

ГЕОЛОГИЯ, МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД И ОКОЛОРУДНО-ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД КОЛЧЕДАНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ АКЖАРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

GEOLOGY, MINERAL COMPOSITION OF ORE AND ALTERED HOST ROCKS OF MASSIVE SULPHIDE MINERALIZATION OF THE AKZHARSKY ORE FIELD (SOUTH URALS)

М. В. Рыкус

Mikhail V. Rykus

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

В. И. Сначёв

Vladimir I. Snachev

Институт геологии
Уфимского федерального
исследовательского центра РАН,
г. Уфа, Российская Федерация

Institute of Geology, Ufa Federal
Research Centre of the Russian
Academy of Sciences,
Ufa, Russian Federation

В статье приведена характеристика геологического строения Акжарского рудного поля в составе пяти колчеданных рудопроявлений: Южного, Южно-Акжарского, Нового, Безымянного и Бурожелезнякового. Обсуждаются результаты микроскопического изучения минерального состава руд и околорудно-измененных пород. Показано, что все рудопроявления сосредоточены на едином литолого-стратиграфическом уровне, но отличаются друг от друга деталями строения, масштабом и минеральным составом оруденения. Преобладают сплошные руды, а вкрапленные и густо вкрапленные имеют подчиненное распространение. По составу руды в основном халькопирит-пиритовые, в меньшей степени сфалерит-халькопирит-пиритовые и пиритовые. В направлении с юга на север рудного поля в минералогии руд наблюдается изменение в сторону увеличения «полиметалличности». В текстурно-структурном отношении руды Акжарского рудного поля довольно однообразны. Преобладают линейные текстуры (от полосчатых до сланцевато-полосчатых). Массивные текстуры имеют резко подчиненное распространение, брекчиевидные отмечены в единичных случаях.

Околорудные изменения охватывают в основном отложения риодацит-базальтовой толщи со стороны лежащего бока рудных тел и по составу минеральных новообразований относятся к пропилитам. Они характеризуются неустойчивым набором минеральных фаций, слабой контрастностью метасоматических зон и крайне неравномерным преобразованием пород. Установлено, что вулканогенные комплексы района содержат месторождения, не типичные для Уральской колчеданосной провинции, отличающиеся минеральным составом руд, условиями их размещения и характером околорудных изменений. Это позволило конкретизировать представления о связи рассматриваемого оруденения с вулканизмом и существенно дополнить уже известные типовые модели колчеданосных рудно-магматических систем.

The article describes the geological structure of the Akzharsky ore field, including of five individual massive sulphide mineralization: Yuzhnoye, Yuzhno-Akzharskoye, Novoye, Bezymyannoye and Burozheleznyakovoye. The results of a microscopic study of the mineral composition of ores and altered host rocks are discussed. It is shown that all ore mineralizations are concentrated at a single lithological-stratigraphic level,

Ключевые слова

Акжарское рудное поле; базальты;
колчеданные руды;
околорудно-измененные породы;
пирит; халькопирит; сфалерит

Key words

Akzharsky ore field; basalts; massive
sulphide ores; altered host rocks;
pyrite; chalcopyrite; sphalerite

but differ from each other in details of the structure, scale and mineral composition of mineralization. Massive ores prevail, and embedded and densely embedded ores are subordinate. The composition of the ore is mainly chalcopyrite-pyrite, to a lesser extent sphalerite-chalcopyrite-pyrite and pyrite. In the direction from south to north of the ore field, there is a change in the direction of increasing «polymetallicity» in ore mineralogy. Texture and structure of the ores of the Akzharsky ore field are rather uniform. Linear structures predominate (from banded to schistose banded). Massive structures have a sharply subordinate distribution; brecciated ones are noted in isolated cases.

Hydrothermal alterations formed mainly in rhyodacite-basalt strata from foot wall of ore bodies and, according to mineral composition, belong to propylites. They are characterized by an unstable set of mineral facies, weak contrast of metasomatic zones, and extremely uneven of rocks alteration. It has been established that the volcanic complexes of the ore field contain deposits not typical for the Ural massive sulphide ore province, differing in the mineral composition of ores, the conditions of their geological setting and the nature of the rocky alterations. This made it possible to concretize the concept of the relationship between the considered mineralization and volcanism and significantly supplement the already known typical models of pyrite-bearing ore-magmatic systems.

Общие сведения

Большинство исследователей, занимающихся изучением вулканогенных комплексов Южного Урала, выделяют их в четыре стандартные формации: недифференцированную базальтовую, контрастную риолит-базальтовую, непрерывную базальт-андезит-дацит-риолитовую и слабо дифференцированную андезит-базальтовую, из которых только вторая и третья рассматриваются в качестве продуктивных. Вместе с тем на Южном Урале, также как и в других провинциях [1], известны залежи колчеданных руд, генетически и пространственно приуроченные к базальтам недифференцированной формации или локализованные среди базальтоидов с крайне редуцированным проявлением кислого вулканизма. Этот факт, имеющий первостепенное значение для геолого-поисковых работ, указывает на несоответствие устоявшихся представлений о бесперспективности подобных вулканогенных комплексов и вызывает необходимость в детальном изучении условий локализации в них колчеданного оруденения.

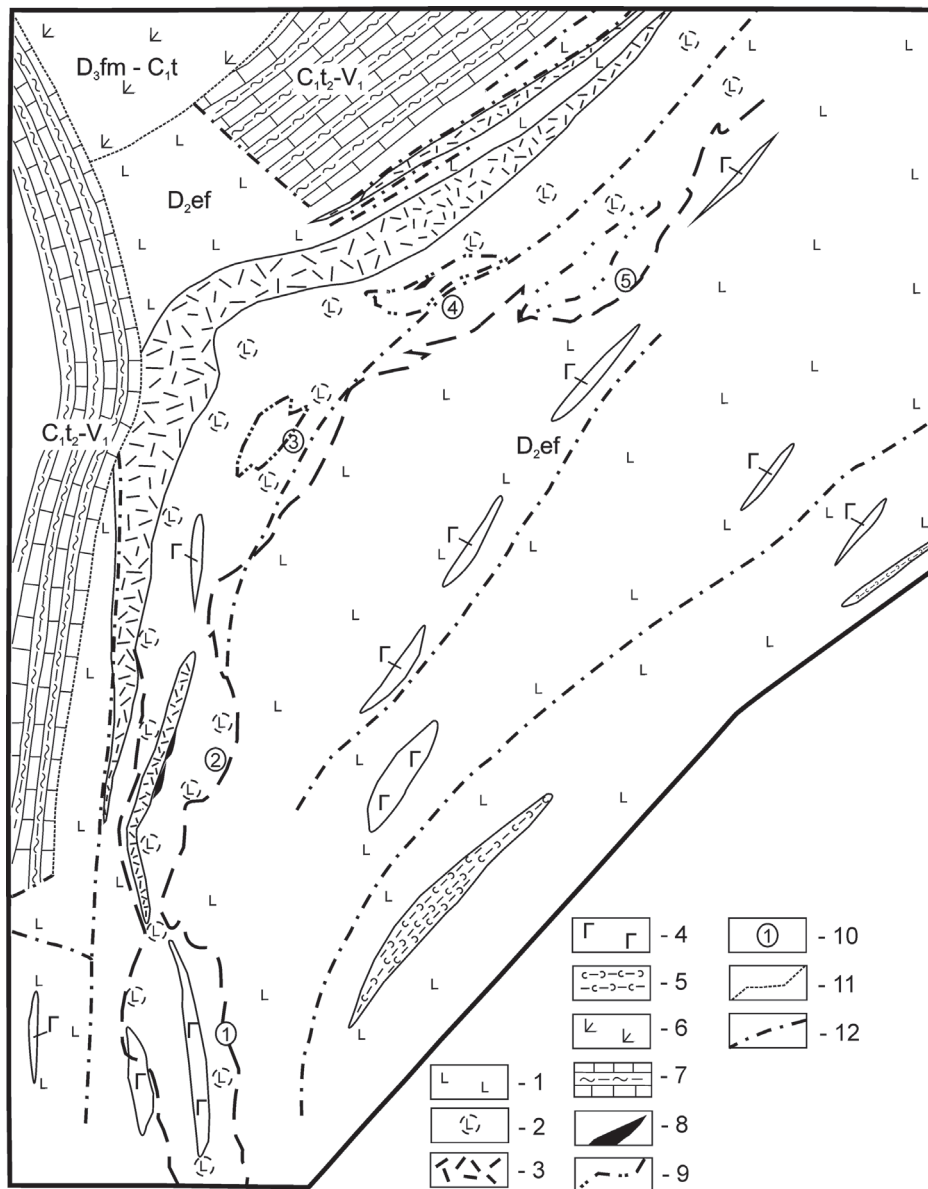
На юге Магнитогорского мегасинклиория одним из перспективных районов является Джусинско-Домбаровский палеовулканический пояс, составной частью которого является Акжарское рудное поле. Магматизм в его пределах, эволюционировавший от континентального рифтогенного петрохимического типа до островодужного, по своим характеристикам существенно отличается от континентально-рифтогенных образований соседних структурно-формационных зон Южного Урала [2–5]. Здесь на сравнительно неболь-

шой площади известны колчеданные месторождения, различающиеся как по составу руд, так и типу рудовмещающих формаций [6–8]. Вулканогенные комплексы района образуют латеральный ряд формаций, крайние члены которого — базальтовая и базальт-андезит-дацит-риолитовая формации содержат месторождения, не типичные для Уральской колчеданноносной провинции, отличающиеся минеральным составом руд, условиями их размещения и характером околорудных изменений. В связи с этим появилась актуальная необходимость в их всестороннем изучении, что может способствовать дальнейшей конкретизации представлений о связи оруденения с вулканизмом и существенно дополнить уже известные типовые модели колчеданноносных рудно-магматических систем.

Геологическое строение рудопроявлений

В составе Акжарского рудного поля с юга на север выделяется пять колчеданных рудопроявлений: Южное, Южно-Акжарское, Новое, Безымянное и Бурожелезняковое [6, 9] (рисунок 1). Все они в разрезе рудоносного комплекса сосредоточены на едином литолого-стратиграфическом уровне, но отличаются друг от друга деталями строения, масштабом и минеральным составом оруденения.

Рудопроявление Южное. Разрез представлен переслаиванием афировых базальтов массивного и эвтакситового строения, их субвулканических комагматов и кислых тел (рисунок 2). В его основании развиты преимущественно массивные базальты, они же преобладают в надрудной части разреза. Кислые породы образуют группу пространственно сближенных

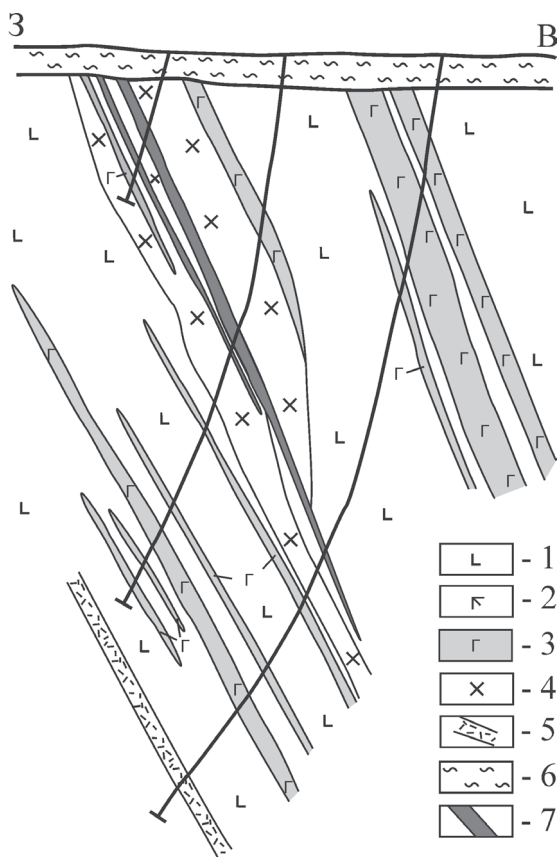


Условные обозначения: 1 — массивные афировые базальты; 2 — эвтакситовые афировые базальты; 3 — дациты, риодациты; 4 — габбро, габбро-диабазы; 5 — кремнистые сланцы, железистые кварциты; 6 — диабазы, массивные базальты, пикритобазальты; 7 — известняки, кремнисто-известковистые и углеродисто-кремнистые сланцы; 8 — колчеданные тела; 9 — ареал распространения кислых (внемасштабных) тел; 10 — рудопроявления: 1 — Южное, 2 — Южно-Акжарское, 3 — Новое, 4 — Безымянное, 5 — Бурожелезняковское; 11, 12 — тектонические нарушения: 11 — надвиг, 12 — зоны интенсивного расщепления и дробления пород

Рисунок 1. Схематическая геологическая карта Акжарского рудного поля [7]

этажно расположенных тел линзовидной и пластовой формы, сконцентрированных в узкой вертикальном интервале (50–70 м), главным образом, вблизи уровня локализации колчеданной залежи. Наиболее мощное кислое тело расположено в близрудной части разреза, непосредственно перекрывая рудную залежь. Оно прослежено по простиранию более чем на 500 м, по падению не оконтурено, но в некоторых разрезах отмечается уменьшение мощности тела с глубиной.

Рудная залежь состоит из двух-трёх параллельно расположенных пластообразных колчеданных тел, разделенных маломощными (1,5–5,0 м) безрудными интервалами. Все рудные тела залегают согласно с напластованием вулканитов и, также как и последние, круто падают на восток под углами 65–70°. Протяженность колчеданной залежи по простиранию составляет немногим более 300 м, по падению она прослежена на 300 м и без признаков выклинивания уходит за пределы



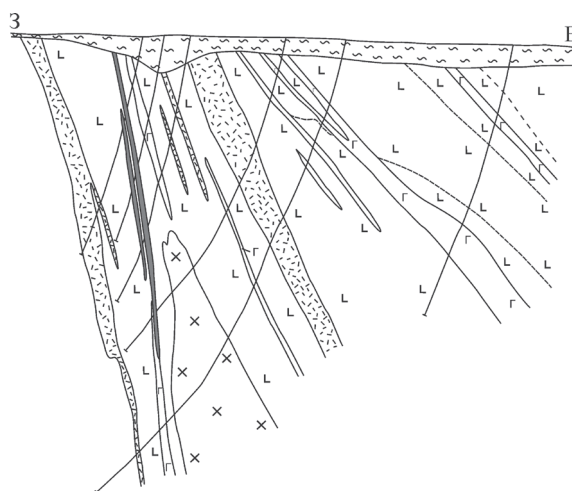
Условные обозначения: 1 — плагиофировые эвтакситовые базальты; 2 — габбро-диабазовые плагиоклазовые порфититы; 3 — габбро-диабазы; 4 — кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты по кислым породам; 5 — дациты, риодациты; 6 — рыхлые отложения; 7 — рудное тело

Рисунок 2. Геологический разрез рудопроявления Южное

разведочного контура. Максимальная мощность наиболее крупного рудного тела достигает 9 м. Его внутреннее строение неоднородно, участки сплошных колчеданных руд чередуются с зонами вкрапленной минерализации, метасоматитами и почти неизменными вмещающими породами.

Верхний контакт рудного тела с вулканитами обычно отчетлив. Со стороны лежачего бока отмечается маломощная зона хлоритовых и серицит-кварц-хлоритовых метасоматитов с убогой сульфидной минерализацией.

Рудопроявление Южно-Акжарское расположено в 2 км к северу от Южного. В отличие от последнего, среди отложений Южно-Акжарского рудопроявления значительный объем принадлежит кислым породам. Они образуют многочисленные пластовые тела, сосредоточенные в разрезе на четырех уровнях и приуроченные в основном к его нижней (подрудной) части (рисунок 3).



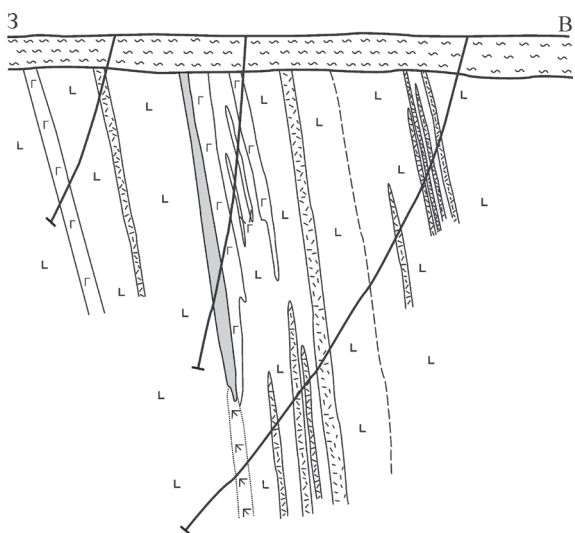
Условные обозначения (см. рисунок 2)

Рисунок 3. Геологический разрез рудопроявления Южно-Акжарское

Выявлено два главных колчеданных тела и несколько участков прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации. Оба рудных тела расположены на различных гипсометрических уровнях и залегают согласно с вмещающими эвтакситовыми базальтами, имея восточное падение под углами 60–85°. По простиранию рудные тела прослежены на 200 м, по падению одно из них не оконтурено, а другое выклинивается на глубине около 300 м. Форма рудных тел пластообразная, близкая к уплощенной линзе с максимальным раздувом в центральной части, где их мощность достигает 10 м. Контакты рудных тел с базальтами очень четкие, со стороны лежачего бока вкрапленная минерализация отсутствует, а из метасоматических изменений здесь отмечается лишь слабая хлоритизация. Руды представлены сплошными и прожилково-вкрапленными колчеданами.

Рудопроявление Новое находится в 1,5 км севернее Южно-Акжарского рудопроявления и представлено двумя параллельно расположенными линзовидными рудными телами, залегающими почти вертикально в толще эвтакситовых базальтов. По сравнению с выше-рассмотренными рудопроявлениями кислые тела распространены здесь незначительно и сгруппированы, главным образом, в надрудной части разреза (рисунок 4). Рудные тела прослеживаются по простиранию почти на 500 м, по падению более чем на 300 м, имея при этом максимальную мощность 13 м.

Верхняя граница рудных тел с вулканитами отчетлива, со стороны лежачего бока они иногда сопровождаются маломощной (3–5 м)



Условные обозначения (см. рисунок 2)

Рисунок 4. Геологический разрез рудопроявления Новое

согласной зоной вкрапленной пиритовой минерализации в хлоритолитах. Сплошные медноколчеданные руды по падению постепенно сменяются хлоритолитами, содержащими рассеянную пиритовую вкрапленность.

Мощность ореола околорудных изменений на выклинках рудных тел составляет 15–20 м, содержание пирита достигает 15%. На флангах рудные тела нацело сложены вкрапленными и сплошными полосчатыми магнетитовыми рудами, ассоциирующими с кварцем и хлоритом. Железоокисная минерализация распространена также в лежачем боку колчеданных тел и присутствует непосредственно среди сплошных медноколчеданных руд. В целом для рудопроявления, по сравнению с предыдущими, характерны большие масштабы колчеданной минерализации и более разнообразный минеральный состав руд.

Рудопроявление Безымянное представлено слепым колчеданным телом, расположенным в 1,5 км к северу от рудопроявления Новое. В его разрезе выделяется группа мелких кислых тел пластовой формы, равномерно распространенных в лежачем и висячем боках рудного тела. Протяженность колчеданной залежи по простиранию составляет немногим более 300 м, по падению она прослежена на 100 м и не оконтурена, мощность её около 2,0 м. В подошве рудная залежь подстилается хлоритолитами (мощностью 0,3 м), по восстанию сплошные руды постепенно переходят в рассеянную вкрапленную халькопирит-пиритовую минерализацию, а на флангах оруде-

ние представлено исключительно прожилково-вкрапленными пиритовыми рудами.

Рудопроявление Бурожелезняковое также локализовано в пределах риодацит-базальтовой толщи. Среди эвтакситовых базальтов выявлена зона интенсивно хлоритизированных пород мощностью до 9 м, содержащих вкрапленную халькопирит-пиритовую минерализацию. Сплошных колчеданных руд не обнаружено. Сопутствующие рудной зоне риодацитовые тела в подрудной части разреза частично превращены в пиритизированные серицит-кварцевые метасоматиты. На поверхности рудопроявление представлено развалами и коренными выходами бурых железняков. В рыхлых отложениях постоянно наблюдаются многочисленные бурожелезняковые оолитовые образования, располагающиеся узким ореолом над зоной прожилково-вкрапленной минерализации. Все эти данные свидетельствуют о полной эродированности колчеданной залежи, реликты которой в виде рассеянной минерализации сохранились только на глубоких горизонтах рудопроявления.

Минеральный состав руд

Среди рудопроявлений Акжарского рудного поля наиболее крупными по масштабам колчеданного оруденения являются Южно-Акжарское и Новое. Довольно значительно им уступают Южное и в особенности Безымянное, а Бурожелезняковое представлено лишь зоной вкрапленной халькопирит-пиритовой минерализации.

Для рудопроявлений устанавливаются как общие для всех, так и некоторые индивидуальные черты состава и строения руд. Преобладают сплошные руды, вкрапленные и густо вкрапленные имеют подчиненное распространение. По составу руды в основном халькопирит-пиритовые, в меньшей степени сфалерит-халькопирит-пиритовые и существенно пиритовые. Во всех типах руд халькопирит, как правило, преобладает над сфалеритом. Минеральный состав руд по отдельным объектам приведен в таблице 1. В направлении с юга на север рудного поля в минералогии руд наблюдается изменение в сторону увеличения «полиметалличности»: от халькопирит-пиритовых руд с подчиненным количеством сфалерита и редким галенитом на рудопроявлении Южном, до руд рудопроявления Нового, в которых сфалерит в гораздо меньшей степени уступает халькопириту, а галенит становится второстепенным минера-

Таблица 1. Минеральный состав руд Акжарского рудного поля

Рудопроявления	Минералы			
	Главные	Второстепенные	Редкие	Гипергенные
Южное	Пирит, халькопирит, сфалерит		Блеклая руда, галенит, магнетит, борнит, гематит	Ковеллин, халькозин, гидроокислы железа
Южно-Акжарское	Пирит, халькопирит, сфалерит	Галенит	Пирротин, магнетит, гематит	Ковеллин, халькозин, борнит, гидроокислы железа
Новое	Пирит, халькопирит, сфалерит, магнетит	Галенит, магнетит	Блеклая руда, алтаит, арсенопирит, молибденит, борнит, самородное золото, гематит	Халькозин, ковеллин, борнит, гидроокислы железа, самородная медь, медная зелень
Безымянное	Пирит, халькопирит, сфалерит	Галенит	Галенит, блеклая руда, магнетит, арсенопирит	Ковеллин, халькозин
Бурожелезняковое	Пирит	Халькопирит	Сфалерит, галенит, магнетит, блеклая руда	Ковеллин, халькозин, борнит, гидроокислы железа

лом. В этом же направлении минеральный состав руд становится более разнообразным, главным образом за счёт появления в рудах Нового рудопроявления редких и очень редких минералов: арсенопирита, алтаита, молибденита и др. С указанной тенденцией хорошо согласуется характер распределения полезных компонентов (меди, цинка, свинца) по отдельным рудопроявлениям [6].

В текстурно-структурном отношении руды Акжарского рудного поля довольно однообразны. Преобладают линейные текстуры — от полосчатых и сланцевато-полосчатых с различной степенью отчетливости текстурных элементов до сланцевато-полосчатых с признаками разлинзования. В полосчатых и сланцевато-полосчатых рудах текстуры обусловлены различием полос по составу, по густоте вкрапленности рудных минералов и размерам вкрапленников, а также ориентировкой и вытянутостью зерен по сланцеватости. Массивные текстуры имеют резко подчиненное распространение, брекчиевидные отмечены в единичных случаях. Во вкрапленных рудах пирит образует в основном полосовидные обособления, согласные со сланцеватостью.

Главными рудными минералами сплошных и вкрапленных руд являются пирит, халькопирит и сфалерит [10].

Пирит обычно образует густую вкрапленность, сростки нескольких зерен, сцементированных халькопиритом, сфалеритом и нерудными минералами. Сплошные зернистые агрегаты для него менее характерны. Преобладающие структуры гипидиоморфно-

зернистые, но нередки идиоморфные вкрапленники и аллотриоморфнозернистые агрегаты, встречающиеся преимущественно во вкрапленных рудах. На отдельных участках вкрапленных и густовкрапленных руд широко развиты зерна пирита бластической структуры. Для них характерны: а) отсутствие зональности роста или её сохранение в виде реликтов в центральной части зерна; б) укрупненные размеры (единицы миллиметра) особенно во вкрапленных рудах; в) нередко идиоморфные очертания. Бластические зерна пирита часто содержат пойкилитовые включения других рудных минералов: халькопирита, сфалерита, галенита, блеклой руды, борнита, магнетита.

В небластических зернах пирита мелкие включения рудных минералов встречаются очень редко и в незначительных количествах. Обычно это халькопирит или сфалерит, иногда трассирующие реликты радиально-лучистого строения зерен пирита; реже идиоморфные или изометричные зерна магнетита и эмульсиевидные остатки от замещения магнетита пиритом.

Руды всех рудопоявлений в различной степени подверглись ди-намометаморфизму, что привело к образованию в них сланцеватых и линзовидно-полосчатых текстур. Электролитическое травление выявило следующее.

1. Большинство зерен пирита утратило зональное строение. В тех зернах, в которых зональность сохранилась, она, как правило, очень грубая, нередко фрагментарная, незональные каймы составляют до 50 % площади среза зерна.

2. В некоторых зернах наблюдается неоднократная смена кристаллографических очертаний, что может свидетельствовать о смене условий в процессе роста кристалла [11].

3. В удлиненных по сланцеватости, линзовидных зернах зональное строение отмечается редко. Зоны обычно очень грубые, неполные, сохраняются в центральной части зерна.

4. В единичных случаях встречены фрагменты реликтов колломорфного строения пирита: центральные части грубозональных зерен имеют концентрически-зональное строение или вид раскристаллизовавшихся почек.

5. Во многих зернах пирита, особенно из сланцеватых и линзовидных руд, выявляется скрытая трещиноватость и спайность, которая возникает под влиянием динамических воздействий.

Замещение пирита нерудными минералами не установлено, рудными (кроме гипергенных) — отмечается редко. На отдельных участках пирит корродируется халькопиритом, иногда сфалеритом. Спектральным и атомно-абсорбционным анализами в пиритах установлен набор элементов-примесей, в целом характерный для пиритов других месторождений колчеданного типа [6]. Особый интерес представляет распределение кобальта и никеля, в частности, их отношение, которое многими исследователями [12, 13] рассматривается как индикатор геохимических условий рудообразования. Полученные данные показывают, что в однотипных по минеральному составу рудах наиболее кобальтоносные пириты приурочены к лежащему боку рудной залежи. Здесь же отмечаются повышенные значения Co/Ni . Обогащение кобальтом установлено в пирите вкрапленных пиритовых руд флангов рудной залежи рудопроявления Новое.

Халькопирит является вторым по распространенности сульфидом. Встречается практически повсеместно, но его содержания в рудах варьируют от единичных выделений до 15–20 %, в среднем составляют единицы процентов. По морфологии и микротекстурным особенностям выделения халькопирита довольно однообразны. Обычно это сростки с зернами и агрегатами пирита. При увеличении относительного количества халькопирита становятся характерными «цементные» микротекстуры. Размеры мономинеральных выделений халькопирита обычно составляют сотые-десятые доли миллиметра. Более крупные выделения халькопирита отмечаются во

вкрапленных рудах, в том числе и в сростках с пиритом; изредка в обособлениях хлоритолитов среди руды, а также в редких прожилковидных образованиях, секущих колчеданные и магнетитовые руды.

Небольшая часть халькопирита находится в виде мельчайших эмульсиевидных включений в сфалерите или очень тонких субграфических сростаний с ним, где размеры выделений не превышают тысячных долей миллиметра. Очень незначительная часть халькопирита присутствует в виде пойкилитоподобных включений в пирите, в том числе в сростках с другими сульфидами.

На отдельных участках халькопирит замещается укрупненно-чешуйчатым биотитом. Наиболее интенсивно этот процесс происходил на границе руды и включений или прослоев хлоритолитов во вкрапленных рудах. Степень замещения неодинакова в различных участках рудных тел. Не исключено, что какая-то часть существенно пиритовых вкрапленных руд возникла за счёт почти полного замещения продуктивных сульфидов биотитом.

Сфалерит — третий по распространенности рудный минерал. Распределен очень неравномерно, встречается в основном в рудах сфалерит-халькопирит-пиритового состава. Его содержания колеблются от единичных выделений до 10–12 %. По морфологии выделения сфалерита близки к таковым для халькопирита: сростки с пиритом, выполнение интерстиций между зернами и агрегатами пирита, пойкилитовые включения в пирите. Укрупненные мономинеральные выделения сфалерита, подобные халькопириту, очень редки, они обычно отмечаются во вкрапленных рудах.

Форма выделений неправильная, изометричная. В целом для сфалерита характерны более мелкие размеры, чем для халькопирита. Оба минерала образуют как изолированные друг от друга выделения, так и взаимные сростания, вплоть до графических микроструктур; содержат включения других сульфидов и прежде всего галенита.

Из других рудных минералов наибольший интерес представляет *галенит*. Его роль в различных рудопроявлениях неодинакова. Как редкий минерал галенит распределен очень неравномерно, в основном в виде небольших примесей в халькопирите или сфалерите из халькопирит-пиритовых и сфалерит-халькопирит-пиритовых руд. Количественно он зна-

чительно превосходит другие редкие минералы. В рудах рудопроявления Новое галенит встречается довольно часто, с содержаниями от единичных выделений до 1–3 % и является второстепенным рудным минералом. Галенит ксеноморфен. Лишь в единичных случаях встречены его идиоморфные кристаллики-включения в халькопирите и сфалерите. Остальные редкие рудные минералы встречаются в крайне незначительных количествах и представляют лишь минералогический интерес.

В рудах Акжарского рудного поля присутствует *магнетитовая минерализация*. Наиболее полно она представлена на рудопроявлении Новое, где магнетит имеет широкое распространение, обособлен от сульфидной минерализации и образует самостоятельные магнетитовые зоны. В колчеданных рудах Южного и Южно-Акжарского рудопроявлений магнетитовая минерализация проявлена эпизодически.

Минеральный состав околорудно-измененных пород

Околорудные изменения охватывают в основном отложения риодацит-базальтовой толщи со стороны лежачего бока рудных тел и по составу минеральных новообразований относятся к пропилитам, подробно описанным в специальной работе [14].

В отличие от месторождений уральского типа, где околорудные изменения имеют значительную интенсивность и отчетливое зональное строение, на Акжарском рудном поле околорудный ореол характеризуется неустойчивым набором минеральных фаций, слабой контрастностью метасоматических зон и крайне неравномерным преобразованием пород даже в пределах внутренней части метасоматического ореола. Типовые для уральских колчеданных месторождений внутренние зоны метасоматической колонки здесь крайне редуцированы и пространственно совмещены в интервале нескольких метров. Доминирующим типом изменений является хлоритизация.

Все рудопроявления сопровождаются крутопадающими зонами пропилитизированных пород, образующими в совокупности систему сближенных метасоматических ореолов однотипного строения, частично эродированных и связанных постепенным переходом с зеленокаменными породами. Внутренняя зона метасоматических изменений, представленная кварц-хлоритовым и серицит-кварц-

хлоритовым минеральными парагенезисами, является вмещающей для колчеданных залежей. Внешняя зона частичных изменений пород окаймляет рудоносную зону серицит-кварц-хлоритовых метасоматитов со стороны лежачего бока. Она представлена в основном альбит-эпидот-хлоритовой ассоциацией, на отдельных участках отмечается развитие кварц-эпидотовой и карбонат-эпидотовой минеральной ассоциации. С удалением от рудных залежей интенсивность гидротермальных преобразований заметно снижается. Вторичные преобразования вмещающих пород, как и на многих объектах Южного Урала [15], носили явный аллохимический характер и сопровождалось нарушением первичного баланса петрогенных оксидов и их контрастным перераспределением по мере увеличения степени гидротермальных изменений исходных пород.

Выводы

1. Рудные залежи Акжарского рудного поля формировались комбинированным способом. С началом рудного процесса связано образование околорудных пропилитов и отложение гидротермально-осадочным способом гидроокисной железистой минерализации, впоследствии под влиянием метаморфизма преобразованной в магнетитовые руды.

2. Колчеданное оруденение завершает рудогенез и является продуктом частичной переработки ранних гидроокисных железистых руд более поздними колчеданносными гидротермами. Рудообразование было кратковременным и протекало в условиях периодически возобновляемой вулканической деятельности, что способствовало быстрому захоронению руд и препятствовало созданию крупных колчеданных залежей.

3. Руды сформировались в период проявления кислого вулканизма и размещаются на едином стратиграфическом уровне, маркируемом риодацитовыми телами. Преобладают сплошные руды, вкрапленные и густо вкрапленные имеют подчиненное распространение. По составу руды в основном халькопирит-пиритовые, в меньшей степени сфалерит-халькопирит-пиритовые и существенно пиритовые.

4. Колчеданное оруденение характеризуется пластообразной формой рудных тел, признаками комбинированного вулканогенно-осадочного и метасоматического происхождения руд, простотой и однообразием их

строения, одностадийностью колчеданного рудообразования.

5. В направлении с юга на север рудного поля в минералогии руд наблюдается изменение в сторону увеличения «полиметалличности»: от халькопирит-пиритовых руд с подчиненным количеством сфалерита и редким галенитом на рудопроявлениях Южном, до руд рудопроявления Нового, в которых сфалерит в гораздо меньшей степени уступает халькопириту, а галенит становится второстепенным минералом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнов В.И. Колчеданные месторождения // Генезис эндогенных рудных месторождений. М.: Недра, 1968. С. 586–647.
2. Савельев Д.Е., Сначёв А.В., Пучков В.Н., Сначёв В.И. Петрогеохимические и геодинамические особенности формирования ордовикско-раннесилурийских базальтов восточного склона Южного Урала // Геологический сборник. 2006. № 5. С. 86–104.
3. Савельев Д.Е., Пучков В.Н., Ардисламов Ф.Р., Сначёв В.И. Вулканогенные породы машакской свиты среднего рифея: геология и петрогеохимия // Литосфера. 2009. № 4. С. 3–26.
4. Ковалев С.Г., Сначёв В.И., Романовская М.А. Новые геолого-петрогенетические аспекты формирования Кузинско-Копанского комплекса // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 1995. № 4. С. 81–85.
5. Сначёв А.В., Пучков В.Н., Сначёв В.И., Савельев Д.Е., Бажин Е.А. Большаковский габбровый массив фрагмент Южно-Уральской зоны раннекаменноугольного рифея // Доклады Академии наук. 2009. Т. 429. № 1. С. 79–81.
6. Рыкус М.В. Вулканизм и металлогения Джусинско-Домбаровского палеовулканического пояса Южного Урала. Уфа: Уфимский научный центр РАН, 1992. 172 с.
7. Рыкус М.В., Сначёв В.И. Палеовулканические условия образования колчеданного оруденения Акжарского рудного поля (Южный Урал) // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16. № 4. С. 40–50. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-4-40-50.
8. Князев Ю.Г., Князева О.Ю., Сначёв В.И., Жданов А.В., Каримов Т.Р., Айдаров Э.М., Масагутов Р.Х., Арсланова Э.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (3-е поколение). Серия Уральская. Лист N-40 (Уфа). Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2013. 512 с.
9. Лядский П.В. Раннегеосинклинальные вулканогенные формации и колчеданное оруденение Домбаровского района: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Свердловск, 1986. 227 с.
10. Рыкус М.В. Основные черты структуры и характер распределения минерализации в пределах

6. В отличие от месторождений уральского типа на Акжарском рудном поле околорудный ореол характеризуется неустойчивым набором минеральных фаций, слабой контрастностью метасоматических зон и крайне неравномерным преобразованием пород даже в пределах внутренней части метасоматического ореола, что позволяет отнести их к объектам домбаровского типа.

Работа выполнена в рамках Государственного заказа по теме № 0246-2019-0078.

Акжарского рудного поля // Металлогения Южного Урала: сб. ст. Уфа: БФАН СССР, 1986. С. 93–101.

11. Прахова Е.В., Рокачев С.А. Формирование руд колчеданных месторождений Урала // Труды ИГиГ УФАН СССР. Свердловск: 1969. 101 с.

12. Прохоров В.Г. Пирит (к геохимии, минералогии, экономике и промышленному использованию) // Труды Сибирского института геологии, геофизики и минерального сырья. Красноярск: 1970. Вып. 102. 187 с.

13. Еремин Н.И., Сергеева Нат.Е., Кузнецова Т.П. Об изменении кобальт-никелевого отношения в пиритах колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений // Доклады АН СССР. 1975. Т. 226. № 6. С. 1455–1458.

14. Рыкус М.В. Минералого-геохимические и петрохимические особенности измененных пород Акжарского рудного поля // Микроэлементы в магматических, метаморфических и рудных формациях Урала. Уфа, 1987. С. 52-60.

15. Рыкус М.В., Сначев В.И. Особенности палеозойского углеродистого осадконакопления Сысертско-Ильменогорской зоны Южного Урала // Осадочные бассейны: закономерности строения и эволюции, минералогия: матер. 4 регионального Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2000. С. 112-114.

REFERENCES

1. Smirnov V.I. Kolchedannye mestorozhdeniya [Pyrite Deposits]. *Genesis endogennykh rudnykh mestorozhdenii* [Genesis of Endogenous Ore Deposits]. Moscow, Nedra Publ., 1968. pp. 586-647. [in Russian].
2. Savelev D.E., Snachev A.V., Puchkov V.N., Snachev V.I. Petrogeokhimicheskie i geodinamicheskie osobennosti formirovaniya ordoviksko-rannesiluriiskikh bazal'tov vostochnogo sklona Yuzhnogo Urala [Petrogeochemical and Geodynamic Features of the Formation of the Ordovician-Early Silurian Basalts on the Eastern Slope of the Southern Urals]. *Geologicheskii sbornik — Geological Collection*, 2006, No. 5, pp. 86-104. [in Russian].
3. Savelev D.E., Puchkov V.N., Ardislamov F.R., Snachev V.I. Vulkanogennye porody mashakskoi svity srednego rifeya: geologiya i petrogeokhimiya [Volcanogenic Rocks of the Mashak Formation of the Middle Riphean:

Geology and Petrogeochemistry]. *Litosfera — Lithosphere*, 2009, No. 4, pp. 3–26. [in Russian].

4. Kovalev S.G., Snachev V.I., Romanovskaya M.A. Novye geologo-petrogeneticheskie aspekty formirovaniya Kusinsko-Kopanskogo kompleksa [New Geological and Petrogenetic Aspects of the Formation of the Kusinsko-Kopan Complex]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4: Geologiya — Moscow University Geology Bulletin*, 1995, No. 4, pp. 81–85. [in Russian].

5. Snachev A.V., Puchkov V.N., Snachev V.I., Savelev D.E., Bazhin E.A. Bol'shakovskii gabbrovyy massiv fragment Yuzhno-Ural'skoi zony rannekamennougol'nogo rifta [Bol'shakovskii Gabbro Massif as a Fragment of the Southern Urals Zone of Early Carboniferous Rift]. *Doklady Akademii nauk — Doklady Akademii Nauk*, 2009, Vol. 429, No. 1, pp. 79–81. [in Russian].

6. Rykus M.V. Vulkanizm i metallogeniya Dzhusinsko-Dombarovskogo paleovulkanicheskogo poyasa Yuzhnogo Urala [Volcanism and Metallogeny of the Dzhusinsko-Dombarovsky Paleovolcanic Belt of the Southern Urals]. Ufa, Ufimskii nauchnyi tsentr RAN Publ., 1992. 172 p. [in Russian].

7. Rykus M.V., Snachev V.I. Paleovulkanicheskie usloviya obrazovaniya kolchedannogo orudneniya Akzharskogo rudnogo polya (Yuzhnyi Ural) [Paleovolcanic Conditions of Massive Sulphide Mineralization Formation of Akzharskoye Ore Field (Southern Urals)]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2018, Vol. 16, No. 4, pp. 40–50. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-4-40-50. [in Russian].

8. Knyazev Yu.G., Knyazeva O.Yu., Snachev V.I., Zhdanov A.V., Karimov T.R., Aidarov E.M., Masagutov R.Kh., Arslanova E.R. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (3-e pokolenie). Seriya Ural'skaya. List N-40 (Ufa). Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (3rd Generation). Ural Series. Sheet N-40 (Ufa). Explanatory Note]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2013. 512 p. [in Russian].

9. Lyadskii P.V. Rannegeosinklinal'nye vulkanogennye formatsii i kolchedannoe orudnenie Dombarovskogo raiona: dis. kand. geol.-mineral. nauk [Early Geosynclinal Volcanic Formations and Pyrite Mineralization of the Dombarovsky Region: Cand. Geol.-Mineral. Sci. Diss.]. Sverdlovsk, 1986. 227 p. [in Russian].

10. Rykus M.V. Osnovnye cherty struktury i kharakter raspredeleniya mineralizatsii v predelakh Akzharskogo rudnogo polya [The Main Features of the Structure and Distribution of Mineralization within the Akzhar Ore Field]. *Sbornik statei «Metallogeniya Yuzhnogo Urala»* [Collection of Articles «Metallogeny of the Southern Urals»]. Ufa, BFAN SSSR Publ., 1986, pp. 93–101. [in Russian].

11. Prakhova E.V., Rokachev S.A. Formirovanie rud kolchedannykh mestorozhdenii Urala [Formation of Ores of Pyrite Deposits of the Urals]. *Trudy IGIg UFAN SSSR* [Proceedings of IGIg UFAN USSR]. Sverdlovsk, 1969. 101 p. [in Russian].

12. Prokhorov V.G. Pirit (k geokhimii, mineralogii, ekonomike i promyshlennomu ispol'zovaniyu) [Pyrite (Towards Geochemistry, Mineralogy, Economics and Industrial Use)]. *Trudy Sibirskogo Instituta geologii, geofiziki i mineral'nogo syr'ya* [Proceedings of the Siberian Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources]. Krasnoyarsk, 1970, Issue 102, 187 p. [in Russian].

13. Eremin N.I., Sergeeva Nat.E., Kuznetsova T.P. Ob izmenenii kobal't-nikelevogo otноsheniya v piritakh kolchedannykh i kolchedanno-polimetallicheskiikh mestorozhdenii [On the Change in The Cobalt-Nickel Ratio in Pyrites of Pyrite and Pyrite-Polymetallic Deposits]. *Doklady AN SSSR — Soviet Physics. Doklady*, 1975, Vol. 226, No. 6, pp. 1455–1458. [in Russian].

14. Rykus M.V. Mineralogo-geokhimicheskie i petrokhimicheskie osobennosti izmenennykh porod Akzharskogo rudnogo polya [Mineralogical, Geochemical and Petrochemical Characteristics of Altered Rocks of the Akzhar Ore Field]. *Mikroelementy v magmатических, метаморфических и рудных формациях Урала* [Trace Elements in Magmatic, Metamorphic and Ore Formations of the Urals]. Ufa, 1987. pp. 52–60. [in Russian].

15. Rykus M.V., Snachev V.I. Osobennosti paleozoiskogo uglerodistogo osadkonakopleniya Sysertsko-Ilmenogorskoi zony Yuzhnogo Urala [Features of the Paleozoic Carbonaceous Sedimentation of the Sysertsko-Ilmenogorsk Zone of the Southern Urals]. *Materialy 4 regional'nogo Ural'skogo litologicheskogo soveshchaniya «Osadochnye basseiny: zakonomernosti stroeniya i evolyutsii, minerageniya»* [Materials of the 4th Regional Ural Lithological Meeting «Sedimentary Basins: Patterns of Structure and Evolution, Minerageny»]. Ekaterinburg, IGIg UrO RAN Publ., 2000, pp. 112–114. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Рыкус Михаил Васильевич, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Mikhail V. Rykus, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor of Geology and Oil and Gas Field Exploration Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: rykusmihail@mail.ru

Сначёв Владимир Иванович, д-р геол.-минерал. наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Российская Федерация

Vladimir I. Snachev, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Geology, UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

e-mail: SAVant@inbox.ru