

Е. В. Белогуб, К. А. Новоселов, В. В. Зайков

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛОГИИ ЗОНЫ
ГИПЕРГЕНЕЗА
АЛЕКСАНДРИНСКОГО МЕДНОЦИНКОВО-
КОЛЧЕДАННОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

E. V. BELOGUB, K. A. NOVOSELOV, V. V. ZAYKOV
PIONEERING DATA ON MINERALOGY OF OXIDIZED
ZONE OF THE ALEXANDRINSKOE COPPER-ZINC-
PYRITE DEPOSIT (THE URALS)

There are provided characteristics of the structure and composition of hypergene zone of the Alexandrinskoe copper-zinc-pyrite deposit setting in the East-Magnitogorsk paleoisland arc. Particular features of the hypergene zone is forming over «blinde» ore body. Products of total oxidation of sulfide ores, products of leaching and secondary sulfide enrichment have been established in the zone composition. Among hypergene minerals, covellite, digenite, native copper, anglesite, barite, malachite, azurite, cerussite, smithsonite, plumbojarosite, jarosite, beaverite and osarizawaite have been established. Distribution of the secondary minerals is controled by zone of partial caving along the submeridional fracture. Data, obtained in studies of structures and mineralogy of the hypergene products, would be appropriate for use in search for buried massive sulfide deposits.

Александринское медноцинково-колчеданное месторождение расположено в Восточно-Магнитогорской палеоостровной дуге, в 25 км к СВ от г. Магнитогорска. Оно было открыто в 1960 г. и описано в производственных отчетах П. А. Бурковой и М. Г. Коржеля, Т. Е. Лушниковой и К. М. Созиновой, А. Т. Гаева и А. В. Зимина, А. Д. Штейнберга, Н. К. Курбанова, Г. А. Вострокнута и И. В. Бабушкина, Р. Г. Рябинкина и Б. А. Попова, а также в кан-

дидатской диссертации Р. Г. Язевой и работах С. Г. Тесалиной, В. В. Масленникова и др. В настоящее время изучение месторождения осуществляется Поляковским геолого-разведочным предприятием (В. В. Ямщикова и др.).

В 1996 г. начата обработка месторождения открытым способом, в процессе которой вскрыта зона континентального гипергенеза. Специфической чертой этой зоны является то, что она развита над рудным телом, не выходящим на дневную поверхность. Сведения, полученные при изучении строения и минералогии продуктов гипергенеза могут быть использованы при поисках скрытых колчеданных месторождений.

Полевые исследования проведены К. А. Новоселовым, В. В. Зайковым и Е. В. Белогуб при содействии Б. И. Агеева, И. И. Григорьева.

Александринское месторождение приурочено к вулкано-тектонической депрессии северо-восточного простирания, выполненной вулканогенно-осадочными отложениями карамалыташского комплекса живетского возраста [3]. На месторождении разведано 23 рудных тела, в которых заключено около 3600 тыс. т руды со средними содержаниями меди 4.4 %, цинка 5.5 %, золота 1.1 г/т и серебра 37.1 г/т.

В составе наиболее крупного рудного тела выделяется три залежи: северная, южная и восточная. Наиболее крупная Северная залежь, над которой сформировалась зона окисления, имеет пластообразную форму, максимальную мощность 20—25 м, длину по простиранию 260 м и по падению 200 м. С севера залежь ограничена субширотным разломом, по которому в пределах карьера контактируют две толщи: риолит-дацитовая и дацит-базальтовая.

В составе залежи, приуроченной к локальной депрессии, выделено три кластогенных потока [4]. Минералы колчеданных руд представлены, главным образом, пиритом, халькопиритом, сфалеритом, баритом, борнитом, а также галенитом, блеклой рудой, пирротином, золотом, энаргитом, вуртцитом, станнином [4]. Верхняя кромка залежи, ограниченная с севера разломом, находится на глубине 30—35 м от поверхности. В карьере в августе 1996 г. руды были вскрыты на участке размером 20×40 м и на глубину 5—6 м. Кровля рудного тела имеет неровную поверхность с превышением восточного фланга залежи

над западной на несколько метров. Предположительно здесь вскрыт фрагмент сульфидного холма, к которому с юга примыкает обломочный горизонт. В постройке выделяются зоны пиритовых, халькопиритовых, сфалерит-галенит-баритовых руд с брекчиевой и массивной текстурой и массивным плотным сложением. Встречаются реликты кокардовых и трубчатых текстур, зональные сульфидно-баритовые жилы.

Сульфидные брекчии, слагающие склоны постройки, сложены обломками массивных халькопирит-пиритовых и пиритовых руд размером до 30 см с мелкозернистым барит-сфалеритовым цементом. Ограничения соседних рудных фрагментов часто конформные, со следами растворения, растрескивания и рассыпания. В обломках наблюдаются кавернозные пустоты, иногда выполненные кристаллами пирита, агрегатом кварца или барита. По периферии крупных обломков иногда развита оторочка более позднего пирита или халькопирита. Мелкие обломки нередко замещены сфалеритом и галенитом.

В районе месторождения развита площадная кора выветривания, мощностью порядка 10—30 м. В ее пределах кислые вулканы преобразованы в рыхлые белые кварц-монтмориллонит-каолиновые породы, местами ожелезненные, основные — в желтоватые, бурые песчанисто-глинистые породы, насыщенные гидроокислами железа. В зоне тектонического нарушения, ограничивающего северную залежь, происходит преобразование коры выветривания под воздействием продуктов разрушения сульфидов, а также ее распространение на более глубокие горизонты. Выщелачивание вещества в надрудной зоне обусловило просадку отдельных блоков перекрывающих пород.

В связи с плохой водопроницаемостью вмещающих пород, максимальное развитие зона окисления получила в пределах тектонического нарушения, где породы дезинтегрированы, и незначительна в боковых ненарушенных породах.

Принципиальное строение разреза зоны окисления схематически представлено на рис. Она может быть подразделена на следующие зоны:

0) зона гипогенных руд (массивные колчеданные, кластические пирит-халькопиритовые с барит-сфалеритовым цементом и барит-сфалеритовые руды).

1) зона окисленных руд (вторичного сульфидного обогащения), которую можно разделить на две подзоны:

1а) вторичного обогащения сульфидами меди (относительно плотные темно-серые до синевато-серого породы с реликтами руд);

1б) существенно кварц-пиритовую со значительным содержанием ковеллина (рыхлые неоднородные темно-серые до синевато-черного и светло-серые породы, сохраняющие структуры и реликты руд);

2) зона выщелачивания (кварц-пиритовая сыпучка с баритом, структуры руд не сохраняются);

3) собственно зона окисления (железная шляпа), которую можно условно разделить на следующие, неравномерно развитые подзоны:

3а) ярозитовую

3б) бурых железняков

3в) лимонитовых и ярозитовых охр с карбонатами меди

3г) распространения малахита и азурита по трещинам в базальтах и основных лавокластитах.

Ниже приводится более подробное описание зон.

1а) Подзона существенного обогащения медными сульфидами — ковеллином и, в меньшей степени — халькозином. Нижняя граница с неизменными рудами условная, проведена по появлению участков темно-серого цвета, сложенных порошковатым сажистым пиритом (мельниковитом), черным мелкозернистым агрегатом сфалерита и ковеллином в различных соотношениях в зависимости от состава исходной руды. Минеральный состав в пределах подзоны неоднороден: в реликтах руд сохраняется сфалерит, галенит, барит, пирит и халькопирит. По всей видимости, ковеллин и халькозин в нижних горизонтах подзоны преимущественно развиваются на участках, первично обогащенных борнитом и халькопиритом, о чем свидетельствует их пятнистое распределение, в общем повторяющее структуру кластогенной руды. Помимо халькозина в одном из образцов рентгенографически диагностирован дигенит, ранее этот минерал был определен Р. Г. Язевой среди продуктов изменения борнита [7]. На более высоком гипсометрическом уровне в верхах подзоны практически весь объем породы в той или иной мере насыщен ковеллином. Мощность варьирует от 0.2 до 1 м.

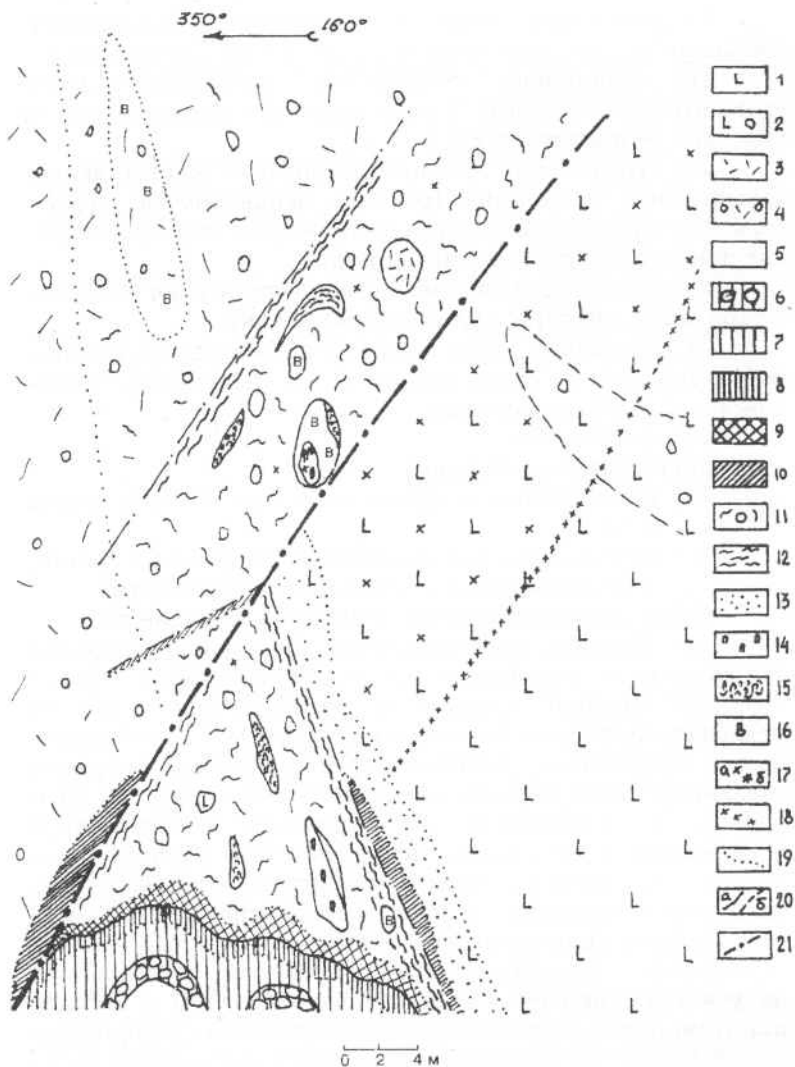


Схема строения зоны окисления Северного рудного тела Александринского месторождения.

Условные обозначения. Вмещающие породы: 1 — базальты, 2 — лавобрекции базальтовые, 3 — риодациты, 4 — вулканокластиты риодацитовые; руды: 5 — массивная колчеданная, 6 — кластерогенная пирит-халькопиритовая с барит-сфалеритовым цементом, 7 — барит-сфалеритовая; зоны континентального гипергенеза: 8 — вторичного сульфидного обогащения с ковеллином и халькозином, 9 — выщелаченная.

чивания — кварц-пиритовых сыпучек с баритом; собственно окисления: 10 — бурые железняки, 11 — глинистые породы зоны обрушения с реликтами кварцитов, риодацитов и др. пород, 12 — глины кварц-каолин-монтмориллонитовые, 13 — обохрение и ожелезнение, 14 — ярко-желтые ярозитовые охры, 15 — ярозит-лимонитовые охры, 16 — барит, 17 — скопления минералов: а) малахита и азурита, б) церуссита; границы: 18 — распространения карбонатов меди; 19 — обохрения и ожелезнения пород, 20 — между разновидностями пород а) отчетливые, б) постепенные; 21 — тектонические нарушения

16) Границы подзоны условны, нижняя проведена по появлению участков и прослоев светло-серого цвета и исчезновению реликтов первичных сфалеритовых руд, верхняя — по исчезновению рудных текстур и переходу их в пятнисто-слоистые. В составе породы преобладают криптокристаллический пирит (мельниковит), сфалерит галенит и ковеллин — в реликтах руд, кварц и барит. Цвет и структура определяется соотношением этих минералов. Обнаружены участки, в которых практически неизмененные галенитовые руды окружены зональной каймой продуктов окисления, в составе которых определены англезит и плюмбоярозит. В коренном залегании порода была обводнена. Мощность подзоны незначительна и изменяется от нескольких до 10 сантиметров при неравномерном распространении в пределах месторождения.

Таким образом, практически вся кровля Северного рудного тела представлена окисленными рудами, обогащенными вторичными сульфидами меди — ковеллином и халькозином, барит, галенит, сфалерит и пирит в ней сохраняются в значительной мере, причем пирит разрушается до мельниковита. Неравномерное распределение участков с различным минералогическим составом обусловлено неоднородностью самих руд.

2) Полосчатые, пятнистые породы, залегающие над кровлей рудной залежи. Макротекстура определяется чередованием светло-серых, темно-серых, желтых слоев и пятен размером первые сантиметры. Полосчатость ориентирована в соответствии с направлением разломов и границ рудного тела. В коренном залегании порода значительно обводнена. Светло-серые участки состоят из мелкозернистого кварца и переотложенного пирита в виде кубических кристаллов до 0.2 мм с блестящими гранями и их сростков, с примесью крупнозернистого серого или белого барита. В более темных участках определен ковеллин в виде мелкозернистых стяжений и прослоев мощностью 1—3 мм. Изредка встречаются гнезда черного цвета,

сложенные рентгеноаморфным сульфидом железа. Участки желтого цвета состоят из ярозитовых и биверитовых охр с примесью кварца.

За) Ярозитовая зона представлена ярко-желтыми обводненными ярозитовыми охрами различного оттенка, переслаивающимися с лимонитовыми охрами и кварц-гематитовыми песчанистыми породами с полосчатой, линзовидно-полосчатой, узелковой текстурой, согласной с направлением локальных тектонических нарушений, а в кровле рудного тела — его конфигурацией. Разделение на ярозитовую и лимонит-ярозитовую подзоны условно. Под ярозитовой зоной в данном случае понимается ярко-желтая существенно ярозитовая «глина», залегающая непосредственно над кварц-пиритовыми сыпучками. Мощность зоны очень неравномерна, составляет первые сантиметры — десятки сантиметров. Иногда, в тектонических контактах ярозитовые гнезда можно проследить на расстояние до двух метров по вертикали. Следует отличать от ярозитовых и лимонит-ярозитовых охр верхних горизонтов, насыщенных карбонатами меди, свинца, цинка.

В лимонитовых участках, залегающих непосредственно над рудной залежью обнаружены дендриты самородной меди.

Зб) Зона бурых железняков прослежена вдоль тектонического контакта между рудным телом и перекрывающими его вулканитами кислого состава, где ее мощность в среднем составляет 10—20 см, но иногда достигает 1 м. На контакте с основными вулканитами бурые железняки развиты значительно слабее, их мощность достигает пяти сантиметров, а над кровлей (там где породы обрушены) — развиты фрагментарно в виде песчанистых прослоев и гнезд в кварц-ярозитовых глинах. На нижней границе бурые железняки рыхлые, песчанистые. Породы имеют красновато-бурый цвет, достаточно плотные и состоят, в основном, из кварца и гидроокислов железа.

Зв) Зона лимонитовых и ярозитовых охр с карбонатами развита, в основном, над рудным телом и ограничивается с юга тектоническим контактом, разделяющим кислые и основные вулканиты, а с севера — границей зоны обрушения в виде локальных тектонических нарушений, обычно субпараллельных основному разлому и имеет структуру песочных часов (рис). Порода пред-

ставляет собой смесь слоев, линз, гнезд ярко-желтых и зеленовато-желтых существенно ярозитовых глин и бурых, желтовато-бурых и красновато-бурых лимонитовых глин, отмечены прослой и линзы алунизированной зеленовато-белой монтмориллонит-каолинитовой глины. В лимонитах содержатся многочисленные окатанные обломки материала из кислой вулканогенно-осадочной толщи, в ряде случаев они алунизированы. Минеральный состав зоны неоднороден, преобладают минералы групп ярозита и алунита, лимонитовые охры (смесь гидрокислов железа) и глинистые минералы — каолинит, монтмориллонит. Во всех разновидностях пород присутствуют значительные количества кварца. Для зоны характерны будины крупнокристаллического барита до 1.5 м в диаметре. Заметное развитие вторичных карбонатов (малахита, азурита) отмечено начиная с уровня третьего уступа современного карьера, примерно в 5 м от кровли рудной залежи, где они развиты в пустотах, трещинах и порах ожелезненных пород.

3г) По трещинам в основных лавобрекчиях и базальтах развиты малахит и азурит. Отмечается пропитка медной зеленью цемента лавобрекчий в участках, где он представлен существенно серицитовым темно-зеленым агрегатом.

В зоне гипергенеза оптическим и рентгендифракционным [1, 5] методами на настоящем этапе исследований определены следующие минералы: ковеллин, халькозин, дигенит, пирит, медь самородная, ярозит, плюмбоярозит, биверит, алунит, осаризаваит, англезит, барит, малахит, азурит, церуссит, смитсонит, гетит, гидрогетит, лепидокрокит, кварц, каолинит, монтмориллонит, серицит, смешанослойные образования ряда каолинит-монтмориллонит-мусковит.

Вторичные сульфиды на месторождении представлены криптокристаллическим и мелкокристаллическим **ковеллином** в виде иссиня-черных агрегатов, цементирующих реликты руд и образующих вкрапленность и сплошные массы в зоне вторичного сульфидного обогащения, и, реже, **халькозином**, представленным порошковатыми черными и темно-серыми выделениями, ассоциирующими с реликтами борнитовых руд [7]. Низкотемпературная модификация халькозина — **дигенит** — определена дифрактометрически в образце из верхов зоны (табл.),

Межплоскостные расстояния некоторых минералов зоны окисления

Биверит		№ 361-11		Осаρίζаванит		№ 561-25-2		Дигенит		
№ 17-476 (*1)	№ 361-11	№ 161 (*2)	№ 561-25-2	№ 23-962 (*1)	№ 561-37-1**					
d/n(°)	d/n(°)	d/n(°)	d/n(°)	d/n(°)	d/n(°)					
5.85	100	5.88	85	5.75	80	5.65				
		5.73	7	4.97	10	4.91	20			
5.02	10	5.05	5	3.52	60	3.497	50	3.35	4	3.35
4.23	10	4.25	10	3.00	100	2.977	100	3.21	35	3.22
3.60	40	3.61	30	2.874	50	2.854	50	3.01	14	3.02
3.52	5	3.55	10	2.485	30	2.490	60ш	2.779	45	2.79
3.31	35	3.33	40	2.284	50	2.279	70	2.553	4	
3.03	95	3.05	100	2.227	40	2.225	50	2.141	10	2.12
2.928	20	2.95	20	2.034	30	2.030	30	1.962	100	1.97
2.855	20	2.86	70	1.917	50	1.914	60	1.814	2	
2.520	25	2.53	30	1.762	40	1.759	50	1.752	6	
2.335	10	2.34	7	1.684	40	1.682	40	1.678	20	1.68
2.276	45	2.28	80	1.661	20	1.657	20	1.607	4	
2.235	5	2.25	7	1.520	20			1.392	10	
2.070	5	2.10	5	1.502	50	1.501	50			
1.953	30	1.96	35	1.433	20	1.437	20			
1.801	25	1.81	20	1.396	30	1.393	30			
1.762	5	1.77	5	1.333	10	1.325	30			

Примечания: *1 — JCPDS. 1986, *2 — рентгенографический определитель сульфатов, [1] ** — образец представлен сложной смесью минералов руды и продуктов ее окисления, некоторые рефлексы дигенита накладываются на рефлексы других минералов, поэтому интенсивности не приведены.

Условия съемки — обр. № 561-37-1 — ДРОН-2.0, FeK α — излучение, 2'/мин, съемка Белогуб Е. В., № 361-11 ДРОН-2.0, CuK α — излучение, 1'/мин, съемка Рябухиной Т. М., № 561-25-2 — камера РКД, УРС-2.0, FeK α — излучение, без фильтра, съемка — Кашигиной Н. И.

где он образует серый микрозернистый агрегат, цементирующий зерна пирита и сфалерита. Переотложенный **пирит** характерен для зоны выщелачивания (кварц-пиритовой сыпучки с баритом).

Образцы **самородной меди** для изучения были любезно предоставлены И. И. Григорьевым. Размеры дендритов достигают 1,5 см, но обычно не превышают 5 мм. На одном из них обнаружены выросшие октаэдры размером до 0,6 мм, на гранях которых наблюдаются веретенообразные разноориентированные кристаллики меди. Такая скульптура граней не характерна для самородной меди. Можно предположить, что в данном случае имеется псевдоморфоза меди по другому минералу (куприту?) с последующим новым зарождением меди.

Из карбонатов наиболее обычны **азурит** и **малахит**. Эти минералы образуют как отдельные кристаллы, достигающие 5 мм по максимальному измерению для азурита и 2 мм по удлинению для малахита, так и сферолиты, мелкозернистые и порошковатый массы. Карбонаты меди в виде кристаллов распространены в лимонитовых охрах непосредственно в зоне окисления, а в основных вулканитах представлены корочками и мелкокристаллическими прожилками, иногда пропитывают глинистые породы площадной коры выветривания. Характерная черта зоны окисления Александринского месторождения — широкое распространение **церуссита**. Этот минерал встречается в составе зональных кайм окисления вокруг реликтов галенитовых руд, в виде кристаллов в пустотах лимонитовых охр. Морфология **церуссита** очень разнообразна — от таблитчатых и удлиненно-призматических до бипирамидальных кристаллов, мелкокристаллических масс и корок, в которых он может быть ошибочно принят за **смитсонит**, относительно редкий на месторождении.

Из сульфатов обычен **барит**, который входит в состав руд, образует жилы во вмещающих породах, будины в зоне обрушения и устойчив в зоне выщелачивания. **Англезит** более редок, однозначно установлен только в составе продуктов изменения существенно галенитовой руды на границе зоны вторичного сульфидного обогащения и зоны выщелачивания. Он найден в тесной ассоциа-

ции с ковеллином и образует светло-серые и белые мелкозернистые выделения без отчетливых кристаллографических очертаний.

Наибольший минералогический интерес представляет широкое разнообразие минералов групп **ярозита** и **алунита**. В составе ярозитовых охр рентгенографически определены кроме собственно ярозита медь- и свинецсодержащие разновидности (**биверит**, **плюмбоярозит**). Алюминийсодержащий аналог биверита — **осаризаваит** представлен микросферолитами зеленого цвета и зеленовато-белыми налетами в пористой лимонитовой породе, диагностирован по дебаеграмме и качественному химическому анализу (табл.). **Алунит** входит в состав монтмориллонит-каолиновых продуктов изменения кислых вулканитов в пределах распространения зоны окисления. По данным рентгеновского анализа возможно присутствие содержащих арсенат- и фосфат-ион структурных аналогов алунита и ярозита (филипсборнита, бедантита, коркита).

В целях уточнения диагностики и выявления закономерностей распределения отдельных гипергенных минералов предполагается дополнить имеющиеся данные более детальными исследованиями химического состава.

Таким образом, зона окисления Александринского месторождения имеет относительно других месторождений [2, 3] небольшую мощность и характерное строение, обусловленное положением зоны частичного обрушения вдоль субмеридионального разлома между основными структурными этапами вмещающих пород. Образованию полнодифференцированной зональности препятствовала плохая водопроницаемость вмещающих вулканитов, особенно геологического строения участка и отсутствие выхода рудной залежи на дневную поверхность.

Минералы, диагностированные в составе пород, являются типичными для зон окисления колчеданных месторождений [6]. Вероятно, их список со временем будет расширен.

Литература

1. *Васильев Е. К., Васильева Н. П.* Рентгенографический определитель сульфатов. Иркутск, 1979 (фонды).

2. *Зайков В. В., Сергеев Н. Б.* Зона гипергенеза серноколчеданной залежи Гайского месторождения (Южный Урал) // Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35. № 4. С. 331.
3. Медноколчеданные месторождения Урала. Геологические условия размещения. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. С. 198.
4. *Тесалина С. Г., Масленников В. В., Трофимов О. В.* Особенности строения и состава залежи кластогенных руд Александринского медноколчеданного месторождения // Уральский минералогический сборник, № 3. Миасс: УРО РАН. 1994. С. 131—140.
5. JCPDS. 1986.
6. *Смирнов С. С.* Зона окисления сульфидных месторождений. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 234 с.
7. *Язева Р. Г.* Малые интрузии Александринского рудного района на Южном Урале и их роль в локализации медноколчеданного оруденения. Автореф. дисс... к. г.-м. н. Свердловск: 1969.