НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 553.31+550.81 (470.5)

DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-7-12

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ЗОНАЛЬНОСТЬ И ГЕНЕЗИС НОВОУЧАЛИНСКОГО КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

П. И. Пирожок

Geological structure, genesis and zoning of Novouchalinsk massive sulfide deposit (South Urals)

P. I. Pirozhok

This article describes the history of discovery, exploration and subsequent geological study of one of the largest copper-zinc pyrite deposits of the Southern Urals – Novouchalinsk and determination of its position in the regional geologic structures. The authors described geological section of the deposit, including the strata and formation members of volcanogenic rocks of rhyolite-basalt subformations (Karamalytash formation D2ef-zv with horizons) of sulfide ores. The strata of the basalt-rhyolite subformation initially bedded subhorizontally underwent synfolded and rupturing deformations. Leading contemporary structure of the deposit, as well as ore field as a whole, is a compressed, meridionally elongated anticlinal fold. It has the ore controlling value. Fold has inherited the element of western edge of a large buried paleovolcano. At the core of the fold is a fragment of this volcano (the lower basalt strata), which is covered with rhyolite-basalt and overlying strata. The authors characterize leading textural varieties of ores: massive, layered breccia, complex.

The article contains the proof that zonal structure of the ore deposit field and features of its concentration within the main ore forming components. Obtained data indicates that that the formation of deposit occurred because of two main processes: sulphide deposits in the areas hydrothermal fluids outputs; and subsequent destruction of the mechanical movement of the ore material. Executed paleoreconstruction of the ore field has allowed identifying three ore extracting centers, over which ore hills formed. Their destruction led to appearance of the brecciated and layered breccia ore. Ores with the highest content of sulfur and copper are localized above the effluent channels of hydrothermal fluids, and enriched with zinc – in the overlying rock and on the flanks of emerging centers.

Novouchalinsk deposit is the main backup object of Uchalinsk ore mining and processing enterprise.

Keywords: Uchalinskoe ore field; Novouchalinsk deposit; volcanic strata; facies; the morphology of the ore bodies; mineral associations; paleoreconstruction structure of the ore field.

К 30-летию открытия Новоучалинского месторождения

Рассмотрена история открытия, разведки и последующего геологического изучения одного из крупнейших медно-цинковых колчеданных месторождений Южного Урала – Новоучалинского. Определено его положение в региональных геологических структурах. Описан геологический разрез месторождения, включающий толщи и пачки вулканогенных пород риолит-базальтовой субформации (карамалыташской свиты D_2ef-zv с горизонтами) сульфидных руд. Отмечено, что толщи риолит-базальтовой субформации, первоначально залегавшие близгоризонтально, подверглись синскладчатым и разрывным деформациям. Ведущей современной структурой месторождения, как и рудного поля в целом, является сжатая меридионально вытянутая антиклинальная складка. Она имеет рудоконтролирующее значение. Складка унаследовала элемент западного борта крупного погребённого палеовулкана. В ядре складки располагается фрагмент этого вулкана (нижняя базальтовая толща), который облекается риолито-базальтовой и вышележащими толщами. Охарактеризованы ведущие текстурные разновидности руд: массивные, слоисто-брекчиевые, сложные.

Обосновываются зональное строение рудной залежи месторождения и особенности концентрации в её пределах основных рудообразующих компонентов. Полученные данные свидетельствуют в пользу того, что формирование залежи происходило в результате двух основных процессов: отложения сульфидов в местах выхода гидротерм; последующего разрушения и механического перемещения рудного вещества. Выполненная палеореконструкция рудного поля позволила выделить три рудовыводящих центра, над которыми формировались рудные холмы. За счет их разрушения возникали брекчиевые и слоисто-брекчиевые руды. Руды с наибольшим содержанием серы и меди локализованы над выводящими каналами гидротерм, а обогащенные цинком – в кровле залежи и на флангах выходящих центров.

Новоучалинское месторождение является главным резервным объектом Учалинского ГОКа.

Ключевые слова: Учалинское рудное поле; Новоучалинское месторождение; вулканические толщи; фации; морфология рудных тел; минеральные ассоциации; палеореконструкции структуры рудного поля.

Открытие и разведка

Новоучалинское медно-цинковое колчеданное месторождение открыто в 1986 г. Межозерной ГРП Уральской ГРЭ УГМР МЦМ СССР при реализации проекта поисково-оценочных работ (авторы А. М. Диденко, П. И. Пирожок, В. П. Кизянов, П. А. Конюхов, 1983) на южном фланге Учалинского рудного поля [1]. Новоучалинское месторождение является главной резервной минерально-сырьевой базой ОАО УГОК на Учалинской промплощадке.

Геологическим обоснованием постановки поисково-оценочных работ на площади послужило отсутствие южного замыкания антиклинальной структуры Учалинского месторождения, выразившееся в продолжении к югу риолит-дацитовой толщи, пирокластические фации которой местами были преобразованы во вторичные кварциты и сланцеватые разности с рассеянной сульфидной минерализацией; основная часть разреза сложена плотными серовато-вишневыми (пятнистыми) фельзитовидными риолито-дацитами. Также было известно, что на южном фланге Учалинского рудного поля расположены рудоуправления Юго-Восточное, Берёзки и др. Поэтому было необходимо выяснить, продолжается ли учалинская кремнекислая толща до отмеченных рудоуправлений; какова ее мощность, глубины залегания, характер изменений, наличие сульфидных руд и т. д.

Из геологических материалов также следовало, что потенциально рудоносная толща имеет тенденцию погружения к югу с перекрытием кровли миндалекаменными базальтами. Согласно этим предпосылкам и результатам опоискования северного фланга месторождения, выполненного по предложению П. И. Пирожка и проекту А. М. Диденко, методика поисково-оценочных работ на колчеданное оруденение на южном фланге Учалинского рудного поля заключалась в бурении наклонных колонковых скважин глубиной до 1200 м по сетке 400 × 1000 м на профилях, ориентированных вкрест субмеридионального простирания рудоносной структуры в комплексе с геофизическими и геохимическими исследованиями [1].

На стадии поисково-оценочных работ (1983–1988) было пробурено 32 скважины, из них 7 рудных, глубиной от 544–900 до 1200–1224 м по сетке 500–550 × 400–450 м.

На стадии предварительной разведки пробурено 29 скважин, из них 24 рудных и 8 гидрогеологических общим объемом 40 340 м, глуби-

ной 750–1960 м. Разведочная сеть составила между профилями 83–156 м, по падению рудного тела 85–155 м [2]. Подсчитанные запасы в три раза превзошли прогнозируемые по проекту ресурсы, составив 3980 тыс. т (медь + цинк).

Из керна скважин были отобраны и исследованы на обогатимость с использованием оборотной воды Учалинской ОФ 36 малообъемных (40–60 кг) и 18 укрупнённых (150–200 кг) сортовых технологических проб, что имело важное значение для объективной промышленной (и технологической) оценки руд месторождения по сортам как в группах блоков, так и в целом по залежи. При этом использовалась методика, разработанная и апробированная ОАО УГОК по опережающему геолого-технологическому опробованию руд (ОГТО) [3].

Запасы Новоучалинского месторождения были подсчитаны по кондициям МЦМ СССР (Протокол № 625-ВК от 15.03.1991 г.), утверждены Комитетом по металлургии РФ (Протокол № 3950 от 25.03.1996 г.) и РКЗ Госкомгеологии Республики Башкортостан (Протокол № 2/966 от 25.05.1998 г.) по категориям C_1 и C_2, что дало возможность начать проектирование и строительство рудника, минуя стадию детальной разведки, которая (уже как доразведка или эксплуатационная разведка) экономически целесообразна лишь после вскрытия месторождения шахтными стволами [2].

В связи с интенсивной отработкой запасов Учалинского месторождения и учетом необходимости опережающей подготовки рудной базы для своевременного восполнения выбывающих мощностей Учалинский ГОК в 2005 г. подготовил документ «Основные инженерные решения и предварительная оценка промышленной разработки Новоучалинского месторождения», который был одобрен техсоветом предприятия и Советом директоров УГМК (2006).

Структура рудного поля; геологическое строение

Новоучалинское и находящееся в 1,5 км к северу от него Учалинское месторождения образуют Учалинское рудное поле, представляющее собой сложно деформированную вулканическую структуру [4] в северной части Учалинско-Александринской структурно-формационной зоны Магнитогорского мегасинклинория [5]. Последний, по данным Е. П. Ширая и В. С. Требухина [6, 7], представляет собой систему двойных палеоостровных дуг, разделенных зоной спрединга на месте глубокого Центрально-Магнитогорского прогиба, выполненного вулканогенно-осадочными породами верхнего девона–нижнего карбона. Отмеченные месторождения приурочены к субмеридиональной полосе развития риолит-базальтовой субформации карамалыташской свиты (D_2ef-zv) в центральной и северо-восточной частях Учалинского рудного района. Эта полоса, имея ширину 20–30 км на широте города Учалы, сужается на севере до 10–15 км, на юге до 5–2 км. Она состоит из двух вулканогенных гряд – Сафаровско-Учалинской и примыкающей к ней с запада Кокбаш-Курпалинской [7]. Для вулканитов рудного поля характерны толеитовый состав и преобладание базальтов над кислыми породами. Контуры рудного поля определяются развитием (на доступных для изучения глубинах) риолито-дацитовой толщи, простирающейся на 18 км в северо-северо-восточном направлении. К ее кровле приурочен рудоносный уровень обоих месторождений [3, 7].

Разрез Новоучалинского месторождения слагают следующие толщи и пачки вулканогенных пород риолит-базальтовой субформации (карамалыташской свиты D_2ef-zv) и лежащие в разрезе сульфидные руды (снизу вверх):

– *первая (нижняя) базальтовая толща* вскрытой мощностью 100–200 м, по геофизическим данным – более 1 км – представлена массивными глыбовыми, преимущественно афировыми лавами; эти базальты являются фрагментами крупного субмаринного вулканогенного поднятия типа щитовидного палеовулкана, пережившего кальдерную стадию развития [3, 7];

– *вторая риолит-дацитовая толща* мощностью 200–600 м сложена фельзитовидными мелко- и базокварцевыми риолит-дацитами экструзивно-лавовых фаций с однородными и флюидальными текстурами; межкупольные впадины заполнены туфами и кластолавами того же состава мощностью до 200 м; соотношения витрокластов и литокластов, гранулометрический состав, степень сглаженности обломков и характер слоистости в них широко варьируют;

– *колчеданная залежь* мощностью до 180 м сложена преимущественно сплошными халькопирит-пиритовыми (МК), халькопирит-сфалерит-пиритовыми (МЦК), незначительно пиритовыми (СК) и цинково-пиритовыми (ЦК) рудами; залежь залегает непосредственно на тонкообломочных туфах кислого состава, а на флангах переслаивается с ними;

– *полифациальная пачка туфогенно-осадочных пород* мощностью 0–150 м с прослоями кислых и основных лав, перекрывающая рудную залежь на значительной ее площади;

– *третья толща шарово-подушечных риолоу-лав базальтов* мощностью более 800 м, перекрывающая туфогенную пачку, а местами и рудное тело, состоит из множества потоков мощностью 10–20 м, которые либо наслаиваются друг на друга закалёнными поверхностями, либо разделяются пластами или линзами гиалокластитов, также выполняющими межподушечные пространства; среди базальтовых потоков преобладают мелковкрапленные (до 1 мм) разности, содержащие 8–10 % зерен плагиоклаза и клинопироксена; текстура пород афировая, миндалекаменная; микроструктура основной массы апоинтерсертальная, гиалопилитовая. В верхах разреза наблюдаются базальты с крупными (5–7 мм) вкрапленниками пироксена;

– *четвертая толща* мощностью до 1 км представлена разнообломочными (от глыбовых до лапиллиевых) миндалекаменными пирокластами пироксен-плагиоклазовых базальтов (шлаковая толща, по А. И. Шмидту); она образует две полосы меридионального простирания, с запада и востока окаймляющие ареал риолоу-лав третьей толщи; шлаки почти согласно залегают на риолоу-лавах; в западной части поля они наклонены к западу под углами 75°–85°; на востоке имеют падение к востоку под углами 50°–60°.

В четвертой толще выделены околожерловые, промежуточные и удаленные фации.

Околожерловые фации представлены крупноглыбовыми (0,5–3,0 м) лавоагломератами и туфоагломератами плагиопорфиритовых и пироксен-плагиопорфиритовых базальтов, сцементированных лапиллиевыми и мелкообломочными туфами. Размер вкрапленников изменяется от 0,3 до 1 см. Микроструктуры пород: гиалопилитовая, пилотакситовая, интерсертальная.

Промежуточные фации представлены лапиллиевыми туфами с включениями вулканических глыб и прослоями мелкообломочных туфов и туфопесчаников.

Среди *удаленных фаций* развиты мелкообломочные туфы, туфопесчаники с примесью пепловых и шлаковых частиц.

На флангах месторождения, надстраивая разрез четвертой толщи, встречаются экструзивные купола базокварцевых дацитов с лавопирокластическими шлейфами, которые, расщепляясь по простиранию, переслаиваются с окружающими базальтовыми порфиритами. К кровле некоторых из этих куполов приурочены Юго-Восточное, Курпалинское, Контрольное и другие рудопроявления.

Е. П. Ширае, И. Б. Серавкиным установлено, что подрудные и надрудные базальты риолит-дацитовой субформации относятся к толеитовой серии, обладают повышенной глиноземистостью, низкими содержаниями кальция, магния, титана, имеют резко пониженное содержание хрома и никеля. Пироксен-плагиопорфиритовые базальты четвертой толщи характеризуются низким содержанием кремнезема и повышенной глиноземистостью; кислые породы, связанные с ними, отвечают натровым дацитам и риолито-дацитам [6, 7].

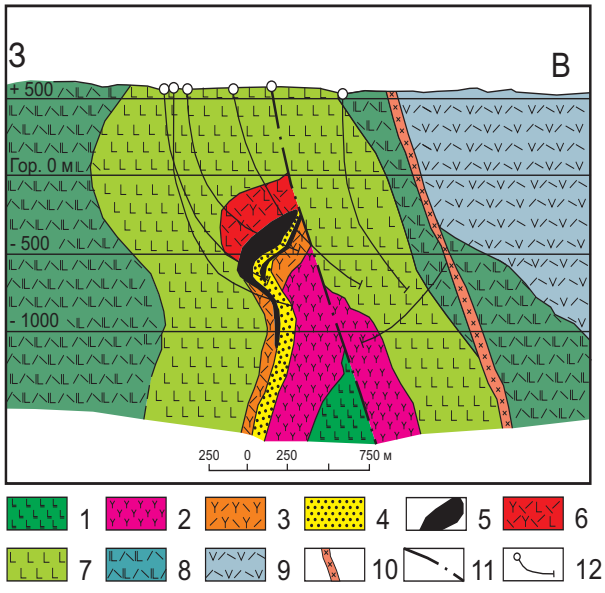


Рисунок 1. Субширотный разрез по разведочной линии через центральную часть Новоучалинского месторождения. 1–4 – подрудные породы: 1 – лавы базальтов; 2 – риолито-дациты; 3 – туфы риолито-дацитов; 4 – туфогенно-осадочные и гидротермально-осадочные породы; 5 – сплошные медно-цинковые колчеданные руды; 6–9 – надрудные породы: 6 – полифациальная пачка туфогенно-осадочных пород с небольшими телами кислых и основных лав; 7 – шарово-подушечные риолоу-лавы базальтов; 8 – агломератовые и лапиллиевые шлакотуфы пироксен-плагиопорфировых базальтов; 9 – туфы и лавы андезибазальтов; 10 – интрузивные тела микродиоритов; 11 – разлом; 12 – скважины / **Figure 1. Sublatitudinal section along the exploration line through the center of Novouchalinsk deposit.**

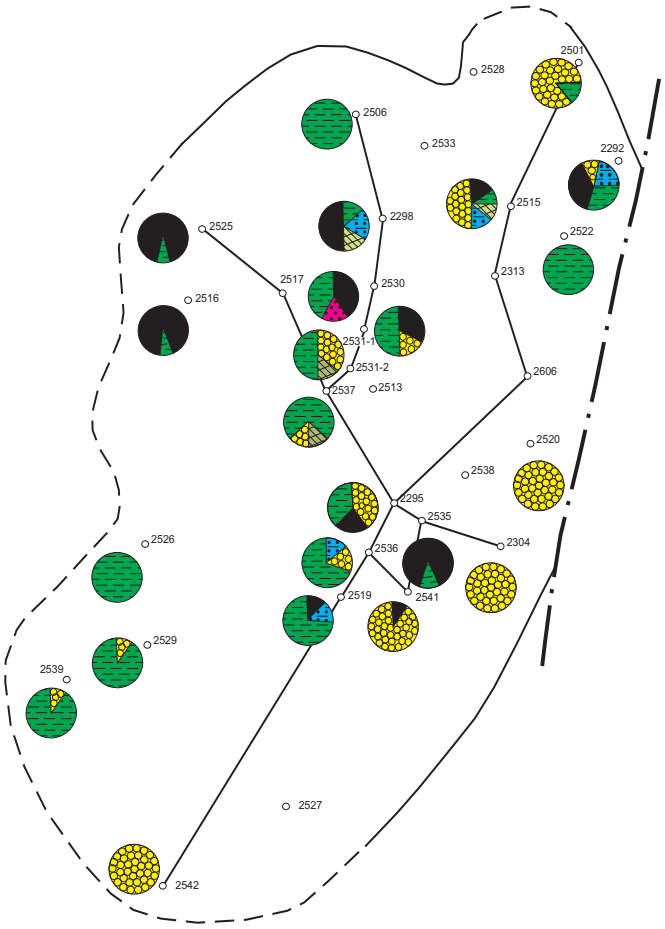


Рисунок 2. Распределение текстурных типов руд на горизонтальной проекции залежи Новоучалинского месторождения. Условные обозначения – на рис. 3 / Figure 2. Distribution of textural types of ore in the horizontal projection of Novouchalinsk deposit.

Рассмотренные толщи риолит-базальтовой субформации, первоначально залегавшие близгоризонтально, подвержены синвулканическим складчатым и разрывным деформациям. Главной современной структурой Новоучалинского месторождения, как и рудного поля в целом, является сжатая меридионально вытянутая антиклинальная складка, выделенная ранее А. И. Шмидтом, М. Б. Бородаевской, П. И. Пирожком и др. под названием Малоучалинской антиклинали [4, 5]. Эта складка унаследовала элемент западного борта соммы крупного погребённого базальтового палеовулкана. В ядре складки располагается фрагмент этого вулкана (нижняя базальтовая толща), который облекается риолито-базальтовой и вышележащими толщами. Как видно на разрезе (рис. 1), складка асимметрична: западное ее крыло залегает субвертикально с элементом запрокидывания в нижней части и лишь на глубине у него появляется тенденция к выполаживанию. Восточное крыло складки положе западного и наклонено к востоку в среднем под углом 60°. Оно осложнено синвулканическим разрывом, конформным складке. О синвулканической природе складки свидетельствует то, что слагающие ее породы и руды не подвержены динамометаморфизму.

Колчеданные залежи Новоучалинского и Учалинского месторождений залегают на одном уровне – на мелкообломочных туфах кислого состава. Обе залежи расположены симметрично, соответственно на южном и северном флангах риолит-дацитового вулканокупола. Рудные тела характеризуются различными текстурами (рис. 2) и локализованы на склонах купола в вулканодепрессиях, выполненных туфогенно-осадочными породами.

Колчеданная залежь Новоучалинского месторождения залегает на контакте кислой толщи и перекрывающей ее базальтовой толщи в западном крыле Учалинской антиклинальной складки. Залежь вместе с вмещающими породами приобрела субвертикальное положение против первичного близгоризонтального; северный фланг залегает на глубинах 600–700 м, южный – до 1200 м. Представляет собой субмеридионально вытянутое линзовидное тело, прослеженное по простиранию на 1200 м и падению на 700 м. В поперечном сечении (рис. 1) тело имеет вид асимметричной линзы с резко раздутой, туповыклинивающейся верхней и постепенно уплощающейся нижней частями. В продольном сечении, по нормали к залеганию его центральной раздутой части, форма рудного тела представляет собой выпуклую вниз линзу с двумя (северным и южным) раздувами мощности и плавным выклиниванием в этих направлениях.

Контакты рудного тела с породами висячего бока резкие. Внутри рудного тела согласно с ним залегают прослои туфопесчаников, кремнистых пелитовых туффитов, пепловых туффитов (превращенных в хлоритолиты); здесь встречены послерудные дайки диабазов. Со стороны лежачего бока к рудному телу примыкают послойные зоны различной мощности серицито-кварцевых и серицит-хлорит-кварцевых метасоматитов, минерализованных (местами интенсивно) сульфидами.

Минеральный состав и текстуры руд

По минеральному составу руды Новоучалинского месторождения являются типичными для колчеданных месторождений уральского типа и подразделяются на серноколчеданные (4 % от всех запасов), медноколчеданные (39 %) и медно-цинковые колчеданные (54 %) со средним отношением меди к цинку 1 : 3. Основной объем руды представлен сплошными (массивными) разновидностями. Незначительно (до 3 %)

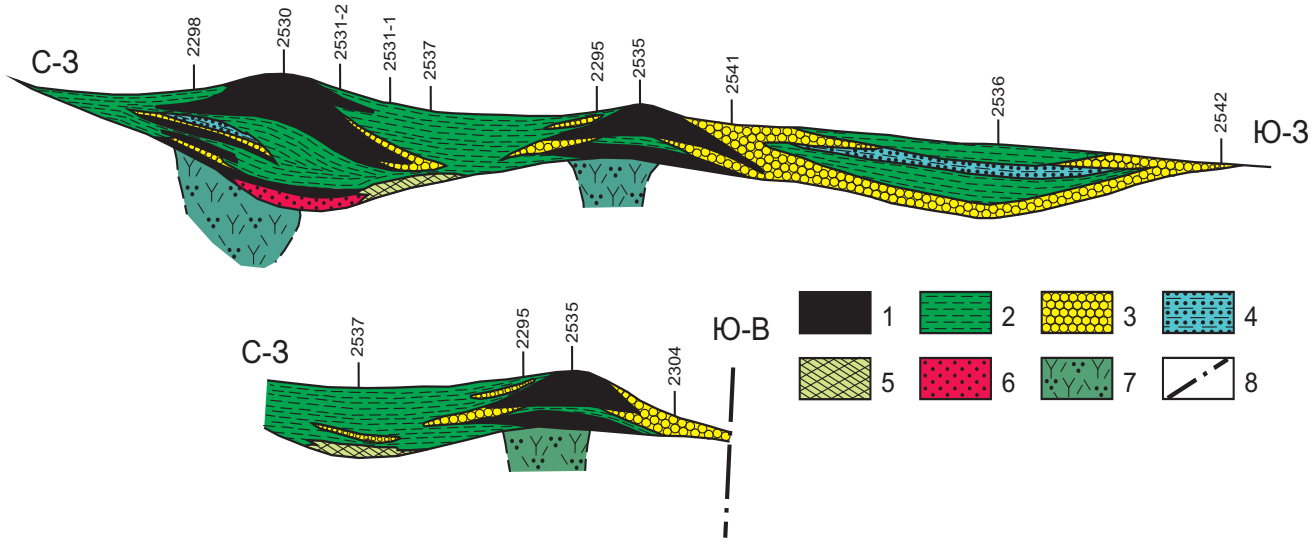


Рисунок 3. Распределение текстурных типов руд в колчеданной залежи Новоучалинского месторождения (в разрезах, линии которых имеют номера скважин на рис. 2). 1–3 – текстуры руд: 1 – массивные, афанитовые, монотонные; 2 – полосчатые; 3 – обломочные; 4 – полосчатые руды с нерудными прослоями; 5 – раздельно-зернистые руды; 6 – густовкрапленные руды; 7 – туфы риолито-дацитов, преобразованные в серицито-кварцевые метасоматиты с густой вкрапленностью и прожилками сульфидов (предполагаемые места рудоподводящих каналов); 8 – разрывные нарушения / Figure 3. Distribution of textural types of ores in pyrite occurrence of Novouchalinsk deposit (in sections which lines have well numbers in Fig. 2).

вкрапленные руды развиты в лежачем боку и отчасти в виде прослоев внутри тела и на выклинках.

Главными рудными минералами являются пирит (нескольких генераций), сфалерит и халькопирит; встречаются галенит, теннантит, магнетит, халькозин, самородное золото. Жильные минералы составляют не более 5–10 % объема рудной массы и представлены карбонатом, баритом и кварцем [1, 3].

По текстурным особенностям среди руд сплошного сложения выделены *массивные, слоисто-брекчиевые и слоистые* разновидности (рис. 2, 3).

Массивные руды пиритового и халькопирит-пиритового состава образованы сростками плохо ограничённых пентагондодекаэдров пирита (до 0,5 мм), промежутки между которыми выполнены халькопиритом или жильными минералами. В отдельных участках сохраняются реликты метаколлоидных агрегатов пирита в виде фрамбоидов, радиально-лучистых сфер и криптозернистых масс с концентрической зональностью.

Слоисто-брекчиевые руды состоят из обломков пиритовых и халькопирит-пиритовых руд, полностью идентичных описанным массивным рудам, и сфалерит-пиритового цемента. Размеры обломков колеблются от 0,1 до 1,0 см, изредка встречаются более крупные обломки до 3–8 см. Форма обломков округлая и угловато-округлая, количество их составляет 20–30 %. Цемент образован чередованием полос существенно пиритового и сфалеритового состава толщиной от первых миллиметров до 1–1,5 см. В существенно сфалеритовых полосах обычно имеются включения идиоморфных, часто скелетных зерен пирита, а также магнетита, галенита и теннантита. Существенно пиритовые полосы состоят из мелких осколков пиритовых зерен размером от сотых долей до 0,3–0,5 мм, в которых при травлении местами заметна зональность роста, срезаемая границами зерен и цементирующей метаколлоидной матрицей. Последняя состоит в основном из криптозернистого пирита, фрамбоидов и радиально-лучистых сфер. Форма полос линейная, слабоволнистая, часто линзовидная. Крупные обломки огибаются слоистостью.

Слоистые руды по строению и составу в основном идентичны слоистому цементу слоисто-брекчиевых руд. Здесь выделяются полосы из тонкозернистого (0,1–0,3 мм) пиритового песчаника; полосы метаколлоидного пирита, не содержащие обломочного материала, и переходные разновидности между ними.

Слоистость по форме более сложная: наряду с линейной здесь присутствуют линзовидная, перистая, плойчатая и петельчатая разновидности.

Зональность рудной залежи и особенности концентрации рудообразующих компонентов

Рассмотренные особенности строения и состава типов руд, их распределение в рудном теле свидетельствуют о формировании рудной залежи в результате двух основных процессов: отложения сульфидов в местах выхода гидротерм; разрушения и механического перемещения рудного вещества. С процессом гидротермального рудоотложения связано накопление массивных пиритовых и халькопирит-пиритовых руд, а также образование метаколлоидного цементирующего пирита и сфалерита в слоисто-брекчиевых рудах. Находящийся в последних обломочный материал образован при разрушении и механическом перемещении обломков массивных руд, как это показали работы М. Б. Бородаевской, А. Г. Злотник-Хоткевича, П. И. Пирожка [5, 8, 9], И. Б. Серавкина, В. Н. Скуратова, С. Е. Знаменского [3] на примере Учалинского месторождения, а также В. В. Масленникова и В. В. Зайкова [10] на примере других уральских месторождений.

Плойчатые, петельчатые и перистые рисунки слоистости указывают на то, что рудные осадки, содержащие обломочный материал, подвергались оплыванию и оползанию. Особенно четко это видно на контактах руд с прослоями туфов. Здесь из-за различия в плотностях при наличии неровностей палеорельефа морского дна создавались условия гравитационной неустойчивости, при которых происходило оползание отложений.

Анализ распределения выделенных текстурных разновидностей руд в объеме залежи свидетельствует, что осаждение руд происходило в обстановке неровного рельефа.

На рис. 2, 3 видно, что массивные пиритовые и халькопирит-пиритовые руды образуют серию линзовидных тел, сосредоточенных в трех локальных участках рудной залежи: северо-восточном, северо-западном и юго-восточном. Показательно, что в этих участках установлены наиболее интенсивные проявления вкрапленной минерализации в туфах лежачего бока, что, вероятнее всего, фиксирует пути движения гидротермальных растворов. Слоисто-брекчиевые руды пространственно тяготеют к линзам массивных руд и нередко образуют их латеральные продолжения. Слоистые руды с наиболее тонким обломочным материалом выполняют промежутки между линзами массивных руд и сопровождающих слоистых брекчий.

Совокупность приведенных данных свидетельствует, что на Новоучалинском месторождении существовало три центра выхода гидротермальных растворов, над которыми накапливались массивные руды, формируя рудные холмы; последние служили источниками обломочного материала для последовательно сменяющих друг друга слоисто-брекчиевых и слоистых руд, приуроченных к склонам этих холмов.

Наличие трех центров гидротермальной активности подтверждается также анализом данных опробования. На схемах распределения средневзвешенных содержаний (на вертикальной проекции) выделяются три поля максимальных концентраций серы (рис. 4), которые пространственно совпадают с проявлениями вкрапленной минерализации и линзовидными телами массивных руд (рис. 2). Максимумы концентраций меди локализованы в области северо-восточного и юго-восточного центров гидротермальной активности; в области северо-западного центра, где тела массивных руд состоят преимущественно из пирита, концентрация меди минимальна (рис. 5).

Максимумы концентраций цинка, наоборот, пространственно разобщены с максимумами серы и меди. Один из них располагается между северо-западным и северо-восточным центрами гидротермальной активности, другой – между северо-восточным и юго-восточным центрами. Между этими максимумами и южнее юго-восточного центра расположены поля умеренных концентраций серы и меди; минимумы цинка совпадают с максимумами серы.

Поля высоких концентраций отмеченных элементов вытянуты в восточно-северо-восточном направлении и, видимо, отвечают генеральному направлению рудовыводящей разрывной структуры.

Пространственная разобщенность максимумов концентраций рудообразующих элементов наблюдается и по мощности залежи. Максимумы содержаний меди и серы сосредоточены главным образом в основании залежи, над выводящими каналами; максимумы цинка, напротив, тяготеют к кровле залежи и расширяются с удалением от них (рис. 4, 5).

Отмеченные особенности распределения концентраций рудообразующих компонентов подтверждает отмеченное А. Г. Злотником-Хоткевичем и Н. А. Андрияновой [5, 11] влияние (зависимость) температур

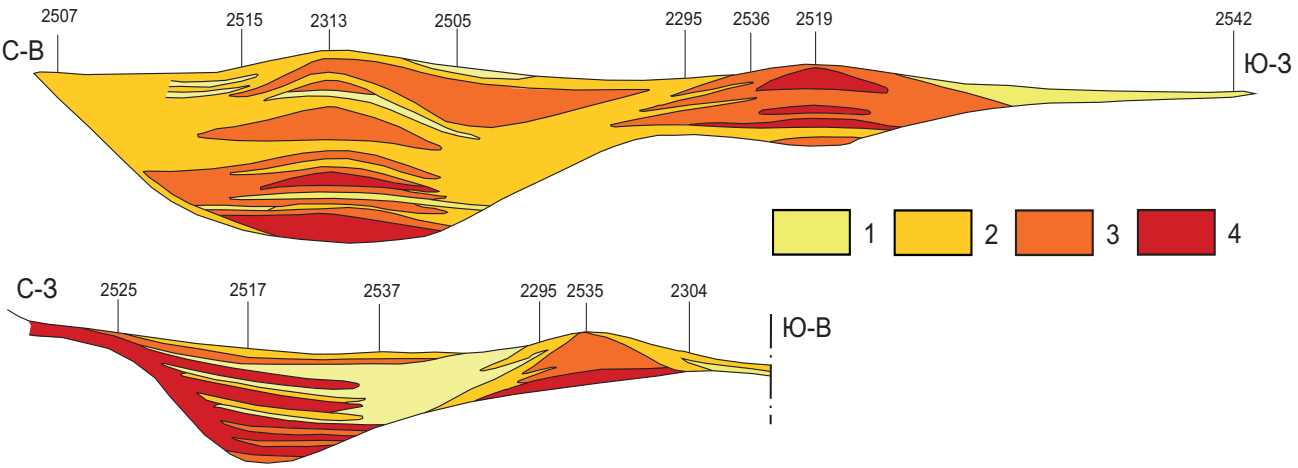


Рисунок 4. Распределение серы в колчеданной залежи Новоучалинского месторождения, %. 1 – менее 40; 2 – 40–45; 3 – 45–50; 4 – более 50. Линии разрезов и номера скважин см. на рис. 2 **/ FIgure 4. Distribution of sulfur in pyrite occurrence of Novouchalinsk deposit.**

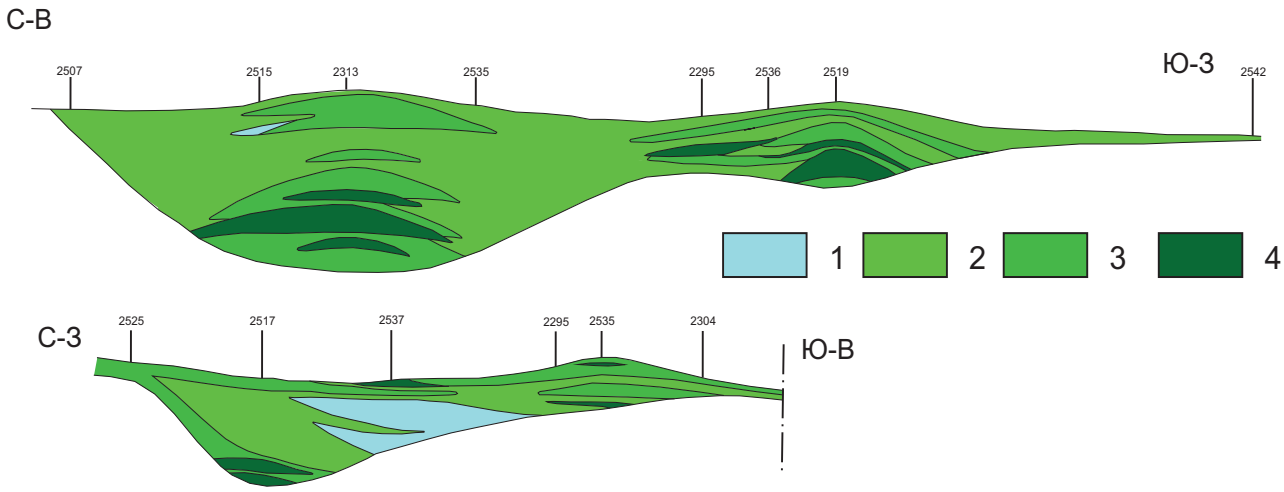


Рисунок 5. Распределение содержаний меди, %. 1 – менее 0,2; 2 – 0,1–1,0; 3 – 1,0–2,0; 4 – более 2,0. Разрезы и номера скважин см. на рис. 2 / **Figure 5. The distribution of copper contents.**

рудоотложения на минеральную зональность колчеданных руд. По их данным, комплексные соединения меди неустойчивы и распадаются при относительно высоких (300°–400°) температурах, что приводит к отложению халькопирита в наиболее горячих надканальных частях гидротермальной системы. Комплексные соединения цинка при высоких температурах более устойчивы и распадаются лишь при температурах ниже 300–250 °С. В связи с этим сфалерит накапливается в более холодных фланговых частях системы, а также при затухании гидротермальной деятельности, когда температура растворов снижается ниже 300 °С. Вероятнее всего полагать, что появление максимальных концентраций цинка между выводящими вулканическими центрами вызвано осаждением сфалерита из растворов, поступающих одновременно из двух источников. Характерно, что на южном фланге юго-восточного выводного центра раствор поступал лишь из одного источника, что заметно снизило концентрацию цинка в руде южного фланга залежи.

Ритмичность в распределении линз массивных руд и максимумов концентраций рудообразующих элементов обусловлена, вероятнее всего, прерывисто-пульсационным характером гидротермально-осадочного процесса. Исходя из пространственного положения линз массивных руд в разрезе рудной залежи, можно допустить, что функционировали два цикла интенсивной гидротермальной деятельности – ранний и поздний. Ранний цикл, как видно на рис. 4, 5, был более продуктивным на серу и медь, а поздний – на цинк. В пределах северо-западного рудовыводящего центра минеральные продукты двух циклов слиты воедино, но их проявление фиксируется наличием прослоев туфов в средней части линзы массивных руд. Обогащение руд верхней части залежи цинком могло быть обусловлено как резким понижением температуры гидротерм, так и переотложением цинка из руд раннего цикла.

Палеореконструкция структуры рудного поля

Опираясь на изложенные материалы, можно реконструировать главные черты становления вулканической структуры и оруденения Новоучалинского месторождения, а также рудного поля в целом.

По завершении образования кальдеры Учалинского базальтового щитового палеовулкана в ее юго-западной части через зоны разрывов был «выдавлен» риолит-дацитовый купол, что сопровождалось проседанием бортов кальдеры и накоплением в понижениях и на склонах купола пирокластов и кластолав, по составу аналогичных куполу.

Рудные тела Новоучалинского и Учалинского месторождений сформировались в подобных впадинах на одном стратифицированном уровне – соответственно на южном и на северном склоне купола после завершения его становления. При этом на всем протяжении рудовмещающей структуры были выдержаны условия рудонакопления. В формировании рудного тела определенную роль играли невысокие сульфидные холмы, которые возникали над тремя рудовыводящими каналами. Последние контролируются синвулканическим разрывом, вытянутым по простиранию вмещающей палеодепрессии. Холмы в процессе роста разрушались с образованием мелкообломочных руд с гидротермально-осадочным цементом, по составу аналогичным обломкам. Подобные придонные сульфидные холмы обнаружены на ряде месторождений [3, 8, 10]. Рудная масса, состоящая из слоев и линз различной плотности, во время становления в водной среде при неровном рельефе субстрата обладала гравитационной неустойчивостью, что на фоне сейсмических толчков приводило к явлениям сгруживания, оползания, оплывания и заволакивания осадка. Эти явления запечатлелись в виде пельчатых, перистых, стебельчатых, вихреватых, рулетоподобных и иных текстур сложного строения.

После отложения руд происходили локальные излияния базальтовых лав, выдавливание небольших кислых куполов и потоков на фоне отложения перемытых вулканокластов (полифациальная пачка), которые лишь частично перекрывали рудное тело.

Позднее наступило время активного базальтоидного магматизма в виде многократных прерывисто-пульсационных излияний подвижного базальтового расплава, потоки которого привели к накоплению мощной толщи наслоенных шарово-подушечных лав и гиалокластитов. Последние, заполняя пространства между подушками и шарами, также отлагались в виде протяженных горизонтов, пластов и линз, по мощности сопоставимых (10–20 м) с потоками лав. Гиалокластиты образуются, по-видимому, в результате шелушения закалённых лавовых корок в потоках, а также как следствие их пульверизации, т. е. полного разрыва при интенсивной дегазации газонасыщенного расплава. Глубина излияния лав реконструируется в 200–1000 м от уровня палеоморя. Эта толща пиллоу-лав по мере своего накопления выравнивала палеорельеф рудоносной вулканоструктуры, в том числе расположенную здесь кальдеру, которая на фоне общего проседания еще более прогнулась. Прогибание ее западного борта сопровождалось значительным увеличением крутизны залегания горных пород и рудной залежи [3, 7].

Эволюция структуры Новоучалинского месторождения в последующий период происходила, по-видимому, следующим образом.

В связи с многократно возобновляющимися компенсационными проседаниями осложненного разрывами западного борта Учалинского палеовулкана в области соммы его кальдеры вулканогенные толщи изменили свое залегание от первоначально горизонтального до наклонного (под разными углами) к западу и востоку от выступа соммы. В результате последующих синвулканических деформаций выступ соммы, сложенный подрудными базальтами, преобразовался в ядро антиклинальной складки, а вышележащие вулканогенные толщи – в крутопадающие крылья. При этом слагающие складку вулканогенные породы не подверглись рассланцеванию. Это свидетельствует о том, что складчатые деформации связаны с синвулканическими процессами, аналогичными складчато-разрывным дислокациям, проявляющимся при становлении длительно формирующихся кальдер вулканов.

Дальнейший вулканизм в пределах рудного поля резко изменил свой характер: наступили катастрофические извержения центрального типа в мелководных условиях сравнительно вязкого базальтового расплава, на что указывает обилие крупных интрателлурических вкрапленников плагиоклаза и пироксена в продуктах эксплозивных извержений.

При спаде интенсивности извержений из палеовулканов по их периферии «выжимались» небольшие экструзивные купола кислого состава, во впадинах между которыми отлагались тонкие пласты и линзы сульфидов гидротермально-осадочного генезиса.

Последующая эволюция вулканизма в Учалинском рудном районе характеризуется накоплением андезибазальтов и вышележащей толщи пород вулканогенно-осадочной формации, малопродуктивной на колчеданное оруденение [6, 7].

Основные выводы

Новоучалинское медно-цинково-колчеданное месторождение и

расположенное к северу от него Учалинское месторождение, являясь классическим эталоном оруденения уральского типа, образуют единое рудное поле на северном фланге Учалинско-Александринской структурно-формационной зоны восточной части Магнитогорского мегасинклинория.

Разрез месторождения слагают вулканиты риолит-базальтовой субформации (карамалыташская свита D_2e-zv) и колчеданная залежь, которые, первоначально имея близгоризонтальное залегание, деформированы и смяты в антиклинальную складку близмеридионального простирания.

Новоучалинская и учалинская колчеданные залежи залегают на одном стратифицированном уровне, соответственно на южном и северном флангах риолит-дацитового купола, во впадинах, заполненных туфогенно-осадочными породами кислого состава.

На Новоучалинском месторождении выделены три рудовыводящих центра, над которыми формировались рудные холмы. Последние, разрушаясь, образовывали шлейфы брекчиевых и слоисто-брекчиевых руд. Одновременно по схеме гидротермально-осадочного процесса накапливались пласты и линзы массивных слоистых руд. Руды с наибольшим содержанием серы и меди локализованы над выводящими каналами и в непосредственной близости от них, а обогащенные цинком – в верхах (кровле) залежи и на флангах выводящих центров (щелей), что обусловлено главным образом температурным фактором.

Складчатые и разрывные деформации вулканической структуры Новоучалинского месторождения и рудного поля связаны с многократными синвулканическими проседаниями, о чем свидетельствуют отсутствие кливажа в Учалинской антиклинали и сохранность первичных структур и текстур в горных породах и рудах.

Новоучалинское колчеданное месторождение – главный резервный объект Учалинского ГОКа. Его промышленное освоение – актуальнейшая задача градообразующего предприятия.

Статья написана по материалам хоздоговорной НИР ЦНИГРИ (с участием УГОКа) с Уральской ГРЭ МЦМ СССР. В подготовленной работе совместно с автором активное участие принимали доктора геолого-минералогических наук А. Г. Злотник-Хоткевич и Е. П. Ширай, а также А. М. Диденко, В. С. Требухин и А. Г. Кузнецов.

Автор счёл своим долгом доработать их материалы и основные положения использовать в данной публикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирожок П. И., Диденко А. М. История открытия и геологическое строение Новоучалинского месторождения. Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 1997. С. 81–87.
2. Пирожок П. И., Серавкин И. Б., Чадченко А. В. Геолого-промышленная и горнотехническая характеристика эксплуатируемых и резервных месторождений. Учалинский ГОК на рубеже XXI века. Уфа: Полиграфкомбинат, 2000. С. 30–108.
3. Серавкин И. Б., Пирожок П. И., Скуратов В. Н. и др. Минеральные ресурсы Учалинского ГОКа. Уфа: Башкир. кн. изд-во, 1994. 328 с.
4. Бородаевская М. Б., Курбанов Н. К., Ширай Е. П., Шмидт А. И. Учалинская структурно-формационная зона // Колчеданные провинции Южного Урала и Мугоджар: труды ЦНИГРИ. 1973. Вып. 105. С. 41–55.
5. Бородаевская М. Б., Злотник-Хоткевич А. Г., Пирожок П. И., Ширай Е. П. Условия локализации и формирования колчеданных руд на примере Учалинского месторождения // Сов. геология, 1984. № 3. С. 25–35.
6. Ширай Е. П. Палеоструктуры Восточно-Магнитогорской эвгеосинклинали (Южный Урал) на период формирования колчеданоносных формаций // Труды ЦНИГРИ. 1997. Вып. 126. С. 24–31.
7. Требухин В. С., Ширай Е. П. Реконструкция палеовулканических структур Учалинского и Верхнеуральского районов // Руды и металлы. 1994. № 3/5. С. 81–89.
8. Злотник-Хоткевич А. Г., Кузнецов А. Г., Пирожок П. И. Генетические особенности слоистых руд Учалинского месторождения // Продукты разрушения гидротермальных построек в колчеданоносных районах. Свердловск: ЭЛЛИОТ, 1991. С. 56–62.
9. Пирожок П. И., Злотник-Хоткевич А. Г. Новые данные о генезисе Учалинского колчеданного месторождения // ДАН СССР. 1978. Т. 242, № 2. С.290–293.
10. Масленников В. В., Зайков В. В. О процессах придонного разрушения сульфидных построек в палеовулканических структурах // Продукты разрушения гидротермальных построек. Свердловск: ЭЛЛИОТ, 1991. С. 211–225.
11. Злотник-Хоткевич А. Г., Андриянова Н. А. Температура рудоотложения как основной фактор минеральной зональности колчеданных руд // Тез. докл. совещ. по термобарометрии и геохимии рудообразующих флюидов (по включениям в минералах). Львов, 1985.

REFERENCES

1. Pirozhok P. I., Didenko A. M. 1997, *Istoriya otkrytiya i geologicheskoe stroenie Novouchalinskogo mestorozhdeniya* [History of the discovery and the geological structure of Novouchalinsk deposit], Miass, pp. 81–87.
2. Pirozhok P. I., Seravkin I. B., Chadchenko A. V. 2000, *Geologo-promyshlennaya i gorno-tekhnicheskaya kharakteristika ekspluatiruemykh i rezervnykh mestorozhdeniy. Uchalinskiy GOK na rubezhe XXI veka* [Geological-industrial and mining-technical characteristics of the exploited and the reserve deposits. Uchalinsk mine at the turn of the XXI century], Ufa, pp. 30–108.
3. Seravkin I. B., Pirozhok II. I., Skuratov V. N. et al. 1994, *Mineral'nye resursy Uchalinskogo GOKa* [Mineral resources of Uchalinsk mine], Ufa, 328 p.
4. Borodaevskaya M. B., Kurbanov N. K., Shiray E. P., Shmidt A. I. 1973, *Kolchedannye provintsii Yuzhnogo Urala i Mugodzhar* [Pyrite provinces of Southern Urals and Mugodzhar], *Trudy TsNIGRI* [Transactions of the Central Scientific Research Institute of Geological Prospecting for Non-Ferrous and Noble Metals], Moscow, vol. 105, pp. 41–55.
5. Borodaevskaya M. B., Zlotnik-Khotkevich A. G., Pirozhok P. I., Shiray E. P. 1984, *Usloviya lokalizatsii i formirovaniya kolchedannykh rud na primere Uchalinskogo mestorozhdeniya* [Conditions for the localization and the formation of massive sulfide ore on example of Uchalinsk deposit], *Sovetskaya geologiya* [Soviet geology], no. 3, pp.25–35.
6. Shiray E. P. 1997, *Paleostruktury Vostochno-Magnitogorskoy evgeosinklinali (Yuzhnyy Ural) na period formirovaniya kolchedanonosnykh formatsiy* [Paleostructures of East Magnitogorsk eugeosyncline (South Urals) in the period of formation of pyrite–bearing formations] . *Trudy TsNIGRI* [Transactions of the Central Scientific Research Institute of Geological Prospecting for Non-Ferrous and Noble Metals], Moscow, vol. 126, pp. 24–31.
7. Trebukhin B. C., Shiray E. P. 1994, *Rekonstruktsiya paleovulkanicheskikh struktur Uchalinskogo i Verkhneural'skogo rayonov* [Reconstruction of paleovolcanic structures of Uchalinsk and Verkhneuralsk areas], *Rudy i metally* [Ores and metals], Moscow, no. 3–5. pp. 81–89.
8. Zlotnik-Khotkevich A. G., Kuznetsov A. G., Pirozhok P. I. 1991, *Produkty razrusheniya gidrotermal'nykh postroek v kolchedanonosnykh rayonakh* [Products of hydrothermal destruction of buildings in the pyrite-bearing areas], Sverdlovsk, pp. 56–62.
9. Pirozhok P. I., Zlotnik-Khotkevich A. G. 1978, *Novye dannye o genezise Uchalinskogo kolchedannogo mestorozhdeniya* [New data on the genesis of Uchalinsk massive sulfide deposit]. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], vol. 242, no. 2, pp.290–293.
10. Maslennikov V. V., Zaykov V. V. 1991, *Produkty razrusheniya gidrotermal'nykh postroek* [Products of hydrothermal destruction of buildings], Sverdlovsk, pp. 211–225.
11. Zlotnik-Khotkevich A. G., Andriyanova N. A. 1985, T*emperatura rudootlozheniya kak osnovnoy faktor mineral'noy zonal'nosti kolchedannykh rud* [The temperature of ore deposition as a major factor of mineral zoning pyrite ores]. *Tezisy doklada soveshchaniya po termobarometrii i geokhimii rudoobrazuyushchikh flyuidov (po vklyucheniyam v mineralakh)* [Theses on thermobarometry and geochemistry of ore–forming fluids of the report (on inclusions in minerals)], L'vov.

Петр Иванович Пирожок,
barfam1@mail.ru
Уральский государственный горный университет

Petr Ivanovich Pirozhok,
barfam1@mail.ru
Ural State Mining University