

Е. В. Белогуб, И. А. Каблинов, Т. Ю. Новгородцева

**САБАНОВСКОЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЕ:  
ПРИМЕР ВЗАИМОСВЯЗИ КОЛЧЕДАННОГО  
И ПОРФИРОВОГО ТИПОВ ОРУДЕНЕНИЯ  
(АЛЕКСАНДРИНСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН, ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

E. V. Belogub, I. A. Kablinov, T. Yu. Novgorodtseva

**SABANOVSKOYE ORE LOCALITY AS AN EXAMPLE OF THE  
RELATIONSHIP BETWEEN MASSIVE SULPHIDE AND  
PORPHIRIC ORE TYPES (ALEXANDRINSKIY ORE DISTRICT,  
SOUTHERN URALS)**

The polymetallic veinlets mineralization with accessory native gold, hessite, petzite and mineral from tellurobismuthite family was discovered in the andesite porphirites dyke which cut typical massive sulphide lode on the Sabanovka ore-locality. The massive sulphide ores are included to the acidic volcanic rocks from the alexandrinskaya thickness of givetian age, presented by island-arc series which is transition from toleitic to calc-alkalic. Andesite porphirites may be compared with urlyadinskaya thickness of the late-iceland-arc calc-alkalic rocks of givetian-fransian age. Space and time location of the ores illustrates the main appropriateness of the metallogeneous development of the East-Magnitogorsk islands arc. Works were supported by South-Urals Mining Company and grants of Programm COPERNICUS (INCO2), «Integracia» (ЭО364/479).

**Введение**

Связь между геосинклинальными меднопорфировыми месторождениями и медно-колчеданным оруденением, предполагающая общность структурных, палеовулканических обстановок и источников рудного вещества, является установленным фактом [9]. По А. И. Кривцову [3] меднопорфировое оруденение приурочено к структурам типа барьерных зон островных дуг и следует во времени за колчеданным. Существуют примеры взаимосвязанных промышленно-значимых колчеданных и меднопорфировых месторождений (Филиппины).

Колчеданные месторождения Урала связаны с палеозойским вулканизмом срединно-океанических, островодужных, задуговых

обстановок. Наиболее значительные меднопорфировые месторождения Урала, в том числе с повышенным содержанием золота, локализованы в пределах Восточно-Уральской металлогенической зоны, которая представляет собой фрагменты палеозойских островодужных и офиолитовых структур, пространственно совмещенных в результате герцинской коллизии. Работами многих авторов показано более широкое распространение объектов порфирового типа. Некоторые из них в структурном плане связаны с колчеданными рудопоявлениями (Тошемско-Исовская зона медно-порфировых проявлений с Тарньерско-Валенторновской колчеданосной зоной, Ирндыкская – с Тубинско-Гайской и Акъяр-Бурибаевской) [2].

Сабановское рудопоявление располагается в Александринском рудном районе, принадлежащем Восточно-Магнитогорской островодужной системе с медно-колчеданной металлогенической специализацией. Обнаружение здесь минерализации порфирового типа в непосредственной пространственной и временной близости с серноколчеданным оруденением служит хорошей иллюстрацией к известным закономерностям формирования месторождений в островодужных обстановках и расширяет перспективы района на золотосное оруденение гидротермального генезиса.

#### **Геологическое строение Сабановского рудопоявления**

Сабановское проявление серноколчеданных руд находится в 2.5 км юго-западнее дер. Сабановки и 35 км к северо-востоку от Магнитогорска, было открыто в 1949 г. Южной поисковой партией треста «Башзолото» по развалам бурых железняков и ожелезненных альбитофиоров, описано Верхнеуральским ГСО в 1959 г. Детальные поисковые работы проведены в 1981–83 гг. под руководством Н. А. Скопиной [7].

Структура Сабановского рудопоявления антиклинальная, в ядре проявлены диабазы и вулканокластические породы сабановской толщи, которые согласно перекрываются лавами, лавокластитам и ксенокластолавами риолитов, риодацитов александринской толщи карамалыташской свиты  $D_2 al$ . На них с несогласием залегают вулканы среднего-основного состава урлядинской толщи  $D_{2-3} ur$  (возрастной аналог улутауской свиты) и известняки улутауской свиты  $D_{2-3} ul$ , в свою очередь перекрытые силицитами мукасовского горизонта. Породы прорваны малоомощными дайками габбро-диабазов, диабазов [7]. По периферии рудопоявления залегает кольцеобразная субвулканическая интрузия андезидацитовых порфиритов, сопоставимая с урлядинской толщей [4] (рис. 1).

Сплошные и густовкрапленные серноколчеданные руды слагают линзообразные тела, залегающие в окварцованных и серици-

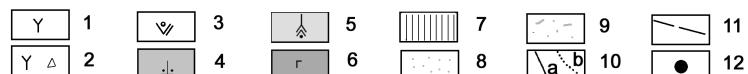
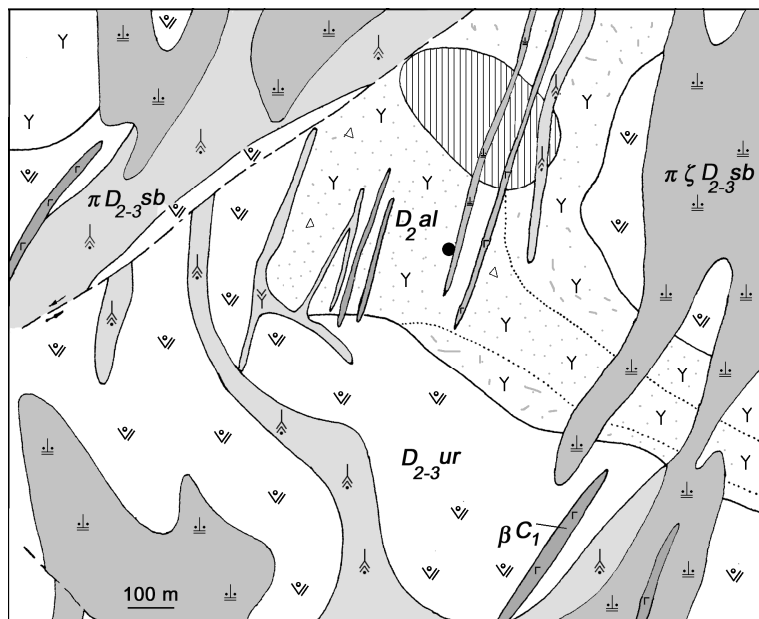


Рис. 1. Схема геологического строения Сабановского рудопоявления (по И. А. Каблинову, Т. Ю. Новгородцевой, 2001, с использованием материалов Н. А. Скопиной, А. Д. Штейнберга, В. М. Мосейчука, с упрощениями).

1–2 – александринская толща: 1 – риолиты, риодациты, 2 – лавокластические породы кислого состава; 3 – урлядинской толща, базальты миндалекаменные порфиристые; 4–5 – интрузивные породы Сабановской интрузии: 4 – дацитовые порфириты, 5 – плагиоклаз-роговообманковые андезитовые порфириты; 6 – габбро-диабазы; 7 – проекция серноколчеданного рудного тела; 8 – пирит-серицит-кварцевый метасоматоз, 9 – серицит-хлоритовый метасоматоз, 10 – геологические границы а) резкие, б) фациальные; 11 – разломы; 12 – положение скв. 0804.

тизированных кислых вулканитах на глубине 20–100 м. Всего описано 6 рудных тел, размер которых достигает 400 × 300 × 20 м. Сплошные пиритовые руды сопровождаются ореолом вкрапленной пиритизации [7].

В 2000 г. ОАО ЮУГРК в связи с производством поисковых работ на Александринской площади были пробурены четыре скважины, одна из которых (скв. 0804) вскрыла дайку плагиоклаз-амфиболовых, плагиоклаз-пироксен-амфиболовых андезитовых и кварц-плагиоклаз-амфиболовых андезидацитовых порфиритов,

содержащих рассеянную вкрапленность пирита и редкие прожилки золото-сульфидно-кварц-карбонатного состава. В эндоконтактах тела андезитов с апориолитовыми серицит-кварцевыми метасоматитами наблюдаются зоны закалки, представленные существенно хлоритовой рассланцованной породой с редкими измененными порфиrowыми вкрапленниками плагиоклаза, что позволяет трактовать тело как субвулканическое. Данные породы могут быть сопоставлены с андезитовыми порфиритами Сабановской интрузии.

#### **Характеристика вмещающих пород**

Серноколчеданные руды залегают в окварцованных, серицитизированных, реже – хлоритизированных риолитах, риодацитах, кварцевых и кварц-плагиоклазовых порфирах, их лавах, лавокластических, ксенолавокластических и осадочных разностях. Текстуры пород: обломочная, массивная, иногда – флюидальная, в обломках – часто порфиrowая. Первичная структура пород затушевана метасоматическими процессами вплоть до образования вторичных кварцитов. Химический и минералогический состав в целом соответствует составу кислых вулканитов александринской толщи в типовом разрезе на Александринском месторождении [10]. По сравнению с кислыми вулканитами Александринского месторождения они обеднены щелочными элементами, в особенности Na, что связано с их значительной метасоматической проработкой, выражающейся в окварцевании, серицитизации, хлоритизации и пиритизации (табл. 1). Рентгеноструктурным анализом в составе метасоматитов установлены кварц, серицит (мусковит), хлорит, кальцит. Последний связан с хлоритом, в серицит-кварцевых и кварцевых разновидностях встречается редко в виде наложенных прожилков.

Андезитовые порфириты, вмещающие золото-сульфидное оруденение, ранее описаны не были. Они имеют массивную текстуру, в пределах дайки довольно однородны, отличаются по соотношению измененных амфиболовых и плагиоклазовых вкрапленников. Изредка устанавливаются кварцевые вкрапленники. Часто содержат ксенолитоподобные включения более основного состава. Структура: первичная – порфиrowая, несколько затушевана метасоматическими процессами. Вторичная – метасоматическая, нематобластовая, лепидобластовая (матрикс), пойкилитовая (замещенные порфиrowые вкрапленники). Вкрапленники занимают до 50 % от объема, достигают размера 0.8 см, характеризуются тремя типами. Вкрапленники первого типа неясного или прямоугольного, ромбовидного сечения, субизометричные, состоят из

Таблица 1

**Химический состав вулканических пород  
Сабановского рудопоявления**

№ п/п	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO
1	69.53	0.38	13.09	1.95	3.66	0.25	2.17	1.47
2	74.65	0.15	12.05	0.91	2.86	0.19	2.07	0.42
3	71.61	0.18	12.27	2.52	2.26	0.23	1.31	1.54
4	76.26	0.15	11.27	1.44	1.66	0.09	1.11	1.12
5	58.48	0.39	16.03	1.96	4.73	0.56	2.52	4.64

Окончание табл. 1

№ п/п	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	п.п.п.	S	Сумма
1	4.00	1.37	0.093	0.99	2.70	0.22	100.66
2	3.46	1.11	0.018	<0.40	1.88	<0.05	99.77
3	4.00	1.37	0.025	1.43	3.02	1.31	100.33
4	4.87	0.45	0.018	0.66	2.00	0.81	100.44
5	0.44	3.66	0.156	3.63	7.08	0.24	100.65

*Примечание:* 1–4 – вулканиты кислого состава александринской толщи: 1 – 0801/167.6, 2 – 0802/81.0, 3 – 0802/94.5, 4 – 0802/167.2, 5 – андезитовые порфиры 0804/114.1.

серицит-альбит-кварцевой массы, часто – с карбонатом. Серицит образует хаотично расположенные пластинки, снопики. Первичный минерал диагностируется как плагиоклаз среднего состава. Совместно с серицитом и в тесных прорастаниях с ним наблюдается карбонат и мелкий альбит. Второй тип вкрапленников имеет призматические и ромбические с усеченными вершинами сечения, довольно ровные границы, замещается зеленоватым хлоритом с чернильно-синими цветами аномальной интерференции, образующим радиально-лучистые и сноповидные агрегаты. Иногда хлорит находится в тесном срастании с серицитом. Центр псевдоморфоз часто представлен крупнозернистым сдвойникованным карбонатом. Иногда в составе псевдоморфоз наблюдаются пойкилитовые вроски призматического апатита. Между пачками хлорита находится рудный минерал, возможно – гематит. Третий тип вкрапленников редок, имеет короткопризматические, квадратные сечения. В параллельных николях бурый, плохо просвечивает, в скрещенных обнаруживает аномальную коричнево-бурую окраску, предположительно определен как измененный высокожелезистый пироксен. Основная масса представлена мелкозернистым серицит-альбит-карбонат-кварцевым агрегатом нематобластовой структу-

ры. Количественно преобладают карбонат и серицит. Серицит образует хаотично ориентированную «решетку», сноповидные выделения и расщепленные чешуи в альбит-кварц-карбонатном агрегате. Карбонат распространен в виде пятен, мелкозернистый. Из аксессуарных минералов встречаются апатит, пирит кубического габитуса, рутил и циркон.

Согласно рентгенофазовому анализу в составе породы фиксируются кварц, кальцит, серицит, магнезиально-железистый хлорит, альбит, возможно присутствие КПШ. Парагонит не обнаружен.

Химический состав андезитовых порфиритов приведен в табл. 1. По соотношению кремнезема и суммы щелочей порода является высокоглиноземистым андезитом нормального ряда. Значительное преобладание  $K_2O$  над  $Na_2O$  и повышенное в целом содержание  $CaO$  и  $CO_3$  является результатом кварц-серицит-карбонатного метасоматоза березитовой формации. Пересчет химического анализа на реальные минералы (по данным оптического и рентгеноструктурного анализа) показывает следующий состав (вес. %): Кварц<sub>40</sub> Мусковит<sub>30</sub> Хлорит<sub>16</sub> Карбонаты<sub>9</sub> Альбит<sub>4</sub> Пирит<sub>0,5</sub> Апатит<sub>0,4</sub> Рутил<sub>0,4</sub>.

Рассмотренные андезиты отнесены к урлядинскому вулкано-интрузивному комплексу по геологическому положению и сходству химического состава со средними по толще. Отличия связаны с глубокой метасоматической переработкой.

### **Рудная минерализация**

Серноколчеданные руды разделяются на сплошные, прожилково-вкрапленные и вкрапленные. Большой объем занимают вкрапленные разности. Пирит в основном развивается по цементу лавокластических и вулканогенно-осадочных образований, как это в целом характерно для района. Сплошные серноколчеданные руды имеют следующий состав (%): S – 42–43 (макс. 49), Cu – 1–2, Zn – 2–3 (макс. 4.54). Минеральный состав простой. Основную массу как сплошных, так и прожилково-вкрапленных руд составляет пирит. Сфалерит и халькопирит встречаются редко, чаще во вкрапленных разностях [7]. Увеличение содержаний халькопирита связано с хлоритизацией пород.

Золото-сульфидная минерализация наблюдалась исключительно в андезитовых порфиритах скв. 0804. Пиритовая вкрапленность в них отмечается в интервале 40–120 м. Пирит образует кубические кристаллы 0.3–1 мм, встречаются обогащенные им зоны мощностью около 2 см. Прожилки сульфидно-кварц-карбонатного состава встречаются преимущественно в интервале 45–105 м в

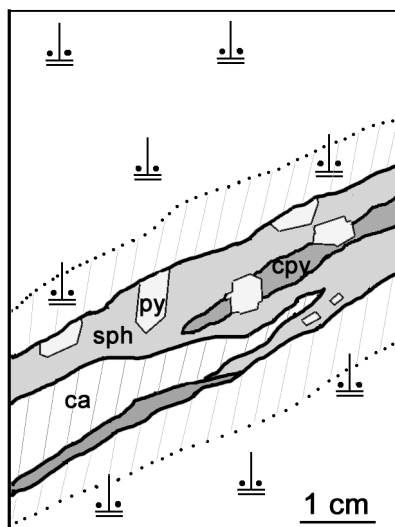


Рис. 2. Строение прожилка сульфид-карбонатного состава в андезитовом порфирите. py – пирит, срy – халькопирит, sph – сфалерит, ca – кальцит, штриховкой показано осветленные породы, связанное с окварцеванием и карбонатизацией. Обр. 0804/56.0.

количестве от 3 до 10 на пог. м. Они имеют варьирующую мощность, обычно не превышающую 0.5–1 см и сложную форму. Часто вокруг них наблюдаются каймы осветления. В составе присутствуют кварц, идиоморф-

ный кубический пирит (зальбанды), ксеноморфные выделения халькопирита и сфалерита, кальцит (осевая часть) (рис. 2). При микроскопическом исследовании обнаружены минералы золота, свинца, висмута и теллура, ассоциирующие со сфалерит-халькопиритовым парагенезисом, наложенным на пирит.

**Пирит** идиоморфный, кубический, брекчирован. Размеры отдельных зерен могут достигать 2–3 мм, в среднем 1 мм. Иногда в нем видны округлые включения халькопирита. **Халькопирит**, как правило, развивается по трещинам и периферии кристаллов пирита, содержит мелкие включения айкинита, золота, гессита, имеет стехиометрический состав (табл. 2). **Сфалерит** корродирует халькопирит с образованием сложных границ, содержит включения халькопирита в виде реликтов и закономерно-ориентированной эмульсионной вкрапленности. **Золото** представлено ксеноморфными, округло-вытянутыми, амёбовидными выделениями ярко-желтого цвета, локализованными на границе между пиритом и развивающимся по нему халькопиритом. Размер золотин достигает 50 мкм. Состав колеблется:  $Au_{0.86-0.89}Ag_{0.16-0.11}$  (табл. 2, рис. 3а). **Петцит** обнаружен в сфалерите в виде овального выделения, размер которого 10 мкм. Оптически минерал соответствует петциту. Состав, определенный на полуколичественном уровне, выражается примерной формулой  $(Ag_{2.1}Au_{0.4})_{2.5}Te_{1.0}$ . **Гессит** образует угловатые удлинённые выделения с отчетливыми плеохроизмом и анизотропией, приуроченные к контактам между пиритом и халькопиритом, размер выделений достигает 15 мкм. Состав соответствует

Таблица 2

## Состав некоторых минералов, ассоциирующих с золотом (мас. %)

№ п/п	Минерал	Аналитик	Ag	Te	Au	Cu	Fe	S	Pb	Bi	Сумма
1	Гессит	1	63.70	36.27							99.97
2		2	63.19	36.37							99.56
3	Золото	1	15.63		84.36						99.99
4		2	16.63		82.43						99.06
5		2	11.88		87.09						98.97
6	Халькопирит	1				33.85	30.91	35.23			99.99
7	Петцит	2	53.76	29.91	18.56						102.23
8	Айкинит	2				13.08	1.42	14.57	41.31	29.19	99.58
9		2				12.45	1.32	14.66	40.83	28.65	97.91

*Примечание:* Анализы получены на электронном микроскопе с энергодисперсионным анализатором: 1) В. А. Котляровым на приборе РЭММА-2М в Институте минералогии УрО РАН, 2) Е. В. Белогуб при содействии Т. Гринвуда на приборе GEOL JSM-5900LV в Музее Естественной Истории, Лондон. Анализы 8 и 9 (айкинита) – полуколичественные вследствие наложения аналитических линий висмута, свинца и серы.

стехиометрической формуле (табл. 2, рис. 3б). *Айкинит* найден в виде выделений сложной формы, их скоплений размером до 70 мкм в халькопирите и на контакте халькопирита со сфалеритом, карбонатом. Имеет плеохроизм от розовато-кремового до светложелтого, сильно анизотропен, наблюдаются простые двойники. В составе фиксируются Pb, Cu, Bi, Fe, S (табл. 2). Оптически однозначно диагностируется как айкинит (рис. 3в). *Минерал семейства теллуrowисмутина* обнаружен на контакте халькопирита и кальцита, размер пластинчатого выделения менее  $0.5 \times 3$  мкм, определен на основании энергодисперсионного спектра, содержащего линии Bi и Te. В составе парагенезиса также присутствует редкий галенит, который развивается по микротрещинам в пирите и образует мелкие (до 2 мкм) округлые выделения и их цепочечные скопления в сфалерите.

### Геохимия

Серноколчеданные руды характеризуются стандартным для рудного района геохимическим спектром [1]. Элементы полиметаллической ассоциации коррелируют между собой и с мышьяком, барием.

Геохимия золотосодержащих порфириров отличается. Корреляционный анализ показывает устойчивую геохимическую ассо-



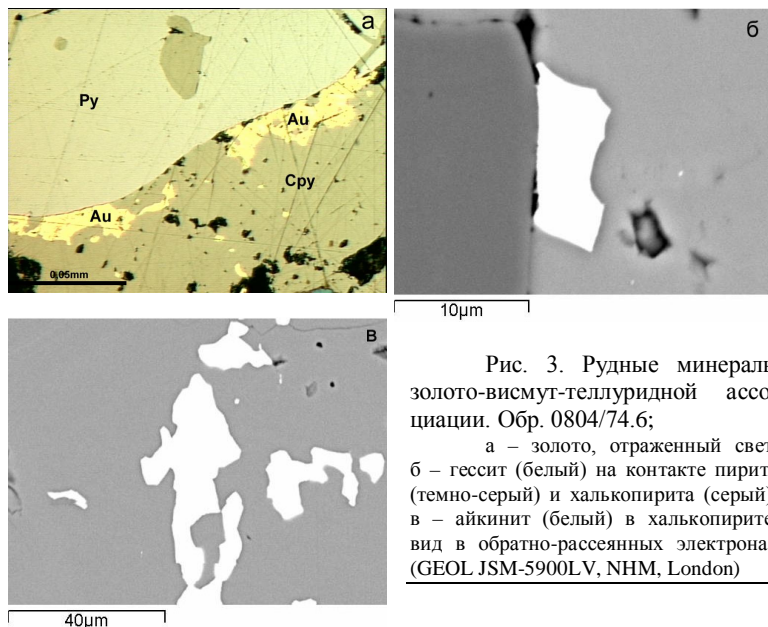


Рис. 3. Рудные минералы золото-висмут-теллуридной ассоциации. Обр. 0804/74.6;

а – золото, отраженный свет, б – гессит (белый) на контакте пирита (темно-серый) и халькопирита (серый), в – айкинит (белый) в халькопирите, вид в обратно-рассеянных электронах (GEOL JSM-5900LV, NHM, London)

циацию Pb – Cu – Ag – Zn – Cd, характеризующуюся значимыми положительными связями между всеми элементами (не ниже уровня значимости 0.95). Bi образует значимую связь с Ag ( $r = 0.60$  с уровнем значимости  $> 0.99$ ) и V ( $r = 0.39$ , уровень значимости 0.99). В свою очередь, V образует более слабую связь с Mo ( $r = 0.36$ ) и Cr ( $r = 0.34$ ), связанными с Ni, Mn, Co. Следует отметить отсутствие корреляции полиметаллической ассоциации с As и Ba, которая характерна для руд колчеданной формации в районе [1, наши данные]. Геохимические особенности поведения Mo свидетельствуют о пространственном разобщении золотосодержащей полиметаллической и молибденовой минерализации, что в целом свойственно месторождениям порфиривого типа [6].

### Обсуждение результатов

Проявление колчеданных руд Сабановского участка имеет типичные для рудного района черты: линзовидную форму рудных тел, кислые вулканиты в качестве вмещающих пород, существенно пиритовый состав. Отнесение обнаруженной на Сабановском рудопроявлении прожилковой минерализации к порфиривому типу основано на следующем:

1. Вмещающей является субвулканическая интрузия, относящаяся по времени к вулкано-интрузивному этапу, завершающему цикл островодужного вулканизма в районе.

2. Оруденение сопровождается глубоким метасоматозом, близким к березитовой формации и отличается от распространенных на площади и связанных с колчеданным оруденением серицит-кварцевых метасоматитов [5, 11].

3. Геохимически оруденение отличается от колчеданного и золото-баритового семейства.

4. Минеральный состав золото-сульфидных прожилков сходен с установленным для Березняковского золото-медно-порфирового месторождения [5]. Минерал айкинит является гидротермальным, в колчеданных месторождениях фиксируется очень редко.

5. Положение золота в позднем халькопирит-сфалеритовом парагенезисе отличается от типичного для серно-колчеданных руд, где золото, в основном, находится в виде тончайшей вкрапленности в пирите.

Для Александринского рудного района в целом характерны колчеданные (куроко и уральского типов) и барит-полиметаллические месторождения и рудопроявления, основная часть которых генетически связана с кислыми вулканитами верхов карамалыташской свиты, в целом переходной от толеитовой к известково-щелочной серии пород. Некоторые рудопроявления приурочиваются к контакту карамалыташской и улутауской свит. Урлядинская толща, которая является возрастным аналогом улутауской свиты, представлена вулканитами известково-щелочной серии и отличается относительно высоким полиметаллическим фоном, в ней обнаруживаются мелкие проявления золото-полиметаллического характера [4]. В районе отмечены также рудопроявления скарнового типа, локализованные в контактах габбро-диорит-тоналитового россыпнянского массива верхнедевонского возраста. Принято считать собственно колчеданные проявления синвулканическими, в то время как жильные проявления барита – результатом более поздней активизации и перераспределения вещества предположительно раннекарбонного возраста. Примыкающий с севера верхнеуральский массив шошонитовой позднеостроводужной формации [8] содержит Верхнеуральское рудопроявление молибден-меднопорфирового типа.

Таким образом, на Александринской площади можно проследить весь латерально-временной (по Е.С. Контарю, [2]) ряд формаций островодужных обстановок: от колчеданного семейства (серноколчеданные – Сабановское рудопроявление, колчеданно-

полиметаллические – Александринское, Бабарыкинское, золото-баритовые – месторождение Каменный Плес) до медно-золото-порфировых (Сабановское) и наложенных медно-железо-скарновых, связанных с орогенным гранитоидным магматизмом.

Авторы благодарны руководству ОАО ЮУГРК за содействие в проведении полевых работ, В. А. Котлярову (ИМин) и Т. Гринвуду (NHM) за выполнение анализов и предоставление силикатных и спектральных анализов, студентке А. А. Белоусовой за всестороннюю помощь. Аналитические работы выполнены при финансовой поддержке программы COPERNICUS, проект MinUrals (INCO2), ФЦП «Интеграция» (ЭО 364/729).

### Литература

1. Баранов Э. Н. Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений. Москва: Наука, 1987. 297 с.
2. Контарь Е. С., Либарова Л. Е. Металлогения меди, цинка, свинца на Урале. Екатеринбург: Уралгеолоком, 1997. 236 с.
3. Кривцов А. И. Геологические основы прогнозирования и поисков меднопорфировых месторождений. М.: Недра, 1983. 256 с.
4. Мосейчук В. М., Яркова А. В., Михайлов И. Г. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXIV. Челябинск: ФГУГП «Челябинскгеосъемка», 1999.
5. Мурзин В. В., Сазонов В. Н., Федосеев В. В. Редкие минералы в рудах Березняковского месторождения золота, Южный Урал // Уральский минералогический сборник № 5. Миасс: ИМин УрО РАН, 1995. С. 216–222.
6. Попов В. С. Геология и генезис медно- и молибден-порфировых месторождений. М.: Наука, 1977. 204 с.
7. Скотина Н. А., Абдулин Р. З., Молибога Б. М., Кислицын П. А. Отчет о результатах детальных поисков медноколчеданных руд на Сабановском участке в северо-западной части Александринского рудного района (Верхнеуральский, Нагайбакский районы Челябинской области), выполненных в 1981–83 гг. Челябинск: 1983. 151 с.
8. Сурин Т. Н. Петролого-минералогические исследования магматитов Восточно-Магнитогорского пояса (Южный Урал). Миасс: Геотур, 1997. 310 с.
9. Твалчрелидзе Г. А. Сравнительная металлогеническая характеристика колчеданной и меднопорфировой формаций // Геол. рудн. м-ний. 1975. № 3. С. 3–18.
10. Тесалина С. Г., Масленников В. В., Сурин Т. Н. Александринское медно-цинково-колчеданное месторождение. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. 228 с.
11. Lehmann B., Heinhorst J., Hein U., Neumann M., Weissner J. D., Fedosejev V. The Bereznjakovskoe gold trend, Southern Urals, Russia // Mineralium Deposita, 34. 1999. С. 241–249.

