

**В.В. Слостников**

## **МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ ТИП РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ВЕРХНЕЕ– ЗОЛОТОЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Цель проведенного исследования – доизучение петрографического состава пород, слагающих рудопоявление Верхнее-Золотое (Россия, Приморский край) и уточнить его минерагенический тип. Было изучено 70 шлифов и 19 аншлифов, отобранных из керна скважин, отбуренных в 2014 г. компанией N-Mining LLC. Результаты исследования показали, что определенные в шлифах разности вмещающих пород – туфов и туфопесчаников преимущественно андезитового состава, относимых к Синанчинскому комплексу, как и описанные в них вторичные изменения хорошо соответствуют обстановке развития медно-порфировой системы на периферии стратифицированной вулканической постройки. Состав и стадийность образования рудоносных прожилков хорошо соответствуют модели прожилкования для молибден-медно-порфировых систем. Присутствие в прожилках как медной, так и полиметаллической минерализации на фоне пересечения скважинами, по которым были отобраны образцы, только безрудных субвулканических тел позволяет отнести исследованную часть рудопоявления к краевой части медно-порфировой системы с полиметалльно-медной минерализацией эпitherмальных жил [28]. Основным выводом на основе полученных данных – возможность отнесения рудопоявления Верхнее-Золотое как к медно-порфировому типу, так и, с меньшей вероятностью, переходному к медно-колчеданному типу.

Ключевые слова: рудопоявление Верхнее-Золотое, Приморский край, Синанчинский комплекс, Синанчинская свита, медно-порфировая система, стадийность прожилкования, петрография.

### **Введение**

**Р**удопоявление Верхнее-Золотое расположено в Красноармейском районе Приморского края на правом берегу р. Валинку в верховьях руч. Левого Золотого в 80 км к востоку от пос. Восток и 150 км от районного центра г. Дальнегорск. Рудопоявление приурочено к Звездному рудному узлу, ближайшее месторождение – Звездное (олово), находится в 16 км к юго-востоку.

Рудопроявление было открыто и разведано в 1950–1990-х гг., однако на тот момент оно не удовлетворяло имеющимся кондициям и потому не было переведено в разряд месторождения. Результаты поисковых и разведочных работ того периода наиболее полно изложены в отчете Рошинской ГРЭ по разведочным работам от 1994 г. Начиная с 2014 г. компанией N-Mining LLC на рудопроявлении проводится комплекс поисковых и разведочных работ, включающий геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния, геофизические исследования (магнитометрия, ВЭЗ-ВП), поисковое и разведочное бурение с целью доразведки объекта и перевода его в статус месторождения.

Вопрос о промышленном типе рудопроявления был и остается остро дискуссионным по сей день. В строении рудопроявления и его оруденении, относимому к медно-порфировому типу можно также найти признаки колчеданного месторождения. Так как медно-порфировые системы представляют весьма хорошо исследованный тип месторождения, обладающий весьма специфическими особенностями [4; 8; 12; 15; 28], нами была поставлена задача уточнить его тип методом исследования петрографического состава вмещающих пород и прожилков, минерального состава руд.

С этой целью были решены следующие задачи:

- 1) уточнено строение рудовмещающей толщи;
- 2) определен состав рудных минералов;
- 3) определены состав и строение прожилков, очередность выделения генераций минералов в них.

### **Геологическое строение рудопроявления Верхнее-Золотое**

Рудопроявление Верхнее-Золотое локализовано на территории Журавлевско-Амурского террейна – фрагменте активной в позднемеловое время континентальной окраины, на периферии вулкано-тектонической депрессии диаметром около 10 км. Оно представлено зонами прожилково-вкрапленного медного оруденения с подчиненным прожилковым полиметаллическим оруденением, наложенным на вулканогенные породы верхнемелового возраста. По результатам работ коллектива Таежной ГРЭ, в 1980-х и 1990-х гг. рудопроявление было отнесено к новому типу комплексных олово-меднопорфировых месторождений, что хорошо коррелируется с его геотектонической позицией. Геохимическими работами 2014 г. обосновано отнесение данного рудопроявления к медно-порфировому типу по

таким признакам как особенности геохимической зональности первичных и вторичных ореолов рассеяния, строению рудопроявления, элементному составу руд.

Рудовмещающей толщей являются породы сеноман-туронского возраста, относимые к синанчинскому комплексу вулканогенных пород [16]. Породы Синанчинского комплекса описаны в узкой полосе вдоль приморского побережья Тихого океана [19]. В состав комплекса объединяются покровы туфов и лав преимущественно андезитового, дациандезитового состава. В районе месторождения Искра (олово, Кавалеровский район Приморского края) к данному комплексу относят серию дайковых тел [5]. На территории рудопроявления породы Синанчинского комплекса были выделены как свита с разделением на верхнюю и нижнюю подсвиты. Ввиду того, что отложения комплекса отличаются весьма сильной фациальной изменчивостью, буровыми работами 2014 г. не были подтверждены указанные в [11; 16] мощности подсвит, в настоящей статье мы оперируем термином «комплекс пород», как было сделано в [5]. Нижняя часть комплекса сложена песчаниками и гравелитами с редкими горизонтами туфов и лав андезитобазальтового состава, мощность — около 500 м. Верхняя часть комплекса имеет мощность около 500–600 м. Вверх по разрезу она представлена туфами андезитов, андезибазальтов с маломощными линзовидными прослоями лав базальтового состава, туфов дацитового состава, алевролитовых и псаммитовых туффигов. Выше залегают туфы андезитового, дацитового и смешанного состава с маломощными прослоями туфопесчаников, туфогравелитов и туфоконгломератов. В верхах серии в слабо эродированных блоках на право- и левобережье руч. Левого Золотого описаны туфы дацитов, риолито-дацитов, дацитов с прослоями туфов андезитового состава. Разведочное бурение, проведенное в 2014 г. вскрыло верхнюю часть комплекса, сложенную преимущественно туфами андезитов с подчиненными количествами туфов дацитового состава и туфопесчаников среднего состава.

### **Методика исследования**

Из керн скважин, пробуренных на рудопроявлении Верхнее-Золотое в 2014 г., было отобрано 70 образцов для изготовления шлифов (70 шт.) и аншлифов (19 шт.) с целью уточнения петрографического состава пород Синанчинского комплекса и из рудных зон, особенно из зон кварцевого и карбонат-кварцевого прожилкования. Схему расположения опробованных

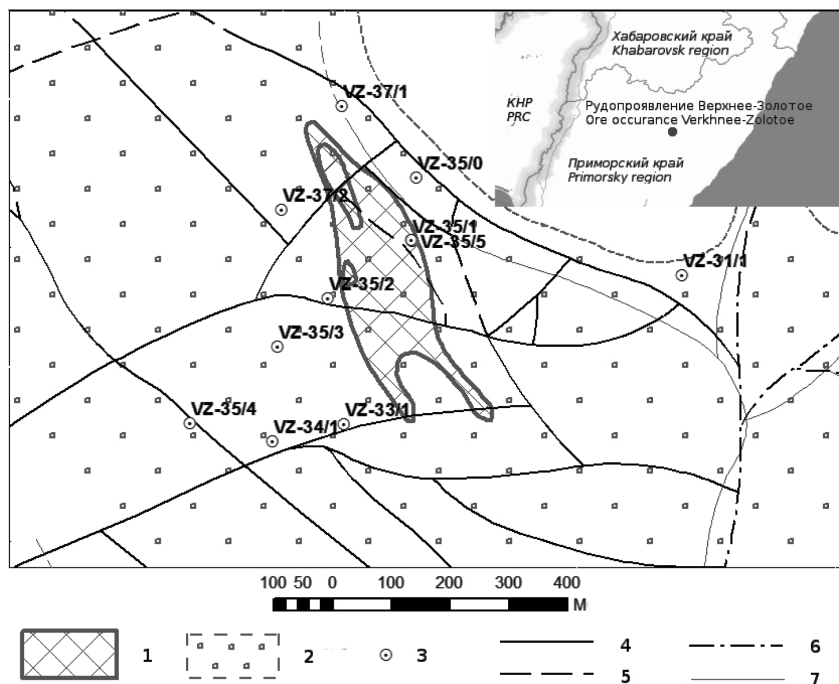


Рис. 1. Схема расположения опробованных скважин и потенциально рудных зон интенсивного прожилкования и сульфидизации на рудопроявлении Верхнее-Золотое. Субстрат – вулканиты Синанчинского комплекса. Составлено по материалам N-Mining LLC, [7]: 1 – зона интенсивного прожилкования; 2 – зона сульфидизации; 3 – скважины, отбуренные в 2014 г.; разрывные нарушения: 4 – установленные, 5 – предполагаемые, 6 – предпологаемые, перекрытые аллювиальными отложениями; 7 – ручьи

скважин и их положение относительно рудных тел (зон сульфидизации и сульфидного штокверка) см. рис. 1.

Исследование было выполнено на базе кафедры Геологии месторождений полезных ископаемых горного университета, г. Санкт-Петербург, с использованием рудного микроскопа Leica 2700D, снабженного цифровой камерой.

Определение минерального состава пород проводилось по комплексу признаков: цвет, интерференционная окраска, осность кристалла, рельеф, относительный показатель преломления, форма выделения, особенности двойникования и вторичных изменений. Последние признаки использовались для определения минералов групп амфиболов и плагиоклазов [1].

## **Петрография рудовмещающих пород**

Вулканиды Синанчинского комплекса изменены процессами пропилитизации и кислотного метасоматоза. Последний привел к образованию интенсивно проявленных метасоматитов кварц-серицитового состава. Развитие вторичных изменений связывалось с внедрением интрузий позднемелового интрузивного комплекса: малочисленными штоками диоритов, дайками порфиритов (диоритовых, андезитовых, диабазовых), долеритов и диорит-порфиров. Вышеперечисленные интрузивные тела были описаны как на рудопроявлении, так и на его периферии.

Продукт локальных метасоматических изменений вулканидов среднего состава — существенно гидрослюдистые и кварц-серицитовые породы, продукты кислотного выщелачивания. Крайне широко распространено осветление пород, вызванное серицитизацией и окварцеванием. Для вулканидов среднего состава типична пропилитизация: ей затронута подавляющее большинство вскрытых расчистками и бурением пород. Хлоритовые пропилиты отмечаются на рудопроявлении Верхнее-Золотое, где являются рудовмещающими.

Изученные горные породы имеют обломочную структуру и близкую к массивной текстуру с хаотическим распределением кластического материала преимущественно псефитовой размерности. В поле под руководством автора они были определены как грубообломочные (псефитовые) туфы андезитового, дацитового состава или пачки их переслаивания. Текстура переслаиваний слоистая, неяснослоистая. В тефре преобладают обломки эффузивных пород, реже — вероятно субвулканических фаций: порфировых пород преимущественно дацитового состава.

В шлифах изучено строение отдельных обломков в структуре породы и уточнена степень метасоматических изменений. Эффузивные породы Синанчинского комплекса по результатам микроскопического определения отнесены к пепловым или псефитовым туфам литокластическим, реже — кристалло-витрокластическим. По результатам микроскопического описания были выделены следующие литологические разности:

1. *Литокластические и лито-витрокластические туфы.* Массивные, грубообломочные, неравномернозернистые. Литокласты представлены преимущественно туфами андезитового состава; в единичном образце — туфопесчаниками предположительно андезитового состава с содержанием мелкозерни-

стого сортированного кварцевого песчаного материала от 5 до 20%. Порфиновые кристаллы в обломках туфов представлены среднезернистым-крупнозернистым плагиоклазом с эпидотизированным амфиболом. Базис афанитовый, представлен продуктами частичной раскристаллизации стекла; стеклом и микролитами плагиоклаза. Образцы с обломками псаммитовой размерности (до мелких лапилли), представленными стеклом и литокластами андезита с мелкими порфировыми кристаллами плагиоклаза в гиалопелитовой основной массе отнесены к литокластическим туфам андезитового состава.

2. *Пепловые туфы, преимущественно андезитового состава.* Лито-кристаллокластические и кристалло-литокластические разности состоят из примерно кристаллокластов плагиоклаза и хлоритизированной до 50–70% роговой обманки. В породе примерно поровну стекла и литокластов – обломков туфов андезитового состава, андезитов. Структура неравномернообломочная, текстура массивная. Андезит в литокластах амфибол-плагиоклазового состава хлоритизированный. Собственно кристаллокластические туфы андезитового состава сложены более чем на 50–80% обломками кристаллов роговой обманки, практически нацело хлоритизированной, плагиоклаза. Размер кристаллокластов 1–2 мм. Текстура порфиرويدная. Базис породы имеет структуру близкую к андезитовой за счет равных долей стекла и микролитов плагиоклаза. Редко отмечаются зерна и срастания вторичного карбоната, кристаллообласты мусковита диаметром до 0,5 мм. К витро-кристаллокластическим разностям были отнесены массивные мелкозернистые туфы, базис которых состоит из микролитов плагиоклаза и частично раскристаллизованного стекла, хлоритизированного амфибола. В пепловых туфах дацитового состава кластический материал представлен тонкозернистым стекловатым пеплом с обломками кварца.

3. *Туфопесчаники пепловые.* Текстура массивная, структура неравномернозернистая. В пепловом туфе андезитового состава описана примесь до 30% хорошо отсортированного кварцевого песка. В породе до 10% литокластов мелкозернистого туфопесчаника размером 1–3 мм. Базис афанитовый, представлен продуктом частичной раскристаллизации стекла, в базисе хаотично распределены окатанные зерна предположительно терригенного кварца.

4. *Андезиты* хлоритизированные, серицитизированные до 25%. Структура андезитовая текстура массивная, участками

пятнистая за счет образования участков сплошной серицитизации.

Наличие в некоторых туфах терригенного материала и высокая степень сортированности тефры туфов указывает на субаквальные условия отложения хотя бы части вулканогенной толщи.

Ведущее значение для изученных вулканогенных пород имеют следующие первичные породообразующие минералы и минералоиды (по увеличению значимости): амфибол (роговая обманка), частично раскристаллизованное вулканическое стекло, плагиоклаз. Амфибол и плагиоклаз образуют фенокристаллы в порфириновых породах и крупные кристаллокласты. Стекло и микролиты плагиоклаза формируют базис породы имеющий в большинстве образцов микролитовую или близкую к андезитовой структуру, затушеванную наложенными метасоматическими изменениями. Типичное содержание сульфидов в породе около 1% и менее.

На описанные выше эффузивные породы наложены метасоматические изменения от слабых (около 10% вторичных минералов) до полнопроявленных пропилитов или серицит-кварцевых метасоматитов.

Степень метасоматической измененности эффузивов Синанчинского комплекса на рудопроявлении весьма высокая. По результатам микроскопического исследования описаны следующие разности метасоматических пород:

Серицитовые метасоматиты микролепидогранобластовые, массивные. Описаны в зонах кварцевого прожирования, в ксенолитах в кварцевом прожилке. Гиалопорфириновые разности эффузивов замещаются по схеме полной серицитизации стекла и частичной — порфириновых вкрапленников. Серицит-кварцевые и кварц-серицитовые метасоматиты микрогранолепидобластовые, массивные. Распространены в зонах кварцевого прожилкования. Отношение серицита к кварцу от 1:4 до 7:3. Как и серицитовые мономинеральные разности они описаны в ксенолитах в кварцевом прожилке. Также для ксенолитов в кварцевых прожилках характерны менее распространенные кварц-серицитовые разности. Кварц-карбонат-серицитовые метасоматиты микрогранолепидобластовые, массивные. Серицит-хлоритовые, хлорит-серицитовые метасоматиты пятнистые микролепидобластовые с отношением серицита к хлориту от 1:2 до 2:1. В базисе породы неупорядоченно вкраплены агрегаты скрытокристаллического эпидота. Хлорит-серицит-кварцевые,



кварц-хлорит-серицитовые метасоматиты микрогранобластовые массивные. Отношение хлорита к серициту к кварцу от 1:5:2 до 2:4:1. Хлорит-серицитовые метасоматиты лепидобластовые, пятнистые, массивные. Отношение хлорита к серициту около 1:4. Метасоматит эпидот-кварц-серицитового состава: основная ткань микролепидогранобластовая пятнистая с редкими полными и частичными псевдоморфозами эпидота по плагиоклазу. Количественное соотношение эпидота к кварцу к серициту составляет 1:2:7. Метасоматиты эпидот-серицитового состава неравномернообломочные, массивные. Метасоматиты карбонат-серицитового состава массивные, микролепидобластовые с порфиробластами карбоната. Вторичная карбонатизация проявлена относительно слабо, преимущественно в виде пятен. Она сопровождается кварц-серицитовые и кварц-хлоритовые изменения.

Сульфиды присутствуют во всех метасоматитах и преимущественно представлены гипидиоморфным пиритом. Плагиоклаз частично опацифицирован, частично – замещен серицитом, амфиболы – практически нацело хлоритизированы, серицитизированы. Реликтовые текстуры благодаря преимущественному развитию сильных метасоматических изменений по мелкокрытокристаллическому базису и сохранению ясно видимых реликтов фенокристов, очертаний отдельных литокластов, ясно диагностируются в образцах пород измененных на 70–80%. Кварц-серицитовые, кварц-хлорит-серицитовые, с вкрапленным пиритом, породы могут быть отнесены к фронтальным частям вторичных кварцитов и пропилитам соответственно [6]. Оба типа метасоматитов проявлены совместно и сопровождают друг друга. Связь их с медным прожилково-вкрапленным оруденением относительно четкая, рудные тела сопровождаются метасоматическими изменениями с относительно большим вкладом кислотного выщелачивания с образованием кварца и серицита, нежели пустые, безрудные калишпат-кварц-хлорит-эпидотовые и биотит-кварц-хлорит-эпидотовые породы, пересеченные скважиной VZ-35/4. См. рис. 1 и 2.

На рудопроявлении Верхнее-Золотое выделяется метасоматическая зональность, отвечающая процессам пропилитизации на периферии и кислотного выщелачивания в центральной, рудной части рудопроявления, типичная для краевых частей медно-порфировых систем [26; 28; 29]. Близкая метасоматическая колонка наблюдается также на месторождениях типа low sulfidation [27]. Для месторождений данного типа форма рудных



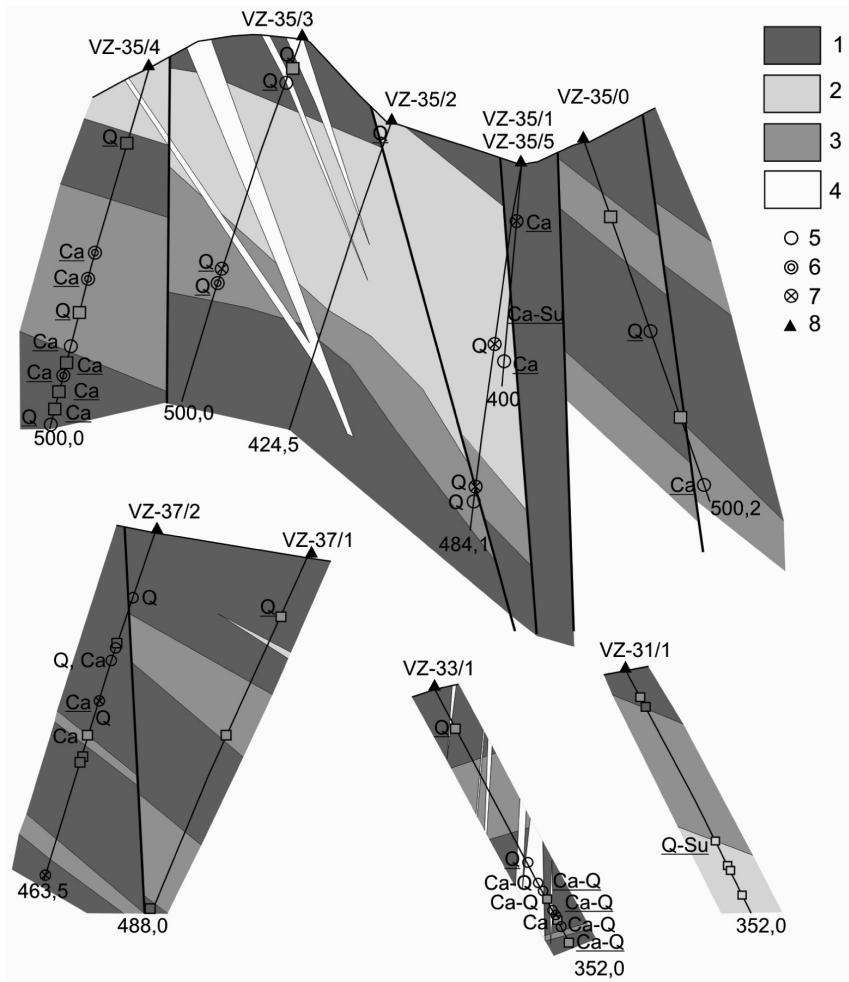


Рис. 2. Прожилкование и вмещающие породы на геологических разрезах по скважинам. Полевое определение и результаты микроскопического изучения: 1 – туфы андезитового состава, 2 – туфы дацитового состава, 3 – переслаивание туфов андезитового и дацитового состава, 4 – полнопроявленные метасоматиты (полевое определение); по результатам микроскопического изучения: метасоматиты 5 – кварц-серицитового состава, 6 – серицит-эпидотового состава, 7 – хлорит-серицитового состава, прожилки: Q – кварцевые, Ca – карбонатные, Q, Ca – кварц-карбонатные, Q (подчеркнутые) – с сульфидами, Su – преимущественно сульфидные, 8 – устье скважины, на забое указана ее глубина в метрах. План расположения скважин см. рис. 1.

тел вкрапленных руд контролируется проницаемостью вмещающей породы с образованием пластообразных тел. Именно такие рудные тела были оконтурены по результатам работ 2014 г. на рудопроявлении Верхнее-Золотое. Следует отметить, что пропилитизированы в той или иной степени все вулканиты Синачинсокого комплекса. Тела кварц-серицитовых метасоматитов по полевой увязке по керну скважин имеют крутое падение, близкое таковому для соседних разломов (см. рис. 2, разрез по профилю VZ-35).

### **Районирование по типам вмещающих пород, вторичным изменениям, оруденению**

Результаты микроскопического исследования пород хорошо сходятся с результатами полевой документации керна, выполненной геологами ООО «Нижнеамурская горная компания» в 2014 г. Вынесение на разрезы, см. рис. 2, по скважинам результатов микроскопического исследования вмещающих пород и прожилков позволяет сделать следующие выводы о пространственной приуроченности прожилкования различного состава.

Состав прожилков контролируется их размещением в различных тектонических блоках: границами зон преимущественно кварцевого и карбонатного прожилкования выступают разломы, по всей видимости игравшие роль экранов для гидро-терм. Состав вмещающих пород существенного влияния на состав прожилков не оказывает. Сульфид-содержащие прожилки имеют тенденцию к группировке в зоны за пределами тел полнопроявленных метасоматитов (см. рис. 2, разрез по скважине VZ-33/1). Для безрудного тектонического блока, вскрытого скважиной VZ-35/4 характерно карбонатное прожилкование и развитие эпидот-содержащих серицит-кварцевых метасоматитов. В остальных тектонических блоках, вскрытых скважинами, опробование по которым показало рудные концентрации меди, равновероятно кварцевое или карбонатное прожилкование. В них развиты преимущественно серицит-кварцевые и хлорит-серицит-кварцевые метасоматиты, образованные вероятно при кислотном выщелачивании пропилитов. Распределение ассоциаций рудных минералов, описанное выше, указывает на ведущую роль разрывных нарушений в районировании минерогенических условий на рудопроявлении. С другой стороны, ассоциация пирита, халькопирита, сфалерита и арсенопирита при преобладании халькопирита тяготеет к кварцевым прожилкам в серицит-кварцевых метасоматитах. В слабо измененных

туфях сульфидная, и, в первую очередь, халькопиритовая минерализация убога. Выпадение пирита из данной ассоциации наблюдается в карбонатных прожилках в породах, различной степени метасоматического изменения.

### Минеральный состав и стадийность выполнения прожилков

Основное внимание при проведении микроскопического изучения было направлено на описание прожилков и установления стадийности их образования. Содержание сульфидов в прожилках редко более 5%, ведущими минералами являются кварц и кальцит: большинство прожилков кварцевые и кальцит-кварцевые, см. рис. 3. Гидрослюды, биотит, хлорит выступают как второстепенные фазы, лишь в единичных образцах они слагают большую часть прожилка.

Кварцевое прожилкование с сульфидами более вероятно в полнопроявленных метасоматитах, в слабо измененных вулканитах более вероятно образование карбонат-кварцевых прожилков с хлоритом, биотитом, гидрослюдами, см. рис. 2. Из рудных минералов в прожилках распространены пирит, сфалерит, халькопирит (зачастую в виде пылевой вкрапленности в сфалерите), арсенопирит; в единичных аншлифах описаны галенит, реальгар, пирротин, пентландит, кубанит и касситерит.

На основе соотношений идиоморфности минералов и пространственного расположения их агрегатов были сделаны вы-

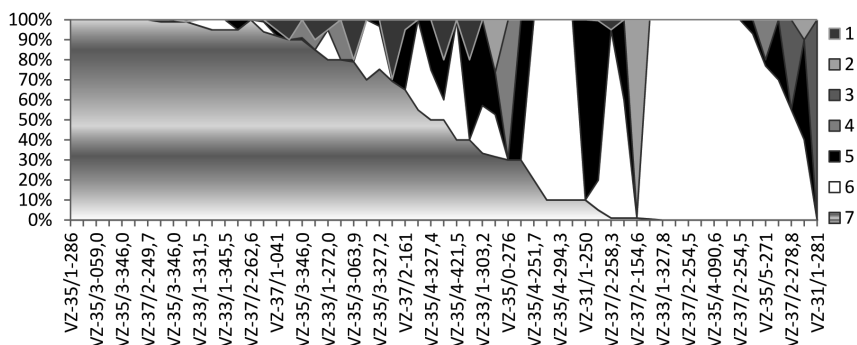


Рис. 3. Состав прожилков, приведенный к 100%. По оси абсцисс – номер шлифа (номер скважины – глубина отбора пробы), по оси ординат – содержание минерала, %. Шлифы рассортированы в порядке уменьшения доли кварца. Состав прожилка: 1 – ксенолиты вмещающей породы; 2 – хлорит; 3 – биотит; 4 – гидрослюды; 5 – сульфиды; 6 – кальцит; 7 – кварц

воды о стадийности минерального выполнения прожилков. Их минеральный состав представлен кварцем, кальцитом и сульфидами, чья доля редко превышает 5%. Мощность прожилков колеблется от сотых миллиметра до первых сантиметров. В безрудных прожилках в краевой части рудопроявления сульфиды представлены преимущественно пиритом с подчиненными количествами сфалерита с примесью халькопирита; рудные же ассоциации представлены преимущественно сфалеритом с примесью халькопирита, халькопиритом, арсенопиритом с подчиненными количествами пирита. В большинстве прожилков уверенно выделяются 2, реже 3 генерации минералов. Сульфидная прожилковая минерализация как правило приурочена к генерации, сложенной кварцем. Образование средне-крупнокристаллического агрегата вытянутых параллельно стенкам прожилка кристаллов кальцита является характерной особенностью прожилков западного безрудного блока. Он характеризуется широким развитием хлорит-эпидотовых метасоматитов и подчиненным значением кварц-серицитовых, распространенных в центральном и восточном рудоносных блоках, выделенных в 2014–15 гг.

Прожилки по составу и взаимоотношениям соответствуют выделяемым в [28] типам прожилков для молибден-медно-порфировых систем. Так, первыми были образованы биотитовые прожилки, которые преимущественно встречаются в слабо измененных туфах. После них, второй генерацией – кварцевые прожилки с рудными минералами (тип *A, B, D*). Кварцевые прожилки с халькопиритом (типа *A*) составляют вторую генерацию прожилков. Следующие генерации прожилков встречаются в породах различной степени метасоматической переработки, во всех опробованных скважинах. Третья генерация представлена кварцевыми прожилками с молибденитом, халькопиритом, пиритом (тип *B*). Характерная для них фиксация подвижек отмечается и в изученных нами образцах по наличию нескольких генераций кварца. Наиболее распространены поздние халькопирит-пирит-кварцевые прожилки типа *D*, на них приходится более 50% описанных прожилков. В них в виде акцессорного минерала присутствует касситерит.

Позднейшей генерацией являются кварц-кальцитовые и кальцит-кварцевые прожилки. Их мощность колеблется в широких пределах: от сотых миллиметра до первых сантиметров. Стенки как правило ровные, форма прожилка прямая или слабо волнистая. Состав прожилков преимущественно кварцевый,

карбонат-кварцевый, кварц-карбонатный. Доля сульфидов в них редко превышает 5%. В большинстве прожилков уверенно выделяются 2, реже 3 генерации минералов: кварца, сульфидов и карбоната (кальцита). Для изученных прожилков характерно выполнение большей части объема в первую генерацию. Так, в прожилках с содержанием кварца более 40% – монокварцевых и карбонат-кварцевых, преимущественно приуроченных к зонам развития кварц-серицитовых метасоматитов, кварц образует первую генерацию. В кварц-карбонатных и кварц-сульфидных прожилках наоборот – кварц образован во вторую или третью генерацию, в первую же – карбонат или сульфиды. Сульфидная прожилковая минерализация обычно приурочена к генерации, сложенной кварцем.

### **Рудные минералы. Вкрапленные и жильные**

Рудные минералы представлены преимущественно сульфидами железа, меди, цинка, мышьяка – пиритом, халькопиритом и сфалеритом, арсенопиритом. В подчиненных количествах в отдельных аншлифах описаны галенит, реальгар, пирротин и пентландит, кубанит, касситерит. В большинстве аншлифов халькопирит образует как обособленные выделения, так и тонкую вкрапленность в сфалерите.

Пирит вкрапленный, крупность зерен от пылевой до 1–2 мм, аллотриоморфный, гипидиоморфный. Содержания в породе от редких зерен до 10% (VZ-35/4, глубина 327,4 м). Халькопирит вкрапленный, мелко-тонкозернистый, аллотриоморфный. Содержания от следов до 80% (VZ-37/2, глубина 262,4 м). Сфалерит вкрапленный, средне-мелкозернистый, равномерно, как аллотриоморфный или гипидиоморфный. Содержания от редких зерен до 40% (VZ-37/2, глубина 249,3 м). Арсенопирит в максимальной концентрации в 8% также описан в аншлифе из скважины VZ-37/2, глубина 249,3 м. Пирротин и пентландит описаны в трех аншлифах из скважин VZ-35/3, VZ-35/4, VZ-37/2. Кубанит был описан только для аншлифа из скважины VZ-37/2, глубина 262,6 м. Разрезы по скважинам см. рис. 2.

Уверенно выделяются ассоциации пирит-халькопирит-сфалеритовая и пирит-халькопирит-сфалерит-арсенопиритовая. Прочие минералы выступают в качестве аксессуаров или описаны в единичных образцах. Аншлифы были изготовлены по наиболее представительным интервалам сульфидизации в четырех скважинах: VZ-33/1 (327–332 м), VZ-35/3 (64 м и 327 м), VZ-35/4 (327–485 м), VZ-37/2 (249–321 м). Для скважин VZ-33/1 и VZ-35/4

типичны ассоциации пирита, сфалерита, халькопирита и, реже, халькопирита. В скважине VZ-37/2 из ассоциации выпадает пирит: в большинстве аншлифов по ней ведущую роль играет халькопирит с подчиненными количествами сфалерита и арсенипирита. В шлифах из скважины VZ-33/3 выделяется ассоциация пирита, реальгара и пирротина на глубине 63,9 м и ассоциации пирита, халькопирита и гётита на глубине 327,2 м. Таким образом, на рудопоявлении смена ассоциаций сульфидов зависит от глубины не прямо, а косвенно: более важна приуроченность к тому или иному тектоническому блоку, опущенному или приподнятому. Ассоциация рудных минералов — медно-порфировая, имеет черты колчеданной: сульфидная минерализация вкрапленная, с большой долей пирита относительно халькопирита. Однако преимущественно вкрапленные и текстуры руд и широкое распространение прожилкового оруденения, его состав, хорошо соответствует порфировым месторождениям [21; 28; 29].

## **Обсуждение результатов исследования.**

### **Тип рудопроявления**

Пестрота вариаций состава жильных и метасоматических образований в центральной части рудопроявления Верхнее-Золотое, зависимость состава прожилков и ассоциаций рудных минералов от нахождения в том или ином блоке, ограниченном разрывными нарушениями, число которых достигает 12 на квадратный километр вокруг центрального рудного штокверка (см. рис. 1) указывают на сложность строения рудопроявления. Геологическое строение рудопроявления и состав руд позволяет сузить варианты его минерагенического типа, который мы можем выделить по результатам исследования, изложенных в данной статье: медно-порфировая или медно-колчеданная система. Рассмотрим оба варианта.

В пользу отнесения рудопроявления к классу медно-порфировых систем [23; 28] указывают следующие признаки: геологоструктурная позиция, состав вмещающих пород, минерагеническая специализация, состав метасоматических пород, зависимость от них состава прожилков и ассоциаций рудных минералов. Однако, в соседних блоках на крайне небольшой территории рудопроявления на близких глубинах наблюдаются минеральные ассоциации, относимые в [23] к различным физико-химическим условиям образования и соответствующим различным зонам крупной медно-порфировой системы.

Это указывает на ведущую роль разрывных нарушений в строении рудопроявления и, вероятно, высокие амплитуды перемещений по ним. Установление типа медно-порфировой системы требует провести ряд исследований. Интерпретация и переинтерпретация геохимических данных как классическими методами [17], так и возможно, с привлечением специального математического аппарата [22] и геолого-структурных исследований, которые позволят уточнить уровень эрозионного среза для отдельных блоков и их относительные перемещения друг относительно друга. Основным препятствием к безусловному отнесению рудопроявления к медно-порфировому типу является отсутствие вскрытия разведочными выработками рудовмещающей порфировой интрузии.

Локализация руд в полого падающих, практически пластовых телах, состав прожилкового оруденения, локальное распространение серицит-кварцевых изменений и форма их тел — круто падающие зоны, роднит рудопроявление с медно-колчеданными объектами. Наличие во вмещающих породах вулканогенно-осадочных разностей, указывает на субаквальные условия их отложения, что характерно для колчеданых систем. Наиболее весомыми препятствиями в отнесении рудопроявления к медно-колчеданному типу являются его позиция на активной континентальной окраине и текстуры руд. Медно-колчеданные месторождения распространены в субаквальных условиях вулканических дуг и основная часть руд в них — массивные медные, а прожилково-вкрапленные распространены в штокверке под основным рудным телом [2; 8; 24]. Таким образом, отнесение рудопроявления к медно-колчеданному типу требует выдвижения гипотезы, объясняющей присутствие вкрапленных, а не массивных руд. Объяснить это можно с двух позиций: 1 — переотложение массивных колчеданных руд с образованием вкрапленного, близкого к стратиформному, оруденения; 2 — образование вкрапленного и прожилкового оруденения ниже эродированного массивного (модель см. в [24]). Промежуточный тип месторождений, имеющий черты как порфирового, так и колчеданного типа редок: так, в [25, стр. 310] к этому типу отнесено месторождение Мургул (Murgul), Турция. В [27] приводятся примеры золото-полиметаллических месторождений низкосульфидного (low-sulfidation) типа, центральные части которых весьма схожи с вкрапленными рудами Верхнего Золотого: месторождения Раунд Маунтин (Round Mountain) и Хишикари (Hishikari) с размахом оруденения до 300 м, Порге-



ра (Porgera) и Крипл-Крик (Cripple Creek) с размахом оруденения до 1 км.

Опираясь на результаты проведенного исследования, можем констатировать, что гипотеза о медно-порфировой природе рудопроявления представляется более вероятной за счет ее простоты, в сравнении с переотложением колчеданных руд. Обоснование выбора гипотезы может быть произведено путем определения эрозионного среза рудопроявления по данным литохимической съемки и опробования первичных ореолов и уточнения факторов контроля размещения оруденения для меди и полиметаллов.

### **Выводы**

Рудпроявление Верхнее-Золотое локализовано в толще вулканитов среднего состава, на склоне стратовулкана. Строение рудопровления осложнено разрывной тектоникой. Во вмещающих породах повсеместно развита пропилитизация, локально развиты серицит-кварцевые изменения. Руды вкрапленные, прожилково-вкрапленные. Главные рудные минералы – пирит, халькопирит; второстепенные – сфалерит, молибденит, касситерит. Настоящее исследование позволило определить тип рудопроявления как переходный: медно-порфировый с чертами медно-колчеданного. Медно-порфировая природа рудопроявления хорошо подтверждается составом вмещающих пород, руд, прожилков и их взаимоотношениями. Большинство рудных прожилков могут быть отнесены к тому или иному типу, выделенному в [28] для медь-молибден-порфировых систем. Состав рудной минерализации указывает, что скважины, отбуренные в 2014 г. вскрывают краевую часть медно-порфировой системы, возможно – телескопированной, с полиметалльно-медной минерализацией эпитермальных жил. В пользу данного вывода говорит и пересечение скважинами, по которым были отобраны образцы, исключительно безрудных субвулканических тел. Весомым доводом в пользу изложенной выше гипотезы станет открытие порфиривого субвулканического тела, ядра системы, при проведении дальнейших разведочных работ. Гипотеза о том, что тип оруденения медно-колчеданный, с вторично переотложенными медными рудами может быть подтверждена исследованием первичных и вторичных ореолов рассеяния. В связи с высокой ролью дизъюнктивной тетоники в строении рудопроявления задача исследования кинематики отдельных разрывных нарушений является критически важной

как для создания модели медно-порфировой, так и медно-колчеданной системы. Она важна в первую очередь для выделения в ней отдельных рудных тел. Использование полученных данных о составе пород и очередности образования прожилков упростит ее решение.

### *Благодарности*

Автор благодарит руководство холдинга N-Mining inc за предоставленный фактический материал.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бетехтин А. Г.* Курс минералогии: учебное пособие. – М.: КДУ, 2007. – 721 с.

2. *Волчек Е. Н., Нечехин В. М.* Вулканогенные комплексы восточного сегмента Среднего Урала с колчеданным оруденением и рассеянной сульфидной минерализацией / Колчеданные месторождения – геология, поиски, добыча и переработка руд. Материалы Всероссийской научной конференции (V Чтения памяти С. Н. Иванова). – Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2013. – С. 27–29.

3. *Вольфсон Ф. И., Дружинин А. В.* Главнейшие типы рудных месторождений. – М.: Недра, 1975. – 392 с.

4. *Грабежнев А. И.* Рениеносные медно-порфиновые системы Урала: геологическое положение, изотопно-петрогеохимическая и возрастная латеральная зональность // Литосфера. – 2012. – № 4. – С. 190–207.

5. *Гоневчук В. Г., Гоневчук Г. А., Кокорин А. М., Лебедев В. А., Орехов А. А.* Новые изотопно-геохронологические данные и некоторые вопросы генезиса оловянного оруденения Кавалеровского района (Приморье, Россия) // Тихоокеанская геология. – 2005. – т. 24. – № 6. – С. 77–87.

6. *Емельяненко П. Ф., Яковлева Е. Б.* Петрография магматических и метаморфических пород. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 248 с.

7. Карта Приморского края: URL: <https://yandex.ru/maps/?ll=130.985250%2C46.947219&z=6> (дата обращения 14.06.2016).

8. *Контарь Е. С.* Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 199 с.

9. *Кривцов А. И.* Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфиновых месторождений. – М.: Недра, 1983. – 178 с.

10. *Лодочников В. Н.* Главнейшие породообразующие минералы. Изд. 4-е. – М.: Картфабрика Госгеолтехиздата, 1955. – 248 с.

11. *Ивин В. В.* Минерально-геохимическая типизация и зональность полиметалльно-серебряного оруденения Нижне-таежного узла (северное Приморье): автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Владивосток, 2013. – 26 с.

12. *Нагорная Е. В.* Минералогия и зональность молибден-медно-порфирового рудного поля Находка, Чукотка. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. — М., 2013. — 27 с.

13. *Мишин Л. Ф.* Вторичные кварциты (условия образования и место в магматогенно-рудных системах). Магматизм и метаморфизм в истории Земли / Тезисы докладов XI Всероссийского петрографического совещания. Т. 2. — Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2010. — С. 70.

14. *Пармузина Л. В., Юза М. С.* Изучение шлифов карбонатных пород: метод. указания. — Ухта: УГТУ, 2012. — 26 с.

15. *Портнов В. С., Сарбасова А. Т., Макат Д. К., Жумабеков А. К.* Основные классификационные признаки медно-порфиновых месторождений / Фундаментальные исследования. — 2015. — № 2. — С. 3105–3109.

16. *Раткин В. В.* Металлогения свинца и цинка Тихоокеанской окраины Азии. Автореферат дисс. ... канд. геол.-минер. наук. — М., 1995. — 38 с.

17. *Соколов С. В.* Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. — СПб.: МинГео, 1998. — 154 с.

18. *Хомич В. Г., Ивин В. В.* Новые определения возраста (К-Ag метод) интрузивных образований Нижнетаежного рудного узла (северное Приморье) // Вестник Томского государственного университета. — 2010. — № 331. — С. 214–218.

19. *Шевырев С. Л., Хомич В. Г., Борискина Н. Г.* Дистанционные исследования полей тектонической нарушенности рудоносных площадей Дальнегорского и Кавалеровского районов (Приморье) для целей прогноза // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. — 2012. — № 2. — вып. 20. — С. 127–138.

20. *Яковлев П. Д.* Промышленные типы рудных месторождений. — М.: Недра, 1986. — 356 с.

21. *Ahmed A. H., Gharib M. E.* Porphyry Cu mineralization in the eastern desert of Egypt: inference from geochemistry, alteration zones, and ore mineralogy / Arab J. Geosci. — 2016. — no. 9:179. — pp. 2–26.

22. *Zhen Chen, Jianping Chen, Shufang Tian, Bin Xu* Application of fractal content-gradient method for delineating geochemical anomalies associated with copper occurrences in the Yangla orefield, China / Application of fractal content-gradient method for delineating geochemical anomalies associated with copper occurrences in the Yangla orefield, China, Geoscience Frontiers (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2015.11.010> (дата обращения 16.06.2016).

23. *Corbett G., Leach T.* Southwest Pacific rim gold-copper systems: structure, alteration and mineralization. — 1997. — 318 p. From [http://corbett-geology.com/corbett\\_and\\_leach\\_1997.pdf](http://corbett-geology.com/corbett_and_leach_1997.pdf).

24. *Gibson H. L., Allen R. L., Riverin G., Lane T. E.* The VMS Model: Advances and Application to Exploration Targeting / Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration, edited by V. Milkereit, 2007, pp. 713–730.

25. *Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century.* Edited by A. Piestrzynsky. CRC Press. — 2001. — 1160 p.

26. *T.M. (Mike) Porter*. The geology, structure and mineralisation of the Oyu Tolgoi porphyry copper-gold-molybdenum deposits, Mongolia: A review // *Geoscience Frontiers*. – 2016. – no 7. – pp. 375–407.

27. *Robert F., Brommecker R., Bourne B. T., Dobak P. J., McEwan C. J., Rowe R. R., Zhou X.* Models and Exploration Methods for Major Gold Deposit Types / *Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration*, edited by B. Milkereit. – 2007. – pp. 691–711.

28. *Sillitoe R. H.* Porphyry copper systems. *Economic geology*. – 2010. – v. 105. – pp. 3–41.

29. *Vakh A. S., Khomich V. G., Boriskina N. G., Santosh M.* The Berezi-tovoe gold-polymetallic deposit (Upper Amur region, Russia): Structure, mineralogy and genetic aspects // *Geoscience Frontiers*. – 2016. – no 7. – pp. 483–494. **ГИАБ**

### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

*Сластников Виктор Валентинович* – аспирант,  
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,  
ведущий геолог, Dongshan Investments Ltd.,  
C/o BDO Chartered Accountants Advisors,  
LOB 16, Office No. 124, P.O. Box 261253,  
Jebel Ali Free Zone, Dubai, UAE, e-mail: v\_slastnikov@mail.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 10, pp. 283–303.

UDC 553.6  
(470.43):  
550.83:  
553.43

**V.V. Slastnikov**

### **MINERAGENIC TYPE OF ORE OCCURANCE VERKHNEE–ZOLOTOE: RESULTS OF PETROGRAPHIC INVESTIGATION**

The aim of the investigation was to revise the lithology of volcanic and volcano-sedimentary rocks which form the Verkhnee-Zolotoe copper ore occurrence (Russia, Primorie region) and obtain new data on it's mineragenic type. We have made petrographical investigation of 70 thin sections and 19 polished, taken from the core from diamond-drilling wells. These wells were drilled in 2014 by the N-Mining LLC.

Results of our work on both thin and polished sections are that volcanic and volcano-sedimentary rocks (mainly andesite tuffs, andesites) from Sinancha complex and secondary alterations in them as well are suitable for conditions of growing of a copper porphyry system on the peripherals of the stratovolcano. The composition and sequence of veinlet formation are alike as in the copper porphyry system as well. Copper and base metal mineralization in the veinlets, intersection of only not ore – bearing subvolcanic bodies by sampled drilling wells are reasons to assume the area of the investigation to the boundary part of copper porphyry system with base-metal and copper mineralization in the epithermal veinlets [28].

The main result of carried out work is that there is a chance of recognition the Verkhnee-Zolotoe ore occurrence as a copper porphyry, as well as a VMS to copper porphyry transitional type.

Key words: ore occurrence Verkhnee-Zolotoe, Primorsky region, Sinancha complex, Sinancha series, porphyry copper system, sequence of veinlets, petrography.

## AUTHOR

*Slastnikov V.V.*, Graduate Student,  
National Mineral Resource University «University of Mines»,  
199106, Saint-Petersburg, Russia,  
Leading Geologist, Dongshan Investments Ltd.,  
C/o BDO Chartered Accountants Advisors,  
LOB 16, Office no. 124, P.O. Box 261253,  
Jebel Ali Free Zone, Dubai, UAE,  
e-mail: v\_slastnikov@mail.ru.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author expresses deep gratitude to the management of the N-Mining Holding for the actual data granted.

## REFERENCES

1. Betekhtin A. G. *Kurs mineralogii: uchebnoe posobie* (The mineralogy studying course) Moscow, KDU, 2007, 721 p.
2. Volchek E. N., Necheukhin V. M. Kolchedannye mestorozhdeniya geologiya, poiski, dobytka i pererabotka rud. Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii (V Chleniya pamyati S. N. Ivanova) (Pyritic ore deposits – geology, prospecting, exploration and ore processing. Proceedings of the all-russia scientific conference (V Readings in memoriam of S.N. Ivanov)), Ekaterinburg, Institut geologii i geokhimii UrO RAN, 2013, pp. 27–29.
3. Vol'fson F. I., Druzhinin A. V. *Glavneyshie tipy rudnykh mestorozhdeniy* (Main types of ore deposits), Moscow, Nedra, 1975, 392 p.
4. Grabezhev A. I. *Litosfera*. 2012, no 4, pp. 190–207.
5. Gonevchuk V. G., Gonevchuk G. A., Kokorin A. M., Lebedev V. A., Orekhov A. A. *Tikhookeanskaya geologiya*. 2005, vol. 24, no 6, pp. 77–87.
6. Emel'yanenko P. F., Yakovleva E. B. *Petrografiya magmaticheskikh i metamorficheskikh porod* (Petrography of igneous and metamorphic rocks), Moscow, Izd-vo MGU, 1985, 248 p.
7. *Karta Primorskogo kraya* (Map of Primor'e region). Available at: <https://yandex.ru/maps/?ll=130.985250%2C46.947219&z=6> (accessed 14.06.2016).
8. Kontar' E. S. *Geologo-promyshlennye tipy mestorozhdeniy medi, tsinka, svintsa na Urale (geologicheskie usloviya razmeshcheniya, istoriya formirovaniya, perspektivy)* (Geological and industrial types of copper, zinc, lead, tin ore deposits of the Urals (geological conditions of their distribution, history of formation, industrial perspectives)), Ekaterinburg, Izd-vo UGGU, 2013, 199 p.
9. Krivtsov A. I. *Geologicheskie osnovy prognozirovaniya i poiskov medno–porfirovykh mestorozhdeniy* (Geological foundations for forecasting and prospecting of porphyry copper ore deposits), Moscow, Nedra, 1983, 178 p.
10. Lodochnikov V. N. *Glavneyshie porodoobrazuyushchie mineraly*. Izd. 4-e (Main rock-forming minerals, 4-th edition), Moscow, Kartfabrika Gosgeoltekhizdata, 1955, 248 p.
11. Ivin V. V. *Mineral'no-geokhimicheskaya tipizatsiya i zonal'nost' polimetall'no-serebryanogo orudneniya Nizhne-taezhnogo uzla (severnoe Primor'e)* (Mineralogical and geochemical typing and zoning of base metal and silver ores of Nizhne-taezhnoye ore unit) Candidate's thesis, Vladivostok, 2013, 26 p.
12. Nagornaya E. V. *Mineralogiya i zonal'nost' molibden-medno-porfirovogo rudnogo polya Nakhodka, Chukotka* (Mineralogy and zoning of molybdenum–copper–porphyry ore unit Nakhodka, Chukotka), Candidate's thesis, Moscow, 2013, 27 p.

13. Mishin L. F. *Tezisy dokladov XI Vserossiyskogo petrograficheskogo soveshchaniya*. T. 2 (XI All-Russian petrography commission teziss, vol. 2), Ekaterinburg, Institut geologii i geokhimii UrO RAN, 2010, pp. 70.
14. Parmuzina L. V., Yuza M. S. *Izucheniye shlifov karbonatnykh porod: metod. ukazaniya* (Studying thin sections of carbonate rocks: the guidelines), Ukhta, UGTU, 2012, 26 p.
15. Portnov V. S., Sarbasova A. T., Makat D. K., Zhumabekov A. K. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2015, no 2, pp. 3105–3109.
16. Ratkin V. V. *Metallogeniya svintsya i tsinka Tikhoookeanskoy okrainy Azii* (Metallogeny of lead and zinc of Pacific border of Asia), Candidate's thesis, Moscow, 1995, 38 p.
17. Sokolov S. V. *Struktury anomal'nykh geokhimicheskikh poley i prognoz orudneniya* (Anomaly geochemical fields structures and forecasting of ore occurrence), Saint-Petersburg, MinGeo, 1998, 154 p.
18. Khomich V. G., Ivin V. V. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010, no 331, pp. 214–218.
19. Shevyrev S. L., Khomich V. G., Boriskina N. G. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle*. 2012, no 2. vyp. 20, pp. 127–138.
20. Yakovlev P. D. *Promyshlennyye tipy rudnykh mestorozhdeniy* (Industrial types of ore deposits), Moscow, Nedra, 1986, 356 p.
21. Ahmed A. H., Gharib M. E. Porphyry Cu mineralization in the eastern desert of Egypt: inference from geochemistry, alteration zones, and ore mineralogy. *Arab J. Geosci.* 2016. no. 9:179. pp. 2–6.
22. Zhen Chen, Jianping Chen, Shufang Tian, Bin Xu Application of fractal content-gradient method for delineating geochemical anomalies associated with copper occurrences in the Yangla orefield, China. *Application of fractal content-gradient method for delineating geochemical anomalies associated with copper occurrences in the Yangla orefield*, China, Geoscience Frontiers (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2015.11.010> (accessed 16.06.2016).
23. Corbett G., Leach T. *Southwest Pasific rim gold-copper sustems: structure, alteration and mineralization*. 1997. 318 p. From [http://corbettgeology.com/corbett\\_and\\_leach\\_1997.pdf](http://corbettgeology.com/corbett_and_leach_1997.pdf).
24. Gibson H. L., Allen R. L., Riverin G., Lane T. E. The VMS Model: Advances and Application to Exploration Targeting. *Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration*, edited by B. Milkereit, 2007, pp. 713–730.
25. *Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century*. Edited by A. Piestrzynsky. CRC Press. 2001. 1160 p.
26. T.M. (Mike) Porter. The geology, structure and mineralisation of the Oyu Tolgoi porphyry copper-gold-molybdenum deposits, Mongolia: A review. *Geoscience Frontiers*. 2016, no 7, pp. 375–407.
27. Robert F., Brommecker R., Bourne B. T., Dobak P.J., McEwan C.J., Rowe R. R., Zhou X. Models and Exploration Methods for Major Gold Deposit Types. *Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration*, edited by B. Milkereit. 2007, pp. 691–711.
28. Sillitoe R. H. Porphyry copper sustems. *Economic geology*. 2010. v. 105. pp. 3–41.
29. Vakh A. S., Khomich V. G., Boriskina N. G., Santosh M. The Berezitovoe gold-polymetallic deposit (Upper Amur region, Russia): Structure, mineralogy and genetic aspects. *Geoscience Frontiers*. 2016, no 7, pp. 483–494.

