власыч (площадь около 5 км²) расположено в бассейне руч. Власыч, левого притока р. Чай-Урья (рис. 3, а, б). В структурном плане оруденение приурочено к зоне смятия обрамляющей Чай-Юрьинский разлом. Вмещающие породы представлены тектонически дислоцированными нижнеюрскими отложениями кадыкчанской свиты – переслаивающимися глинистыми сланцами, алевролитами, песчаниками с прослоями вулканогенно-осадочных туфогенных пород (туфы среднего состава, туфоалевролиты) (рис. 3, д, е). Простираие пород преимущественно северо-западное, падение крутое. Терригенные породы вмещают свиту даек диорит-порфиров с многочисленными апофизами, общей мощностью до 40–45 м и протяженностью более 500 м; мощность отдельных тел варьирует от 2 до 10 м (рис. 3, а, б). На контакте с дайками, осадочные породы пронизаны кварцевыми прожилками, образующими жильно-прожилковые зоны сложного строения.

Вмещающие породы, представленные туфоалевролитами (рис. 3, д, е) характеризуются бластоавлевропелитовой структурой, слабо проявленной пятнистой текстурой. Состав: Q40 % + Pl(An₂₂₋₃₀)40 % + связующая масса (Q + src ± h) 15 % + (stp + src ± h) 5 % ± src. Обломочный материал составляет около 80 %, неправильной, угловатой, изометричной формы (рис. 3, д, е). Связующая масса (до 15 %) пирокластическая пепловая перекристаллизована в гидрослюдисто-серицит-кварцевый агрегат; наблюдается обрастание первичных кварцевых зерен кварц-слюдистой каймой с субпараллельным расположением мельчайших индивидов (рис. 3, е). По всей связующей массе породы в виде рассеянной вкрапленности и неоформленных скоплений развиты поздние бурые стильпномелан-гидрослюдисто-серицитовые скопления (до 5 %). Встречаются также рассеянные одиночные смятые пластинки серицита (размером до 0,02'0,6 мм), по оптическим свойствам приближающиеся к мусковиту. В породе отмечаются прожилки мощностью 0,1 – 0,15 и 0,25 – 0,4 мм, сложенные безрудным параллельно-шестоватым кварцем (рис. 3, д). Они пересекают участки окварцованной, серицитизированной связующей массы туфоалевролита и перекрываются более поздними выделениями гидрослюда и стильпномелана. Вторичные изменения (до 25 %) представлены: девитрификацией, окварцеванием и серицитизацией пепловой связующей массы алевролита (1); развитием стильпномелан-гидрослюдисто-серицитовой ассоциации (2); поздней более высокотемпературной серицитизацией (3).

Рудовмещающие кварцевые диорит-порфиры интенсивно преобразованы гидротермально-метасоматическими процессами от березитизированных пород до полнопроявленных березитов (рис. 3, в, г). Для них характерны массивная (рис. 3, в), сланцеватая и пятнистая текстуры. Первичная мелкозернистая порода частично или полностью преобразована в лепидогранобластовый агрегат хлорит-карбонат-серицит-кварцевого состава (рис. 3, г).

Березитизированные диорит-порфиры и вмещающие их породы пронизаны сетью разнориентированных прожилков и маломощных кварцевых, полевошпатово-кварцевых, хлорит-карбонат-кварцевых, карбонат-кварцевых жил с включением рудной минерализации (золото-арсенопирит-пирит). Продуктивные зоны прожилкования характеризуются юго-восточным падением, мощностью от первых метров до 10–15 (рис. 3, а, б).

В осадочных и вулканогенно-осадочных породах мощность рудных прожилков не превышает первые сантиметры (5–10 мм), следует отметить, что более высокая интенсивность прожилкования развита в песчаных алевролитах, нежели в туфогенных породах (в среднем количество прожилков составляет от 3 до 10 на пог. метр).

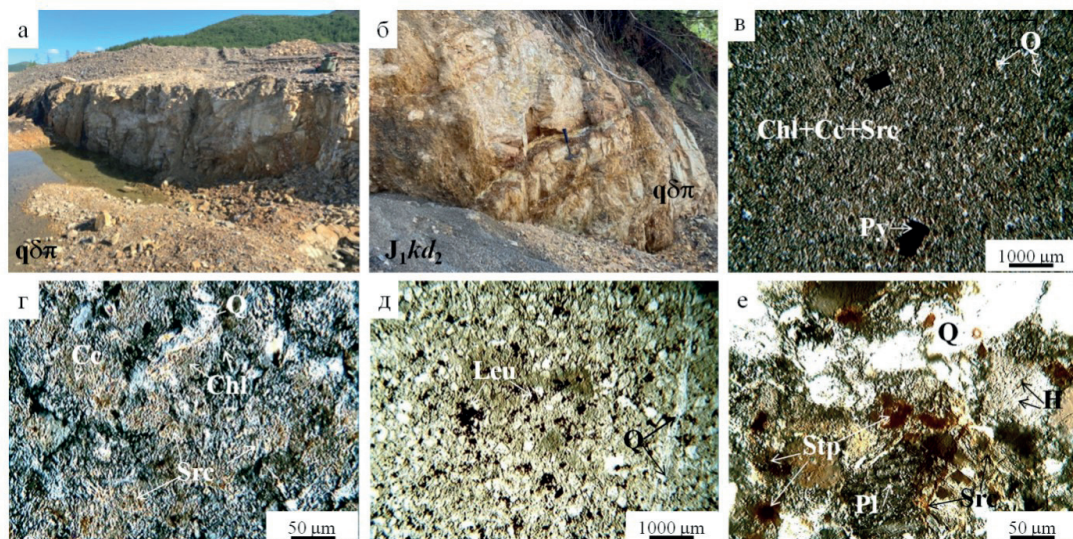


Рис. 3. Участок Верхний Власыч. Березитизированная дайка диорит-порфиров:

а – выходы дайки в стенке траншеи, б – выходы дайки в борту канавы. Хлорит-карбонат-кварцевый метасоматит (полнопроявленный березит) шлиф с анализатором: в – перекристаллизованная массивная структура, г – лепидогранобластовый агрегат хлорит-карбонат-серицит-кварцевого состава. Туфоалевролит, шлиф с анализатором: д – секущий кварцевый прожилок, включения лейкоксена по массе породы; е – развитие стилипомелана в составе цементирующей массы. *Примечание.* Q – кварц, Pl – плагиоклаз, Py – пирит, Stp – стилипомелан, Src – серицит, H – гидрослюда, Cc – карбонат, Chl – хлорит.

Fig. 3. Upper Vlasych site. Berezitized dike of diorite-porphyrites:

а – dike exits in the trench wall, б – dike exits on the side of the ditch. Chlorite-carbonate-quartz metasomatite (fully developed berezite) thin section with analyzer: в – recrystallized massive structure, г – lepidogranoblastic aggregate of chlorite-carbonate-sericite-quartz composition. Tufoaleurolite, thin section with analyzer: д – secant quartz veins, leucoxene inclusions by rock mass; е – development of stilpnomelane in the cementing mass. *Note:* Q – quartz, Pl – plagioclase, Py – pyrite, Stp – stilpnomelane, Src – sericite, H – hydromica, Cc – carbonate, Chl – chlorite.

Количество сульфидных минералов на участке Верхний Власыч в среднем составляет 1,6 % при дисперсии этого показателя от единичных знаков до 4 % (максимальное количество). Рудная минерализация представлена пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, галенитом, пирротинном, сфалеритом, блеклой рудой и самородным золотом (рис. 4). Наибольшим распространением пользуются пирит и арсенопирит.

Пирит в породе встречается в виде ксеноморфных агрегатов и мелко- до крупнокристаллических идиоморфных кристаллов кубического и пентагондодекаэдрического габитуса. В аншлифах установлено три разновидности пирита. *Пирит I* отлагается по трещинам или в виде включений в породе; мелкокристаллический, формирует линзовидные скопления согласно слоистости. Некоторые зерна частично по периферии и по трещинам катаклаза замещены лимонитом. Линзы пирита обрамляются мелкочешуйчатым лейкоксеном. Размер агрегатов от 0,1 до 0,2 мм. *Пирит II* формируется на контакте породы и кварца. Средне-крупнокристаллический, слабо трещиноватый, корродируется карбонатом. В более крупных агрегатах отчетливо видны грани роста, подчеркнутые мелкокристаллическим преобразованным пиритом III (рис. 4, з). Срастается с арсенопиритом, халькопиритом и блеклой рудой, а также содержит включения пирротина, арсенопирита, халькопирита и галенита (рис. 4, б-е). По трещинам катаклаза и по периферии лимонитизирован (до 90 %). Размер от 0,2 до 1,8 мм. По своему составу пирит I и

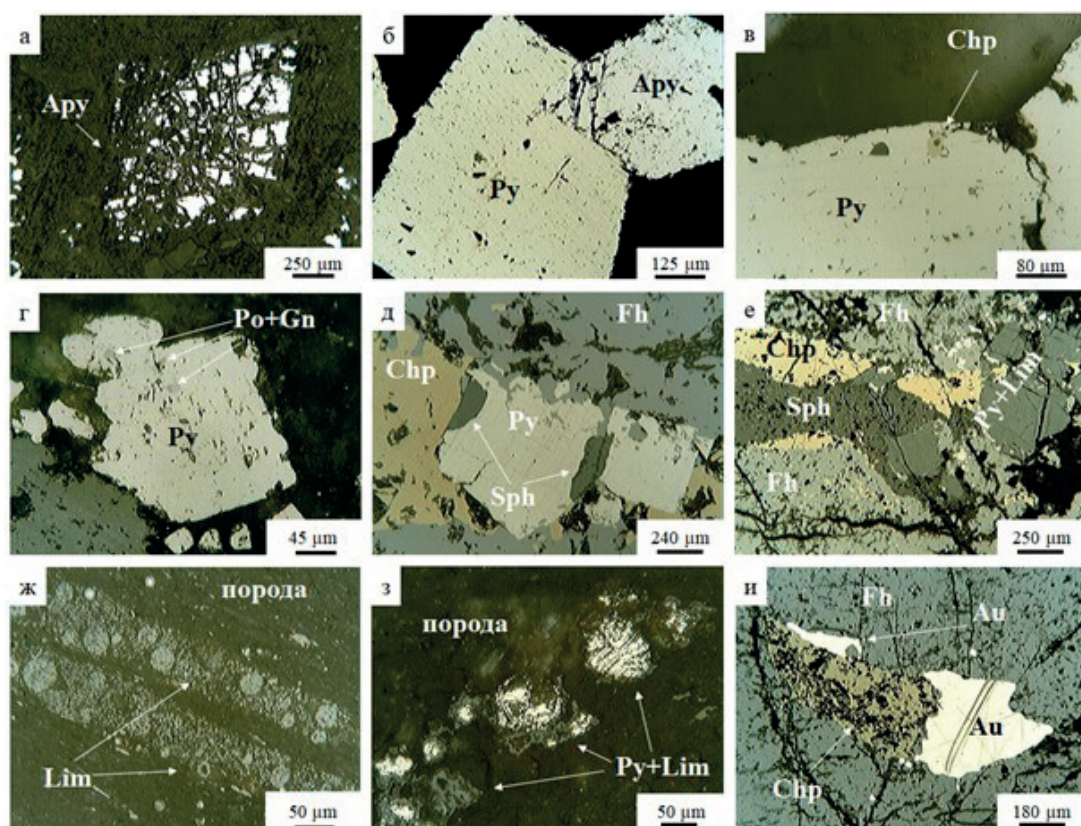


Рис. 4. Взаимоотношения рудных минералов на участке Верхний Власыч:

а) катаклазированный арсенопирит короткопризматического габитуса; б) срастание пирита и арсенопирита; в, г) включения в пирите: в – халькопирита, г – пирротина и галенита; д, е) ассоциация блеклой руды с пиритом, халькопиритом и сфалеритом; ж, з) фрамбоиды пирита III в разной степени замещенные лимонитом; и) включение самородного золота и халькопирита в блеклой руде. *Примечание:* Апу – арсенопирит, Py – пирит, Chp – халькопирит, Po – пирротин, Gn – галенит, Fh – блеклая руда, Sph – сфалерит, Lim – лимонит, Au – самородное золото.

Fig. 4. Relationships of ore minerals in the Upper Vlasych site:

а) cataclased arsenopyrite of short-prismatic habitus; б) fusion of pyrite and arsenopyrite; в, г) inclusions in pyrite: в – chalcopyrite, д – pyrrhotite and galena; е, ф) association of faded ore with pyrite, chalcopyrite and sphalerite; г, з) pyrite III framboids substituted with limonite to varying degrees; и) inclusion of native gold and chalcopyrite in faded ore. Note: Apy – arsenopyrite, Py – pyrite, Chp – chalcopyrite, Po – pyrrhotine, Gn – galena, Fh – fahlre, Sph – sphalerite, Lim – limonite, Au – native gold.

пирит II стехиометричные (таблица 1). *Пирит III* образует мелкие, идиоморфные кристаллы, отлагающиеся по граням роста пирита II или формирует фрамбоиды. Мелкие кристаллики, частично или полностью замещены марказитом, и обрамляются лимонитовой рубашкой (либо нацело замещаются лимонитом) (рис. 4, ж, з). Между кристаллами развивается галенит. Размер кристалликов от 0,01 до 0,05 мм; размер сферул не превышает 0,066 мм. В составе пирита III отмечается микропримесь As (от 0,18 до 1,76 %) (таблица 1).

На участке установлены кристаллы *арсенопирита* двух морфологических разновидностей: длинно- и короткопризматическая. Сильно катаклазированный и кавернозный, частично замещён лимонитом. В образцах встречаются единичные включения в породе, а также скопления обломков короткопризматических кристаллов, срастающихся с пиритом (рис. 5, а, б). Размер от

Химический состав рудных минералов Уринского рудного поля (участки Верхний Власыч, Нижний Власыч, Шахтный)

Таблица 1

Table 1

Chemical composition of ore minerals of Urinsky ore field (Upper Vlasych, Lower Vlasych, Shakhtny areas)

Минерал (количество замеров)	Химический состав, вес. %													
	Pb	Bi	Se	S	Fe	Zn	As	Cu	Cd	Ag	Co	Ni	Sb	Au
Галенит (83) Pb _{1,03} S _{0,97}	80,35- 87,77			11,42- 13,71										
Се-галенит (48) Pb _{1,02} (Se _{0,02} S _{0,96}) _{0,98}	83,62- 87,79		0,32- 1,03	11,28- 13,40										
Се-Fe-галенит (10) (Fe _{0,24} Pb _{0,74}) _{0,98} (Se _{0,02} S _{1,00}) _{1,02}	64,63- 81,35		0,49- 1,15	13,60- 21,22	4,41- 12,42									
Bi-галенит (21) Pb _{0,98} Bi _{0,01} S _{1,00}	83,20- 86,53	0,28- 1,66	0,00- 0,75	12,91- 14,11										
Пирит (268) Fe _{1,00} S _{2,00}				50,73- 55,05	42,59- 48,72									
As-пирит (120) Fe _{1,00} (As _{0,01} S _{1,99}) _{2,00}				9,79- 54,59	43,17	0,00- 3,69	0,18- 1,76							
Арсенопирит (88) Fe _{1,01} As _{0,91} S _{1,08}				20,31- 23,39	33,24- 36,54		40,29- 45,30							
Сфалерит (7) (Zn _{0,9} Fe _{0,02}) _{0,97} S _{1,02}				33,14- 34,20	1,16- 7,76	56,69- 65,58		0,00- 3,33						
Fe-сфалерит (5) (Zn _{0,80} Fe _{0,18}) _{0,98} S _{1,03}				32,61- 43,77	9,95- 17,18	41,26- 54,35								
Сфалерит с примесью Fe и Cd (12) (Zn _{0,9} Fe _{0,07} Cd _{0,01}) _{0,98} S _{1,02}				32,59- 34,69	5,19- 8,08	55,10- 58,54			0,71- 1,32					
Халькопирит (102) Cu _{0,94} Fe _{0,05} S _{2,04}				25,77- 41,90	24,53- 36,41			22,74- 35,28						
Герсдорфит (12) (Fe _{0,39} Co _{0,04} Ni _{0,57}) _{1,00} As _{0,93} S _{1,07}				19,67- 21,15	12,09- 13,74		39,96- 41,35				0,00- 2,18	19,10- 20,74	0,00- 3,72	
Пирротин (86) Fe _{0,93} S _{1,07}				34,63- 51,47	51,47- 63,12									
Блеклая руда (или минераль- ные смеси, близкие по составу к блеклым рудам) (70)	0,00- 8,06			0,00- 27,24	1,80- 27,99	0,00- 5,29		6,31- 34,88		0,00- 41,66			0,00- 30,23	
Самородное золото I (22)										30,76- 35,32				67,30- 70,99
Самородное золото II (114)										64,80- 15,05				84,27- 95,60

Примечание. Аналитик О. Т. Соцкая, Samebax, Северо-восточный ЦКП, г. Магадан

0,033 до 2 мм. Арсенопирит сернистый (см. таблицу 1) – среднее отношение S/As составляет 1,24 (среднее содержание S 36,6 ат. % и As – 29,5 ат. %), что характерно для арсенопирита, генетически связанного с золото-кварцевой формацией [4, 5].

Халькопирит представлен ксеноморфными агрегатами, обнаруженными в свободном состоянии в кварце и в сростании с пиритом, блеклой рудой, сфалеритом и самородным золотом. Кавернозный. По периферии зерен развивается ковеллин и лимонит. Размер от 0,001 до 0,25 мм. Состав минерала стехиометричный, но с небольшим превышением серы (таблица 1).

Галенит и *пирротин* встречаются в единичных количествах в кварце, карбонате и пирите. Размер агрегатов от 0,007 до 0,25 мм.

Сфалерит формирует ксеноморфные агрегаты, отлагающиеся по трещинам и по периферии галенита. Сростается с пиритом, халькопиритом и блеклой рудой, и пространственной ассоциации с самородным золотом.

В сфалерите установлена эмульсионная вкрапленность халькопирита (размер 0,11 мм). По составу выделяется маложелезистый сфалерит (Fe от 1,16 до 4,49 %) и высокожелезистый – до 17,18 % Fe (таблица 1).

Блеклая руда (или минеральная смесь близкая по составу к блеклым рудам) образует крупные интерстициальные включения в кварце (до 12 мм). Агрегаты массивные, трещиноватые. По трещинам и периферии замещаются лимонитом. Сростается с халькопиритом, пиритом и сфалеритом. Содержит включения самородного золота. Состав блеклых руд нестабильный – от теннантит-тетраэдрита до фрейбергита (содержание Ag варьирует от 0 до 41,66 %). При этом установлены содержания Fe от 1,8 до 30 %, а Zn от 0 до 5,29 % (таблица 1).

Самородное золото на участке Верхний Власыч встречается в виде относительно крупных ксеноморфных включений в блеклой руде (рис. 4, и). Ассоциирует с халькопиритом, пиритом и сфалеритом. Размер 0,03-0,4 мм. По данным микрозондового анализа средняя пробность самородного золота 692 ‰, при вариациях этого показателя от 673 до 710 ‰ (таблица 1).

Оруденение Нижний Власыч расположено в нижней части долины руч. Власыч, левого притока р. Чай-Урья. Здесь основными рудолокализирующими структурами являются: минерализованная зона, приуроченная к свите даек в различной степени березитизированных диоритовых порфиров северо-западного простирания и вмещающих их нижнеюрских вулканогенно-осадочных пород (1); линейный штокверк, расположенный к северо-востоку от минерализованной зоны, где вмещающими породами являются верхнетриасовые терригенные породы, представленные глинистыми сланцами с маломощными (первые миллиметры) прослоями светло-серых алевролитов (2).

Участок Нижний Власыч, также, как и Верхний Власыч приурочен к зоне дробления и расщепления северо-западного направления, сопровождающей Чай-Юрьинский глубинный разлом и контролирующей свиту субпараллельных, ориентированных в северо-западном направлении даек березитизированных диоритовых порфиров. Дайки образуют полосу шириной от 50 до 150 м, протяженностью более 1000 м.

Вмещающие терригенные породы, представленные алевролитами, алевролитистыми глинистыми сланцами характеризуются различной степенью расщепления, микролинзовидно-горизонтальнослоистой, сланцеватой текстурой, бластоалевропелитовой структурой, нередко с туфогенной примесью псаммитовой размерности (рис. 5, а). Углеродистое вещество тонкодисперсной формы совместно с серицитом и гидрослюдой, образует цепочечные и микролинзовидные стяжения по сланцеватости. Угловатые обломки кварца приобретают удлинненно-уплощенную, каплевидную, линзовидную форму, и также ориентированы согласно сланцеватости (рис. 5, а, б).

Цемент перекристаллизован в микролепидогранобластовый агрегат серицита, дисперсного кремнезема, пелитоморфного карбоната; серицит имеет однородную оптическую ориентировку (рис. 5, б). Отмечаются скопления мелких кристалликов титанистого минерала и вкрапленность пирита (рис. 5, б).

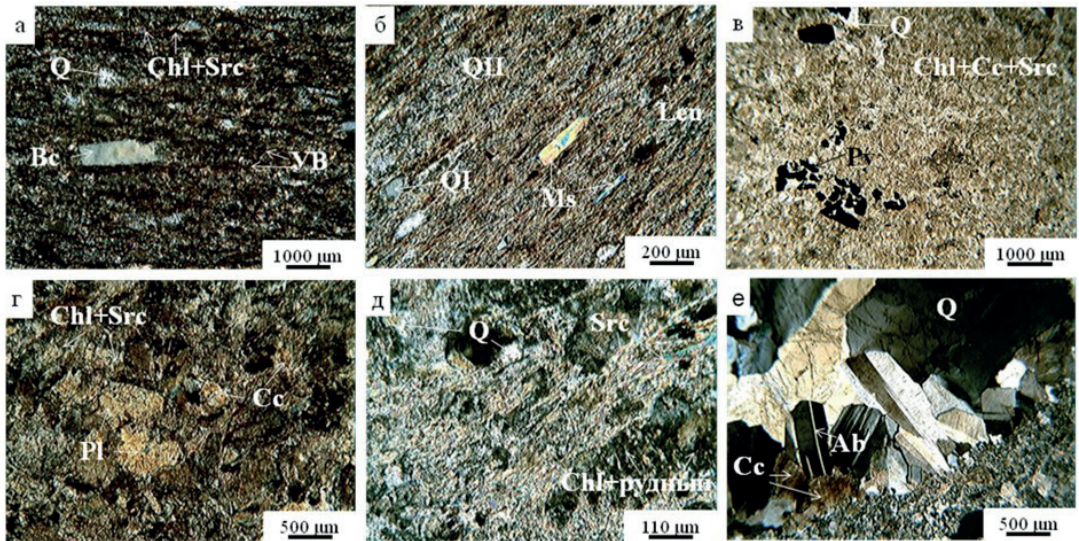


Рис. 5. Участок Нижний Власыч. Алевроитистый углисто-глинистый сланец, шлиф с анализатором:

а – бластоалевропелитовая структура с псаммитовой примесью туфогенного материала; б – перекристаллизованный цемент карбонат-серицит-кварцевого состава. Березитизированный кварцевый диорит-порфирит, шлиф с анализатором: в – включения рудной минерализации в кварцевом прерывистом микропрожилке; г – вкрапленники плагиоклаза, частично замещенные мелкочешуйчатым серицитом; д – преобразование основной массы в лепидогранобластовый агрегат карбонат-серицит-кварцевого состава с включением псевдоморфоз хлорита и рудного минерала по амфиболу; е – карбонат-альбит-кварцевый прожилок в березитизированном кварцевом диорит-порфирите. *Примечание.* Q – кварц, Pl – плагиоклаз, Ab – альбит, Py – пирит, Src – серицит, Ms – мусковит, Cc – карбонат, Chl – хлорит, вс- вулканическое стекло, УВ – углеродистое вещество.

Fig. 5. Lower Vlasych site. Silty coal-shale, thin section with analyzer:

а – blastoaleuropelite structure with psammitic admixture of tuffaceous material; б – recrystallized cement of carbonate-sericite-quartz composition. Berezitized quartz diorite-porphyrite, thin section with analyzer: в – ore mineralization inclusions in quartz discontinuous microneedling; д – plagioclase phenocrysts partially replaced by fine-scaled sericite; е – conversion of the bulk mass into a lepidogranoblast aggregate of carbonate-sericite-quartz composition with the inclusion of pseudomorphosis of chlorite and ore by amphibole; ф – carbonate-albite-quartz vein in berezitized quartz diorite-porphyrite.

Рудовмещающие березитизированные кварцевые диорит-порфириды характеризуются массивной, сланцеватой, линзовидносланцеватой, пятнистой, полосчатой текстурами; преимущественно blastoporphiroвой, иногда с элементами сериально-порфировой структурой с лепидогранобластовой структурой основной массы (рис. 5, в, д). В единичных образцах частично сохранилась первичная микролитовая структура основной массы. Усредненный состав: $(Pl(An_{27-28}) \pm src)33\% + QI3\% + src35\% + cc15\% + QII10\% + \text{рудные}$. Порода состоит из интенсивно серицитизированных короткопризматических зерен плагиоклаза, наиболее крупные из которых являются первичными вкрапленниками (An_{27-28}) (размер до $0,2 \times 0,3$ мм) (рис. 5, г). Зерна первичного кварца (размер до 0,2 мм) неправильной, угловатой формы содержат скопления газово-жидких включений, имеют ровное погасание; включения позднего кварца характеризуются сглаженными очертаниями с волнистым погасанием. Между вкрапленниками развиваются серицит, образующий кучные скопления разветвленной, удлиненной формы в ассоциации с неправильными срастаниями пелитоморфного карбоната (рис. 5, г, д). Мелкие выделения рудного вещества в виде рыхлых скоплений сосредоточены на участках наибольшей серицитизации (рис. 5, г). Поздние идиоморфные зерна пирита, (размером до 0,8 мм) неравно-

мерно распределены по всей площади шлифа (рис. 5, в), местами пирит обрамляется кварцевой или альбит-кварцевой каймой. Часто березитизированные кварцевые диорит-порфиры содержат поздние прожилки альбит-карбонат-кварцевого состава (рис. 5, е).

Минерализованные дайки и минерализованные зоны дробления во вмещающих породах имеют крутое падение на юго-запад, мощность отдельных даек составляет от 0,5-1,0 до 10-15 м, протяженность до нескольких сотен метров; минерализованная зона по простиранию составляет 700 м.

Линейный штокверк (мощность от 60 до 100 м) кварцевого, карбонат-кварцевого и сульфидно-кварцевого прожилкования расположен в приустьевой части долины руч. Нижний Власыч и локализован в тектонизированных осадочных породах. Он образован серией сближенных разнонаправленных зон прожилкового окварцевания, мощностью от 0,5-1,0 до 20 м. Продуктивные прожилки (до 10 мм) с рудной минерализацией преимущественно приурочены к песчанистым разностям пород.

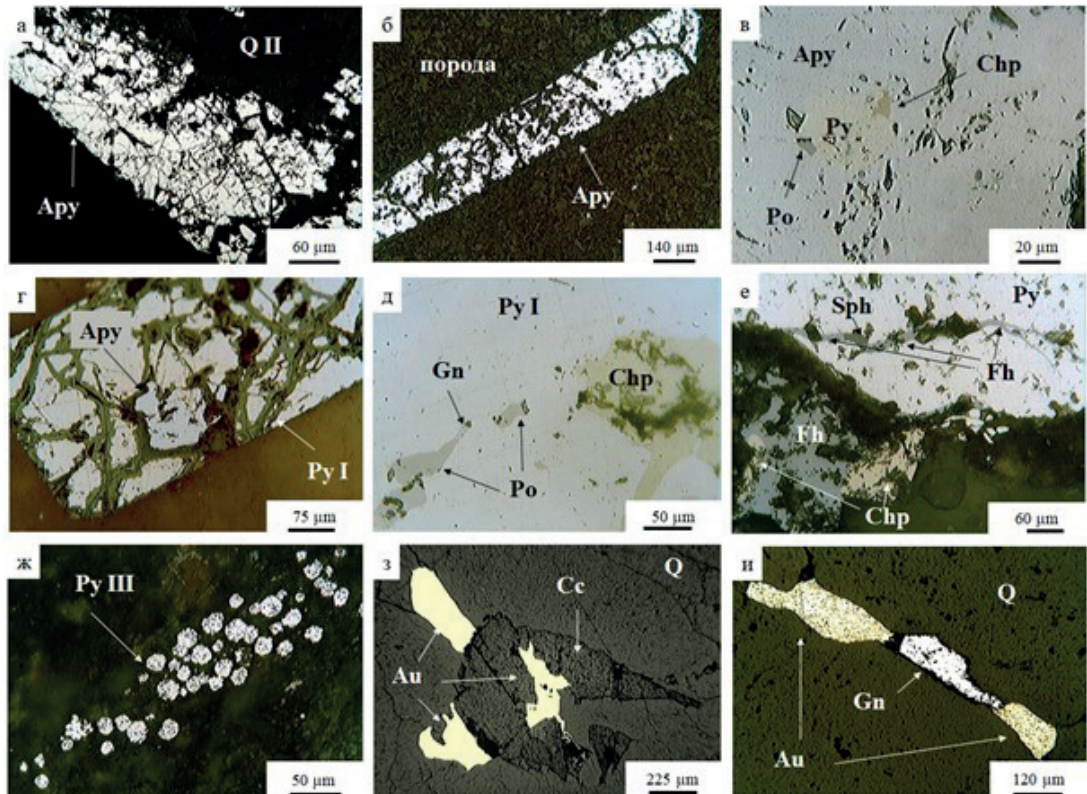


Рис. 6. Минеральные сростания рудных минералов на участке Нижний Власыч:

а, б) катаклазированные кристаллы арсенопирита: а – в кварце второй разновидности, б – в породе; в) включения халькопирита, пирротина и пирита в арсенопирите; г) отложение арсенопирита между обломков пирита; д) микровключения пирротина, халькопирита и галенита в пирите; е) развитие блеклой руды по трещинам и по периферии пирита. Блеклая руда сростается с халькопиритом и сфалеритом; ж) скопление фрамбOIDов пирита III в породе; з, и) проявления самородного золота в кварц-полевошпатовом прожилке: з – в свободном состоянии, в ассоциации с карбонатом, и – в сростании с галенитом

Fig. 6. Mineral intergrowths of ore minerals in the Lower Vlasych site:

а, b) cataclased arsenopyrite crystals: a – in quartz of the second variety, b – in rock; c) inclusion of chalcopyrite, pyrrhotite and pyrite in arsenopyrite; d) deposition of arsenopyrite between pyrite fragments; e) microinclusions of pyrrhotite, chalcopyrite and galena in pyrite; f) development of fahlore along cracks and along pyrite periphery. Fahlore fuses with chalcopyrite and sphalerite; g) accumulation of pyrite III framboids in the rock; h, i) manifestations of native gold in a quartz-feldspar vein: h – in a free state, in association with carbonate, i – in fusion with galena

Количество сульфидных минералов на участке Нижний Власыч в среднем составляет 3,2 %, при дисперсии этого показателя от единичных знаков до 11,5 % (максимальное количество). Эти показатели превышают аналогичные на Верхнем Власыче в два раза. Рудная минерализация представлена пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, галенитом, пирротинном, сфалеритом, блеклой рудой, герсдорфитом и самородным золотом (рис. 6). Наибольшим распространением пользуются пирит и арсенопирит.

Характеристика основных рудных минералов аналогична характеристике минералов Верхнего Власыча. Однако в рудах отмечается присутствие герсдорфита и снижение количества блеклой руды (до знаковых количеств). Также отмечаются отличия в характеристиках галенита и самородного золота.

Галенит – рудный минерал, встречающийся как моноагрегат в кварце или срastaющийся с самородным золотом, так и образующий микровключения в пирите II. В более крупных агрегатах отчетливо прослеживается спайность. В пирите галенит ассоциирует с пирротинном, сфалеритом и халькопиритом. В свободном состоянии – по периферии частично замещается церусситом. Размер моноагрегатов от 0,1 до 0,55 мм. Размер микровключений в пирите от 0,011 до 0,022 мм. По результатам микроаналитических исследований установлено несколько разновидностей галенита: стехиометричный, с примесью Se (от 0,32 до 1,03 %), с примесью Se (от 0,49 до 1,15 %) и Fe (от 4,41 до 12,42 %), с микропримесью Bi (от 0,28 до 1,66 %) (таблица 1). Таким образом, на основании полученных данных, можно предположить, что оруденение Нижний Власыч формировалось при разных температурных режимах, в отличие от участка Верхний Власыч.

На участке Нижний Власыч встречаются две формы проявления *самородного золота*: а) в свободном состоянии и б) в срastании с сульфидами. В первом случае самородное золото отлагается в кварцевых (кварц первой фазы внедрения) прожилках, где пустоты заполняются карбонатом (рис. 6, з), а во втором – карбонат не обнаружен и золото тяготеет к висмутсодержащему галениту (рис. 6, и). Облик минерала – ксеноморфный или интерстициальный. Размер от 0,022 до 1,1 мм. Средняя пробность самородного золота, составляет 929 ‰, с разбросом показателя от 843 до 956 ‰ (таблица 1).

Месторождение Шахтное (площадь около 3 км²) находится в пойме р. Чай-Урья, в створе ручьев Власыч-Случайный. В структурном плане минерализованная зона месторождения, представленная серией ветвящихся сближенных, субпараллельных крутопадающих даек кварцевых диорит-порфиринов, приурочена к одной из ветвей Чай-Юрьинского глубинного разлома северо-западного простирания, на участке пересечения с системой поперечных северо-восточных разломов [6].

Вмещающие породы представлены верхнетриасовыми отложениями, включающими в себя темно-серые до черных глинистых сланцев с прослоями светло-серых алевролитов. Породы интенсивно тектонизированы, рассланцованы до листоватой щебенки. По кластической части развивается бурый карбонат в виде ромбовидных и ксеноморфных порфириобластов (рис. 7, г). Цемент перекристаллизован в хлорит-серицитовый микролепидобластовый агрегат (рис. 7, в, г). В приконтактовых частях и на контактах с дайками в глинистых сланцах значительно увеличивается количество тонкой вкрапленности пирита, нередко образующего гнезда, микропрожилки, стяжения линзовидной формы (рис. 7, б). В грубозернистых разностях развиваются маломощные прожилки (мощностью от нитевидных до 2 мм, единично до 5 мм) карбонатного, кварц-карбонатного и кварцевого состава с включениями пирита в виде тонкой вкрапленности; мощности зон прожилкования составляют первые метры.

Рудовмещающие березитизированные кварцевые диориты (рис. 7, а) имеют субвертикальное падение юго-западного и северо-восточного направления. Общая протяженность серии даек составляет более 1200 м при ширине от 50 до 120 м. Следует отметить, что на месторождении более ярко проявлены процессы пропилитизации в породах. Кварцевые диорит-

порфириты характеризуются частичным или полным разложением первичных минералов; плагиоклазы в большей степени альбитизированы; по темноцветным минералам развит хлорит, эпидот (рис. 7, д, е). На пропилитизированные породы наложены более поздние процессы березитового типа с формированием прожилков различного состава и с включением рудной минерализации (рис. 7, е, ж).

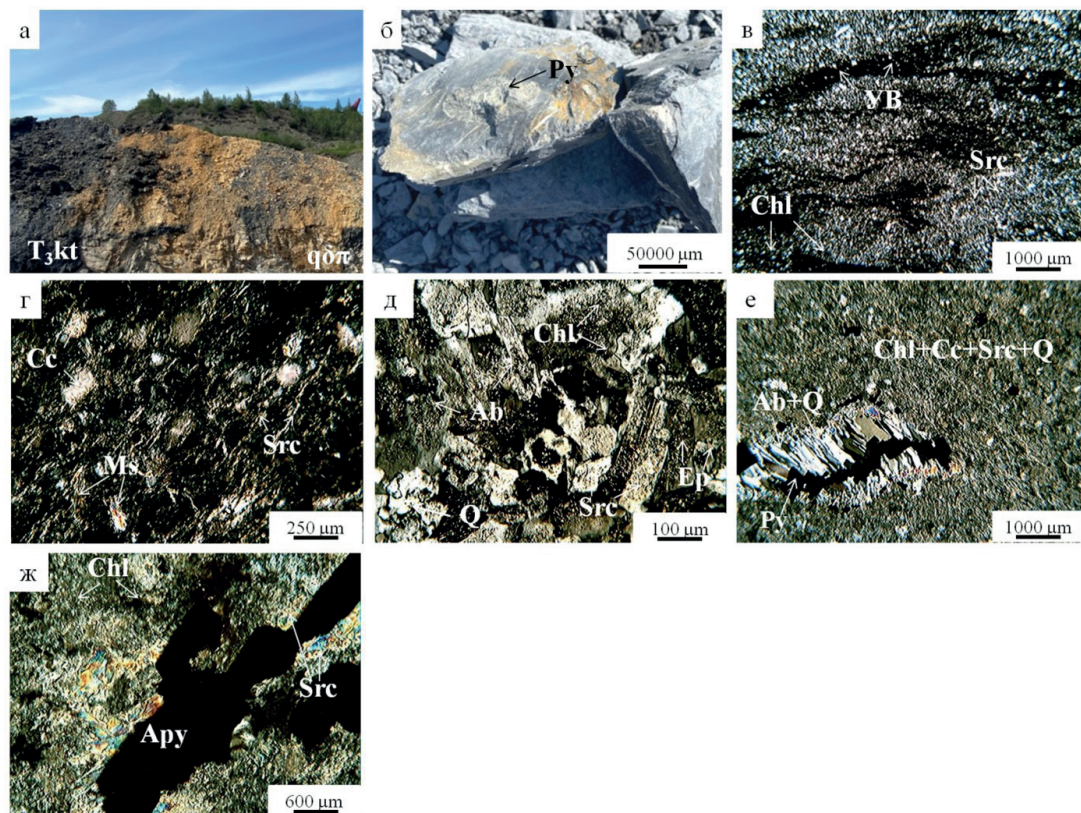


Рис. 7. Месторождение Шахтное

(а). Линзовидное включение тонкой вкрапленности пирита (б). Тектонизированный углисто-глинистый сланец (в, г), шлиф с анализатором: в – микролепидобластовый агрегат хлорит-серицитового состава с включением углеродистого вещества; г – порфиробласты карбоната ромбовидной и ксеноморфной форм. Пропилит-березитизированный кварцевый диорит-порфирит (д), шлиф с анализатором: д – развитие тонкой смеси эпидот-хлоритового состава по вкрапленникам и основной массе породы. Березит по кварцевому диорит-порфириту (е, ж), шлиф с анализатором: е – прерывистый альбит-кварцевый прожилок с включением пирита; ж – приуроченность арсенопирита к участкам, обогащенным серицитом. *Примечание.* Q – кварц, Ab – альбит, Py – пирит, Apy – арсенопирит, Src – серицит, Ms – мусковит, Cс – карбонат, Chl – хлорит, Ep – эпидот, VB – углеродистое вещество.

Fig. 7. Shakhhtnoye field

(a). Lens-like inclusion of fine pyrite inclusions (b). Tectonized coal-clay shale (c, g), thin section with analyzer: c – microlepidoblastic aggregate of chlorite-sericite composition with inclusion of carbonaceous substance; d – porphyroblasts of rhomboid and xenomorphic carbonate. Propylite-beresitized quartz diorite-porphyrite (e), thin section with analyzer: e – development of a thin mixture of epidote-chlorite composition on disseminated rocks and the bulk of the rock. Beresite by quartz diorite-porphyrite (f, f), thin section with analyzer: f – intermittent albite-quartz vein with pyrite inclusion; g – presence of arsenopyrite in areas enriched with sericite.

В полнопроявленных березитах первичная структура нацело преобразована в лепидограно-бластовый агрегат хлорит(±), карбонат, серицитового состава с включением кварца гранобластовой структуры. Рудная минерализация преимущественно приурочена к участкам, обогащенным серицитом, альбит-кварцевым прожилкам (рис. 7, е, ж). Часто встречается, что метасоматические изменения разных типов совмещены в пределах одного тела.

Продуктивная минерализация представлена крутопадающими прожилками и жилами арсенопирит-кварцевого, пирит-карбонат-кварцевого, пирит-хлорит-карбонат-кварцевого состава, невыдержанной мощности и локализуется преимущественно в дайках интенсивно березитизированных диорит-порфиров, изредка развиваясь во вмещающих приконтактовых алевросланцах. Мощность минерализованной зоны в центральной части составляет 90 м, на флангах до 20-40 м.

Количество сульфидов на месторождении Шахтное варьирует от единичных знаков до 8 %, при среднем показателе 4 %. Золото встречается как в свободном состоянии, так и в виде тонкой вкрапленности в сульфидах. Кроме золота рудная минерализация представлена пиритом, пиротином, арсенопиритом, галенитом, халькопиритом и марказитом (рис. 8). Основные рудные минералы месторождения Шахтный – это пирит и арсенопирит. Их характеристика аналогична минералам, встреченным на выше описанных участках. Есть небольшое отличие в ассоциациях арсенопирита и форме проявления самородного золота.

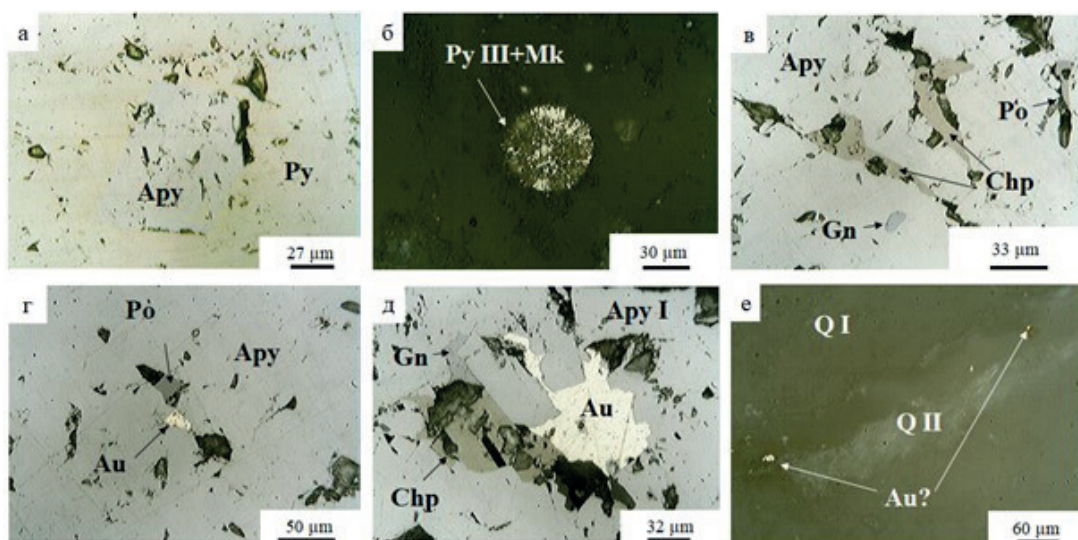


Рис. 8. Рудная минерализация месторождения Шахтное:

а) пирит с включением арсенопирита; б) марказит развивается по сферуле пирита третьей генерации; в) включения пирротина, халькопирита и галенита в арсенопирите; г-е) проявления самородного золота: г – в арсенопирите в ассоциации с пиротином, д – совместно с халькопиритом и галенитом заполняет микропустоты в арсенопирите; е – образует микровключения в халцедоновидном прожилке кварца III

Fig. 8. Ore mineralization of the Shakhtnoye deposit:

а) pyrite with the inclusion of arsenopyrite; б) marcasite develops along the third generation pyrite spherule; в) inclusion of pyrrhotite, chalcopyrite and galena in arsenopyrite; д-е) manifestations of native gold: д – in arsenopyrite in association with pyrrhotite, е – together with chalcopyrite and galena fills micro-voids in arsenopyrite; ф – forms microinclusions in chalcedony vein of quartz III

По своей морфологии *арсенопирит* месторождения Шахтное идентичен арсенопириту Нижнего и Верхнего Власыча. Встречается как в свободном состоянии, так и в сростании с пиритом (рис. 8, а). Но каверны в нем частично заполнены галенитом, халькопиритом и пироти-

ном (преимущественно) (рис. 8, в-д). Кроме того, в арсенопирите и среди его обломков в ассоциации с полисульфидами отлагается самородное золото (рис. 8, г, д). Размер от 0,05 до 2,1 мм.

Самородное золото формирует ксеноморфные микровключения в арсенопирите в ассоциации с пирротинном, халькопиритом и галенитом (рис. 8, г, д). Содержит микровключение халькопирита. Цвет минерала ярко-желтый. Размер включений от 0,003 до 0,126 мм. В единичных случаях самородное золото встречается в халцедоновидном кварце (рис. 8, е), размеры включений от 0,01 до 0,022 мм.

Заключение

В пределах Урьинского рудного поля золоторудная минерализация, локализована преимущественно в березитизированных дайках кварцевых диорит-порфиров, а также во вмещающих их тектонизированных осадочных породах, обогащенных разноориентированными прожилками сульфидно (пирит, арсенопирит) – кварцевого, альбит-кварцевого, карбонат-кварцевого, хлорит-карбонат-кварцевого состава.

Степень метасоматических изменений в осадочных и вулканогенно-осадочных породах варьирует от 25 % до 45 %. Вторичные минералы образуют моно- и полиминеральные псевдоморфные выделения по обломкам; первичный глинистый цемент пород преобразован в гранобластовый, лепидогранобластовый агрегат кварц-хлорит-серицитового состава. Отмечается карбонатизация, лейкоксенизация (3-5 %), сульфидизация (до 5 %).

В *рудовмещающих* кварцевых диорит-порфиритах степень преобразований значительно увеличивается и колеблется от 30 % до 100 %. Метасоматические изменения пропиловитового (хлорит, серицит, эпидот, альбит) и березитового (кварц, серицит, хорит (реже), карбонат) типов. На метасоматически преобразованные породы наложены прожилки сульфидно-кварцевого, хлорит-карбонат-кварцевого, карбонат-кварцевого, альбит-карбонат-кварцевого состава.

На основании изучения пространственно-временных отношений минералов и минеральных парагенезисов, а также химического состава минералов установлена последовательность минералообразования, в которой выделены метасоматический, гидротермальный и гипергенный этапы (таблица 2).

Гидротермальный этап подразделяется на четыре стадии, три из которых – продуктивные. В первый метасоматический этап в породе отлагается лейкоксен и ксеноморфный пирит I, в значительно меньшей степени – пирротин, халькопирит и сфалерит (с микропрмесью Cd).

Второй этап – гидротермальный – формируется в четыре стадии – плутоногенную (первый и второй) и вулcano-плутоногенную (третий и четвертый) (таблица 2). С первой связано развитие прожилков друзовидного кварца I, по трещинам которого развиваются глинистые минералы и лимонит (см. рис. 2, д, е); во вторую стадию отлагается, висмутсодержащий галенит и высокопробное золото (929 ‰) (см. рис. 6, з, и). Третья стадия характеризуется образованием кварц (II)-полевошпатовых прожилков с гнездами карбоната. С этими прожилками связаны короткопризматический арсенопирит и пирит II. По трещинам катаклаза и в кавернах этих минералов обнаружены полисульфидные минералы и самородное золото (692 ‰) (рис. 8, г, д), это же золото образует включения в блеклой руде (см. рис. 4, и). Следует отметить, что данные по пробности самородного золота, полученные нами, сопоставимы с результатами предшественников [7]. В четвертую стадию трещины в породе и кварце II заполняются халцедоновидным кварцем III, содержащим спорадическую вкрапленность самородного золота (рис. 8, е). В эту же стадию формируется длиннопризматический арсенопирит и фрамбоидальный пирит III, частично замещенный марказитом и оксидами железа, и заполнением пустот в пирите III галенитом.

Охарактеризованные проявления Урьинского рудного поля по минеральному составу и вмещающей среде могут быть отнесены к золото-кварцевой рудной формации дайкового типа.

Таблица 2.

Схема последовательности минералообразования Урьинского рудного поля

Table 2

Urinsky Ore Field Mineral Formation Sequence Diagram

Минералы	Этапы					
	Метасоматический	Гидротермальный				Гипергенный
		Плутоногенный		Вулканогенно-плутоногенный		
		I	II	III	IV	
Жильно-метасоматические минералы						
Кварц		друзовидный	массивный		халцедоновидный	
Карбонат						
Полевой шпат						
Рутил						
Серицит						
Хлорит						
Ильменит						
Актинолит						
Углеродистое вещество						
Глинистые минералы						
Рудные минералы						
Арсенопирит						
Пририт						
Пирротин						
Марказит						
Галенит			с Bi	с Se		
Халькопирит						
Сфалерит	с Cd			с Fe	мало Fe	
Герсдорфит						
Блеклая руда						
Самородное Au			929 ‰	692 ‰		
Гипергенные минералы						
Лимонит						
Церуссит						
Гидролимонит						
Лейкоксен						
Оксиды Pb						
Оксиды Mn						
Скородит						
Ковеллин						

Распространенные Второстепенные Редкие

Литература

1. Костин А.Е., Кухаренко Е.А., Наумов М.В., Ремизов Д.Н. Практическая петрология: методические рекомендации по изучению магматических образований применительно к задачам госгеолкарт. ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург, 2017:168 с.
2. Волков А.В., Егоров В.Н., Прокофьев В.Ю., Сидоров А.А., Горячев Н.А., Бирюков А.А. Месторождения золота в дайках Яно-Колымского пояса. *Геология рудных месторождений*. 2008;50(4):311-337.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток. Дальнаука; 2006.Кн.1:572.
4. Волков А.В., Сидоров А.А. Прогнозно-поисковая модель месторождений золота, связанных с интрузивами гранитоидов Арктической зоны России. *Арктика: экология и экономика* 2018;31(3):84-99. doi: 10.25283/2223-4594-2018-3-84-99
5. Тюкова Е. Э, Ворошин С. В. *Состав и парагенезисы арсенопирита в месторождениях и вмещающих породах Верхне-Колымского региона (к интерпретации генезиса сульфидных ассоциаций)* Магадан: СВКНИИ ДВО РАН; 2007:107.
6. Хасанов И.М., Михалицына Т.И., Муравьев Л.А., Макарова Д.В. Использование методологии трансформации геофизических полей при изучении рудных систем дайкового типа в зоне влияния Чай-Юрьинского глубинного разлома. *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия «Науки о Земле»* 2024;(2):25-35. doi: 10.25587/2587-8751-2024-2-25-35.
7. Позднякова Н.Н. Использование тпоморфных признаков россыпного золота при прогнозировании и поисках рудных месторождений (на примере россыпей Шахматинского района Забайкалья и россыпи р. Чай-Юрья Магаданской области): Автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук. Москва. 2015. 27с.

References

1. Kostin AE, Kukhareno EA, Naumov MV, Remizov DN. Practical petrology: methodological recommendations for the study of magmatic formations in relation to the tasks of state geolcart. A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg; 2017:168 p. (in Russian)
2. Volkov AV, Egorov VN, Prokofiev VYu, Sidorov AA, Goryachev NA, Biryukov AA. Gold deposits in the dikes of the Yana-Kolyma belt. *Geology of ore deposits*. 2008;50(4):311–337. (in Russian)
3. Khanchuk AI (ed). Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia: in 2 books. Book 1. Vladivostok: Dalnauka, 2006:572. (in Russian)
4. Volkov AV, Sidorov AA Forecast and prospecting model of gold deposits associated with intrusions of granitoids of the Arctic zone of Russia. *Arktika: Ekologia i Ekonomika*. 2018;31(3):84–99. (in Russian)
5. Khasanov IM, Mikhailsyna TI, Muravyov LA, Makarova DV. Use of the methodology of transformation of geophysical fields in the study of dike-type ore systems in the zone of influence of the Chai-Urinsky deep fault. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences Series*. 2024;(2):25–35 (in Russian)
6. Tyukova EE, Voroshin S.V. *Composition and paragenesis of arsenopyrite in deposits and host rocks of the Verkhne-Kolyma region (to the interpretation of the genesis of sulfide associations)* Magadan: FEB RAS; 2007:107. (in Russian)
7. Pozdnyakova NN. Use of topomorphic signs of placer gold in forecasting and searching for ore deposits (on the example of placers of the Shakhmatinsky district of Transbaikalia and placers of the Chay-Yurya river of the Magadan region): Summary of Candidate's dissertation (Geology). Moscow. 2015:27. (in Russian)

Сведения об авторах

МИХАЛИЦЫНА Татьяна Ивановна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило» ДВО РАН, ORSID: 0000-0002-8668-7805 ResearcherID: 450675310, SPIN-код: 5200-7304, AuthorID: 115269, e-mail: tim_66@mail.ru

ФОМИНА Марина Ивановна, – кандидат геолого-минералогических наук, Ученый секретарь, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов», SPIN-код: 4590-1431, AuthorID: 6722, e-mail: mif-74@yandex.ru

About the authors

Tatyana I. MIKHALITSYNA, Cand. Sci. (Geology), Senior Researcher, N.A. Shilo Northeast Interdisciplinary Research Institute, FEB RAS, ORSID: 0000-0002-8668-7805 ResearcherID: 450675310, SPIN-код: 5200-7304, AuthorID: 115269, e-mail: tim_66@mail.ru

Marina I. FOMINA, Cand. Sci. (Geology), Scientific Secretary, Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, TsNIGRI, SPIN-код: 4590-1431, AuthorID: 6722, e-mail: mif-74@yandex.ru

Вклад авторов

Михалицына Т.И. – формулирование идеи, проведение исследования, верификация данных, ресурсное обеспечение исследования, создание черновика рукописи, редактирование рукописи, визуализация, администрирование проекта.

Фомина М.И. – проведение исследования, верификация данных, проведение статистического анализа, создание черновика рукописи, редактирование рукописи, визуализация.

Authors' contribution

Mikhalitsyna T.I. – conceptualization, investigation, validation, resources, writingoriginaldraft, writing, review and editing, visualization, project administration.

Fomina M.I. – investigation, validation, writingoriginaldraft, writing, review and editing, visualization.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests

Submitted / Поступила в редакцию 05.03.25

Accepted / Принята к публикации 11.03.25