

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ ПОИСКАХ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ФЛАНГАХ ТЫРНЫАУЗСКОГО РУДНОГО УЗЛА

В. А. Тарасов^{*}, М. С. Емкужев^{**}, С. Г. Парада^{***}, В. В. Столяров^{***}

^{*} НПК «Элгео», г. С-Петербург

^{**} ООО «Каббалкгеология», г. Нальчик

^{***} Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону

Поступила в редакцию 10 ноября 2014 г.

Аннотация: приведены основные результаты применения магниторазведки и электроразведки методом ВП при поисках золоторудной минерализации на флангах Тырнаузского рудного узла в республике Кабардино-Балкария. Показана эффективность геофизических методов в комплексе с геологическими исследованиями и лито-геохимическим опробованием при поисках минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого типа в вулканогенно-осадочных и интрузивных комплексах. На основе выявленных особенностей геофизических полей над рудоконтролирующими структурами и рудными залежами сформулированы геофизические критерии, дополняющие геолого-поисковую модель золоторудных метасоматитов.

Ключевые слова: Тырнаузский рудный узел, золотоносные метасоматиты, скарны, магниторазведка, метод ВП, электротомография.

GEOPHYSICAL METHODS IN EXPLORATION OF GOLD-BEARING MINERALIZATION WITHIN THE FLANKS OF THE TYRNYAUZ ORE CLUSTER

Abstract: the main results of application of the ground magnetic survey and IP method to exploration of gold-bearing mineralization within the flanks of the Tyrnyauz ore cluster (Kabardino-Balkar Rep.) are presented. Geophysical methods combined with geological investigations and litho-geochemical studies demonstrate their effectiveness for exploration of gold-quartz-sulfide mineralization within igneous-sedimentary and intrusive complexes. Some distinctive geophysical features of ore-controlling geological structures and ore bodies were used to formulate geophysical criteria that can be applied as a part of the exploration model of the gold-bearing metasomatites.

Key words: Tyrnyauz ore cluster, gold-bearing metasomatites, skarn, magnetic prospection, IP method, electrical tomography.

Введение

В последние годы на северо-западных флангах Тырнаузского рудного узла (Эльбрусский район Кабардино-Балкарской республики) проводятся комплексные поисковые работы на рудное золото, в результате которых здесь было выделено потенциальное Гитче-Тырнаузское золоторудное поле. Его наиболее перспективные участки пространственно связаны с зонами развития эпидот-магнетит-гранат-пироксеновых скарнов и околоскарновых метасоматитов сложного кварц-хлорит-амфибол-пироксен-полевошпатового состава. В состав комплекса поисковых методов, наряду с геологическими маршрутами, лито-геохимическим опробованием, проходкой поверхностных горных выработок и бурением скважин, входили наземные геофизические методы: магнитная съёмка и электроразведка методом вызванной поляризации (ВП).

Эффективность магниторазведки и метода ВП при поисках коренных золоторудных месторождений подтверждается результатами многочисленных полевых исследований [1–4]. Метод ВП, в частности, успешно используется для выявления скоплений сульфидных минералов, с которыми в большинстве случаев ассоциируют месторождения золота.

Тем не менее, при поисках золоторудных месторождений геофизики сталкиваются с целым рядом сложностей, обусловленных самим характером нахождения золота в природе и тем, что геофизические методы не являются прямыми индикаторами золота [2]. Условия локализации золота в породах отличаются большим разнообразием, а сами месторождения, как правило, входят в состав более сложных рудных систем, представленных рудопроявлениями различной специализации. При этом золоторудные залежи, связанные с ними структуры и комплексы пород,

обычно не отличаются большим контрастом в геофизических полях по отношению к рудовмещающим породам и рудным минерализациям других типов.

В связи с этим, представляется практически значимым обобщение опыта геофизических работ, применительно к поискам золоторудной минерализации разных типов, и выявление общих закономерностей, которые могут быть использованы при поисках золоторудных месторождений в сходных условиях.

Статья посвящена результатам геофизических работ 2010–2013 г.г. на северном и северо-западном флангах Тырнаузского рудного узла. Показаны геофизические характеристики основных геологических структурно-вещественных комплексов, особенности геофизических полей над золоторудными проявлениями и рудоконтролирующими структурами. На этой основе сформулированы геофизические поисковые критерии золоторудных проявлений исследованной площади.

Геология Тырнаузского рудного узла

Площадь Тырнаузского рудного узла расположена в восточной части Передового хребта, в его высоко-

горной части, где абсолютные отметки вершин достигают 3500–3800 м. Рельеф площади альпийского типа, с крутыми обрывистыми склонами и глубоко врезанными долинами.

Изученная площадь сложена, главным образом, метаморфизованными карбонатно-терригенными и осадочно-вулканогенными отложениями среднепалеозойского возраста, прорванными большим количеством разновозрастных интрузий ультраосновного, среднего и кислого состава (рис. 1) [5; 6]. В северной и северо-западной части площади распространены отложения континентально-обломочного (молассового) комплекса (C_{2,3}), южнее – известняки (D₃-C₁), в том числе мраморизованные, и породы вулканогенно-осадочного комплекса: туфы, туфо-песчаники и лавы, перемежающиеся слоями глинистых сланцев и филлитов (D_{2,3}). Формирование интрузивных пород происходило в ходе двух магматических циклов: герцинского (диабазы, серпентиниты, кварцевые диорит-порфиры и гранит-порфиры чучурского комплекса) и альпийского (эльджуртинские граниты и лейкократовые гранитоиды Тырнаузского комплекса).

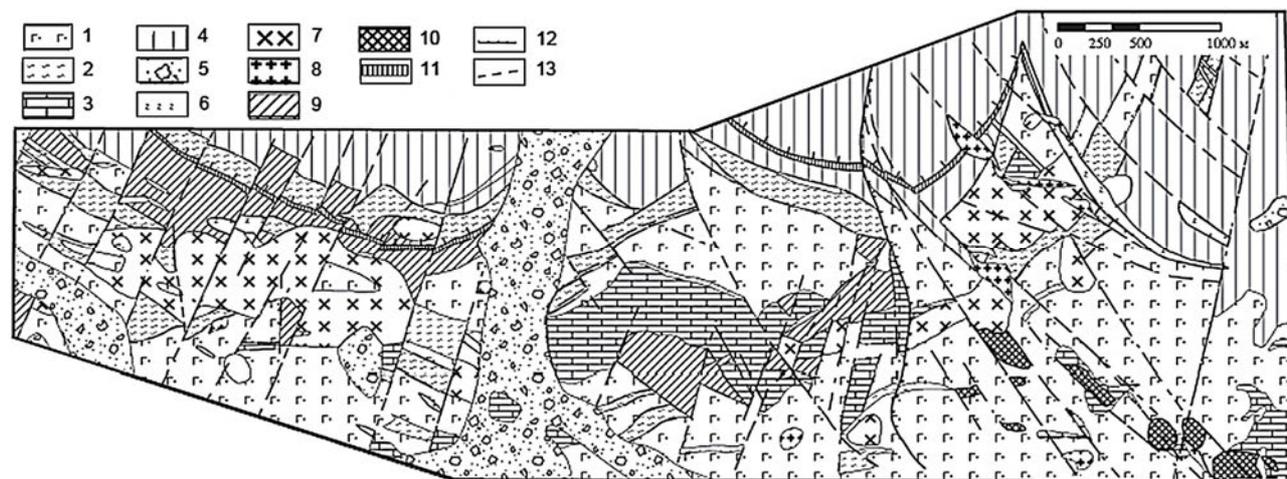


Рис. 1. Геологическая карта восточной части минерагенической зоны передового хребта [5]: 1 – осадочно-вулканогенный комплекс, 2 – морской терригенный комплекс, 3 – карбонатный комплекс, 4 – континентальный обломочный (молассовый) комплекс, 5 – четвертичные горно-ледниковые отложения, 6 – комплекс гипербазитов, 7 – чучурский диорит-гранодиорит-порфировый комплекс, 8 – тырнаузский комплекс лейкократовых гранитов, 9 – кварц-карбонатные метасоматиты, 10 – скарны, 11 – лиственизированные метасоматиты, 12 – надвиги, 13 – сбросы и взбросы

Широкое развитие здесь получили процессы термального и контактового метаморфизма [5], которые привели к образованию обширного ореола ороговикования пород. На роговики позже наложился контакто-метасоматические и гидротермальные образования, к которым относятся (в хронологическом порядке): 1) околоскарновые пироксен-плаггиоклазовые роговики; 2) скарны, ильваит-эпидот-магнетит-гранат-пироксенового состава; 3) послескарновые хлорит-кварц-кальцитовые и кварц-полевошпатовые метасоматиты; 4) жильно-прожилковые зоны окварцевания, карбонатизации и сульфидизации.

На северном фланге Тырнаузского рудного узла по комплексу литолого-структурных, геохимических, геофизических и прямых признаков оруденения окон-

турено Гитче-Тырнаузское золоторудное поле. Если центральная часть рудного узла, включающая собственно Тырнаузское вольфрам-молибденовое месторождение, характеризуется относительно низкими содержаниями золота, редко превышающими 1 г/т, то на его северных и северо-западных флангах содержания золота в скарнах и других метасоматитах достигают первых десятков грамм на тонну.

Повышенной золотоносностью обладают все разновидности метасоматитов рудного поля. Рудовмещающими могут являться эпидот-гранат-пироксеновые скарны, околоскарновые пироксен-плаггиоклазовые, биотитовые и амфибол-биотитовые роговики, а также более низкотемпературные метасоматиты (кварц-амфибол-хлорит-карбонатные и кварц-полевошпато-

вые). Отмечена прямая зависимость содержания золота от интенсивности низкотемпературного метасоматоза и гидротермальных процессов, в частности от степени карбонатизации, окварцевания и сульфидной минерализации, которые могут быть наложены на все виды метасоматитов. Метасоматоз и гидротермальные процессы везде сопровождаются сульфидной минерализацией. Проявления золота пространственно хорошо увязываются с участками развития мелких штоков и даек лейкократовых гранитоидов [6; 7].

Одним из благоприятных факторов рудообразования является устойчивость путей проникновения метасоматизирующих и рудных растворов по тектонически ослабленным зонам. В большинстве случаев рудные интервалы приурочены к крутопадающим зонам интенсивного дробления и милонитизации пород или к разуплотненным приконтактовым зонам. Общая ориентировка рудоконтролирующей полосы и отдельных рудных тел в пределах Гитче-Тырныузского рудного поля совпадает, в общем, с направлением северо-западных разрывов, среди которых главными являются Зыгыркольская и Хромитовая зоны сбросо-сдвигов.

Методы геофизики

Геофизическими исследованиями охвачена площадь к востоку и северо-востоку от Тырныузского вольфрам-молибденового месторождения (Джуаргенская площадь). В состав комплекса геофизических методов входили наземная магнитная съёмка и электроразведка методом ВП в вариантах съёмки по площади с установкой срединного градиента (ВП-СГ) и двухмерной электротомографии по выбранным профилям. Работы проводились в два этапа:

1) геофизическая съёмка в масштабе 1:10000 в комплексе с поисковыми маршрутами и литогеохимическими исследованиями;

2) исследования в масштабе 1:5000 на площади выявленного Гитче-Тырныузского золоторудного поля, электротомография ВП.

При магнитной съёмке с протонными магнитометрами типа МИНИМАГ применялся ряд стандартных методических приёмов: измерения и учет геомагнитных вариаций, наблюдения на контрольном пункте или профиле, контроль и увязка наблюдений на профилях рядовой сети по наблюдениям на секущих магистральных. Для правильной геологической интерпретации результатов магнитной съёмки проводились также петрофизические исследования: с помощью капнометров типа ПИМВ измерялась магнитная восприимчивость (χ) на обнажениях рудоносных метасоматитов и вмещающих пород [8].

При съёмках ВП-СГ и электротомографии ВП использовался аппаратный комплекс АИЭ-2 [9], в котором реализована импульсная модификация метода ВП. В качестве основного параметра ВП определялось среднее значение поляризуемости в паузе по логарифму времени (η_{cp}). Параметр η_{cp} более помехоустойчив, по сравнению со значениями $\eta(t_i)$, определёнными на отдельных временных задержках.

Для электротомографии ВП с установкой полярного (точечного) зондирования использовалась система электротомографии, разработанная на базе аппаратуры АИЭ-2 [9]. Благодаря применению генератора мощностью 1 кВт и помехоустойчивого измерителя, обеспечивающим возможность измерений с разносами установки до 1 км, удалось достичь достаточно большой по меркам метода ВП глубины зондирования разреза – порядка 250 м, которая необходима в условиях мощных перекрывающих делювиально-пролювиальных отложений и большой глубины залегания скрытых золото-сульфидных залежей. Интерпретация данных электротомографии с построением разрезов удельного электрического сопротивления и поляризуемости выполнялась с помощью программы двухмерной инверсии *ZondRes2D* (А.Е. Каминский, КГЭ «Астра»).

Результаты

1) Магниторазведка

По характеру магнитного поля исследованная площадь может быть разделена на три части: западную, центральную и восточную (рис. 2). В западной части проявляются преимущественно субширотные линейные аномалии, в которых находят отражение характерные для кавказского Передового хребта общее простирание пород и субширотные покровно-надвиговые структуры. Центральная часть, которая охватывает западную часть хребта Гитче-Тырныуз с обширным массивом известняков в её центре и долину реки Суарык, заполненную мощными четвертичными горно-ледниковыми отложениями, – область спокойного магнитного поля. В восточной части площади общее направление корреляции магнитных аномалий изменяется на северо-восточное, в соответствии с направлением секущих диагональных разломов Зыгыркольской и Хромитовой зон сбросо-сдвигов. Ряд локальных аномалий магнитного поля совпадают в плане с выходами на дневную поверхность золотоносных скарнов, другие непосредственно связаны с дайками серпентинизированных ультрабазитов, распространённых в пределах Хромитовой зоны разломов.

Можно отметить уменьшение интенсивности аномалий, связанных с золотоносными рудопроявлениями, в направлении с юго-востока на северо-запад, т.е. от центра к периферии рудного поля. На юго-востоке интенсивность аномалий достигает нескольких сотен – первых тысяч нТл, тогда как северо-восточные рудопроявления проявляются относительно слабыми аномалиями интенсивностью до 100 нТл (рис. 2). По всей видимости, такая картина отражает зональность распределения магнетита в метасоматитах Гитче-Тырныузского рудного поля, т.е. убывание содержания магнетита от центра к периферии и от более глубоких горизонтов – к верхним.

По результатам разделения магнитного поля на региональную и локальную составляющие, наиболее интенсивная региональная положительная аномалия с амплитудой около 100 нТл также локализуется в юго-

восточной части площади и совпадает в плане с участком развития золотоносных скарнов. Судя по региональной карте магнитного поля масштаба 1:50000, она представляет собой звено в цепочке подобных аномалий, уходящей на юго-восток через Тырнаузское вольфрам-молибденовое месторождение и далее до р. Баксан [8].

Предположение о связи аномалий магнитного поля с рудными метасоматитами и гипербазитами подтверждается результатами измерений магнитной восприимчивости (χ) в естественном залегании у основных разностей рудоносных и вмещающих пород [8]. Наибольшие значения χ , в дипазоне от нескольких

сотен до нескольких тысяч 10^{-5} ед. СИ, зафиксированы у серпентинитов и разностей скарнов (таблица 1). Измеренные значения χ изверженных средне-кислых и терригенных пород не превышают нескольких десятков $\cdot 10^{-5}$ ед. СИ, а наименьшими значениями χ отличаются гранит-аплиты и мраморы ($< 10 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ). Таким образом, χ закономерно возрастает по мере увеличения основности пород, а также в результате метасоматической проработки скарнового типа, сопровождающейся увеличением содержания магнитных минералов железа, в основном магнетита.

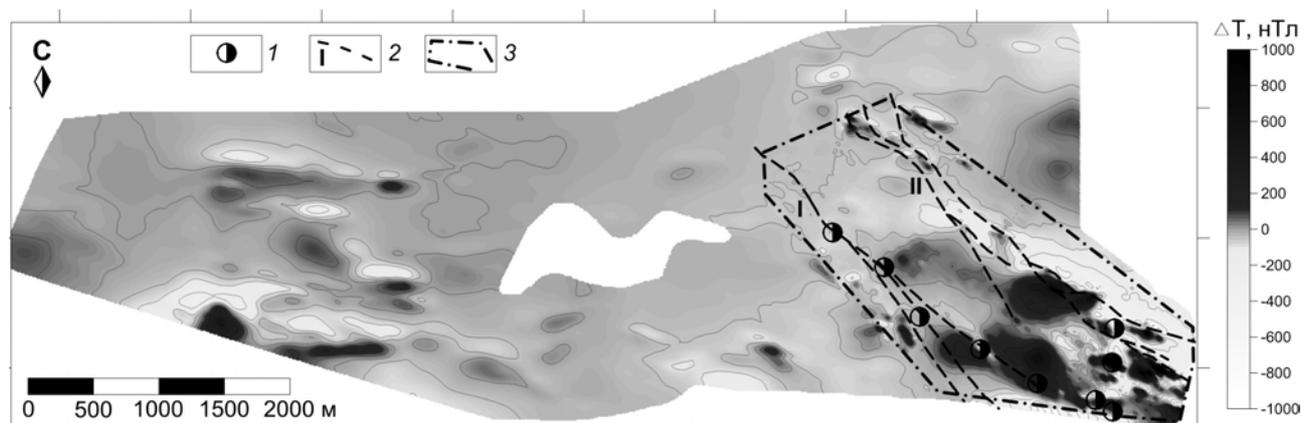


Рис. 2. Карта изолиний магнитного поля Джуаргенской площади. 1 – области повышенных концентраций золота, 2 – рудо-контролирующие зоны тектонических нарушений (I – Зыгыркольская, II – Хромитовая), 3 – контур Гитче-Тырнаузского золоторудного поля

Таблица 1

Магнитная восприимчивость горных пород Гитче-Тырнаузского золоторудного поля [8]

Порода	Количество замеров	Значения магнитной восприимчивости в 10^{-5} ед. СИ		
		Min	Max	Среднее
Андезитовый порфирит	43	40	64	57
Филлитовидный аргиллит	21	22	51	29
Гравелит	17	18	46	27
Мрамор	20	5	8	7,5
Серпентинит	24	1100	4100	3400
Кварцевый диорит-порфир	21	10	23	16
Лейкократовый гранит	12	17	30	24
Аплит	22	< 1	5	1,8
Гранатовый скарн	20	100	830	160
Пироксен-гранатовый скарн	30	100	360	140
Геденбергитовый скарн	16	3000	4600	4000
Скарнированный туф	21	830	2100	1800

2) Электроразведка ВП-СГ

Карты геоэлектрических параметров съёмки ВП-СГ (рис. 3) отражают сложное геологическое строение Джуаргенской площади. Область распространения континентально-обломочных отложений (моласовый комплекс) на севере и северо-востоке выделяется относительно низкими значениями кажущегося сопротивления и поляризуемости. В юго-западной

части площади, сложенной вулканогенно-осадочными и карбонатными отложениями, прорванными породами интрузивных комплексов, значения ρ_k возрастают до первых тысяч Ом-м. Линейными аномалиями ρ_k проявляются системы тектонических нарушений преимущественно широтного и секущего северо-западного простирания.

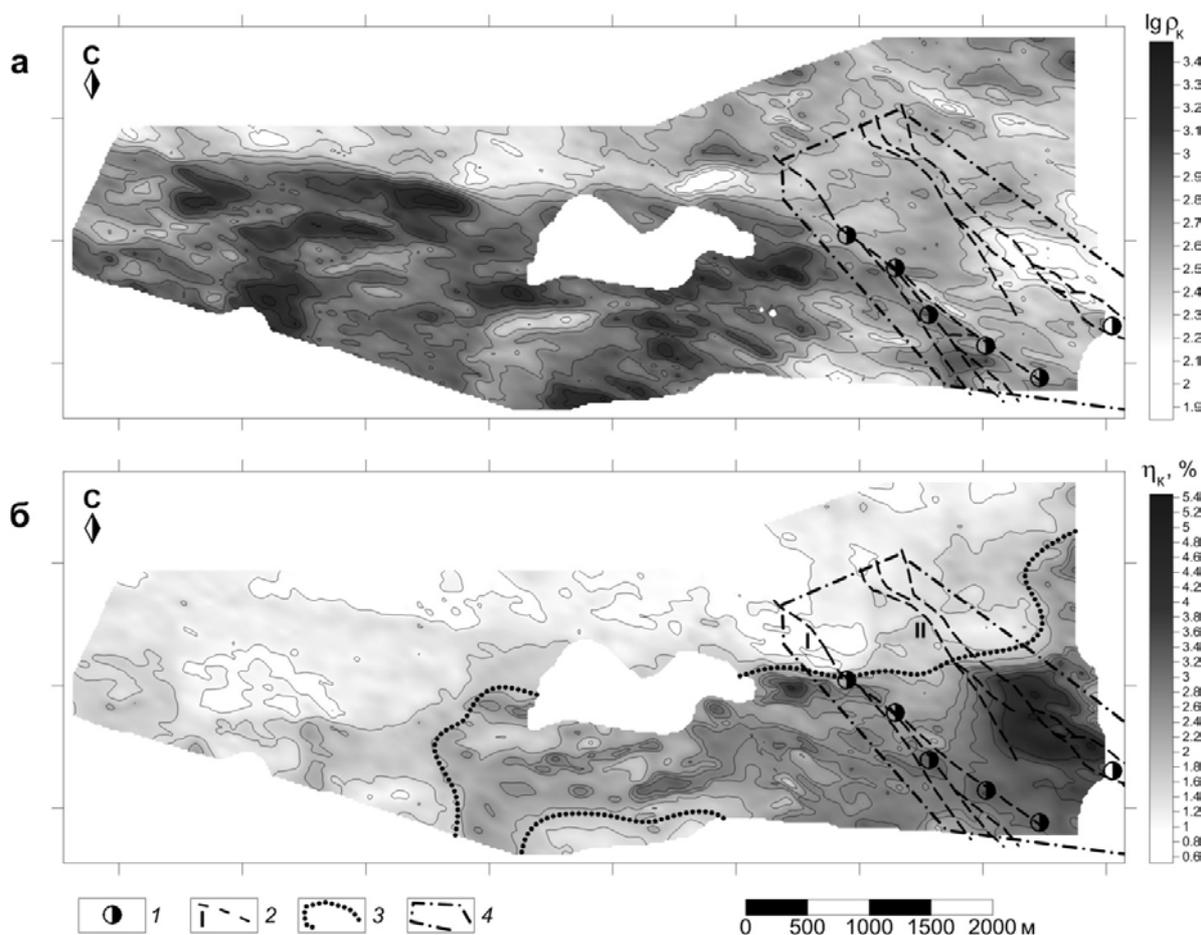


Рис. 3. Карты изолиний кажущегося удельного электрического сопротивления (а) и поляризуемости (б). 1 – области повышенных концентраций золота, 2 – рудоконтролирующие зоны тектонических нарушений (I – Зыгыркольская, II – Хромитовая), 3 – границы основного ореола метасоматической сульфидизации (по данным ВП-СГ), 4 – контур Гитче-Тырныаузского золоторудного поля.

В юго-восточной части площади значения η_k повсеместно превышают 2 %, образуя полосу шириной до 1,5 км, которая вытягивается в западном направлении до центра площади (долина ручья Малый Суарык). В условиях исследуемой части Тырныаузского рудного узла, где углеродсодержащие сланцы мало распространены, значение поляризуемости пород определяется, в основном, содержанием в них хорошо проводящих сульфидных минералов, образовавшихся в результате гидротермально-метасоматических процессов. Таким образом, карта η_k отражает интенсивность метасоматической проработки, связанной с процессами рудообразования, и по ней можно наметить контуры основного ореола метасоматической сульфидизации (рис. 3 б). Можно отметить, что все известные золоторудные проявления Джуаргенской площади находятся в границах этого ореола.

В пределах ореола значения постепенно уменьшаются в направлении с востока на запад: от 5 % на участке Хромитовой зоны разломов, до 2–2,5 % в долине ручья Малый Суарык, что, по-видимому, соответствует постепенному затуханию процессов метасоматической проработки от центра рудного узла к его периферии. Ориентировка аномалий поляризуемости, преимущественно субширотная в западной

части и северо-западная – в восточной, отражает направление распространения метасоматической проработки по системам тектонических нарушений различного направления.

На диаграмме плотности распределения значений ρ_k и η_k ВП-СГ для Джуаргенской площади (рис. 4) можно выделить несколько областей значений параметров, соответствующих разным геологическим комплексам. Породы молассового комплекса отличаются относительно низкими значениями сопротивления и поляризуемости (100–400 Ом·м, 0,5–1,5 %). В области развития осадочно-вулканогенных и интрузивных пород значения ρ_k и η_k возрастают, соответственно, до нескольких сотен – 2000–3000 Ом·м и 1–2 %. Процессы метасоматоза в юго-восточной части площади, сопровождающиеся появлением сульфидной вкрапленности, приводят к возрастанию значений η_k до 2–3 % и несколько понижают значения ρ_k . Над известными скарновыми золоторудными проявлениями значения η_k составляют 2,7–3,5 % при средних значениях ρ_k 300–600 Ом·м. Отдельной группой значений выделяются участки развития метасоматитов, связанные с Хромитовой зоной разломов, где значения ρ_k могут уменьшаться до нескольких десятков Ом·м, а η_k составляет до 5 и более %.



Рис. 4. Диаграмма плотности распределения значений ρ_k и η_k по данным ВП-СГ на Джуаргенской площади

Исследования Гитче-Тырныаузского золоторудного поля, выявленного по комплексу геолого-геофизических признаков в юго-восточной части исследованной площади, проводились в масштабе 1:5000 по системе профилей, заданных вкрест простирания рудоконтролирующих тектонических структур. На карте ρ_k отчётливо проявилась Зыгыркольская зона разломов, как линейная граница пород с относительно высокими (в среднем более 500 Ом м) и пород с более низкими значениями ρ_k (рис. 5 а). Зыгыркольская минерализованная зона приурочена к этой контрастной границе, соответствующей, по всей видимости, разлому сбросо-сдвигового типа, разделяющему сравнительно монолитные известняки и туфы от их скарнированных и раздробленных разновидностей. Вдоль неё также расположены аномалии повышенных содержания золота по результатам литогеохимического опробования.

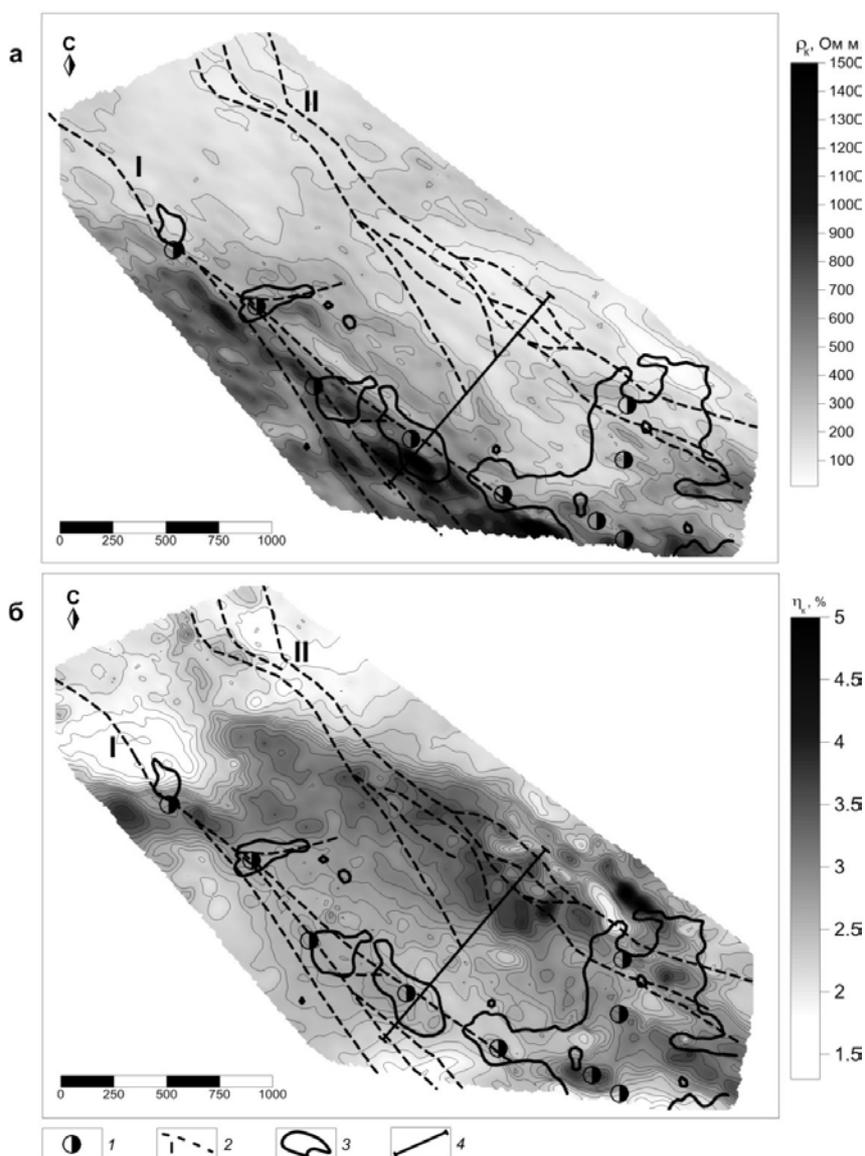


Рис. 5. Гитче-Тырныаузское золоторудное поле. Карты изолиний кажущегося удельного электрического сопротивления (а) и поляризуемости (б). 1 – области повышенных концентраций золота, 2 – рудоконтролирующие зоны тектонических нарушений (I – Зыгыркольская, II – Хромитовая), 3 – аномалии вторичных ореолов рассеяния золота, 4 – профиль электротомографии.

Повышенными значениями η_k (до 4–5 %) и сравнительно низкими значениями ρ_k (п-10 – 200 Ом·м) выделяются, в первую очередь, насыщенные сульфидами метасоматиты Хромитовой зоны (рис. 5 б). На этом фоне золотоносные рудопроявления Зыгыркольской зоны отмечаются локальными аномалиями поляризуемости до 3–3,5 % (Западный и Средний участки, Сухие балки), иногда слабо выраженными (Восточный участок). Как показали результаты электротомографии, такой характер поля η_k над скарновыми золоторудными залежами может объясняться в одних случаях их небольшой мощностью и крутым падением, а в других – относительно большой глубиной залегания. Локальные аномалии η_k также соответствуют литогеохимическим аномалиям золота, выявленным в пределах Зыгыркольской и южной части Хромитовой зон (рис. 5 б).

3) Электротомография ВП

Несколько профилей электротомографии были заданы вкрест простирания рудоконтролирующих Зыгыркольской и Хромитовой тектонических структур, в районе известных рудопоявлений и вновь выявленных по результатам площадных съёмок геофизических аномалий.

Один из профилей (рис. 6) проходил через Средний участок Зыгыркольской зоны, и далее на северо-восток в направлении Хромитовой рудно-тектонической зоны. Участок Среднего скарна проявляется на разрезах небольшими локальными зонами с повышенными значениями η (5–7 %) и ρ в несколько сотен Ом·м, которые локализованы на контактах с породами, имеющими ρ в несколько тысяч Ом·м (известняки), что согласуется с результатами ВП-СГ. При этом зона скарна на разрезах электротомографии проявляется более контрастно, по сравнению с графиками срединного градиента.

Такой вид геоэлектрических разрезов обусловлен, по-видимому, неравномерным характером оруденения, представленного сравнительно маломощными зонами гидротермально-метасоматической проработки с прожилково-вкрапленной кварцево-сульфидной минерализацией, которые наложены на скарны, околоскарновые породы и участки интенсивного дробления в зоне разлома. На это же указывает относительно небольшая интенсивность магнитной аномалии над зоной скарнов, по сравнению с аномалией над Хромитовой рудно-тектонической зоной (рис. 6 а).

В пределах Хромитовой рудно-тектонической зоны фиксируются аномалии повышенных значений η (до 15–18 %), сравнительно большой мощности (100 м и более), которые приурочены к телам гипербазитовых интрузий, разломам и связанными с ними участками метасоматической проработки с прожилковой сульфидной минерализацией. Значения ρ пород в этой части профиля уменьшаются до первых десятков Ом·м. Результаты электротомографии дают основание предполагать, что интенсивными метасоматическими процессами затронут значительный объём пород в пределах Хромитовой зоны.

Выводы

Опыт поисковых работ на золото на флангах Тырнаузского вольфрам-молибденового месторождения показывает, что наземная магнитная съёмка и метод вызванной поляризации в вариантах съёмки ВП-СГ и профильной электротомографии ВП, в комплексе с геологическими исследованиями и литогеохимическим опробованием позволяют эффективно решать задачи поиска золотоносных объектов. По результатам исследований был выделен ряд рудоперспективных участков, сложенных несколько различными литолого-формационными комплексами, к наиболее продуктивным из которых относятся золотоносные скарны и околоскарновые метасоматиты. Выявленные особенности геофизических полей над рудоконтролирующими структурами, комплексами пород и самими рудными телами позволяют дополнить геолого-поисковую модель золотоносных метасоматитов следующими геофизическими критериями:

- области повышенных значений η_k (более 2 %) – соответствуют ореолам метасоматически изменённых пород с сульфидной вкрапленностью, в пределах которых находятся золоторудные проявления;
 - небольшие локальные повышения значений η_k на картах ВП-СГ – обусловлены зонами гидротермально-метасоматической проработки скарнов и околоскарновых пород с прожилково-вкрапленной кварцево-сульфидной минерализацией (Зыгыркольская зона); на разрезах электротомографии ВП представлены контрастными крутопадающими зонами повышенных значений η и пониженных значений ρ ;
 - линейные структуры северо-западного простирания на картах ρ_k , зоны контакта пород с разным уровнем значений ρ_k (относительно высокие: от нескольких сотен до нескольких тысяч Ом·м – соответствуют мраморизованным известнякам, более низкие – их разрушенным, скарнированным разностям, а также туфам и порфиритам) – маркируют протяжённые зоны разломов сбросо-сдвигового типа, к которым приурочены золоторудные проявления (Зыгыркольская зона);
 - протяжённые зоны повышенных значений η_k (до 5–6 %), при сравнительно низких значениях ρ_k (от нескольких десятков до первых сотен Ом·м) – маркируют участки метасоматитов, развитых в пределах полосы роговиков, сильно дислоцированных и прорванных многочисленными дайками ультрабазитов и лейкократовых гранитоидов (Хромитовая зона). На разрезах электротомографии проявляются мощными зонами низких значений ρ и высоких значений η (до 15–20 %).
 - локальные аномалии магнитного поля – выделяют участки развития метасоматитов с повышенными содержаниями магнетита, при этом возможно уменьшение интенсивности магнитных аномалий по направлению от центра – к периферии рудного узла, из-за зональности в его распределении; необходимо также учитывать наличие интенсивных магнитных аномалий, связанных с телами гипербазитов.
- Учитывая общие черты геологии золотоносных метасоматитов, приведённые критерии могут использоваться и при поисковых работах в других рудных районах.

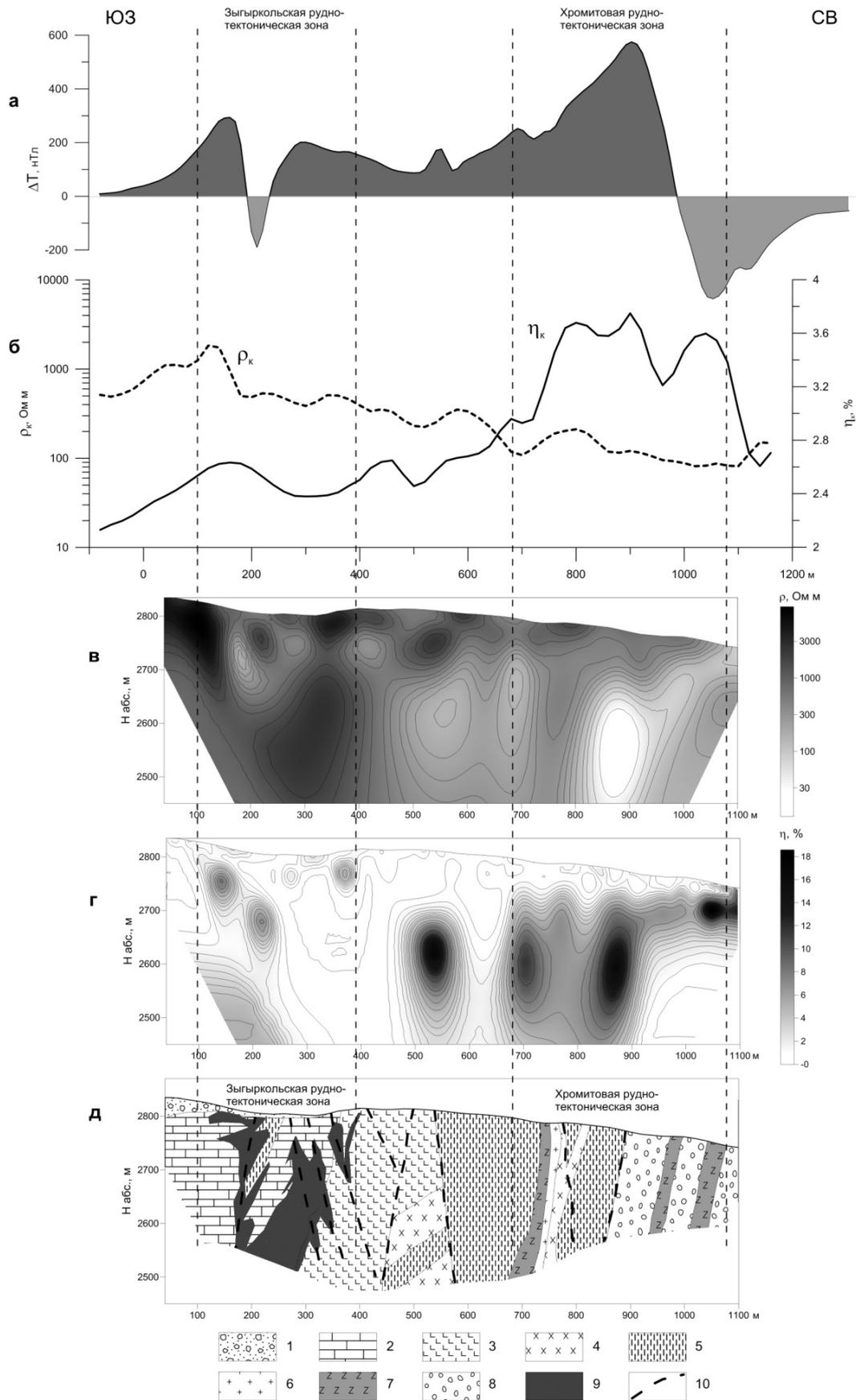


Рис. 6. Профиль электротомографии: а – график приращения магнитного поля (ΔT), б – графики ρ_k и η_k ВП-СГ, в – разрез удельного электрического сопротивления ρ , г – разрез поляризуемости η , д – геологический разрез (1 – делювиальные отложения, 2 – известняки и мраморы, 3 – туфы, 4 – кварцевые диорит-порфиры, 5 – филлиты, 6 – аплитовидные граниты, 7 – серпентиниты, 8 – конгломераты, песчаники, 9 – скарны и окооскарновые метасоматиты, 10 – разломы)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Seigel, H. O.* Geophysical aids to gold exploration / H. O. Seigel, I. Johnson, I., J. Hennessey // *The Leading Edge*. – 1984. – Vol. 3. – № 6. – P. 32–35.
2. *Doyle, H. A.* Geophysical exploration for gold – A review / H. A. Doyle // *Geophysics*. – 1990. – Vol. 55. – № 2. – P. 134–146.
3. *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. – № 5. – P. 1419–1431.
4. *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.
5. *Пэк, А. В.* Геологическое строение рудного поля и месторождения Тырныауз / А. В. Пэк // Труды ИГЭМ. – 1962. – Вып. 56. – 168 с.
6. *Парада, С. Г.* О роли палеозойских интрузий в локализации золотоносных минерализаций на северном фланге Тырныаузского рудного поля / С. Г. Парада, В. В. Столяров // Вестник Южного научного центра РАН. – 2012. – Т. 8. – № 2. – С. 33–40.
7. *Парада, С. Г.* О связи золотого оруденения северного фланга Тырныаузского месторождения с интрузивными комплексами (Кабардино-Балкарская республика) / С. Г. Парада, В. В. Столяров // Доклады Академии наук. – 2012. – Т. 445. – № 4. – С. 437–440.
8. *Емкужев, А. С.* Опыт применения крупномасштабной магнитной съемки при поисках золотого оруденения в восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская республика) / А. С. Емкужев [и др.] // Геология и геофизика Юга России. – 2013. – № 3. – С. 3–19.
9. *Бытенский, Л. И.* Аппаратурный комплекс импульсной электроразведки АИЭ-2 / Л. И. Бытенский [и др.] // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2006. – № 1. – С. 41–43.

НПК «Элгео», г. Санкт-Петербург

Тарасов В.А., главный геофизик
E-mail: vladtar@yandex.ru
Тел.: 8(812) 230 97 41,

ООО «Каббалкгеология», г. Нальчик

Емкужев М.С., главный геолог
E-mail: kbgeolog@yandex.ru

Институт аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону

Парада С.Г., д.г.-м.н., зав. отделом региональной геологии
E-mail: segripa@rambler.ru
Столяров В.В., аспирант
E-mail: parada@ssc-ras.ru

NPC “Elgeo”, Saint-Petersburg

Tarasov V.A., chief geophysicist
E-mail: vladtar@yandex.ru
Tel.: 8(812) 230 97 4

“Kabbalkgeologia” Ltd., Nalchik

Emkuzhev M.S., chief geologist
E-mail: kbgeolog@yandex.ru

Institute of Arid Zones of the Southern Scientific Centre RAS, Rostov-on-Don

Parada S.G., Sc.Doctor, Head of the Regional Geology Department
E-mail: segripa@rambler.ru
Stolarov V.V., post-graduate student
E-mail: parada@ssc-ras.ru