

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ, ВЫЯВЛЕННЫЕ В ВОСТОЧНОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИУРОЧЕННОСТЬ К НИМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Судариков В. Н., Лисов А. С., Черных Н.В
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В 20 веке, начиная с пятидесятих годов на территории восточной части Оренбургской области проведены геологические и геофизические работы. По результатам этих работ были открыты месторождения меди и золота и были выявлены многочисленные проявления этих металлов. В конце 20 века при проведении геологических исследований стали привлекаться материалы космических съемок, в которых отображались неведомые раньше линеаменты и кольцевые структуры.

В результате сопоставления материалов выявлено, что все месторождения медноколчеданных руд и большая часть рудопроявлений размещены в пределах кольцевых структур, что позволяет учитывать их в качестве поисковых критериев при поисков полезных ископаемых.

Ключевые слова. Медноколчеданные руды, проявления золота, кольцевые структуры, разломы, поисковые критерии, дешифрирование, островные дуги.

Южный Урал ещё в средние века привлекал к себе внимание наличием разнообразных полезных ископаемых. В середине XX века в Оренбургской области были дополнительно открыты ряд месторождений медноколчеданных руд, самое крупное из которых Гайское, а также ряд проявлений золота, никеля и кобальта. В результате последовательных геологических работ в регионе практически не осталось «немых» толщ, уточнён возраст многих стратиграфических подразделений.

Смирнова И.А.(1981) связывает приуроченность медноколчеданных месторождений в первую очередь с прогибами разных рангов, к которым тяготеют рифтогенные зоны, они характеризуются высокими полями силы тяжести, большими мощностями осадков, дифференцированными и слабо дифференцированными формациями вулканитов, с которыми ассоциирует оруденение меди. При чередовании основных и кислых вулканитов, рудовмещающими являются кислые. Месторождения часто приурочены к центральным или склоновым частям палеовулканических построек центрального типа, в ряде случаев претерпевших кальдерообразование. Возраст оруденения преимущественно эйфельский.

Аналогичных поисковых критериев придерживались Ю.С. Емельянов, А.Г. Злотник-Хоткевич, В.С. Трибухин, В.С. Дубинин (1974), А.М. Виноградов (1979) и другие, работавшие на Южном Урале. Эти исследователи отмечают связь медноколчеданного оруденения с вулканитами последовательно-дифференцированной формации, характеризующих магматизм островных дуг.

Они часто упоминали наличие кальдер в вулканических постройках, вмещающих медноколчеданное оруденение. Кальдерные просадки сопровождались образованием кольцевых разломов.

С целью выявления дополнительных закономерностей в размещении медноколчеданного оруденения и рудопроявлений золота были поставлены следующие задачи:

1. Выявить на современном уровне геологическую обстановку в регионе, сложившуюся в палеозое в связи с возникновением и последующего закрытия океана.

2. Определить возможность размещения полезных ископаемых к островодужным системам.

3. Выявить степень приуроченности месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых к кольцевым структурам и линеаментам, отдешифрированным на космических снимках.

Материалы и методы:

Для выполнения поставленных задач были предприняты следующие действия.

Изучение и анализ литературных источников и фондового материала.

Визуальное дешифрирование автором космического снимка системы ERTSi космической фотокарты масштаба 1:500000.

Полученные результаты сопоставлялись с геологическими картами.

Результаты исследования.

Подробно в освещении геологической истории восточной части Оренбургского Урала было изложено в отчёте по ГДП - 200, составленном под руководством А.С. Лисова и П.В. Лядского (2008) и показано на геологической карте масштаба 1 : 1 000 000, в котором описывается палеоокеан, где по периодам перечислены тектонические события с позиции концепции тектоники литосферных плит. При этом описываются рифтогенные зоны, зоны субдукции, функционирование островных дуг, присутствие микроконтинента, наземный вулканизм, коллизионные процессы, когда островные дуги (их несколько) причленяются к микроконтиненту, происходит сжатие, аккреация блоков, складчатость, смятие, внедрение интрузий, увеличение мощности континентальной коры, образование складчатой горной системы с последующей её нивелировкой в мезозое.

На описываемой площади, где в палеозое происходили колоссальные тектонические события, были образованы месторождения и многочисленные проявления меди, золота, никеля, хрома и т.д. Выше упомянутые поисковые критерии медного оруденения остаются неизменными. Тем не менее акцентируется внимание на факт чёткой приуроченности месторождений меди и проявлений к сохранившимся фрагментам островных дуг, в которых начиная со среднего девона и среднего – позднего девона, получают развитие магматические породы, представленные лавами базальтов, андезито-базальтов, трахибазальтов, трахидацитов, трахилипаритов, туфами повышенной щёлочности. Перечень этих пород относится к последовательно - дифференцированной формации.

Во многих публикациях, посвящённых дешифрированию аэро- и космических фотоснимков, утверждается связь многих полезных ископаемых с кольцевыми структурами. Не стал исключением и описываемый регион. Дешифрирование космических снимков, проведённое автором, выявило несколько кольцевых структур, вмещающих медноколчеданные месторождения. Эти кольцевые структуры расположены в пределах фрагментов древних островных дуг.

В начале плиоцена завершилось заложение основных форм современного рельефа и гидрографической сети – основных дешифровочных признаков линеаментов. Следовательно, отдешифрированные линеаменты свидетельствуют о современном состоянии ослабленных зон и характеризуются преобладанием ортогональной системы их ориентировки. Унаследование участков линеаментов древних нарушений сравнительно немного.

Кольцевые структуры проявлены на космоснимках округлыми участками площади с более высокими гипсометрическими отметками в большинстве случаев; могли подчеркиваться дуговыми изгибами водотоков и водоразделов между водотоками, более светлыми или темными дуговыми полосами. Тональность полос обусловлено степенью распаханности, выходами кор выветривания, степенью обнаженности. Концентры проявлялись как линейные границы тональных полос или совпадали с руслами водотоков. Кольцевые структуры гранитоидных интрузий, имеющих изометричные очертания были вынесены по геологическим данным, хотя на космических снимках масштаба 1 : 1 000 000 не были отражены.

С целью анализа и выявления закономерностей, на карту восточной части Оренбургского Урала вынесены все тектонические нарушения, снятые с карты И.А. Смирновой (1981) и А.С. Лисова(2008), а также все отдешифрированные кольцевые структуры, выявленные автором. На карте выделены фрагменты древних островных дуг. Им даны названия (с запада на восток): Медногорская, Гайская, Акжарская и небольшой фрагмент на востоке области – Журманкольская, вмещающая Светлинское месторождение меди. На карту также вынесены месторождения и проявления меди, золота. При этом выяснилось, что для участков фрагментов древних островных дуг характерно резкое увеличение разрывной тектоники. Этот факт обусловлен колоссальными тектоническими нагрузками, которые испытывали древние островные дуги при коллизионных процессах, в том числе и присоединение к континентам.

На представленной тектонической карте часть кольцевых структур обозначены по изометричным телам гранитоидов, вскрытых на дневной поверхности. Другая часть кольцевых структур диаметром 40-50 км представляют собой чаще всего положительные структуры центрального типа с концентриками - разломами, к которым могут быть приурочены силлы и дайки. Эти структуры, как правило, сопряжены с системами глубинных магмопроводящих разломов. Поверхностное выражение описываемых структур – местные купола, своды, вулканические постройки. Предполагается, что под описываемыми структурами в земной коре на глубине в несколько километров

присутствуют интрузивные тела, которые оказывает механическое воздействие на вышележащие слои и купол, образуя кольцевые нарушения. Кальдерные просадки также сопровождаются образованием кольцевых разломов. Интрузивные тела могут быть многофазными, поскольку может идти подпитка магмой по глубинным разломам. В пределах структур может находиться одна вулканическая постройка или гряда построек. Большинство разрывных нарушений ориентированы в субмеридиональном направлении. Многие из них разграничивают поднятия и прогибы.

Медногорская и Чебаклинская кольцевые структуры (№1 и 2) находятся на территории Медногорской островной палеодуги.

Структуры находятся в пределах Низких гор Южного Урала с высотными отметками 478 м, 489 м, за пределами структур встречены отметки 500-600 м и более. Горы характеризуются глубокой расчленённостью реками с крутыми склонами долин.

Медногорская структура с диаметром 40 км при сопоставлении с геологической картой Южного Урала вмещали вулканиты последовательно дифференцированной формации (S_2). На периферии кольцевой структуры на севере отмечаются базальты (S_{1-2}). На западе и юге распределены туфопесчаники (O_{2-3}) и песчано-сланцевые отложения (O_1).

Внутренний концентр, южная часть которого чётко проходит по ручью Блява, ограничивает центральную часть структуры с диаметром 15 км, которая вмещает Блявинское и Комсомольское медноколчеданные месторождения. В целом в пределах структуры также отмечены единичные медноколчеданные проявления.

Медногорская и Чебаклинская кольцевые структуры относятся к магматическим структурам центрального типа с магматическим очагом на глубине, питавшим излияния лав по магмовыводящим разломам. Колесников В.Н. (1984) отмечает отрицательный характер Медногорской структуры. Вероятно это связано с оседанием вышележащих пород в опустошённый магматический очаг.

Чебаклинская кольцевая структура с юго-востока примыкает к Медногорской кольцевой структуре. Её диаметр достигает 40 км; названа она по ручью Чебакла (приток Губерли), которая почти по центру пересекает структуру в субмеридиональном направлении. Отметки здесь колеблются большей частью 400-450 м.

Около десятка медноколчеданных проявлений расположены по периферии Чебаклинской кольцевой структуры; большая часть проявлений сосредоточена в её юго-западной и южной частях. Чебаклинская кольцевая структура вмещает массивы гипербазитов (D_1), в меньшей степени базальты (S_{1-2}), туфогенно-осадочные породы (O_{2-3}) и метаморфические сланцы по вулканогенно-осадочным породам (E_1).

Реликт Медногорской островной дуги ограничен с запада Тараташско-Кураганским надвигом, а с востока параллельным региональным разломом.

Гайская кольцевая структура (№ 3) названа по Гайскому медноколчеданному месторождению, которое она вмещает. Диаметр ее достигает 50 км. Она находится в пределах Гайской островодужной системы. С севера, востока и юга кольцевую структуру ограничивает светлая полоса шириной 5 км, включающая в себя дугообразный изгиб поймы реки Урал с выпуклостью в сторону востока, четко подчеркивающую кольцевую структуру. С севера на юг структура сечется по центру южным окончанием Ирэндьковского хребта, ограниченного разломами. Ядерная часть Гайской структуры диаметром приблизительно 15 км смещена к югу в район севернее г. Орска; ограничена овальным концентром. Западная граница Гайской структуры проявлена нечетко и расположена западнее реки Сухая Губерля.

Гайское медноколчеданное месторождение расположено в северной части структуры в пределах Ирэндьковского хребта. Структура также вмещает в себя пять медноколчеданных проявлений. Гайское палеовулканическое сооружение приурочено к участку сближения зон магмовыводящих разломов (В.С. Трибухин 1974) и состоит из трех построек, главный из которых Гайское, вмещающее все колчеданные залежи.

Гайское вулканокупольное сооружение сформировано в результате извержений центрального типа двух фаз. В первую фазу извергались вулканиты, андезиты-дациты-липаритового состава, во вторую фазу базальтоидные породы. В перерыве между фазами накапливались туфогенно-осадочные породы. Гайский палеовулкан - это крупное полигенное образование центрального типа объемом 60 куб. км с кальдерой посередине. На глубине под палеовулканом предположительно находится гранитоидный массив. (В. С. Трибухин, 1974)

Остатки древней Акжарной островной дуги присоединены к Восточно-Уральскому микроконтиненту. Она протягивается на территории Оренбургской области в меридиональном направлении. Её ширина на севере - 25 км, на юге - 40 км. Фундамент её сложен в настоящее время материковой корой; об этом свидетельствуют многочисленные интрузии гранитоидов. Данная островная палеодуга названа Акжарской по названию посёлка, расположенного в центральной части дуги. Акжарская островная палеодуга вмещает в себя полностью или частично несколько кольцевых структур.

Западнее описываемой островной палеодуги параллельно простирается древняя рифтовая зона шириной около 20 км, заполненная вулканогенными и осадочными отложениями от раннего девона до среднего карбона общей мощностью 6 км.

Новоорская кольцевая структура (№ 4) чётко проявлена на разных снимках. Диаметр её достигает 25 км. Выделяется структура одним концентром, который проявляется чёткой вогнутостью русла реки Большой Кумак, а также с запада и востока мелкими ручьями, истоки которых в северной части ориентированы навстречу друг другу. Кольцевую структуру слагает Новоорский гранитный массив вместе с «рамой» осадочных отложений.

С востока к Новоорской кольцевой структуре примыкает маленькая кольцевая структура, названная Караганской, по расположенному на западе структуры посёлку. Караганская структура имеет 15 км в диаметре и два концентрика, при этом внутренний концентр смещён к югу. Структура ограничена с запада речкой Караганка, а с востока фрагментом речки Карабута; с юга структура ограничена рекой Большой Кумак. Караганская структура вмещает девять медноколчеданных проявлений, расположенных в восточной половине структуры. Она сложена вулканитами последовательно-дифференцированной формации.

Акжарская кольцевая структура названа по посёлку Акжарское, расположенное в верховьях ручья Акжарка. Диаметр структуры достигает 40 км, имеет 3 концентрика. Внутренний концентр ограничивает ядерную часть диаметром 8 км. Площадь Акжарской структуры представляет ровную степь, однако центральная её часть расположена гипсометрически выше; здесь высотные отметки достигают 330-340 м, к периферии структуры высотные отметки показывают 300 м и меньше.

Многочисленные притоки крупных ручьёв скатываются с центральной плоской, но возвышающейся части во все стороны по склону. Эти водотоки образуют центробежный рисунок гидросети, подчёркивающий сводовый характер кольцевой структуры.

По периферии Акжарской кольцевой структуры расположены следующие месторождения меди и проявления: в южной части – месторождение Летнее и Осеннее; в северо-восточной части – месторождение Барсучий Лог и ряд проявлений; в западной части – расположена группа проявлений; с востока к Акжарской структуре примыкает микрокольцевая структура диаметром 10 км, вмещающая Киембаевский массив гипербазитов с месторождением асбеста.

Акжарская структура полигенная. В её структуру в западной части входят андезитово-базальтовые лавы и их туфы. В восточной части наблюдаются лавы и туфы последовательно-дифференцированной формации все среднего девона. Структуру пересекает крупный меридиональный разлом, зону которого перекрывают песчано-сланцевые отложения раннего карбона. На площади структуры распространены массивы и мелкие тела гранитоидов.

Домбаровская кольцевая структура названа по посёлку Домбаровка, расположенному в центральной части структуры. Диаметр достигает 50 км, имеет два концентрика, нечётко проявленные на снимках. Домбаровская структура примыкает с юга к Акжарской структуре и частично перекрывает её. По высотным отметкам площадь структуры ничем не выделяется от прилегающих площадей.

На периферии Домбаровской кольцевой структуры в северной части вблизи концентрика находятся медноколчеданные месторождения - Летнее и Осеннее и ряд проявлений. В западной части внешнего концентрика встречены единичные проявления. По внутреннему концентру в разных частях отмечены четыре проявления медноколчеданных руд. В юго-западной части внутреннего концентрика на границе с Казахстаном расположено медноколчеданное

месторождение Весеннее. Домбаровская кольцевая структура полигенная. На её площади распространены эффузивы базальтовой и андезито-базальтовой формаций раннего девона, терригенно-осадочные породы и известняки раннего карбона, небольшие интрузивные тела гранитоидов. В восточной части структуры распространены метаморфические сланцы нижнего палеозоя и тела гранитоидов, относимые к микроконтиненту. Структуру пересекает глубинный магмовыводящий разлом.

В районе реки Жарлы, Жанзыгаш, Урускискен, в районе населенных пунктов Адамовка, Шильда, Брацлавка, находящиеся на территории Восточно-Уральского поднятия (микроконтинент), отдешифрирована кольцевая структура диаметром 50 км, названная по поселку Брацлавская (№ 8). По геологическим данным на карте отрисован изометричный участок интрузивного массива с преобладанием гранитоидов, слагающих палеозойский фундамент (структура № 9). Структуры №8 и № 9 на 70 % совпали. Обе структуры отображают связь с наличием гранитоидных массивов в палеозойском фундаменте Восточно-Уральского поднятия. В обеих структурах присутствуют проявления золота.

Севернее вышеописанных структур располагается дугообразная структура № 12 протяженностью 45 км с мелкой кольцевой структурой в центре диаметром примерно 12 км. Южной своей частью описываемая структура совмещается со структурами №8 и № 9. В ее составе преобладают массив гранитоидов, а также присутствуют тела основных пород. В краевой западной части присутствуют известняки и терригенные породы раннего карбона. Структура насыщена проявлениями золота.

Изометричный однородный Карабутацкий массив гранитов верхнепалеозойского возраста выделен в кольцевую структуру №7 по геологическим данным. Массив расположен симметрично с запада на палеоостровной дуге, а с востока на Восточно-Уральском поднятии. Палеоостровную дугу и поднятие разделяет глубинный магмопроводящий разлом.

К востоку от верховьев реки Суундук в пределах Челябинской области чётко проявилась на космоснимке округлая Берсуатская кольцевая структура №10. Она расположена между станцией Джетыгора и посёлком Берсуат в пределах Челябинской области. Название ей дано по реке Берсуат, протекающей по центральной части кольцевой структуры. Диаметр её составляет 65 км. Структура имеет чёткую круговую форму, четыре концентрических ядра, диаметр ядерной части составляет 13 км. Высотные отметки на водоразделах достигают 400 м, в долинах рек высотные отметки опускаются до 300 м. В целом площадь структуры находится на возвышенном плато; поверхность её степная, на 60 % распаханна. Берсуатская кольцевая структура находится меридионально севернее выделенного микроконтинента, существовавшего в палеозойском океане. Пересекающие Берсуатскую кольцевую структуру меридиональные разломы являются продолжением глубинных разломов, показанных на территории Оренбургской области. Если на пути разломов

встречаются концентры, то разломы участками сливаются с ними. Можно предположить, что геологическое строение Берсуатской структуры является продолжением такового в Оренбургской области, что в недрах структуры присутствуют тела гранитоидов и проявления золота.

В верховьях реки Кумак выделяется дугообразная структура длиной 60 км, выраженная двумя дугами концентров. В центре структуры находится Кумакское водохранилище, а с севера она обрывается широтным линеamentом. Внутренний концентр проходит по водохранилищу; к северо-востоку от него проходит по ручью Кокпекты; к юго-западу – по безымянному ручью. Внешний дуговой концентр выделен по разности фототона.

Структуры вмещают множество проявлений золота. Из них большая группа проявлений золота тяготеет к зоне Восточно-Аниховского глубинного разлома, с которым совпадает отдешифрированный меридиональный линеament.

Выводы

Подавляющая часть медноколчеданного оруденения пространственно связано с вулканитами последовательно-дифференцированной формации, реже – слабо дифференцированной формации.

Вулканические постройки, вмещающие медноколчеданное оруденение, генетически связаны с выявленными реликтами древних островных дуг. Часто на этих вулканических постройках выявляются кольдеры.

Все три главные палеоостровные дуги испытали коллизионные процессы и были присоединены к континентам и микроконтинентам на завершающей стадии закрытия палеоокеана. В этой связи участки палеоостровных дуг характеризуются интенсивной дизъюнктивной тектоникой, представленной главным образом разломами и линеamentами меридионального направления, а другие направления разломов представлены короткими менее значимыми отрезками.

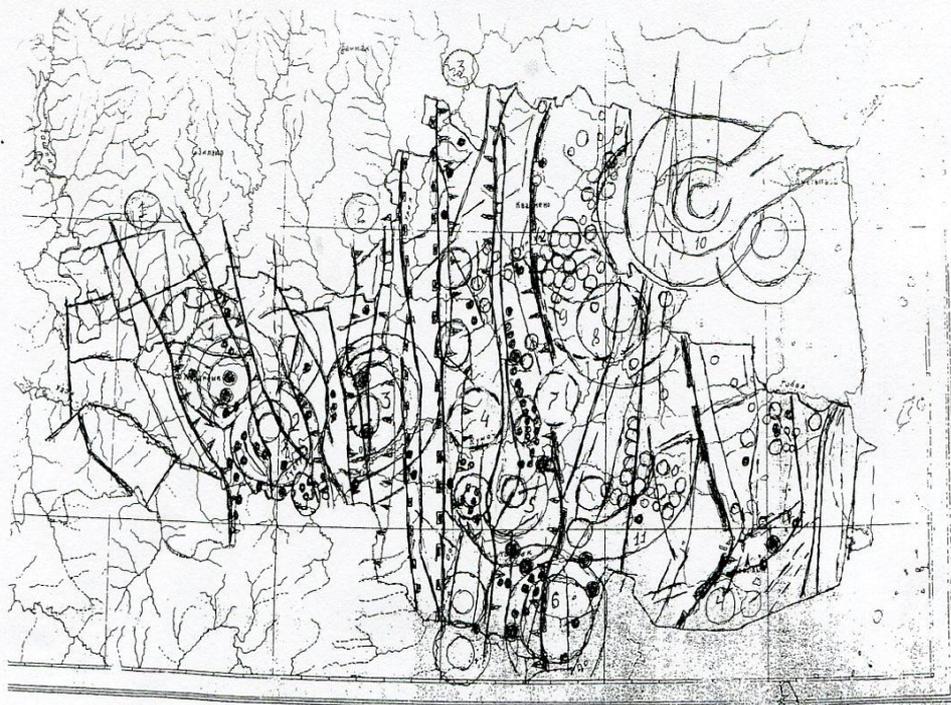
По результатам дешифрирования мелкомасштабных космических снимков (М 1:500000, 1:1000000 и мельче) выявлены кольцевые структуры диаметром 40 – 50 км в пределах палеоостровных дуг. Все месторождения медноколчеданных руд и большинство рудопроявлений оказались в пределах кольцевых структур. Часть проявлений приурочено к меридиональным разломам и линеamentам.

Чёткая приуроченность медноколчеданных месторождений и многочисленных проявлений к кольцевым структурам позволяет рассматривать их в качестве поисковых критериев.

Месторождения и проявления золота приурочены к площадям распространения гранитоидов, зонам разломов и линеamentов, расположенным на площади Восточно-Уральского поднятия, сложенного интрузиями от основного до кислого состава и метаморфическими породами; в меньшей степени к дуговым структурам.

Кольцевые и дуговые структуры необходимо учитывать в качестве поисковых критериев при прогнозировании полезных ископаемых на менее изученных площадях.

Карта приуроченности медного и золотого орудений к тектоническим объектам в восточной Оренбургской области
 Масштаб 1:1450000
 Судариков В. Н.



Условные обозначения:

- | | | | |
|--|--|--------------------------|--|
| Разломы | | Кольцевые структуры | |
| Кольцевые структуры по изометричным интрузиям гранитоидов. | | | |
| Границы палеоостровных дуг. | | Границы микроконтинента. | |
| Границы зоны океанического рифта | | | |

Цифры в кружках обозначают названия островных дуг

- | | | | |
|-----------------------|-------------|-------------------------|--------------------|
| 1 – Медногорская | 2 – Гайская | 3 – Акжарская | 4 – Журманкольская |
| Месторождение меди ● | | Месторождение золота ○ | |
| Рудопроявление меди • | | Рудопроявление золота ◦ | |

Цифры внутри кольцевых структур обозначают их название

- | | | | |
|-----------------|----------------|--------------------|----------------|
| 1 Медногорская | 2 Чеба克林ская | 3 Гайская | 4 Новоорская |
| 5 Акжарская | 6 Домбаровская | 7 Карабутакская | 8 Брацлавская |
| 9 Урускиненская | 10 Берсуатская | 11 Верхнекумакская | 12 Шильдинская |

Список литературы

1. *Виноградов А. М. и др. Геологические и методические рекомендации по работам тематической партии в 1972-1972 гг. (информационная записка к первому этапу темы: «Перспективная оценка металлогенических зон и рудных полей восточной части Оренбургской области на поиски колчеданных месторождений по геофизическим данным»), Оренбург, 1979, фонды Орен.управления.*
2. *Воробьева С. В. Коллизионная геотектоническая структура земной коры в районе Балтийского щита и геологическая позиция главнейших месторождений // Отечественная геология, 2015г, № 3, стр. 30 – 40.*
3. *Лядский П. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист М – 40 (Оренбург) с клапаном М – 41.Объяснительная записка.-СПб.: Фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 392 с.*
4. *Колесников В. Н. Вулканогенные формации Сакмарской зоны Оренбургского Урала // Вулканизм Южного Урала, Свердловск, 1974.*
5. *Контарь Е. С. Вопросы методики составления палеовулканических карт эвгеосинклинальных областей (на примере южной части Магнитогорского мегасинклинория) // Вулканизм Южного Урала, Свердловск, 1974.*
6. *Лисов А. С. ГДП листов М-41-І, ІІ, VІІ, VІІІ, и N -41- XX, XXVI, XXXI. Зауральная площадь, территория Российской Федерации. ОАО «Компания Вотемиро», 2008. Фонды.*
7. *Злотник – Хоткевич А.Г., Трибухин А. Г., Дубинин В. С. Вулканы андезитовой формации Буруктальского синклинория и положение в них медноколчеданного оруденения (Восточно – Уральское поднятие) // Вулканизм Южного Урала, Свердловск, 1974.*
8. *Зоненшайн Л. П., Матвеев В.В. История развития Уральского палеоокеана АНСССР: Институт океанологии им П. П. Ширшова, М.1984. – 164 с.*
9. *Пронин А. А. Основные черты истории тектонического развития Урала. - Л. «Наука», 1971.*
10. *Свешников Е. В. Магматические комплексы центрального типа. -М. «Недра», 1973г.*
11. *Сергиевский В. М. Магматизм и развитие магматических структур Урала // Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Урала, Выпуск 2 , М. – 1960*
12. *Смирнова И. А. и др. Прогнозная оценка перспективных площадей восточной части Оренбургской области на выявления промышленных месторождений полезных ископаемых с целью обоснования основных направлений геологоразведочных работ на 1981 – 1985гг. и на перспективу, Оренбург, -1981. Фонды*
13. *Томсон И. Н., Кравцов В. С., Кочнева Н. Т. и др. Металлогения скрытых линеаментов и концентрических структур. – М.: Недра, 1984, 272 с.*

14. Трибухин В. С. Опыт палеорекострукции Гайского колчеданосного вулканического сооружения на Южном Урале // Вулканизм Южного Урала, Свердловск, 1974.