Article title: Geological structure of the gold deposit "Ojerelie" and adjacent territories.

Authors: Dmitrii Titov[1]

Affiliations: Geology, NSU, Novosibirsk, Russia[1]

Orcid ids: 0000-0003-0956-0402[1]

Contact e-mail: bodrilko@mail.ru

License information: This work has been published open access under Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. Conditions, terms of use and publishing policy can be found at <https://www.scienceopen.com/>.

Preprint statement: This article is a preprint and has not been peer-reviewed, under consideration and submitted to ScienceOpen Preprints for open peer review.

DOI: 10.14293/S2199-1006.1.SOR-.PPGCINJ.v1

Preprint first posted online: 09 October 2021

Keywords: ore, gold, geology, deposit, mining

Название: Геологическое строение месторождения золота «Ожерелье» и прилегающих территорий

Название на английском: Geological structure of the gold deposit "Ojerelie" and adjacent territories

Ключевые слова: руда, золото, геология, месторождение, добыча

Key words: ore, gold, geology, deposit, mining

Аннотация на русском: В статье рассмотрены строение, характеристики и золотоносность месторождения «Ожерелье» по данным геологических отчетов, опубликованных статей, фондовых материалов и внутренних документов, что позволило обобщить и кратко представить геологическое строение данного района.

Аннотация на английском: The article considers the structure, characteristics and gold content of the "Ojerelie" deposit according to the data of geological reports, published articles, fund materials and internal documents, which allowed to summarize and briefly present the geological structure of this area.

Актуальность работы обусловлена тем, что для многих исследователей является сложным вопросом нахождение в открытых источниках данных о геологическом строении данной территории, а также тем, что обобщение данных позволяет легче проводить дальнейшие исследования в этой области.

Целью работы было создание сводной работы по строению данного месторождения, с учетом всех накопленных данных.

Задача: обобщение материалов из разрозненных источников, в том числе фондовых и отчетных, накопленных в ходе разведки и эксплуатации месторождения, создание сводной статьи по геологическому строению участка.

Научная новизна работы обусловлена тем, что данный объект является новым типом золотых месторождений Бодайбинского рудного района [1], а также тем, что в открытых источниках мало материалов, статей о геологическом строении данного района.

Введение

Район работ был выбран автором потому, что там довелось проработать около 2 лет с 2012 г. по 2014 г. (на должности участкового геолога) в ходе эксплуатации рудного месторождения золота «Голец Высочайший». Рассматриваемое месторождение является одним из соседних участков работ по разведке и добыче золота. Статья несет в себе исключительно прикладную научную цель — ознакомить исследователей с геологическим строением района, дать актуальные сводные данные по месторождению «Ожерелье».

Общие сведения

Месторождение Ожерелье (*рис. 1*) расположено в пределах Байкало-Патомского нагорья, характеризующегося суровым резко континентальным климатом. Лето относительно короткое, зима продолжительная холодная. По данным многолетних наблюдений в пос. Маракан установлено: абсолютный минимум температур воздуха -55°C ; абсолютный максимум температур воздуха $+37^{\circ}\text{C}$; средний безморозный период - 70 дней.

Среднегодовое количество осадков составляет 375 мм в год, снежный покров 60 см. Средняя скорость ветра - января 3,4 м/с, июля - 4,0 м/с, преобладают ветры северо-западных и западных направлений.

Рельеф в окрестности месторождения среднегорный с отметками водоразделов 1000-1300 м. Относительные превышения водоразделов над днищами долин до 300-500 м, русловые отметки основных водотоков 650-850 м. Водоразделы сглаженные, склоны средней крутизны, редко до $20-25^{\circ}$, обычно $10-18^{\circ}$ [7].

Месторождение расположено в бассейне р. Маракан (левый приток р. Бол. Патом), являющейся основной водной артерией. Протяженность реки 30 км, площадь водосбора 450 км². Максимальный расход в паводок 67 м³/сек, минимальный в летний межень - 1,5 м³/сек. Другие крупные водотоки на участке – руч. Догалдын-Артемовский, его левый приток руч. Счастливый, правые притоки руч. Заболотный и руч. Закрытый.

Рис. 1. Обзорная карта района [7]

Месторождение находится в 3 км от грунтовой дороги г. Бодайбо-пос. Маракан (130 км). От этой дороги на месторождение можно проехать по автодороге пос. Стар. Маракан–руч. Ровный. Ближайшей железнодорожной станцией является станция Таксимо Восточно-Сибирской железной дороги, которая связана с г. Бодайбо грунтовой дорогой протяженностью 220 км. Железнодорожная станция Лена расположена от г. Бодайбо в 844 км. Связь с ней осуществляется по р. Витим и Лена через порт Осетрово. Месторождение находится в освоенном районе на правом берегу р. Маракан, в долине которого производится разработка золотоносных аллювиальных россыпей. Ближайшим к месторождению населенным пунктом является пос. Маракан, расположенный в 11 км [7].

Геологическая изученность района работ

Региональная изученность

История освоения района началась во второй половине XIX века с отработки россыпных месторождений золота. Первые геологические исследования проведены А.П. Герасимовым (1900 г.) и П.И. Преображенским (1903 г.). Систематическое изучение района началось с конца 30-х гг. прошлого столетия. В 1938-1941 гг. партией Ленской экспедиции «Нигризолото» под руководством Г.Л. Юдина была составлена геологическая карта масштаба 1:50000 для района среднего течения р. Вачи. В 1939 году А.Р. Бурачек, проводивший геолого-геоморфологические исследования масштаба 1:50000 в верховьях рек Бодайбо, Анангры, Аунакита и Вачи, впервые разделил метаморфическую толщу на пять свит: догалдыскую, анангрскую, вачскую, аунакитскую, кадаликанскую, и дал их литолого-петрографическую характеристику [7].

Современные представления о стратиграфии, тектонике, магматизме и гидротермально-метасоматических преобразованиях района работ, входящего в состав Бодайбинского рудного района, было сформировано в результате дальнейших исследований сотрудников 3-й Ленской экспедиции ЦНИГРИ в 1952-57 гг. Ими проведена оценка территории на рудное и россыпное золото. Результаты работ обобщены в сводной геологической карте масштаба 1:100000 и полистных государственных картах масштаба 1:200000. В 1964-67 гг. на большей части территории, не вошедшей в площади поисково-съёмочных работ масштаба 1:25000, проведена полистная геологическая съёмка масштаба 1:50000, сопровождавшаяся поисками месторождений рудного и россыпного золота. Обобщение результатов геолого-поисковых работ, а также дополнительное изучение геологического строения и рудоносности Маракано-Тунгусского района проведено Бодайбинской экспедицией ИГУ. Авторами предложена полигенная гипотеза формирования золотого оруденения и даны рекомендации по направлению ГРР на рудное и россыпное золото [5].

В 1984-86 гг. в бассейне рр. Бодайбо и Маракан, включая и площадь участка работ, проводилось геологическое доизучение масштаба 1:50000. В результате этих работ установлены факторы локализации редкометального и золотого оруденения [8]. В 1986 году была завершена работа по прогнозной оценке центральной части Ленского золоторудного района на рудное золото кварцево-жильного типа. В 2007 г. составлена «Карта золотоносности Ленского горно-промышленного района» масштаба 1:100000 [7].

Геохимическая изученность

В процессе геолого-съёмочных работ масштаба 1:25000 (1966 г.) вся площадь была изучена шлиховым и геохимическими методами. Из 1620 проанализированных шлиховых проб со всей площади съёмочных работ золото в виде единичных знаков установлено лишь в 70 разрозненных пробах. В шлихах повсеместно установлены в знаковых содержаниях: циркон, сфен, рутил, лейкоксен, магнетит, флоренсит. В верховьях руч. Медвежьего выявлены висмутин, шеелит. На всей площади съёмки проведено опробование по вторичным ореолам рассеяния и частично по потокам рассеяния. Проанализировано 15160 проб на золото, всего выявлено 96 вторичных ореолов рассеяния.

В начале 80-х годов XX века проведено площадное опробование по вторичным ореолам рассеяния в комплексе с геофизическими методами в масштабе 1:50000. Выявлены многочисленные контрастные вторичные ореолы рассеяния золота за пределами месторождения Ожерелье [7].

Геофизическая изученность

На площади месторождения проведена гравиметрическая съёмка (1961 г.), аэрогеофизическая съёмка масштаба 1:25000 (1978 г.), наземная геофизическая (гравиразведка и электроразведка) и литохимическая съёмка масштаба 1:50000. Радиометрическими наблюдениями сопровождалась все геологические маршруты, горные выработки (шурфы и канавы). Радиактивность пород колеблется от 6 до 25 мкР/час. Радиоактивные аномалии не выявлены [6].

Поисковая изученность

Изучение россыпной золотоносности бассейна р. Маракан началось в 19 веке старателями, когда была выявлена мелкозалегающая золотая россыпь в вершине руч. Медвежьего. В 1947 г. была разведана неглубокая россыпь по руч. Томиловскому. В 1950 г. были начаты буровые работы на р. Маракан – пройдена линия № 1 ниже устья руч. Веселяевского, определившая перспективность долины на выявление россыпи золота. Разведочные работы на Мараканской россыпи в основном были завершены к началу 60-х годов. В итоге был сделан вывод о дальнеприносном характере россыпи, не имеющей источников в бассейне р. Маракан [4].

С 1999 по 2004 г. ЗАО «СибГК» проводила геологическое изучение на площади Мараканского участка, охватывающего верховья р. Ваца и бассейн нижнего течения р. Маракан. В результате этих работ были выявлены месторождения Ожерелье и Ыканское (2004 г.) [1, 2, 3]. Основной объём работ на месторождении Ожерелье был сосредоточен на рудной зоне № 1, которая выглядит наиболее перспективной по своим параметрам. Проект на

разведку рудного золота на месторождении Ожерелье на 2006-2010 гг. был согласован в «Иркутскнедра» в 2007 году.

В июне 2009 г. ООО «ВитимПромСервис» продолжило бурение скважин и горные работы, а затем обработало и проанализировало пробы по скважинам. В 2010 году права на недропользование месторождения «Ожерелье» получило ОАО «Высочайший». В рамках проекта на разведку рудного золота на месторождении «Ожерелье» продолжились геологоразведочные работы путем проходки поверхностных горных выработок (бульдозерные траншеи, шурфы) и бурения колонковых скважин [7].

Геологическое строение района и рудного поля месторождения Ожерелье

Рудное поле месторождения Ожерелье локализовано в пределах Мамско-Бодайбинского синклинория, характеризующегося развитием линейно-складчатых разрывных структурных комплексов. По металлогеническому районированию рудное поле «Ожерелье» расположено в Мараканском рудном узле Маракано-Тунгусского рудного района. Рудное поле месторождения «Ожерелье» сложено метаморфизованными терригенными отложениями бодайбинской серии рифей-вендского возраста, представленными аунакитской, вачской, анангской и догалдынской свитами. Золотоносные минерализованные зоны рудного поля «Ожерелье» локализованы в надвиговой зоне, черносланцевых породах нижней подсвиты догалдынской свиты (R_3-Vdg_1), в ядерной части запрокинутой Маракано-Тунгусской синклинали – структуры II порядка Бодайбинского синклинория. Осложнение в районе рудного поля рифей-вендских образований надвиговыми дислокациями привело к формированию в их пространстве запрокинутых лежащих складок 3-его порядка, к которым и приурочены рудные участки минерализованных зон [7].

Стратиграфия

Аунакитская и вачская свиты прослеживаются на восточном и северо-восточном флангах рудного поля месторождения и составляют верхнюю часть запрокинутого крыла Маракано-Тунгусской синклинали. Аунакитская свита (R_1-Vau) представлена верхами верхней подсвиты, сложенной кварцевыми песчаниками с прослоями углеродистых сланцев кварц-серицитового, серицит-кварцевого состава и сланцами мусковит-серицит-хлоритовыми с пойкилобластами граната или кварца. Максимальная мощность вскрытого разреза верхнеаунакитской подсвиты – 120 м.

Вачская свита (R_1-Vvc) сложена черными высокоуглеродистыми слюдисто-кварцевыми сланцами и высокоуглеродистыми кварцевыми метапесчаниками. Отложения свиты узкой полосой прослеживаются в восточной и северо-восточной части площади с максимальной мощностью в 60-80 м. На контакте вачской и анангской свит выделена переходная пачка ($R_3-Vvc-an_1$), представленная плагиосланцами серицит-хлоритовыми и высокоуглеродистыми серицит-кварцевыми сланцами с прослоями углеродистых кварцевых песчаников [7].

Анангская свита (R_3-Van) представлена обеими подсвитами, но из-за проявления интенсивного чешуйчатого надвигообразования полноту разреза оценить довольно сложно. Нижнеанангская подсвита (R_3-Van_1) сложена метапесчаниками мелкозернистыми и тонкозернистыми серыми часто биотитовыми кварц-полевошпатовыми с прослоями сланцев зеленовато-серых слабо углеродистых слюдисто-хлоритовых, гранат-слюдистых. Сланцы отмечаются как в маломощных прослоях в песчаниках, так и составляют пласты мощностью до 10–15 м. Предполагаемая мощность отложений подсвиты 150-170 м. Верхнеанангская подсвита (R_3-Van_2 , разделена на два горизонта) сложена переслаивающимися метапесчаниками кварц-полевошпатовыми и сланцами углеродистыми слюдистыми и гранат-слюдистыми. Переслаивание обычно грубое, мощность пластов от десятков сантиметров до первых метров. Количественное соотношение пород меняется, но чаще песчаники и сланцы присутствуют в разрезе в равных количествах. Видимая мощность подсвиты достигает 80 м. Предполагаемая мощность верхнеанангской подсвиты достигает 150-170 м. На контакте верхнеанангской подсвиты с нижнедогалдынской подсвитой выделена переходная пачка ($R_3-Van_2^{2-dg_1}$), представленная углеродистыми сланцами серицит-хлоритовыми с мусковитом, кварцито-сланцами серицитовыми углеродистыми, часто с анкеритом и

пирротином. Мощность переходной пачки около 40 м.

Сис-те-ма	Индекс	Колонка	Мощность, м.	Характеристика подразделений
	Q		0,5-30	Рыхлые нерасчлененные четвертичные отложения
R ₃ -V	dg		>150	Догалдынская свита. Песчаники известковистые и углеродистые, метапесчанки, алевролиты, сланцы, линзы гравелитов
	an		>170	Ананурская свита. Известковистые песчаники, углеродистые сланцы, алевролиты, гнейсы, кварциты, линзы известняков
	vc		60-80	Вачская свита. Высокоуглеродистые и графитистые кварцевые сланцы, метапесчаники
	au		>120	Аунаkitская свита. Углеродистые и известковистые песчаники, углеродистые слюдясто-кварцевые сланцы, графит-биотитовые графитистые сланцы с гранатом, кварциты

Рис. 2. Схематическая литолого-стратиграфическая колонка района

Догалдынская свита составляет ядерную часть Маракано-Тунгусской синклинали и вскрывается как в нормальном, так и в запрокинутом ее крыльях, представлена образованиями нижней подсвиты в полном объеме и средней подсвиты – фрагментарно. Нижнедогалдынская подсвита (R₃-Vdg₁) сложена переслаивающимися биотитовыми, хлорит-биотитовыми, биотит-хлоритовыми сланцами и кварцито-сланцами, кварцитопесчаниками карбонатизированными. Часто отмечаются прослои углеродистых пород. Верхняя часть подсвиты сложена пачкой безбиотитовых углеродистых пород в переслаивании с кварцито-сланцами, кварцито-песчаниками. Этот не карбонатизированный безбиотитовый горизонт является минерализованной зоной. Мощность лежащего крыла до 150 м, висячего - до 100 м. Среднедогалдынская подсвита (R₃-Vdg₂) составляет внутреннюю часть лежащей синклинали и представлена биотит-мусковит-хлоритовыми сланцами в переслаивании с кварцито-сланцами, кварцито-песчаниками. Все породы подвержены интенсивной карбонатизации. Мощность образований не превышает 10-15 м [7].

Изложенная стратиграфия района месторождения Ожерелье (рис. 2) предложена в 2009-2010 гг. (Власов А. Н., Корева А. И.) в результате геологического изучения территории, включая описание значительного объема керна скважин. В целом, стратиграфическое расчленение пород, слагающих месторождение Ожерелье, неоднозначно, что связано с отсутствием в разрезе четких маркирующих горизонтов известняков и сложной изоклиальной складчатостью более высокого порядка.

Четвертичные образования в районе месторождения характеризуются сильной литолого-фациальной изменчивостью. Мощности рыхлых отложений колеблются от 0,5 м до 20-30 м в долинах рек [2].

Тектоника

В тектоническом отношении месторождение Ожерелье приурочено к северо-восточному крылу Маракано-Тунгусской синклинали II порядка (рис. 3). На площади работ выделена сложная складчатая структура III порядка – лежащая (и ныряющая) синклиналь с переходом к северу и югу в антиклиналь. Висячее крыло синклинали почти полностью эродировано. Эти структуры являются изоклиальными. Падение осевых поверхностей восточное-северо-восточное угол падения 8-12°. В ядре синклинали залегают породы догалдынской свиты (рис. 4). Ядро антиклинальной структуры, расположенной гипсометрически выше, сложено породами верхнеаунаkitской подсвиты, а ниже лежащей антиклинали – породами второй пачки нижней подсвиты догалдынской свиты. Ныряющее положение плоскости синклинальной складки определяется влиянием Больше-Патомского гранито-гнейсового

купола, который за счет апофиз, дайковых тел создавал незначительные купольные структуры, в верховьях р. Средний Маракан, руч. Антиугольный, с которыми, возможно парагенетически и связано золотое оруденение [7].

Рис. 3. Фрагмент геологической карты района (по данным ООО НПФ «Геопрогноз»)

Осложняющая складчатость более высокого порядка распространена повсеместно: породы дислоцированы, смяты в микроскладки, часто отмечается ложный кливаж. Наряду со складкообразованием развиты мелкие сдвиги, микронадвиги, плоскостные смещения с разрывом сплошности пород. В целом, подобные тектонические явления способствуют смещению комплексов пород на десятки и сотни метров, что можно рассматривать как надвиг. Обычно смещения субпараллельны слоистости, иногда секут ее под острым углом.

Элементы разрывной тектоники в связи с плохой обнаженностью выделяются неоднозначно, но удалось идентифицировать разломы субширотного и субмеридионального простирания, в основном, приуроченные к современным водотокам. Основные критерии выделения дизъюнктивных элементов – геоморфологические и выявленные небольшие по амплитуде (первые метры) смещения. По р. Догалдын-Артемовский выделяется глубинный разлом с заложением в нижних структурных этажах. Зоны трещиноватости проявлены слабо, имеют, в основном, субмеридиальное простирание при крутом западном падении. Частота встречаемости: 1-2 трещины на 1 м. Трещиноватость характерна для хрупких пород, а в пластичных углеродистых сланцах, как правило, не проявлена [7].

Рис. 4. Геологический разрез в районе месторождения Ожерелье (по данным ООО НПФ «Геопрогноз»)

Магматизм и метаморфизм

Магматические образования выявлены на водоразделе рр. Средний Маракан-Саталах. Откартирована дайка лейкократовых гранит-порфиров с мусковитом, хлоритом, частично серицитизированных. Наряду с породами массивной текстуры выделены рассланцованные разности. Мощность дайки не превышает 15-20 м, ориентирована субмеридиально.

Породы в районе месторождения Ожерелье метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой фации, что проявляется в повсеместном формировании биотита, граната, амфибола. Отмечается частичная или полная хлоритизация биотита с образованием тонкопластинчатого рудного минерала в центральных частях порфиробластических образований. Указанные изменения отражают регрессивную стадию метаморфизма. Гранат характерен для пород анангской свиты. В юго-восточной части площади в сланцах верхнеанангской подсвиты гранат образует порфиробласты неправильной формы, реже идиобласты в биотитовых сланцах и пойкилобласты в хлорит-мусковитовых сланцах. В северо-западной части площади гранат встречается во всех отложениях анангской свиты, и представлен относительно крупными идиобластами. Амфибол представлен обыкновенной зеленой роговой обманкой, присутствует в отложениях верхнеанангской подсвиты и нижнедогалдынской подсвиты.

На площади месторождения присутствуют также породы кварцевого, кварц-карбонатного и карбонат-кварцевого состава, образующие послойные тела или секущие слоистость под небольшим углом. Мощность тел от первых десятков сантиметров до первых десятков метров, контакты с окружающими породами постепенные. В телах видимой мощностью более 8-10 м центральные части сложены мраморовидными крупнокристаллическими образованиями кальцит-доломитового состава. Породы содержат новообразованный пирит, иногда кристаллы турмалина [7].

Золоторудная минерализация

Золоторудная минерализация района месторождения «Ожерелье» картируется в виде зон интенсивной гидротермально-метасоматической переработки, а участки с повышенным содержанием золота классифицируются как рудные жильно-прожилковые зоны. Минерализованные зоны контролируются зоной надвиговых дислокаций. Вмещающие породы догалдынской свиты (R_3-Vdg_2), в значительной доле представлены углеродсодержащими алевролитами, сланцами с прослоями песчаников. В пределах зоны рассланцевания породы интенсивно переработаны метасоматическими процессами. Рудные жильно-прожилковые зоны представляют собой сочетание жил, согласных сланцеватости и поверхности надвига и косесекущих жил, образующих кулисную систему внутри надвиговой зоны.

Минерализованные зоны картируются по геологическим признакам и представляет собой зону интенсивной гидротермально-метасоматической переработки - это зона бурошпатизации и мусковитизации, на которую наложена золотоносная жильно-прожилковая бурошпат-кварцевая минерализация. Минерализованная зона характеризуется достаточно отчетливыми геологическими границами - кроме наличия значительного количества жильно-прожилкового материала в поверхностных условиях от вмещающих пород минерализованная зона отличается также рыжим цветом рассланцованных вмещающих пород. Насыщенность

же минерализованной зоны жильно-прожилковым материалом различна и золотоносность определяется степенью этой насыщенности - в рудных интервалах она составляет обычно 5 – 15%, иногда достигая 30–40 %. Минерализованная зона имеет сложное внутреннее строение. Жилы и прожилки, изученные в карьере, в канавах, расчистках и по керну скважин, представлены несколькими генерациями, имеют различную морфологию и ориентировку. Первая генерация представлена кианит-кварцевыми жилами и прожилками. Мощность таких жил обычно не превышает 0,4-0,5 м. Вторая рудная генерация представлена бурошпат-кварцевыми жилами и прожилками, которые, в основном, и образуют рудную жильно-прожилковую зону. Третья генерация жил и прожилков – секущие по отношению к складчатой структуре жилы, имеющие обычно субвертикальное залегание и плитообразную морфологию. В пределах рудного поля на стадии поисковых и оценочных работ также было выделено 5 минерализованных зон, откартированных в надвиговой зоне [7].

Геологическое строение месторождения Ожерелье

Месторождение Ожерелье расположено на стрелке рр. Маракан и Догалдын-Артемовский на крутом склоне. Это зона интенсивной гидротермально-метасоматической проработки, локализованная межнадвиговом пространстве, мощностью от 20 до 120 м между двумя надвиговыми плоскостями (аз. пад. 110°, угол 40°), в лежащей антиклинальной складке, сложенной черносланцевым литокомплексом верхов анангской и низов догалдынской свит [7].

Краткая характеристика рудовмещающих пород

Верхнеанангская подсвита расчленена на два горизонта. Нижний горизонт верхнеанангской подсвиты ($R_3\text{-Van}_2^1$) представлен сланцами гранат-биотит-хлоритовыми с крупными порфиробластами граната, сланцами слюдисто-хлоритовыми с пойкилобластическим гранатом, сланцами биотитовыми с редкими зернами граната. В подчиненном количестве присутствуют сланцы и алевросланцы углеродистые и серицит-хлоритовые. В отложениях нижнего горизонта отдельных пробах отмечаются высокие (рудные) содержания золота.

Верхний горизонт верхнеанангской подсвиты ($R_3\text{-Van}_2^2$) сложен монотонными зеленовато-серыми гранат-биотит-хлоритовыми сланцами с маломощными тонкоритмичными прослоями темных серицит-хлоритовых сланцев с повышенным содержанием углеродистого вещества. В целом, в отложениях верхнего горизонта золоторудная минерализация отсутствует, но в отдельных пробах отмечены высокие содержания золота.

На контакте верхнеанангской подсвиты с нижнедогалдынской подсвитой выделена переходная пачка ($R_3\text{-Van}_2^2\text{-d}_{g1}$), представленная углеродистыми сланцами серицит-хлоритовыми с мусковитом, кварцито-сланцами серицитовыми углеродистыми, часто с анкеритом и пирротинном. В отложениях переходной пачки отмечаются единичные пробы с повышенным содержанием золота.

Нижнедогалдынская подсвита ($R_3\text{-Vd}_{g1}$) подразделяется на два горизонта с выделением переходной пачки между ними. Нижний горизонт ($R_3\text{-Vd}_{g1}^1$) сложен переслаивающимися биотитовыми, хлорит-биотитовыми, биотит-хлоритовыми сланцами и кварцито-сланцами, кварцито-песчаниками карбонатсодержащими. Часто отмечаются прослои углеродистых пород.

Переходная пачка ($R_3\text{-Vd}_{g1}^1\text{-d}_{g1}^2$) представлена породами ниже- и выше залегающих горизонтов в тонкоритмичном переслаивании с постепенным уменьшением содержания биотита и увеличением углеродистости сланцев вверх по разрезу.

Верхний горизонт ($R_3\text{-Vd}_{g1}^2$) сложен пачкой безбиотитовых углеродистых пород в переслаивании с кварцито-сланцами, кварцито-песчаниками. Именно к этому горизонту приурочена *золоторудная минерализация (минерализованная зона)*. Отложения верхнего горизонта характеризуются отсутствием биотита, повышенным содержанием углеродистого вещества и наличием сульфидной минерализации [2, 3, 7].

Морфология рудных тел

Минерализованная зона № 1 (рис. 4) выделяется по геологическим признакам и представляет

собой зону интенсивной гидротермально-метасоматической переработки - это зона бурошпатизации и мусковитизации на которую наложена золотоносная жильно-прожилковая бурошпат-кварцевая минерализация. Минерализованная зона характеризуется достаточно отчетливыми геологическими границами – наличием значительного количества жильно-прожилкового материала и в поверхностных условиях также рыжим цветом рассланцованных пород. Насыщенность же минерализованной зоны жильно-прожилковым материалом различна и золотоносность определяется степенью этой насыщенности - в рудных интервалах она составляет обычно 5-15 %, иногда достигая 30-40 %. Минерализованная зона уверенно фиксируется и по результатам анализов - на фоне совершенно «безрудных» вмещающих ее неизмененных пород зона выделяется содержаниями золота более 0,05 - 0,1 г/т.

Внутри минерализованной зоны по результатам опробования выделяются рудоносные зоны (тела), геометризующиеся на основании оконтуривания по содержаниям золота более 0,2 г/т в 5 метровом интервале. Рудные тела внутри минерализованной зоны представляют пологие жильно-прожилковые рудные зоны с залеганием близким к залеганию сланцеватости. (преобладающие углы падения – 15^0 на ВСВ). Морфология рудных тел (рудных зон) меняется в зависимости от бортового содержания. При бортовом содержании 0,6 г/т рудные зоны распадаются на отдельные обогащенные участки, проблематичные для отработки. Три рудосодержащие минерализованные зоны уверенно фиксируются по бортовому содержанию золота 0,2 г/т и прослеживаются по большинству буровых линий. Площадное распространение рудных зон неравнозначно [3, 7].

Характеристика золоторудной минерализации

Основным носителем золота являются кварцевые жилы и прожилки. Выделяются несколько генераций. *Первая генерация* представлена кианит-кварцевыми жилами и прожилками. Мощность таких жил обычно не превышает 0,4-0,5 м, они залегают как субсогласно сланцеватости и слоистости, так могут и сечь ее под разными углами [2, 3, 7].

Вторая рудная генерация представлена бурошпат-кварцевыми жилами и прожилками, которые в основном и образуют рудную жильно-прожилковую зону. Процесс формирования этих жил и прожилков является *главным рудным процессом*, он значительно растянут во времени и развивается на начальной стадии вместе с интенсивной бурошпатизацией пород, на завершающей – вместе с интенсивной мусковитизацией. При надвигообразовании начинается процесс с рассланцевания и образования согласных сланцеватости зон бурошпатизации мощностью от первых миллиметров до первых сантиметров. Внутри зон при этом образуются нитевидные согласные или субсогласные кварц-бурошпатовые прожилки. Количество кварца в прожилках возрастает по мере увеличения их мощности. Кварц в бурошпат-кварцевых жилах обычно гранулированный мелкозернистый белый, в центральных частях мощных жил часто отмечаются участки стекловатого дымчатого кварца. Грануляция кварца имеет тектоническую природу и происходила при деформации кварца в процессе рассланцевания. Бурый шпат слагает зальбанды жил чаще в виде сплошной «каймы» сросшихся кристаллов. Часто внутри относительно мощных жил отмечаются параллельные контактам бурошпатовые агрегаты, в том числе с реликтами вмещающих пород. При значительных деформациях жил образуются агрегаты из ксенолитов вмещающих пород и бурого шпата. Сульфидная минерализация в бурошпат-кварцевых жилах отмечается очень редко в незначительных количествах, обычно это пирит, реже – пирротин. Золото в жилах и прожилках приурочивается либо к зальбандовой бурошпатовой кайме, либо к реликтовой бурошпатовой кайме внутри жил (рис. 5) [7].

Рис. 5. Золото, приуроченное к зальбанде кварц-буровошпотового секущего прожилка [7]

Кроме собственно жил и прожилков в минерализованной зоне отмечается еще один морфологический тип проявления бурошпат-кварцевой золоторудной минерализации – так называемые «бурундучные» руды. Они представляют собой зонки рассланцевания мощностью до 0,2 – 0,3 м, в которых, в условиях почти «непрерывных» подвижек, в рудный этап формировались бурошпат-кварцевые жилки и прожилки. В результате деформаций жильный материал дробился, «растаскивался» и новые прожилки бурошпат-кварцевого состава формировались в новообразованных зонах дробления, разделенных мусковитовыми (с углеродистым веществом) зонками рассланцевания [7].

Рис. 6. Пример кварцевых жил в отложениях верхнего горизонта верхнедогалдынской подсветы [7]

Золото в минерализованной зоне очень крупное. Согласно расситовке золота около 70% золота имеет размер золотинок более 2 мм, в том числе 13–18 % - более 7 мм. Нередко отмечаются золотины размером 20–40 мм.

Третья генерация жил и прожилков (рис. 6) является пострудной. Это субсогласные сланцеватости маломощные жилы и прожилки, сложенные крупнозернистым дымчатым до «морионистого» кварцем. Отмечается вкрапленность довольно крупных кристаллов (до 1 см) пирита.

Четвертая генерация представлена субвертикальными прожилками пирит-кальцитового состава субмеридионального простирания. Они пересекают все генерации жил и прожилков и

также являются пострудными [7].

Генезис месторождения (по представлениям А.И. Иванова) полихронный. Важен основополагающий первый седиментационный этап накопления золота в осадках и его последующее укрупнение и высвобождение из углеродистой массы в процессах диагенеза и катагенеза. Без этого процесса переход от концентраций золота, близких к кларковым, в рудные концентрации, был бы невозможен. Именно золотины, возникшие на этой стадии, явились основой для адсорбции золота из метаморфогенных и гидротермальных растворов. Косвенным доказательством существования «седиментационного» золота служит наличие неоднородности статистического распределения золота [1, 2, 3, 7]. Сложное, прерывистое распределение концентраций золота на площади месторождения характеризует план изоконцентраций содержания золота на площади месторождения (рис. 7).

Рис. 7. План изоконцентраций содержания золота [7]

Группа сложности месторождения

Особенности оруденения месторождения «Ожерелье»: наличие крупного золота, гнездовый характер его концентраций, низкая, но весьма контрастная насыщенность рудовмещающих зон рудным веществом, невыдержанность контуров рудовмещающих зон как по мощности, так и в их плоскости, свидетельствуют об очень сложном его строении и большой трудности геометризации рудных обособлений. Месторождение относится к мелким, к 4-ой группе сложности [7, 3].

Гидрогеологическая характеристика района месторождения

В гидрогеологическом отношении район месторождения расположен в пределах Витимо-Патомской гидрогеологической складчатой области, сложенной древними метаморфизованными породами верхнепротерозойского возраста. Важным фактором, определяющим гидрогеологические условия района, является развитие многолетней мерзлоты, обусловленное низкой ($-6,8^{\circ}\text{C}$) среднегодовой температурой воздуха. Особенности распределения подземных вод в районе подчиняются региональным закономерностям, которые определяются, прежде всего, наличием трех основных типов гидрогеологических структур: гидрогеологические массивы, обводненные разломы и наложенные бассейны. Последние приурочены к рыхлым образованиям четвертичного возраста в долинах рек и ручьев [7].

В целом для Витимо-Патомской складчатой области, расположенной в пределах Патомского нагорья, характерно: равномерное распределение атмосферных осадков с годовой суммой 400-600 мм, однородное строение поверхности рельефа с относительными превышениями 200-600 м, наличие криолитозоны, средняя сейсмичность (в пределах 7 баллов). Основная статья восполнения ресурсов подземных вод – атмосферные осадки, 70% которых выпадает в

теплое время года. Наличие многолетней мерзлоты существенно снижает скорость фильтрации атмосферных осадков в толщу горных пород и способствует их быстрому стеканию в русловую сеть. Другими факторами, препятствующими инфильтрации, являются: сильная расчлененность рельефа, облегчающая поверхностный сток; глубокое (до 3 м) сезонное промерзание пород, продолжающееся почти 3/4 года. Инфильтрация атмосферных осадков практически не проникает ниже глубины деятельного слоя, сосредоточена в приповерхностной части геологического разреза, не превышающей первых метров по мощности, и обеспечивает интенсивное питание поверхностных водотоков, вызывая тем самым стремительное увеличение расхода воды в реках с началом дождей и снеготаяния.

Пополнение естественных ресурсов подземных вод в основном происходит по таликам, развитым в долинах рек и под крупными озерами, а также в зонах тектонических нарушений и на талых участках склонов южной экспозиции. По типу коллектора и условиям формирования выделяются три основных типа подземных вод, приуроченные к двум формациям водовмещающих пород:

- порово-пластовые воды рыхлых четвертичных отложений;
- трещинно-пластовые и трещинно-жильные воды коренных пород.

По характеру взаимоотношений с многолетнемерзлыми породами воды могут быть: надмерзлотными, межмерзлотными и подмерзлотными [2, 7].

Геологические запасы

С 1999 по 2004 г. ЗАО «СибГК» проводила геологическое изучение на площади Мараканского участка. В результате этих работ были выявлены месторождения Ожерелье и Ыканское. Основной объем работ на месторождении Ожерелье был сосредоточен на рудной зоне № 1 – наиболее перспективной по своим параметрам. В результате этих работ были утверждены запасы рудного золота в количестве: категории С₁ – 525 кг, категории С₂ – 3336 кг и прогнозные ресурсы категории Р₁ – 13190 кг и Р₂ – 10117 кг [1, 2]. В 2010 году права на недропользование месторождения «Ожерелье» получило ОАО «Высочайший», которое и ведет разработку данного месторождения сейчас.

В 2013 г. ООО НПФ «Геопрогноз» выполнил ТЭО постоянных разведочных кондиций, в итоге подсчет запасов по месторождению Ожерелье был выполнен в границах лицензии на пользование недрами по результатам буровых работ, выполненных в 1999-2011 гг. Запасы по вариантам подсчитаны по состоянию на начало 2013 г. Основным видом работ, положенным в основу оценки запасов месторождения «Ожерелье», явились скважины колонкового бурения. В пределах рудовмещающей толщи были выделены 3 рудоносные зоны: «первая» (верхняя зона), «вторая» (средняя зона) и «третья» (нижняя рудовмещающая зона). Подсчет запасов рудного золота произведен для разных вариантов бортового содержания [6].

Наиболее компактно оруденение было геометризовано при варианте 0,4 г/т, среднее содержание золота при этом находится на уровне содержания золота в рудных месторождениях Ленской золоторудной провинции, а оконтуривание при таком бортовом содержании обеспечило оптимальный уровень охраны недр. Были утверждены следующие постоянные кондиции: бортовое содержание 0,4 г/т, запасы руды 1850 тыс. т., среднее содержание золота 2,448 г/т, запасы золота 4529 кг, минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде 1,6 г/т, минимальная мощность рудных тел, включенная в подсчет запасов 5 м, оптимальная расчетная глубина карьера 85 м [7].

Заключение

С 1999 по 2004 г. проведено геологическое изучение на площади Мараканского участка, и в результате этих работ было выявлено месторождение Ожерелье, были утверждены запасы рудного золота. Основные выводы по результатам проведенных разведочных и эксплуатационных работ сводятся к следующему [7]:

- Месторождение по геологическому строению, вещественно-формационной принадлежности отнесено к сульфидно-кварцевой формации золоторудных месторождений, залегающих в черносланцевых толщах;
- Внутреннее строение рудных залежей характеризуется сложной морфологией,

беспорядочным чередованием относительно богатых и бедных участков, высокой прерывистостью;

- Распределение золота внутри рудных залежей крайне неравномерное;
- Оруденение сосредоточено в трех пластообразных рудосодержащих зонах с бортовым содержанием 0,2 г/т, залегающих друг над другом и разделенными некондиционными перерывами мощностью от 6 до 20 м. Морфология залежей характеризуется линзообразной формой с достаточно большими колебаниями мощности (от 5 до 130 м). Залегание залежей пологое – около 10-15°;
- Золото локализуется в пределах благоприятных для сульфидно-кварцевого оруденения породах нижней подсвиты догалдынской свиты, представленной углеродистыми сланцами, слагающими ядерную часть запрокинутой, изоклинальной, лежащей антиклинальной складки;
- Золото не имеет четкой приуроченности к каким-либо рудным минералам; его выделения зафиксированы в кварце, пирротине, пирите и в свободном состоянии в углеродистых сланцах, тяготеющих к кварц-карбонатным выделениям;
- По сложности внутреннего строения залежей, распределению в них обогащенных золотом участков, практически трудно увязываемых в пространстве и имеющих явно выраженную прерывистость, месторождение относится к 4-ой группе сложности;
- Результаты исследования на попутные полезные ископаемые показали, что единственным полезным компонентом, имеющим промышленное значение, является золото.

Список использованной литературы:

1. Иванов А.И. Месторождение «Ожерелье» - новый тип коренных месторождений золота в Бодайбинском рудном районе (Известия Сиб. отделения секции наук о Земле РАЕН, вып. 6) / Иркутск, 2008
2. Иванов А.И. и др. Отчет о результатах геологоразведочных работ на золоторудном месторождении «Ожерелье» за 1999-2004 гг. с подсчетом запасов на 01.09.2004 г. / Иркутск, 2004
3. Иванов А.И. и др. Техничко-экономическое обоснование временных разведочных кондиций месторождения «Ожерелье» / Иркутск, 2004
4. Казакевич Ю.П. Золотоносная россыпь р. Маракан / Иркутск, 1962
5. Коткин В.В. Геологическое строение, полезные ископаемые и прогнозная оценка Маракано-Вачского района / Иркутск, 1970
6. Кулаков А.Р. Отчет о результатах геофизических работ в пределах Мараканской рудоносной площади Бодайбинского рудного района за 1979-1992 гг. / Иркутск, 1993
7. Учитель М.С. и др. Техничко-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций золоторудного месторождения «Ожерелье» / Иркутск, 2013
8. Фалилеев А.Н., Агеев Ю.Л. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Маракан и Бодайбо / Иркутск, 1988