

ISSN 2221-3198

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 4 / 2018



УДК 550.837

DOI:10.23671/VNC.2018.4.20151

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ФОНОВЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПЕРЕДОВОГО ХРЕБТА (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

© 2018 С. Г. Парада, д. г.-м. н.

Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: segripa@rambler.ru

Предложен способ разделения обобщенных полей кажущегося электрического сопротивления (ρ_k) и кажущейся поляризуемости (η_k) на фоновую (региональную) и аномальную (локальную) составляющие с дифференцированием массива данных относительно условного нуля, что позволило выделить аномалии соответствующих порядков. Область повышенных значений ρ_k на карте регионального фона соответствует массиву позднепалеозойских кварцевых диоритов палеозойского интрузивного комплекса. Область пониженных значений ρ_k у восточной границы изученной территории может быть связана с повышенной температурой недр. Отрицательные локальные аномалии ρ_k приурочены к участкам разломов и местам их пересечений. Положительные аномалии ρ_k частично совпадают с выходами золотоносных скарнов Зыгыркольской зоны и с геохимическими аномалиями золота во вторичных ореолах рассеяния. Область повышенных значений η_k на карте регионального фона обусловлена гидротермально-метасоматической деятельностью тырныузской рудно-магматической системы, которая обеспечила появление ореола рассеянной сульфидизации, золотого и редкометалльного оруденения. Большинство локальных аномалий η_k связаны с обводненными зонами разломов. Отдельные положительные аномалии η_k , совпадающие с положительными аномалиями ρ_k , могут указывать на участки гидротермально-метасоматических пород с рассеянной вкрапленностью рудных минералов. Учитывая, что такого типа аномалиями сопровождаются золотоносные скарны Зыгыркольской зоны, они могут являться первоочередными объектами для постановки поисковых работ.

Ключевые слова: электроразведка, вызванная поляризация, электрическое сопротивление, поляризуемость, аномалии локальные, аномалии региональные, золотое оруденение, Северный Кавказ

Введение

В последние годы в Восточной части минерагенической зоны Передового хребта (Кабардино-Балкарская республика) открыты рудопроявления самородного золота. Наиболее перспективные из них располагаются к северо-западу от крупнейшего молибден-вольфрамового месторождения Тырныуз и приурочены к скарнам Зыгыркольской тектонической зоны [Емкужев, Джубуев, 2012; Парада, Столяров, 2012; Парада, 2017]. Ученные Государственным балансом прогнозные ресурсы золота соответствуют крупному месторождению. Обосновано отнесение выявленных рудопроявлений к золото-скарновому геолого-промышленному типу с рудами убогосульфидной формации [Parada et al., 2017]. В настоящее время поисковые работы с оценкой запасов золота продолжаются.

Несмотря на сильно расчлененный высокогорный рельеф, доступные изучению коренные выходы пород на территории поисков составляют не более 20%,

остальная площадь перекрыта различными по происхождению наносами. Подножия крутых склонов перекрыты грубообломочными обвальными-осыпными (коллювиальными) накоплениями. Мощность коллювиальных отложений по данным буровых работ достигает 50-100 м. Относительно пологие склоны и водоразделы почти сплошь покрыты элювиально-делювиальными отложениями, представленными дресвяно-щебнистым и супесчано-суглинистым материалом. Морены различного возраста развиты в ледниковых цирках и в долинах рек Зыгыр-кол, Большой Суарык, Ташорун и представляют собой грубообломочные несортированные накопления, сложенные глыбами, мелкими обломками, щебнем и песчаным материалом и также обладают повышенной мощностью. Отмечаются солифлюкционные и более крупные по масштабам оползневые явления. Все это сильно затрудняет геолого-поисковые работы стандартными геологическими и геохимическими методами, что диктует необходимость применения методов поисковой геофизики.

Одним из основных геофизических методов поисков рудных объектов является метод вызванной поляризации (ВП), позволяющий получить данные о кажущемся удельном электрическом сопротивлении (ρ_k) и кажущейся поляризуемости (η_k) горных пород, метасоматитов и рудных минерализаций [Комаров, 1980]. Эффективность метода ВП при поисках коренных золоторудных объектов подтверждена неоднократно [Seigel, 1984; Doyle, 1990; Oldenburg, 1997; Тарасов и др., 2010; и др.], в том числе и на Северном Кавказе [Емкужев и др., 2013; Заалишвили и др., 2015; Тарасов и др., 2015а; Чотчаев, Гогичев, 2016; Парада, Тарасов, 2017 и др.]. Однако следует иметь в виду, что геофизические аномалии не являются прямыми признаками золотого оруденения. Они могут свидетельствовать о наличии гидротермально-метасоматических образований, которые могут включать золотое оруденение. В зависимости от генетического и (или) геолого-промышленного типа оруденения это участки скопления кварцевых жил, протяженные зоны окварцевания и (или) прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации и др. В нашем случае – это гранат-пироксеновые скарны, в том числе окварцованные и (или) с наложенной сульфидной минерализацией [Столяров и др., 2016]. Не исключается наличие и других продуктивных на золото типов гидротермалитов и метасоматитов.

Опубликованные нами ранее результаты геофизических работ по изучаемой площади [Тарасов и др., 2015б], касались интерпретации данных электроразведки, основанной на анализе первичных карт изолиний ρ_k и η_k , при построении которых использован стандартный метод интерполяции данных измерений на регулярную сетку, описанный в работах [Никитин, 1986; Силкин, 2008 и др.]. Полученные таким образом карты изолиний ρ_k и η_k отражают обобщенные многопорядковые поля, а выделенные аномалии включают фоновую и локальную составляющие. Поэтому, в продолжение этой работы, нами осуществлено разделение обобщенных полей ρ_k и η_k на фоновую (региональную) и локальную составляющие, выделение аномалий соответствующего порядка и их дальнейшая геологическая интерпретация. Результаты приведены в настоящей статье.

Характеристика объекта исследования

Изученная площадь расположена на территории Эльбрусского района Кабардино-Балкарской Республики. В междуречье рек Баксан и Малка высокогорная область восточной части Передового хребта носит местное название Ташорун-баш и

в 8 км западнее долины р. Баксан в районе горы Тырнауз (3594 м) раздваивается, образуя хребты Гитче-Тырнауз и Уллу-Тырнауз.

Рельеф района высокогорный альпийского типа (рис. 1). Абсолютные отметки варьируют от 2400 м (русло р. Большой Суарык на северной границе изученного участка) до 3712 м (г. Суарык) и 3778 м (г. Джуарген). Относительные превышения хребтов над долинами рек колеблются в пределах 500-1500 м. Характерны два вида ландшафтов: 1) альпийских лугов, отличающийся сглаженными формами водоразделов с отметками до 2800 м, и 2) лишенная растительности территория с отметками выше 2800 м с крутыми обрывистыми склонами остаточных ледниковых хребтов и заполненными ледниковыми и коллювиальными отложениями днищами ледниковых цирков и карров. Для первого характерно полное отсутствие обнажений коренных пород за счет широкого развития чехла четвертичных делювиально-элювиальных образований; для второго – плохая обнаженность с отдельными почти вертикальными участками выходов коренных пород, подножия которых перекрыты коллювиальными и ледниковыми отложениями, мощность которых по результатам бурения достигает 100 и более метров. Территория рассечена маловодными ручьями Большой и Малый Зыгыр-кол, Малый и Большой Суарык, Ташорун, являющимися правыми притоками р. Джуарген (Гижгит), а также ручьем Тырнауз-су, являющимся левым притоком р. Баксан.

Участок работ на северо-востоке охватывает южную часть рудного поля Мало-Тырнаузского сурьмяного месторождения, западной границей является левый борт верховьев р. Джуарген. На юго-востоке он захватывает Северный фланг Тырнаузского рудного узла и граничит с одноименным вольфрам-молибденовым месторождением.

Различные аспекты геологического строения территории опубликованы нами ранее [Парада, Столяров, 2012; Емкужев и др., 2013; Парада и др., 2014; Парада, Столяров, 2017; Парада, 2017]. В соответствии с ними, структурный план территории обусловлен сочетанием двух разновозрастных и разно ориентированных региональных структур: палеозойского грабен-синклинория Передового хребта

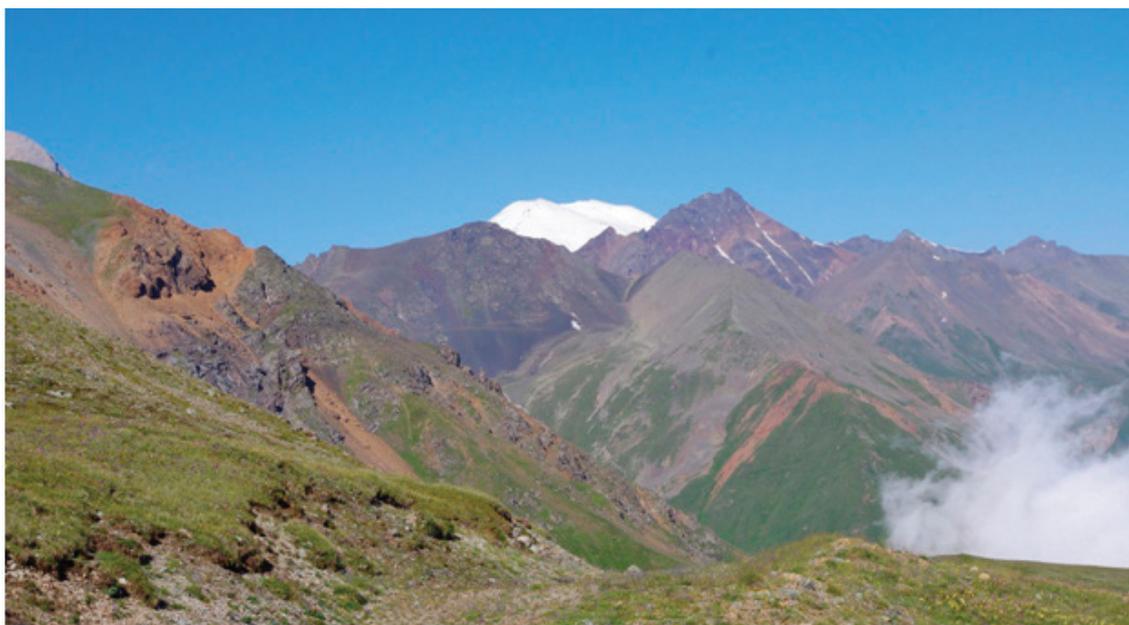


Рис. 1. Рельеф Восточной части Передового хребта (вид с западного склона хр. Гитче-Тырнауз)

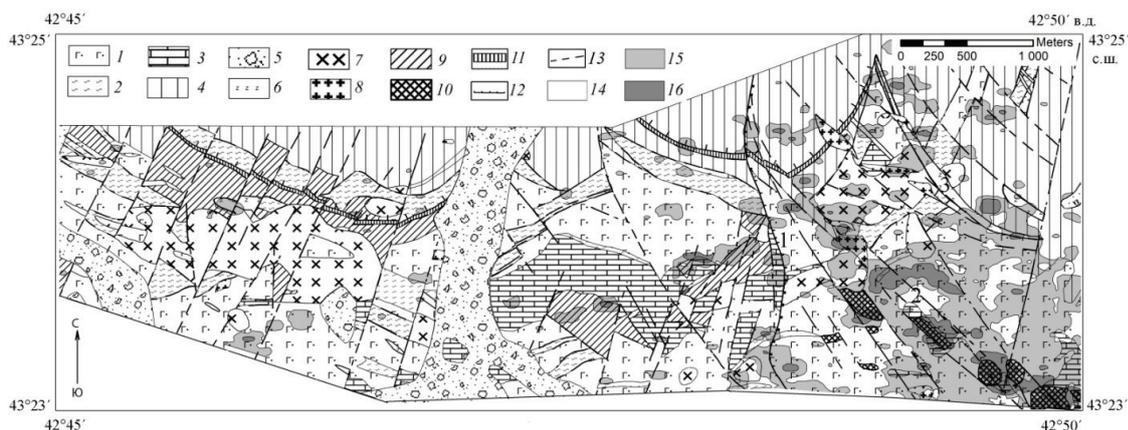


Рис. 2. Схематизированная карта геологических комплексов Восточной части Передового хребта с данными по геохимическим аномалиям золота во вторичных ореолах рассеяния (по [Парада, Столяров, 2012] с изменениями и дополнениями)

1-5 – стратифицированные геологические комплексы: 1 – осадочно-вулканогенный (D_2), 2-терригенный морской (D_3), 3 – карбонатный (D_3-C_1), 4 – обломочный континентальный (C_{2-3}), 5 – горно-ледниковых отложений (Q_{3-4}); 6-8 – интрузивные геологические комплексы: 6 – герцинский уллу-таллыкольский гипербазитовый (PZ_3), 7 – позднегерцинский чучкурский гипабиссальный диорит-гранодиорит-порфировый ($P-T$), 8 – альпийский лейкократово-гранитовый тырнаузский (N); 9-11 – гидротермально-метасоматические образования: 9 – кварц-карбонатные, 10 – скарны, 11 – милониты лиственитизированные; 12 – надвиги: Перевальный (1); 13 – сбросы и взбросы: Зыгыркольский (2), Хромитовый (3); 14-16 – содержания золота во вторичных ореолах рассеяния (в г/т): 14 – менее 0,01; 15 – от 0,01 до 0,09; 16-0,1 и более.

широтной (общекавказской) ориентировки и кайнозойского Транскавказского поперечного валообразного поднятия, ось которого вытянута в меридиональном направлении и проходит через хребет Гитче-Тырныауз. Стратифицированные образования объединены нами в четыре комплекса, – осадочно-вулканогенный, морской терригенный, карбонатный, континентальный обломочный (рис. 2). Выделены интрузивные породы двух магматических циклов, оказавших различное влияние на рудоносность территории: позднегерцинского и альпийского. К первому отнесены дайки ультраосновных пород и небольшие массивы кварцевых диорит-порфиров чучкурского комплекса; ко вторым – дайки и мелкие штоки лейкократовые гранитов тырнаузского комплекса. Лейкократовые граниты в ряде случаев содержат оруденение сульфидно-вкрапленного типа с золото-серебряной минерализацией и тончайшие кварцевые прожилки с самородным золотом. Именно с кайнозойским интрузивным комплексом связывают золотое и вольфрам-молибденовое оруденение Тырнаузского рудного узла.

Наиболее перспективные золоторудные проявления приурочены, главным образом, к пироксен-гранатовым и гранатовым скарнам, реже к лейкократовым гранитам и ороговикованным вулканитам в участках их дробления и милонитизации. При этом золотое оруденение Нижнего скарна, расположенного в пределах Зыгыркольской зоны разломов, не обнаруживает связи с какими-либо наложенными жилами и прожилками кварца и прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией. В Среднем и Перевальном скарнах той же рудоносной зоны, кроме того отмечается золото-серебряное оруденение, отчетливо связанное с наложенной сульфидной минерализацией [Столяров, 2015; Парада и др., 2017].

Аномальные значения содержаний золота во вторичных ореолах рассеяния, указывающие на возможные коренные рудопоявления, распространены только в восточной половине исследуемой территории, в той ее части, которую можно отнести к Северному флангу Тырнаузского рудного узла. При этом наиболее интенсивные геохимические аномалии золота совпадают с выходами на поверхность скарнов (см. рис. 2), что также подтверждает вывод о золото-скарновом геолого-промышленном типе изучаемого оруденения.

Методика

Первичные данные ρ_k и η_k получены при проведении поисковых работ на золото в Восточной части минерагенической зоны Передового хребта сотрудниками ООО НПК «Элгео» (г. С.-Петербург) при участии автора. Применялась импульсная модификация метода ВП, подробная характеристика которого приведена в наших предыдущих работах [Тарасов и др., 2015а; Парада, Тарасов, 2017]. Использовался разработанный и изготовленный в ООО НПК «Элгео» аппаратно-программный комплекс АИЭ-2 [Тарасов и др., 2015б]. Наблюдения производились по предварительно подготовленной топогеодезической сети 100x20 м при меридиональной ориентировке профилей.

При измерениях ВП-СГ длина питающей линии АВ составляла от 2 до 3 км, длина приемной линии – 40 м. Измерения выполнялись в средней части питающей линии на участке профиля длиной от 1 до 1,5 км. С одной питающей линией одновременно работали три-четыре измерителя η_k . При одном положении питающей линии проводились измерения на планшете, включающем до 10-12 профилей. Такая система измерений обеспечивала однородность поляризуемого поля и облегчала последующую состыковку результатов измерений, выполненных при разных положениях питающей линии. Средняя относительная погрешность измерения ρ_k по результатам повторных наблюдений составила 1,92%, η_k – 2,83%.

Поскольку в пределах участка работ развит высокогорный рельеф с относительными превышениями хребтов над долинами до 500 м и более, при использовании стандартной формулы для расчета ρ_k установки СГ на таком рельефе возникают существенные искажения поля ρ_k , при этом на водораздельных частях значения ρ_k уменьшаются, а в распадках и речных долинах – возрастают. Такие искажения могут приводить к появлению ложных аномалий ρ_k и затруднять геологическую интерпретацию. Для удаления влияния рельефа из результатов измерения ρ_k была использована программа IPPOLYGON [Тарасов и др., 2015б], предназначенная для решения прямой задачи метода вызванной поляризации в рамках двухмерной (2D) геоэлектрической модели. С помощью программы вычислялся отклик от двухмерной модели рельефа и вводилась соответствующая поправка за рельеф в ρ_k , рассчитанная для плоской модели рельефа. В качестве модели рельефа использовалась цифровая модель SRTM [<http://www.jpl.nasa.gov/srtm>].

Дальнейшая обработка результатов заключалась в построении карт изолиний ρ_k и η_k отдельно для выделения фоновых (региональных) и отдельно крупномасштабных (локальных) аномалий.

Для получения карт изолиний фоновых значений ρ_k и η_k , осуществлено низкочастотное сглаживание исходных данных путем применения к Grid метода цифрового анализа её образа. Процедура производится в программе Surfer 10 командой Grid/Filter. Для этих целей используется Nonlinear Filters – Median, при которой за-

дается необходимый размер площадки Filter Size (Rows, Cols), Rows соответствует X, Cols соответствует Y в столбце «Spacing», заданный при создании Grid (исходных изолиний), умноженное на заданное число, т.е. сглаживание вдоль профиля (Y) составляет $50 \times 7 = 350$ м, вкрест профиля (X) – $50 \times 15 = 750$ м. Фоновые значения полей ρ_k и η_k отражают геологическое строение относительно глубоких горизонтов территории.

Карты локальных аномалий ρ_k и η_k получены путем вычитания из Grid исходного параметра аномалий Grid фоновых значений, в результате новые значения ρ_k и η_k уже не содержат фоновой составляющей [Дэвис, 1990; Давыденко, 2005]. Процедура производится в программе Surfer 10 командой Grid/Math. Данная команда создает сеточный файл на основе заданной пользователем математической функции вида $C=f(A, B)$, где A и B – входные сеточные файлы, а C – выходной сеточный файл. Заданная функция вычисляется над значениями узлов входных файлов с одинаковыми координатами X, Y, а результат вычислений помещается в выходной файл в узел с теми же координатами X, Y. Таким образом, карты локальных аномалий ρ_k и η_k отражают неоднородности геологического строения вблизи дневной поверхности, в том числе связанные с предполагаемым наличием в недрах золоторудных объектов.

Результаты и обсуждения

Фоновые значения ρ_k для изученной территории составили от 0 до 825 Ом-м (рис. 3). При этом исследуемую территорию можно разделить на две области, – область относительно высокого кажущегося электрического сопротивления (ОВС) с ρ_k выше 500 Ом-м, и область относительно низкого кажущегося электрического сопротивления (ОНС) с ρ_k ниже 500 Ом-м. Граница этих двух областей не коррелируется с какими-либо геологическими границами, отображенными на карте геологических комплексов (см. рис. 2 и 3). Эти две области отражают геологическое строение более глубоких горизонтов территории. Создается впечатление, что ОВС является северной частью региональной аномалии, связанной с наличием крупного возмущающего объекта в недрах. При этом сама она разделена на две неравные части (большую западную и меньшую восточную) относительно более высоко проводящим участком, пересекающим ее в северо-восточном направлении.

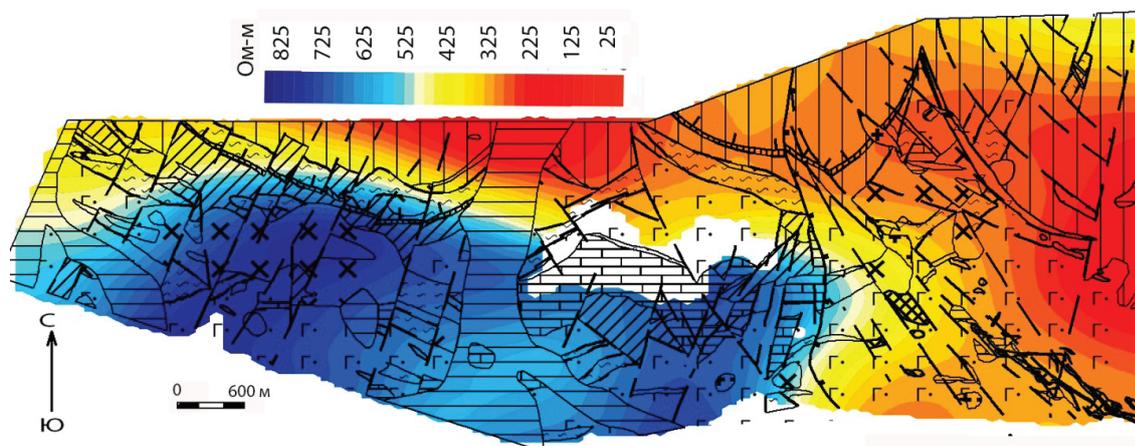


Рис. 3. Карта регионального фона кажущегося электрического сопротивления Восточной части Передового хребта с данными по геологическому строению

ОНС занимает большую часть изученной территории и располагается в ее восточной и северной частях. Она разделена относительно менее проводящим участком на две неравные части. Большая часть занимает восточную половину изучаемой территории, включающей Северный фланг Тырныаузского рудного узла, в том числе Малотырныаузское рудное поле с месторождениями и рудопроявлениями сурьмы и Зыгыркольскую золотоносную зону разломов. Меньшая часть располагается на западной половине изучаемой территории, располагаясь узкой полосой у ее северной границы. У западной границы она огибает ОВС и становится при этом менее проводящей. Таким образом, намечается глубинная линейная структура северо-восточного простирания, подобная которой была выделена нами ранее по результатам анализа фонового магнитного поля [Емкужев и др., 2013]. Она не совпадает с какими-либо элементами близповерхностного геологического строения.

Восточная половина ОНС сама по себе неоднородна. Большую ее часть составляет обширная зона максимальной для данной территории проводимости, вытянутая в северо-западном направлении. Судя по ее расширению в восточном направлении, она связана, скорее всего, с тырныаузским интрузивным комплексом неоген-четвертичного возраста. Центральная, наиболее проводящая часть этой области, совпадает с откартированным на поверхности и в подземных горных выработках ореолом ороговикования. Сами роговики должны обладать меньшей проводимостью, чем исходные породы. Поэтому, учитывая глубинный характер аномалий фона, можно предположить, что повышенная проводимость данной области может быть связана с высокой температурой горных пород на глубине, как это показано в работе [Гусейнов, Гаргацев, 2002], обусловленной, скорее всего наличием современного магматического очага. Важным элементом восточной половины ОНС является проявление в неоднородности ее строения Зыгыркольской зоны разломов, включающей золотоносные скарны. Она располагается в линейно вытянутом участке пониженной проводимости северо-западного простирания (см. рис. 3). Это подтверждает глубинное заложение Зыгыркольской зоны.

Согласно карте локальных аномалий ρ_k значения положительных аномалий достигают 2800 Ом-м, отрицательных – –800 Ом-м (рис. 4). В пределах изучаемой площади локальные аномалии ρ_k распределены неравномерно. Наибольшее их количество с максимальными значениями (как положительными, так и отрицательными) располагается в пределах площади, выделяемой на карте фона как ОВС (см. рис. 3). При этом они сконцентрированы в составе двух групп, разделенных относительно более высоко проводящим участком, пересекающим фоновую ОВС в северо-восточном направлении. Положительные и отрицательные локальные аномалии ρ_k в большинстве своем параллельны друг другу и совпадают с участками выхода на поверхность герцинских кварцевых диоритов чучкурского интрузивного комплекса. Похоже, что отрицательные аномалии фиксируют близповерхностные зоны дробления по кварцевым диоритам, в то время как положительные аномалии соответствуют не затронутым дроблением участкам тех же кварцевых диоритов. Если вернуться к карте фоновых значений ρ_k , то, при таких обстоятельствах, становится очевидной связь западной части ОВС с глубинной областью интрузивного массива кварцевых диоритов. Участки локальных аномалий ρ_k из группы в восточной части ОВС только отдельными местами совпадают с выходами чучкурских кварцевых диоритов. По аналогии с западной частью ОВС можно считать, что все

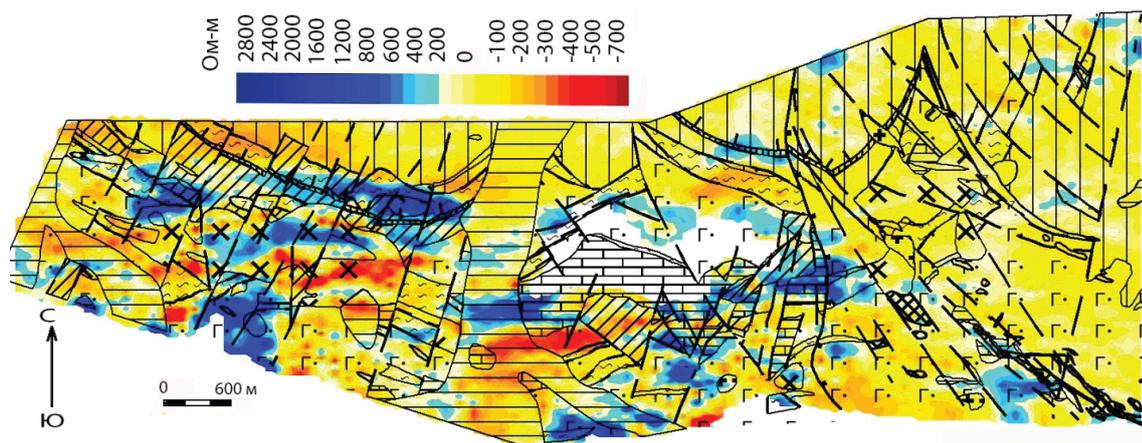


Рис. 4. Карта локальных аномалий кажущегося электрического сопротивления Восточной части Передового хребта с данными по геологическому строению

они связаны с чучкурским интрузивом, при этом большая их часть – с не выходящими на поверхность его апофизами.

Обращает внимание практически непрерывная цепочка относительно высоко проводящих локальных аномалий ρ_k (до -250 – -300 Ом-м) у северной границы изучаемой территории, приуроченных к выходу на поверхность сместителя надвига, сопровождаемого узкой полосой милонитов и кварц-карбонатных пород. Эти аномалии прослеживаются на восток под горно-ледниковыми отложениями в долине реки Б. Суарык и далее, где их продолжение ограничено поперечной Зыгыркольской зоной разломов.

Территория, выделяемая на карте фона как ОНС, характеризуется небольшим количеством локальных аномалий ρ_k . Относительно слабые отрицательные аномалии ρ_k (до -150 – -200 Ом-м) приурочены к участкам разломов и местам их пересечений. Относительно слабые положительные аномалии ρ_k (до 300-500 Ом-м) частично совпадают с выходами золотоносных скарнов Зыгыркольской зоны. При этом одна из них совпадает с проекцией на дневную поверхность золотоносной части слепого Перевального скарна (см. рис. 4). Некоторые из положительных аномалий ρ_k в этой части ОНС отмечаются за пределами Зыгыркольской зоны. Иногда с ними связаны повышенные содержания золота во вторичных ореолах рассеяния. Т. е., эти аномалии ρ_k могут быть объектом более пристального внимания при планировании и производстве поисковых работ.

Фоновые значения η_k для изученной территории составляют от 0,9 до 3,7% (рис. 5). При этом исследуемую территорию можно разделить на две области, – относительно низко поляризующаяся область (НПО) с η_k ниже 1,8%, и относительно высоко поляризующаяся область (ВПО) с η_k выше 1,8%. В обоих случаях изолинии η_k пересекают различные геологические комплексы. Интенсивность ВПО максимальная в юго-восточном углу изучаемой площади (до 3,7%). Именно в этой части располагаются практически все скарны Зыгыркольской зоны, в том числе и наиболее золотоносные. Кроме того, в этой части ВПО располагается месторождение молибдена «Молибденовый штокверк», с молибденитовой минерализацией. А также к этой части ВПО приурочены положительные геохимические аномалии во вторичных ореолах рассеяния таких элементов, как золото, серебро, олово, вольфрам, молибден и др. При этом, расположенные севернее Малотырныаузское месторождение и рудопроявления сурьмы находятся далеко за пределами ВПО на участке с

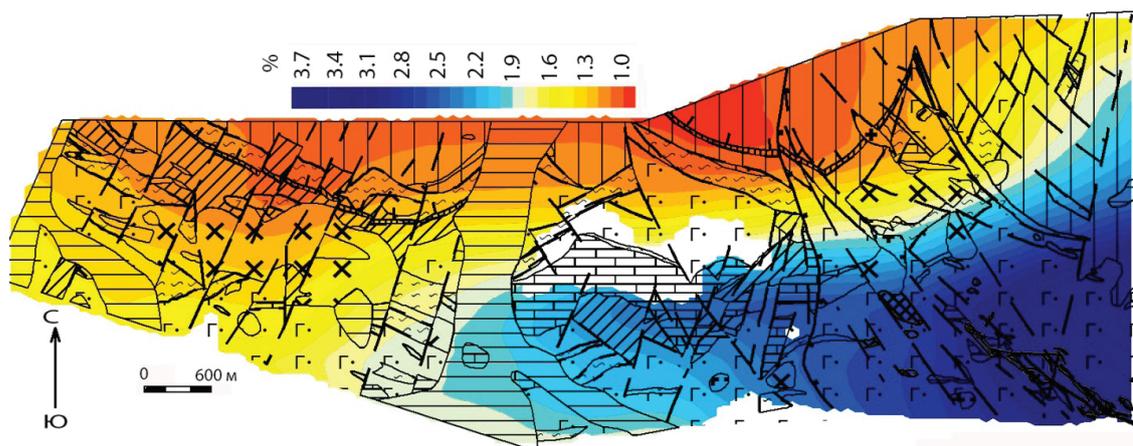


Рис. 5. Карта регионального фона кажущейся поляризуемости Восточной части Передового хребта с данными по геологическому строению

η_k 1,0-1,4% в пределах НПО. Таким образом, следует констатировать, что появление охарактеризованной ВПО связано с гидротермально-метасоматическими процессами, обеспечившими появление ореола рассеянной сульфидизации, золотого и редкометального оруденения с гипоцентром, расположенным за пределами юго-восточного угла изучаемой площади.

НПО занимает полностью западную половину изучаемой территории и северную часть ее восточной половины. Изолинии η_k 1,2 и 1,1% в общих чертах конформны положению линии надвига на земной поверхности, являющейся границей средне-верхнекаменноугольного молассового комплекса, надвинутого на девонские осадочно-вулканогенные и терригенные отложения. В целом, фоновая η_k уменьшается в северном направлении и у границы изученной территории составляет 0,9%. Конфигурация этих и всех остальных изолиний η_k , а также изменения расстояний между ними, свидетельствуют о едином центре рассеянной сульфидизации и рудогенерации, расположенном за юго-восточным углом изученной территории.

Таким образом, можно считать, что в пределах изученной территории располагается северо-западная часть единой относительно крупной региональной аномалии η_k . Очевидно, что ее появление связано с гидротермально-метасоматической деятельностью тырнаузской рудно-магматической системы.

Локальные аномалии η_k обладают в основном небольшой интенсивностью, – положительные до 1,7%, отрицательные – до –1,1% (рис. 6). Все они, в основном, линейно вытянуты. Преобладают широтное и северо-восточное направления, реже – меридиональное. Большинство локальных положительных аномалий сопряжены в плане с локальными отрицательными аномалиями. Это свидетельствует о вертикальных границах в местах резкого изменения знака аномалии. Обычно в местах размещения положительных аномалий η_k располагаются отрицательные аномалии ρ_k , что может быть связано с наличием обводненных зон разломов. Наибольшая по площади и интенсивности такая положительная аномалия η_k располагается у восточной границы изученной площади и состоит из двух примерно одинаковых частей, но разных конфигураций, разделенных локальным понижением η_k до 0,2-0,1%. В этом месте проявлены слабые отрицательные аномалии ρ_k (до –150 – - 200 Ом-м). По геологическим данным здесь пересекаются разломы северо-восточного и север-северо-западного простирания.

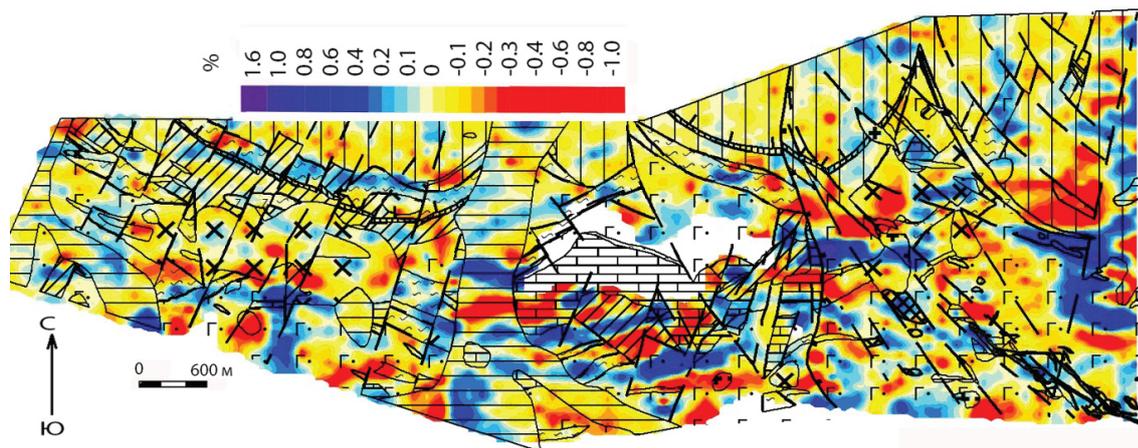


Рис. 6. Карта локальных аномалий кажущейся поляризуемости Восточной части Передового хребта с данными по геологическому строению

Серия подобных аномалий, фиксирующих разломы запад-северо-западного простирания, отмечается в средней части территории, в южной ее половине. Примечательно наличие такого типа аномалий вдоль закартированного по геологическим данным выхода на поверхность сместителя надвига в северной части территории. Отдельные относительно изометричные в плане положительные аномалии η_k совпадают с локальными положительными аномалиями ρ_k , что может указывать на участки гидротермально-метасоматических образований с рассеянной вкрапленностью рудных минералов. Учитывая, что такого типа аномалиями сопровождаются золотоносные скарны Зыгыркольской зоны, следует считать их наиболее перспективными для обнаружения новых объектов золотого оруденения.

Выводы

1. Предложен способ разделения обобщенных полей кажущегося электрического сопротивления (ρ_k) и кажущейся поляризуемости (η_k) на фоновую (региональную) и локальную составляющие, что позволило выделить аномалии соответствующих порядков. Он заключается в обработке первичных данных ρ_k и η_k , полученных ранее при проведении поисковых работ на золото в Восточной части Передового хребта, с помощью программы Surfer 10. Для получения карт изолиний фоновых значений ρ_k и η_k , осуществлялось низкочастотное сглаживание исходных данных путем применения к Grid метода цифрового анализа её образа. Карты локальных аномалий ρ_k и η_k получены путем вычитания из Grid исходного параметра аномалий Grid фоновых значений.

2. Область повышенных значений ρ_k на карте регионального фона соответствует массиву позднепалеозойских кварцевых диоритов чучкурского интрузивного комплекса, отдельные апофизы которого выходят на поверхность. Область пониженных значений ρ_k у восточной границы изученной территории может быть связана с повышенной температурой недр.

3. Относительно слабые отрицательные локальные аномалии ρ_k (до -150 – -200 Ом-м) приурочены к участкам разломов и местам их пересечений. Относительно слабые положительные аномалии ρ_k (до 300 - 500 Ом-м) частично совпадают с выходами золотоносных скарнов Зыгыркольской зоны и с геохимическими аномалия-

ми золота во вторичных ореолах рассеяния. Такие аномалии ρ_k могут представлять объекты для поисковых работ.

4. Область повышенных значений η_k на карте регионального фона связана с ореолом рассеянной сульфидизации. К ней приурочены практически все скарны Зыгыркольской зоны, в том числе наиболее золотоносные, а также месторождение «Молибденовый штокверк» с молибденитовой минерализацией, и положительные геохимические аномалии золота, серебра, олова, вольфрама, молибдена и др. элементов во вторичных ореолах рассеяния. Можно считать, что в пределах изученной территории располагается северо-западная часть единой относительно крупной региональной аномалии η_k . Очевидно, что вся аномалия связана с гидротермально-метасоматической деятельностью тырнаузской рудно-магматической системы, обеспечившей появление ореола рассеянной сульфидизации, золотого и редкометалльного оруденения.

5. Локальные аномалии η_k , в основном, могут быть связаны с обводненными зонами разломов. Отдельные относительно изометричные в плане положительные аномалии η_k , совпадающие с локальными положительными аномалиями ρ_k , могут указывать на участки гидротермально-метасоматических образований с рассеянной вкрапленностью рудных минералов. Учитывая, что такого типа аномалиями сопровождаются золотоносные скарны Зыгыркольской зоны, следует считать их заслуживающими повышенного внимания при проведении поисковых работ.

Литература

1. Гусейнов А. А., Гаргацев И. О. Особенности электропроводности щелочных полевых шпатов при высоких температурах // Физика Земли. – 2002. – № 6. – С. 82-86.
2. Давыденко Д. Б. Прогнозирование полезных ископаемых по дистанционным и геофизическим данным / Проблемы и перспективы комплексного освоения минеральных ресурсов Восточного Донбасса. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2005. – С. 273-290.
3. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. Том 2 // Под ред. Д. А. Родионова; пер. с англ. В. А. Голубевой. – М.: Недра, 1990. – 427с.
4. Емкужев А. С., Джубуев Н. С. Минерально-сырьевая база Кабардино-Балкарской Республики // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2012. – № 1. – С. 42-55.
5. Емкужев М. С., Парада С. Г., Столяров В. В., Тарасов В. А. Опыт применения крупномасштабной магнитной съемки при поисках золотого оруденения в Восточной части минерагенической зоны Передового хребта // Геология и геофизика Юга России. – 2013. – № 3. – С. 3-19.
6. Заалишвили В. Б., Чотчаев Х. О., Невский Л. Н., Ольховский Г. П., Тибиллов С. М., Гогичев Р. Р. Оптимизация геофизических и геохимических критериев поисков месторождений известных рудных формаций горной части республики Северная Осетия-Алания // Геология и геофизика Юга России. – 2015. – № 3. – С. 28-62.
7. Комаров В. А. Электроразведка методом вызванной поляризации. – Л.: Недра, 1980. – 391 с.
8. Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации. – М.: Недра, 1986. – 342 с.

9. Парада С.Г. Перспективные типы месторождений и рудопроявлений золота на Юге России // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – № 1. – С. 57-72.
10. Парада С.Г., Столяров В.В. О связи золотого оруденения Северного фланга Тырныаузского месторождения с интрузивными комплексами (Кабардино-Балкарская республика) // Доклады Академии наук. – 2012. – Т. 445. №4. – С. 437-440.
11. Парада С.Г., Столяров В.В. Условия локализации и золотоносность скарнов Зыгыркольской рудной зоны (Кабардино-Балкарская республика) // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – №3. – С. 95-110.
12. Парада С.Г., Столяров В.В., Маркин М.Ю., Шишкалов И.Ю. Проявление потенциально платиноносных гипербазитов в геохимических аномалиях Ni, Cr и Co на примере Восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская Республика) // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – №2. – С. 42-54.
13. Парада С.Г., Тарасов В.А. Применение метода вызванной поляризации при поисках золота в черносланцевых толщах Муштинского рудного поля (Северный Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – №4. – С. 84-98.
14. Силкин К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – 66 с
15. Столяров В.В. Прогнозно-поисковая модель золотого оруденения в скарнах Северного фланга Тырныаузского рудного поля (Кабардино-Балкарская Республика) // Руды и металлы. – 2015. – №3. – С. 25-37.
16. Столяров В.В., Парада С.Г., Попов Ю.В., Назаренко А.В. Типоморфизм самородного золота из скарнов Тырныаузского рудного узла (Кабардино-Балкарская Республика) // Наука Юга России. – 2016. – Т. 12. №1. – С. 32-42.
17. Тарасов В.А. Поиск коренных месторождений золота методами импульсной электроразведки / В.А. Тарасов, Л.И. Бытенский, А.В. Тарасов // IV международный горно-геологический форум Мингео Сибирь 2010 и международный семинар «Платина в геологических формациях мира». Тезисы докладов. – Красноярск. – 2010. – С. 49-58.
18. Тарасов В.А., Бытенский Л.И., Пищик В.В. Автоматизированная система электротомографии ВП для поисков рудных месторождений // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2015а. – №3. – С. 101-107.
19. Тарасов В.А., Емкужев М.С., Парада С.Г., Столяров В.В. Геофизические методы при поисках золоторудной минерализации на флангах Тырныаузского рудного узла // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2015б. – №1. – С. 109-117.
20. Чотчаев Х.О., Гогичев Р.Р. Геологические особенности и характеристика золотоносности Теплинского рудного узла // Геология и геофизика Юга России. – 2016. – №4. – С. 128-143.
21. Doyle, H.A. Geophysical exploration for gold – A review / H.A. Doyle // Geophysics. – 1990. – Vol. 55. No 2. – Pp. 134–146.
22. Oldenburg, D.W. Inversion of geophysical data over a copper gold porphyry deposit: A case history for Mt. Milligan / D. W. Oldenburg, Y. Li, R. G. Ellis // Geophysics. – 1997. – Vol. 62. – No 5. – Pp. 1419–1431.
23. Parada S. G., Stolyarov V. V., Popov Y. V. New type of gold mineralization of the Tyrnyauz ore cluster (Kabardino-Balkar Republic) // Doklady Earth Sciences. – 2017. – Vol. 477. No 1. – Pp. 1256-1259.
24. Seigel, H. O. Geophysical aids to gold exploration / H. O. Seigel, I. Johnson, I.,

J. Hennessey // The Leading Edge. – 1984. – Vol. 3. No 6. – Pp. 32–35.
25. <http://www.jpl.nasa.gov/srtm>

REVEALING INDICATIONS OF GOLDEN MINERALIZATION ON THE BASE OF ISOLATION OF THE BACKGROUND AND LOCAL COMPONENTS OF ELECTRIC FIELDS AT THE EASTERN PART OF THE FOREMOST RIDGE (NORTH CAUCASUS)

© 2018 S. G. Parada, Sc. Doctor (Geol.-Min.)

Geophysical institute VSC RAS, Russia, 362002, RNO-Alania, Vladikavkaz,
Markov Str., 93 a, e-mail: segripa@rambler.ru

The method of dividing generalized fields of apparent electric resistance (ρ_k) and apparent polarizing capability (η_k) into the background (regional) and local components, what allowed to isolate anomalies of corresponding orders. The area of increased values of ρ_k at the map of regional background corresponds to the mass of Late-Paleozoic quartz diorites of the Paleozoic intrusive complex. The area of decreased values of ρ_k near the eastern border of studied territory may be related to increased temperature of bowels. Negative local anomalies of ρ_k are coincided with parts of faults and places of their intersections. Positive anomalies of ρ_k coincide partly with outcrops of gold-bearing skarns of the Zygyrkol zone and with geochemical anomalies of gold in secondary dispersion halos. The area of raised values of η_k at the map of regional background is caused by hydrothermal-metasomatic activity of the Tyrny-Auz ore-magmatic system, which ensured appearance of the halo of dispersed sulphidization, golden and rare-metal mineralization. Most of local η_k anomalies are connected with flooded fault zones. Separate positive η_k anomalies coincident with positive ρ_k anomalies may point to the parts of hydrothermal-metasomatic rocks with dispersed impregnation of ore minerals. Taking into account, that gold-bearing skarns of the Zygyrkol zone are accompanied by anomalies of such type, they may turn up as first-order objects for arrangement of search works.

Keywords: electrical prospecting, stimulated polarization, electrical resistivity, polarizing capability, local anomalies, regional anomalies, golden mineralization, North Caucasus.

References

1. Gusejnov A.A., Gargacev I.O. Osobennosti jelektroprovodnosti shhelochnyh polevyh shpatov pri vysokih temperaturah [Features of electrical conductivity of alkaline feldspars at high temperatures]. *Fizika Zemli*. 2002. No. 6. Pp. 82-86. (in Russian)
2. Davydenko D.B. Prognozirovaniye poleznyh iskopaemyh po distancionnym i geofizicheskim dannym [Forecasting mineral deposits using remote and geophysical data]. *Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya mineral'nyh resursov Vostochnogo Donbassa*. Rostov-na-Donu: Izd-vo JuNC RAN, 2005. Pp. 273-290. (in Russian)
3. Djevis Dzh. S. Statisticheskij analiz dannyh v geologii. Tom 2 [Statistical analysis of data in geology. Volume 2]. Pod red. D.A. Rodionova; per. s angl. V.A. Golubevoj. M. Nedra, 1990. 427p. (in Russian)
4. Emkuzhev A.S., Dzhubuev N.S. Mineral'no-syr'evaja baza Kabardino-Balkarskoj Respubliki [Mineral and raw material base of the Kabardino-Balkarian Republic]. *Mineral'nye resursy Rossii. Jekonomika i upravlenie*. 2012. No. 1. Pp. 42-55. (in Russian)

5. Emkuzhev M. S., Parada S. G., Stoljarov V. V., Tarasov V. A. Opyt primenenija krupnomasshtabnoj magnitnoj s#emki pri poiskah zolotogo orudnenija v Vostochnoj chasti mineragenicheskoj zony Peredovogo hrebta [Experience of using large-scale magnetic surveys in the search for gold mineralization in the eastern part of the mineragenic zone of the Forward Ridge]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2013. No. 3. Pp. 3-19. (in Russian)

6. Zaalishvili V. B., Chotchaev H. O., Nevskij L. N., Ol'hovskij G. P., Tibilov S. M., Gogichev R. R. Optimizacija geofizicheskih i geohimicheskikh kriteriev poiskov mestorozhdenij izvestnyh rudnyh formacij gornoj chasti respubliki Severnaja Osetija-Alanija [Optimization of geophysical and geochemical criteria for prospecting deposits of known ore formations in the mountainous part of the Republic of North Ossetia-Alania]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2015. No. 3. Pp. 28-62. (in Russian)

7. Komarov V. A. Jelektrozazvedka metodom vyzvannoj poljarizacii [Electromagnetic induced polarization method]. L. Nedra, 1980. 391 p. (in Russian)

8. Nikitin A. A. Teoreticheskie osnovy obrabotki geofizicheskoj informacii [Theoretical bases of processing geophysical information]. M. Nedra, 1986. 342 p. (in Russian)

9. Parada S. G. Perspektivnye tipy mestorozhdenij i rudoprojavenij zolota na Juge Rossii [Perspective types of gold deposits and ore occurrences in southern Russia]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2017. No. 1. Pp. 57-72. (in Russian)

10. Parada S. G., Stoljarov V. V. O svjazi zolotogo orudnenija Severnogo flanga Tyrnyauzskogo mestorozhdenija s intruzivnymi kompleksami (Kabardino-Balkarskaja respublika) [About the connection of the gold mineralization of the Northern flank of the Tyrnyauz field with intrusive complexes (Kabardino-Balkarian Republic)]. *Doklady Akademii nauk*. 2012. Vol. 445. No. 4. Pp. 437-440. (in Russian)

11. Parada S. G., Stoljarov V. V. Uslovija lokalizacii i zolotonosnost' skarnov Zygyrkol'skoj rudnoj zony (Kabardino-Balkarskaja respublika) [Localization conditions and gold-bearing of skarns in the Zygyrkol ore zone (Kabardino-Balkaria Republic)]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2017. No. 3. Pp. 95-110. (in Russian)

12. Parada S. G., Stoljarov V. V., Markin M. Ju., Shishkalov I. Ju. Projavlenie potencial'no platinonosnyh giperbazitov v geohimicheskikh anomalijah Ni, Cr i Co na primere Vostochnoj chasti Peredovogo hrebta (Kabardino-Balkarskaja Respublika) [Occurrence of potentially platinum-bearing hyperbasites in geochemical anomalies of Ni, Cr and Co using the example of the Eastern part of the Forward Range (Kabardino-Balkarian Republic)]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2014. No. 2. Pp. 42-54. (in Russian)

13. Parada S. G., Tarasov V. A. Primenenie metoda vyzvannoj poljarizacii pri poiskah zolota v chernoslancevyh tolshhah Mushtinskogo rudnogo polja (Severnyj Kavkaz) [Application of the method of induced polarization in the search for gold in the black shale strata of the Mushta ore field (North Caucasus)]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2017. No. 4. Pp. 84-98. (in Russian)

14. Silkin K. Ju. Geoinformacionnaja sistema Golden Software Surfer 8 [Geographic information system Golden Software Surfer 8.]. Voronezh: Izd-vo VGU, 2008. 66 p. (in Russian)

15. Stoljarov V. V. Prognozno-poiskovaja model' zolotogo orudnenija v skarnah Severnogo flanga Tyrnyauzskogo rudnogo polja (Kabardino-Balkarskaja Respublika) [Predictive search model of gold mineralization in the skarns of the Northern flank of the

Tyrnyauz ore field (Kabardino-Balkarian Republic)]. *Rudy i metally*. 2015. No. 3. Pp. 25-37. (in Russian)

16. Stoljarov V.V., Parada S.G., Popov Ju.V., Nazarenko A.V. Tipomorfizm samorodnogo zolota iz skarnov Tyrnyauzskogo rudnogo uzla (Kabardino-Balkarskaja Respublika) [Typomorphism of native gold from skarns of the Tyrnyauz ore cluster (Kabardino-Balkarian Republic)]. *Nauka Juga Rossii*. 2016. Vol. 12. No. 1. Pp. 3242. (in Russian)

17. Tarasov V.A. Poisk korennyh mestorozhdenij zolota metodami impul'snoj jelektrozazvedki / V.A. Tarasov, L.I. Bytenskij, A.V. Tarasov [Search for primary gold deposits using pulsed electrical survey methods]. IV mezhdunarodnyj gorno-geologicheskij forum Mingeo Sibir'2010 i mezhdunarodnyj seminar "Platina v geologicheskikh formacijah mira". Tezisy dokladov. Krasnojarsk. 2010. Pp. 49-58. (in Russian)

18. Tarasov V.A., Bytenskij L.I., Pishhik V.V. Avtomatizirovannaja sistema jelektrotomografii VP dlja poiskov rudnyh mestorozhdenij [Automated tomography system for prospecting of ore deposits]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geologija*. 2015a. No. 3. Pp. 101-107. (in Russian)

19. Tarasov V.A., Emkuzhev M.S., Parada S.G., Stoljarov V.V. Geofizicheskie metody pri poiskah zolotorudnoj mineralizacii na flangah Tyrnyauzskogo rudnogo uzla [Geophysical methods in the search for gold mineralization on the flanks of the Tyrnyauz ore cluster]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geologija*. 2015b. No. 1. Pp. 109-117. (in Russian)

20. Chotchaev H.O., Gogichev R.R. Geologicheskie osobennosti i harakteristika zolotonosnosti Teplinskogo rudnogo uzla [Geological features and characteristics of gold-bearing of the Teplinsky ore cluster]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2016. No. 4. Pp. 128-143. (in Russian)

21. Doyle, H.A. Geophysical exploration for gold – A review / H.A. Doyle // *Geophysics*. – 1990. – Vol. 55. No 2. – Pp. 134–146.

22. Oldenburg, D.W. Inversion of geophysical data over a copper gold porphyry deposit: A case history for Mt. Milligan / D. W. Oldenburg, Y. Li, R. G. Ellis // *Geophysics*. – 1997. – Vol. 62. – No 5. – Pp. 1419–1431.

23. Parada S.G., Stolyarov V.V., Popov Y.V. New type of gold mineralization of the Tyrnyauz ore cluster (Kabardino-Balkar Republic) // *Doklady Earth Sciences*. – 2017. – Vol. 477. No 1. – Pp. 1256-1259.

24. Seigel, H.O. Geophysical aids to gold exploration / H.O. Seigel, I. Johnson, I., J. Hennessey // *The Leading Edge*. – 1984. – Vol. 3. No 6. – Pp. 32–35.

25. <http://www.jpl.nasa.gov/srtm>