

И.М. Хасанов, Т.И. Михалицына¹, Л.А. Муравьев², Д.В. Макарова¹

¹ Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт

им. Н.А. Шило ДВО РАН, г. Магадан, Россия

² Институт Геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: aumaglan@yandex.ru

e-mail: mihalitsina@neisri.ru

e-mail: mlev@mail.ru

e-mail: dianka.zeta.22@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РУДНЫХ СИСТЕМ ДАЙКОВОГО ТИПА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЧАЙ-ЮРЫНСКОГО ГЛУБИННОГО РАЗЛОМА

Аннотация. Выявление геофизических признаков перспективных территорий на уровне рудных полей, месторождений и рудных тел считается одним из важнейших аспектов геофизических исследований. Однако решение данных задач, особенно на уровне месторождений и рудных тел, часто представляется сложным и трудоемким. Проблема заключается в том, что горные породы на территории исследований могут иметь схожие физические свойства, что затрудняет разграничение рудоносных дайковых тел от вмещающих пород. При использовании статистических методов обработки геофизических данных удалось выявить геолого-геофизические признаки золотокварцевого оруденения дайкового типа в пределах рассматриваемого района и произвести прогноз золотого оруденения.

В данной работе представлены результаты обработки геофизических материалов с целью выявления характерных признаков золотокварцевых месторождений дайкового типа в Центральном-Колымском регионе (Магаданская область).

Геофизический комплекс исследований состоял из электропрофилирования и магниторазведки. Для измерения геомагнитного поля использовались магнитометры MMPOS-2. Определение координат точек измерения осуществлялось с помощью приемника GPS, конструктивно связанного с магнитометром. Методикой работ предусматривалось введение вариаций геомагнитного поля. Учет вариации земного магнитного поля выполнялся с помощью программного обеспечения SURV. Работы методом электропрофилирования проводились с помощью аппаратного комплекса: АИЭ-2 по методике срединного градиента в модификации вызванной поляризации (СГ-ВП) на частоте 0.3 Гц. Питающая линия АВ=800-900 м, приемная MN=10 м.

Представленный комплекс способен решать задачи прогноза золотого оруденения в зоне влияния Чай-Юрынского разлома Яно-Колымской металлогенической системы. На основании интерпретации геофизических данных намечены поисковые геолого-геофизические признаки золотокварцевого оруденения в пределах рудного поля.

Один из перспективных методов интерпретации для определения поисковых признаков потенциальных рудных зон – это электроразведочные исследования методом вызванной поляризации.

Ключевые слова: вызванная поляризация, магниторазведка, трансформанты геофизических параметров, дайковый тип золотокварцевого оруденения, Чай-Юрынский глубинный разлом.

I.M. Khasanov, T.I. Mihalitsina¹, L.A. Muravyev², D.V. Makarova¹

¹ N.A. Shilo Northeast Interdisciplinary Research Institute, Magadan, Russia

² Institute of Geophysics Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

e-mail: aumaglan@yandex.ru

e-mail: mihalitsina@neisri.ru

e-mail: mlev@mail.ru

e-mail: dianka.zeta.22@mail.ru

USING THE METHODOLOGY OF TRANSFORMATION OF GEOPHYSICAL FIELDS IN THE STUDY OF DIKE-TYPE ORE SYSTEMS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE CHAI-YURINSKY DEEP FAULT

Abstract. Identification of prospecting geophysical signs of promising areas at the level of ore nodes and fields, deposits and ore structures (ore-localizing structures) has always been one of the main contents of geophysical research. However, especially at the deposit – ore structures level, very often the solution of these tasks becomes very difficult and difficult to implement. The problem is that, in general, rocks in the research area are quite contrasting in their physical properties; however, ore-bearing dike bodies represented by beresitized diorite-porphyrates do not always confidently differ in their physical characteristics from the sandy, carbonaceous, sulfidized and shale sedimentary rocks that contain them. The use of approaches based on statistical processing techniques in the interpretation of geophysical data made it possible to establish geological and geophysical signs of gold-quartz mineralization of the dike type within the study area and thus predict gold mineralization.

The paper presents the results of processing geophysical materials in order to create a list of features characteristic of gold-quartz deposits of the dyke type in the Central-Kolyma region (Magadan Oblast).

The geophysical research complex consisted of electrical profiling and magnetic exploration. MMPOS-2 magnetometers were used to measure the geomagnetic field. The coordinates of the measurement points were determined using a GPS receiver structurally connected to a magnetometer. The methodology of the work provided for the introduction of variations of the geomagnetic field. The variation of the Earth's magnetic field was taken into account using the SURV software. The work by the electrical profiling method was carried out using an instrument complex: AIE-2 using the median gradient method in modification of induced polarization (SG-VP) at a frequency of 0.3 Hz. Supply line AB=800-900 m, receiving line MN=10 m.

The presented set of works is capable of solving the problems of forecasting gold mineralization in the zone of influence of the Chai-Yurinsky fault of the Yana-Kolyma metallogenic system. Based on the interpretation of the geophysical data, prospecting geological and geophysical signs of gold-quartz mineralization within the ore field are outlined.

One of the promising methodological methods of interpretation in determining the search signs of potentially ore zones is electrical exploration by the method of induced polarization.

Keywords: induced polarization, magnetic exploration, transformants of geophysical parameters, dike type of gold-quartz mineralization, Chai-Yurinsky deep fault.

Введение

Систематическое геологическое изучение территории Чай-Урьинской площади начато в 30-х гг. XX века. Неизменный интерес к территории связан с наличием в долине р. Чай-Урья богатейшей россыпи золота, из которой добыто более 300 т металла, и надеждами на обнаружение ее коренных источников. Однако, в результате проведения разномасштабных поисковых и разведочных работ, как правило, носивших временный характер, за период 1960-2002 гг. не было установлено промышленно-значимых объектов, соизмеримых с масштабом уникальной Чай-Юрьинской россыпи. И лишь в результате поисковых и разведочных исследований последних лет (ООО БарГолд, ООО ЗДК) с участием авторов в центральной части Чай-Урьинской площади было выявлено золоторудное месторождение Шахтное и ряд рудопоявлений, объединенных в Урьинское рудное поле (далее Урьинское РП). Это повышает вероятность обнаружения в пределах рассматриваемой территории новых мелких объектов.

Цель настоящих исследований – изучение геофизических характеристик дайкового морфогенетического типа золотого оруденения, определения аномального эффекта от объектов рудной минерализации.

Результаты геофизических наблюдений были обработаны программным комплексом спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД [1] (блоки «Статистика», «Фильтрация») для выделения и уточнения взаимной зависимости геофизических параметров с рудной минерализацией.

Геологическая характеристика

Участок исследований расположен в пределах Чай-Юрьинской рудно-россыпной площади, локализованной в зоне сочленения двух региональных структур Яно-Колымского орогенного пояса – Аян-Юряхского антиклинория (юго-запад) и Иньяли-Дебинского синклинория (северо-восток). Эти структуры разделены глубинной Чай-Юрьинской зоной разломов, которая в современном рельефе прослеживается вдоль долины реки Чай-Урья. Разлом сопровождается интенсивной зоной деформации шириной 4-6 км, имеющей северо-западное простирание с общим падением на юго-запад и левосторонним взбросово-сдвиговым типом смещения. Образование пропилит-березитовых метасоматитов и, соответственно, проявления золотокварцевого оруденения связаны с зонами тектонических нарушений.

Территория Урьинского рудного поля, включающего в себя месторождение Шахтное, рудопроявления Верхний и Нижний Власыч, сложена морскими терригенными, вулканогенно-терригенными породами от триаса до средней юры. Литологически породы сходны друг с другом, отличаясь типом переслаивания песчаников, алевролитов и сланцев, мощностями отдельных прослоев, текстурой. Для юрских отложений отличительными особенностями являются кремнистость, карбонатность и наличие туфогенной примеси. Осадочные отложения прорваны штокообразными интрузивными телами и многочисленными дайками, образующими ареалы разнообразной формы и направления. Основной тип золоторудной минерализации Урьинского рудного поля в целом парагенетически связан с дайками нера-бохапчинского комплекса.

Установлено наличие литолого-магматических факторов локализации оруденения. Литологический контроль оруденения в пределах поля выражается в приуроченности золотого оруденения к кварцевым прожилково-жильным зонам, локализованным преимущественно в дайках. Наиболее богатым является оруденение с содержанием кварцевого материала свыше 10 % и с включением сульфидной минерализации (~2-5 %). При неоднократных тектонических процессах тела даек преобразуются и становятся более проницаемыми для гидротермальных растворов в сопоставлении с относительно однородными существенно алевро-глинистыми вмещающими породами. В условиях продвижения фронта гидротермальных растворов это могло привести к интенсивному рудоотложению (окварцеванию и сульфидизации) в благоприятной среде.

Магматический фактор контроля оруденения выражен тем, что более хрупкие, относительно вмещающей алевро-глинистой толщи, штоки и крутопадающие дайки интрузивных пород являются, в первую очередь, рудоподводящими каналами. В трудах Ю.А. Билибина (1961) [2] отмечается, что дайковые породы как более компетентные в песчано-сланцевой толще являются природными коллекторами для основного количества золотой минерализации Центральной Колымы.

Урьинское рудное поле. В пределах Урьинского РП вмещающие породы динамометаморфизованы в условиях регионального метаморфизма (начальная ступень зеленосланцевой фации – хлорит-серицитовая и стильпномелановая субфации и более высокотемпературная эпидот-амфиболитовая фация). Контактный метаморфизм, обусловленный внедрением интрузивных массивов, выделяется полями ороговикованных пород, которые фиксируют нескрытые интрузии. Измененные осадочные породы (рис. 1) характеризуются наличием пятнистых образований зачаточного кордиерита, замещенного тонкочешуйчатыми агрегатами хлорита и серицита с включением рассеянной сыпи титанистых минералов.

Рудовмещающие мелкозернистые кварцевые диорит-порфиры полностью преобразованы в лепидогранобластовый карбонат-серицит-кварцевый агрегат с размером гранобластов до 0,15 мм (рис. 1в) (усредненный состав: $Q50 \% + Src25 \% + Cc25 \% \pm Stp \pm UB$). Встречаются неправильные желтовато-бурые выделения тонкочешуйчатого стильномелана, придающие пятнистость породе (рис. 1 в, г). Возможно, часть из них расположена на участках преобразования исходных темноцветных минералов. Также, стильномелан окаймляет микротрещины, мощностью до 0,07 мм, выполненные на разных участках кварцем, серицитом или карбонатом (рис. 1 г).

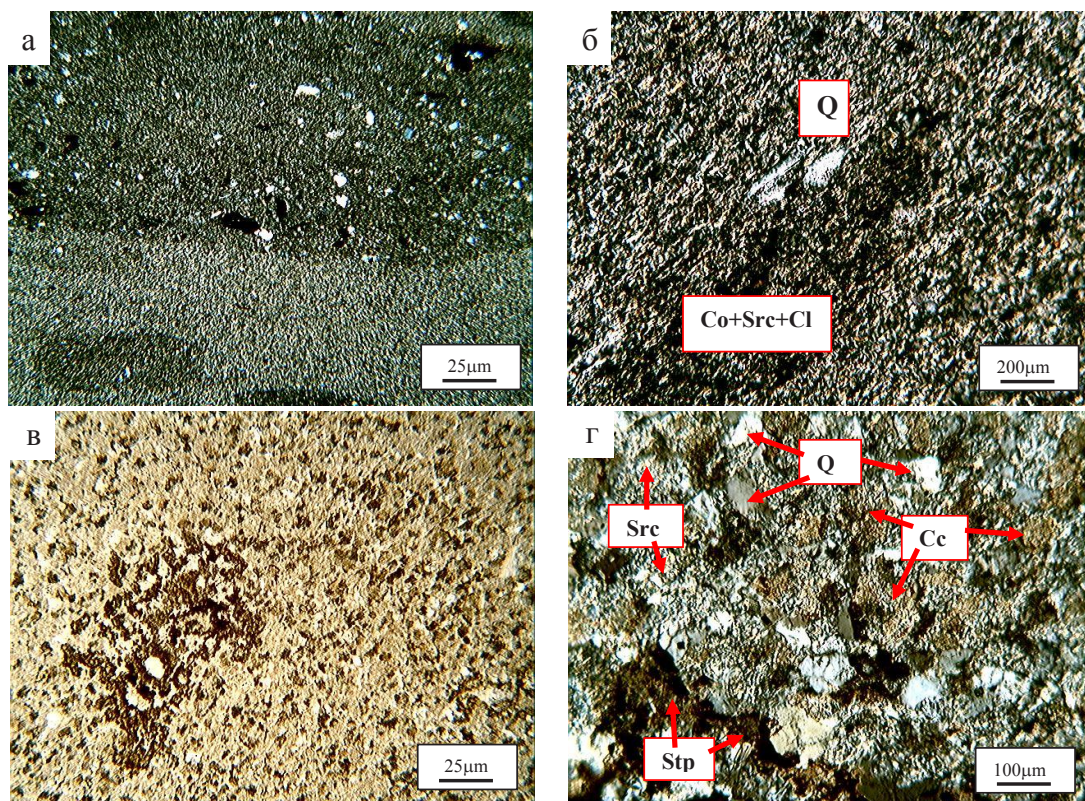


Рис. 1. Урьинское рудное поле: ороговикованный пятнистый сланец (1) шлиф, а, б с анализатором; карбонат-серицит кварцевый метасоматит по кварцевому диорит-порфиру (2) шлиф, а – без анализатора, б – с анализатором

Fig. 1. Urinskoe ore field: horny spotted shale (1) shale, а – lens 2.5, б – lens 20, with analyzer; carbonate-sericite quartz metasomatite on quartz-diorite-porphyrity (2) а – lens 2.5, б – lens 10; а – without analyzer, б – with the analyzer

Динамометаморфические преобразования, связанные с зонами стрессового воздействия, широко проявленные на площади, выражаются в пластической деформации обломков и образовании микролепидогранобластовых структур. Отмечается перераспределение углеродистого вещества и локализация его в плоскости сланцеватости в ассоциации с ильменитом, лейкоксеном, сульфидами железа (пирротин), интенсивном развитии хлорит-серицитовых агрегатов, вплоть до полного замещения ими породы. Участками, в дислоцированных породах отмечается площадное развитие мелкозернистого эпидота в ассоциации с тонкочешуйчатым хлоритом.

На регионально-метаморфические преобразования наложены метасоматические изменения, представленные березитизацией (окварцеванием, серицитизацией, карбонатизацией) с форми-

рованием прожилков сульфидно-кварцевого, хлорит-карбонат-кварцевого, карбонат-кварцевого, альбит-карбонат-кварцевого состава

Ниже рассмотрен один из объектов Урьинского рудного поля (РП) – *месторождение Шахтное*. Месторождение представлено несколькими субпараллельно расположенными окварцованными и березитизированными дайками диорит-порфиров позднеюрского возраста, пересекающимися мощной тектонической зоной (рис. 2). Общее простирание даек северо-западное, примерно, совпадающее с простиранием осадочных пород. Мощность свиты в центральной части до 80 м, на фланговых частях от 20 до 40 м, протяженность до 2000 м. Вмещающие породы представлены интенсивно дислоцированными верхнетриасовыми углеродистыми алевросланцами. Зоны дробления и смятия крутопадающие, по мощности достигают первые сотни метров. Рудовмещающие породы значительно преобразованы гидротермально-метасоматическими процессами от слабо- до полнопроявленных березитов. Первичный состав даек устанавливается по реликтовым структурам, а сами дайки сложены вторичными минералами. Золотоносность даек обусловлена развитием в них наложенной жильно-прожилково-вкрапленной продуктивной минерализации (см. рис. 2). Кварцевые прожилки (от 1,5-2,0 мм до 5 мм) и маломощные жилы (от 10 до 40 см) образуют лестнично-штокверковые системы, локализованные в основном в дайках, а на контактах с вмещающими породами они резко выклиниваются и затухают.

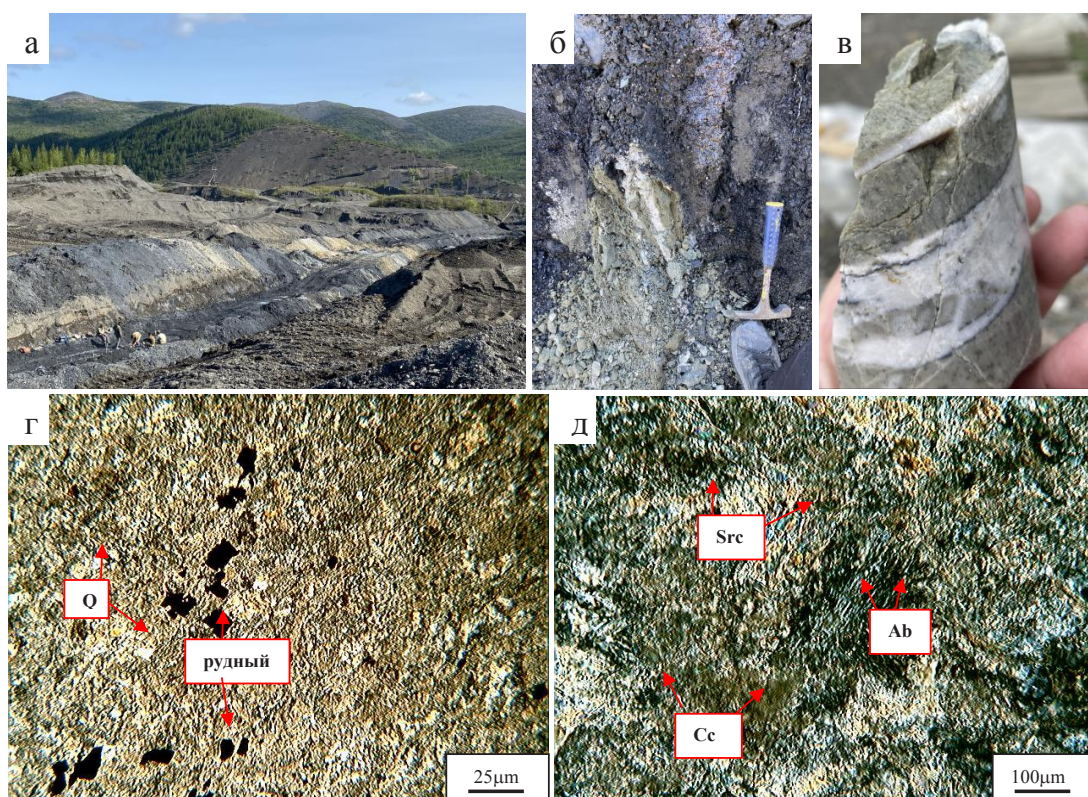


Рис. 2. Месторождение Шахтное: а) общий вид; б) тектониты, вмещающие дайку кварцевых диорит-порфиров; в) березитизированная дайка кварцевых диорит-порфиров; г, д) кварц-альбит-карбонат-серicitовый метасоматит с рудной минерализацией, микрофотографии шлифа с анализатором

Fig. 2. The Shakhtnoye deposit: а) general view; б) tectonites containing a dike of quartz-diorite-porphyrites; в) beresitized dike of quartz-diorite-porphyrites. Quartz-albite-carbonate-sericite metasomatite with ore mineralization (fully manifested beresite), shiff – г, д – with analyzer

Месторождение Шахтное относится к малосульфидной золото кварцевой формации. Золото встречается как в свободном состоянии, так и в виде тонкой вкрапленности в сульфидах. Кроме золота рудная минерализация представлена пиритом, пирротинном, арсенопиритом, галенитом, халькопиритом.

Результаты работ и их обсуждения

Структура геомагнитного поля в пределах Урьинского РП характеризуется значительными положительными аномалиями на северо-востоке и отрицательными на юго-западе. Исследуемая территория охватывает фрагмент Чай-Юрьинского глубинного разлома северо-западного простирания. На карте магнитного поля этот разлом отчетливо виден как зона интенсивного градиента, разделяющая спокойное слабо отрицательное поле, характерное для брахиморфной складчатости Аян-Юряхского антиклинория, и напряженное знакопеременное магнитное поле, связанное с линейно дислоцированными формациями Иньяли-Дебинского синклинория (рис. 3).

Основные рудопроявления и мелкие месторождения располагаются в зоне влияния Чай-Юрьинского разлома и приурочены к узлам пересечения его с поперечными разрывными нарушениями. Одним из таких участков является Урьинское рудное поле вмещающее месторождение Шахтное (см. рис. 3).

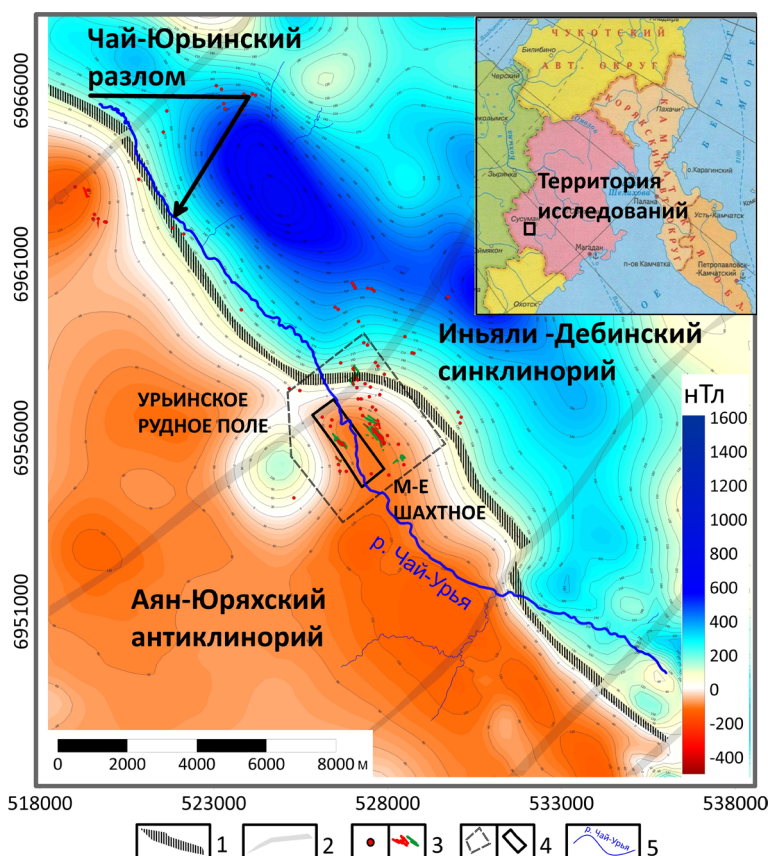


Рис. 3. Геомагнитное поле Чай-Юрьинской площади: 1 – зона Чай-Юрьинского глубинного разлома; 2 – скрытые разломы северо-восточного простирания; 3 – точки рудной минерализации (а) и зоны кварцевой прожилкования (б); 4 – площади магниторазведочных (Урьинское РП) работ (а) и электроразведочных (месторождение Шахтное) исследований (б); 5 – гидросеть

Fig. 3. The geomagnetic field of the Chai-Yurinsky area: 1 – the Chai-Yurinsky deep fault zone; 2 – hidden faults of the north-eastern strike; 3 – points of ore mineralization (a) and quartz veining zones (b); 4 – areas of magnetic exploration (Urinskoye ore field) works (a) and electrical exploration (Shakhtnoye deposit) research (b); 5 – Hydro grid

Территория Урьинского рудного поля покрыта наземной магнитной съемкой масштаба 1:10 000 (рис. 4). Основным структурным элементом является зона Чай-Юрьинского глубинного разлома. Она фиксируется полосой повышенной концентрации локальных аномалий магнитного поля разного знака, мощностью 1,5-2 км (рис. 4, 4-2). В границах очерченной зоны разлома расположены основные месторождения и рудопроявления рудного поля.

Локальные низкоамплитудные положительные аномалии интенсивностью от 2 до 30 нТл связаны с телами даек среднего состава, как эродированными, так и не выходящими на поверхность (рис. 4, 5-2).

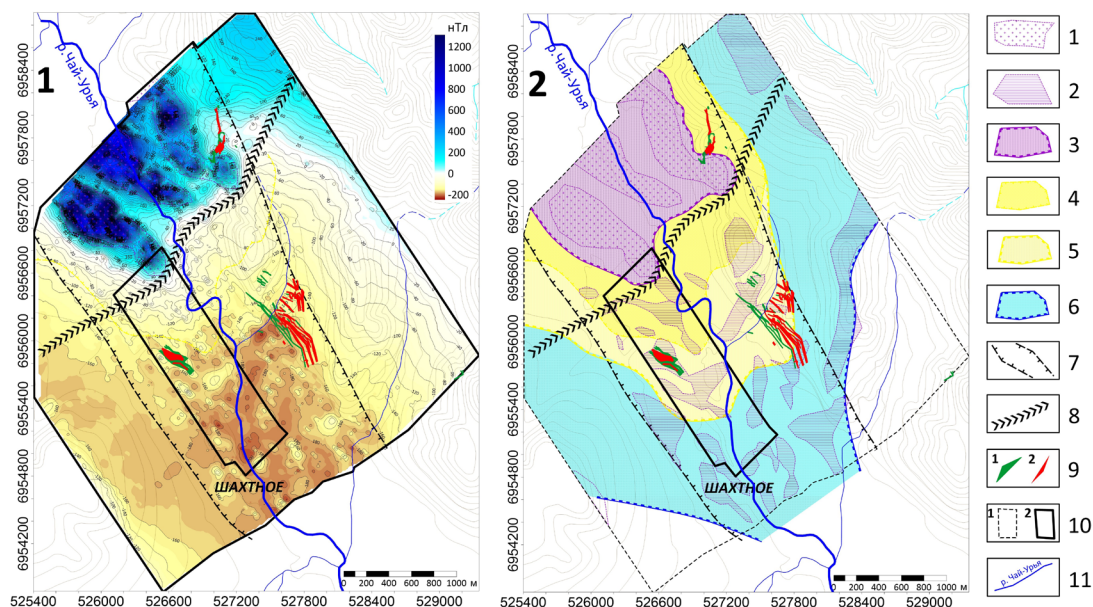


Рис. 4. План изолиний аномального магнитного поля (1), схема интерпретации магниторазведочных данных территории Урьинского рудного поля. Условные обозначения: 1) малые дайкообразные интрузивные тела не вскрытые эрозией; 2) дайки среднего состава, частично вскрытые эрозией; 3) ореол ороговикованных пород; 4) ореол дислокационно-метаморфизованных милонитизированных березитов; 5) ореол березитизированных пород; 6) ореол практически не изменённых пород (дynamo метаморфически только); 7) зона Чай-Юрьинского глубинного разлома; 8) скрытый поперечный разлом; 9) рудоносные дайки и зоны прожилково-жильного окварцевания; 10) площади магниторазведочных (Урьинское рудное поле) работ (1) и электроразведочных (месторождение Шахтное) исследований (2); 11) гидросеть

Fig. 4. Plan of isolines of the anomalous magnetic field (1), scheme of interpretation of magnetic exploration data of the territory of the Uryinsky ore field. Symbols: 1) Small dike-like intrusive bodies not exposed by erosion; 2) Dikes of medium composition, partially exposed by erosion; 3) The halo of horned rocks. 4) Halo of contact-altered rocks. 5) Halo of beresitized rocks; 6) Halo of practically unchanged rocks (dynamo metamorphically only); 7) The Chai-Yurinsky deep fault zone; 8) Hidden transverse fault; 9) Ore-bearing dykes and zones of vein-vein calcification; 10) Areas of magnetic exploration (Uryinskoe ore field) works (1) and electrical exploration (Shakhtnoye deposit) studies (2); 11) Hydro grid

В пределах северо-западной части исследуемого фрагмента Чай-Юрьинского разлома прогнозируются нескрытые малые (200'400м) интрузивные тела, фиксирующиеся локальными высокоамплитудными положительными аномалиями магнитного поля интенсивностью от 30 до 300 нТл, с развитием ореолов ороговикования, которые определяются областью положительного магнитного поля напряженностью от 40 до 1300 нТл. и ареалом значений дисперсии аномального магнитного поля свыше 10 000 усл. ед (рис. 1, 4, 5).

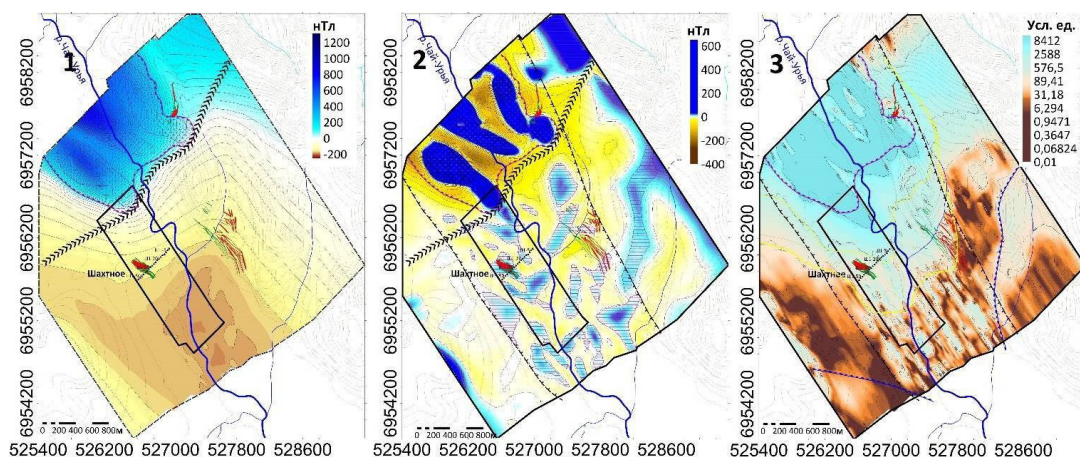


Рис. 5. Планы изолиний региональной (1), локальной (2) составляющей и дисперсии (3) магнитного поля Уринского рудного поля

Fig. 5. Plans of isolines of the regional (1), local (2) component and dispersion (3) of the magnetic field of the Urinskoe ore field

Геологическое строение остальной части исследуемой территории представляет собой зону перехода между различными областями изменений в экзоконтактовой части интрузивных образований. Гидротермально-метасоматически измененные породы представлены дислокационно-метаморфизованными милонитизированными березитами (характерная минерализация – кварц, альбит, карбонат, серицит, пирит ($\pm$ пирротин), арсенопирит, самородное золото) и характеризуются областью отрицательного магнитного поля напряженностью от -5 до -100 нТл (см. рис. 2, 4). Значения дисперсии аномального магнитного поля находятся в диапазоне от 1 000 до 10 000 усл. ед. Для данной зоны характерна сильная рассланцованность метасоматически измененных кварцевых диорит-порфиритов, осадочные породы преобразованы в тектониты (первичная структура полностью утрачена).

По мере удаления от контактовой зоны наблюдается затухание процессов милонитизации и катаклаза. В различной степени березитизированные породы характеризуются массивной текстурой, в осадочных породах сохраняется первичная структура. Данные отложения фиксируются областью отрицательного магнитного поля напряженностью от -120 до -200 нТл и значениями дисперсии аномального магнитного поля в диапазоне от 100 до 1 000 усл. ед. Во всех типах пород отмечается рассеянная сыпь лейкоксена.

Геологическая среда, слабо затронутая контактовым метаморфизмом, занимает юго-восточную часть территории исследований. Она характеризуется отрицательными значениями магнитного поля в широком диапазоне от 0 до -200 нТл и значениями дисперсии аномального магнитного поля в диапазоне от 10 до 100 усл. ед. (рис. 3, 4).

Промышленно значимые рудные объекты расположены в пределах зоны развития динамо-метаморфизованных березитов с наложенной сульфидно-жильной минерализацией. Наиболее представительным объектом дайкового типа золотого оруденения на площади является рассматриваемое выше месторождение Шахтное.

В пределах границ месторождения наземными геофизическими исследованиями (методом срединного градиента – СГ-ВП) было изучено строение прогнозируемых рудных зон.

По геологическим данным объектами поиска являются рудоносные зоны, представляющие собой систему сближенных даек, насыщенных рудной кварц-сульфидной минерализацией (не менее 10 %) как прожилкового, так и прожилково-вкрапленного типа. Связаны они с разрывными нарушениями преимущественно северо-западного простирания. Отмечается, что процессы

окварцевания, как правило, приводят к увеличению удельного электрического сопротивления и снижению вызванной поляризации, а высокие концентрации сульфидов ведут к росту параметра вызванной поляризации, тогда как разрывные нарушения снижают удельное электрическое сопротивление. Эти «разнонаправленные» процессы, характерные для формирования рудоносных зон, приводят к сложным геофизическим полям, которые не позволяют их однозначно интерпретировать.

Так, рудоносные дайки сопровождаются зонами градиентов УЭС и ВП, их слабое прослеживание позволяет установить лишь основные аномалообразующие эффекты, определяющие положение потенциально рудомещающих объектов, но не самих рудоносных зон (рис. 6). Применение в обработке статистических характеристик дает возможность достаточно уверенно по аномалиям эксцесса, асимметрии и регрессии выявлять потенциально рудоносные зоны (рис. 7). По указанным геофизическим признакам потенциально рудоносная зона, локализованная в дайках, уверенно прослеживается по простиранию к северо-западу и юго-востоку.

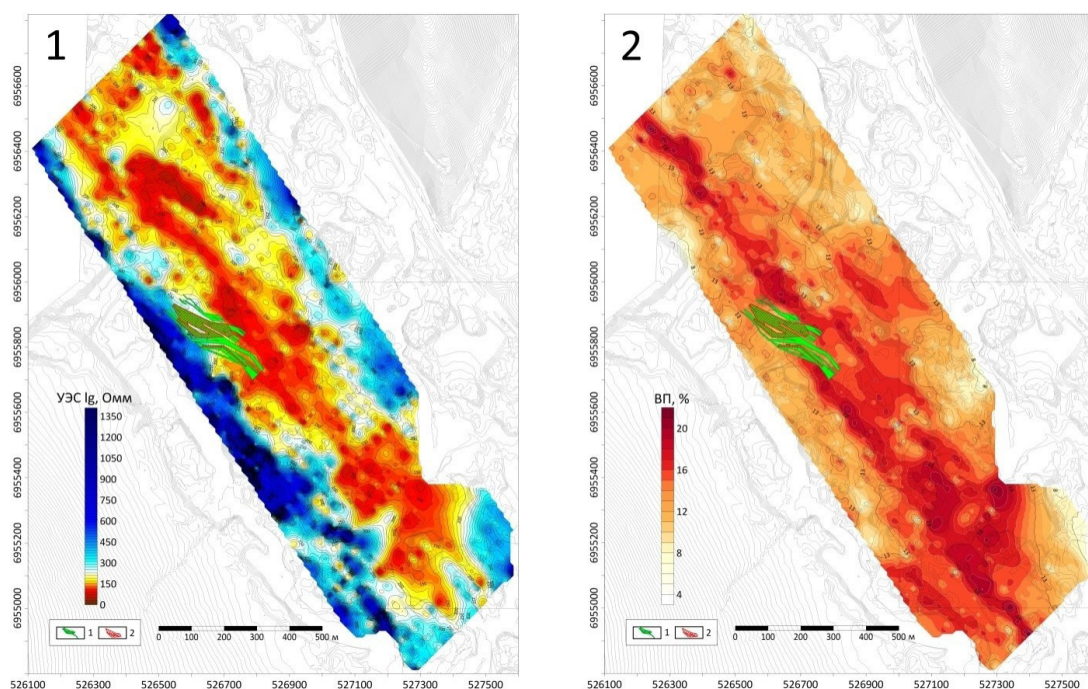


Рис. 6. План изолиний удельного электрического сопротивления (1), план изолиний вызванной поляризации (2) месторождения Шахтное. Условные обозначения: 1) рудоносные дайки; 2) зоны прожилково-жильного окварцевания

Fig. 6. Plan of isolines of electrical resistivity (1), plan of isolines of induced polarization (2) of the Shakhhtnoye deposit. Symbols: 1) ore-bearing dykes; 2) zones of vein-vein calcification

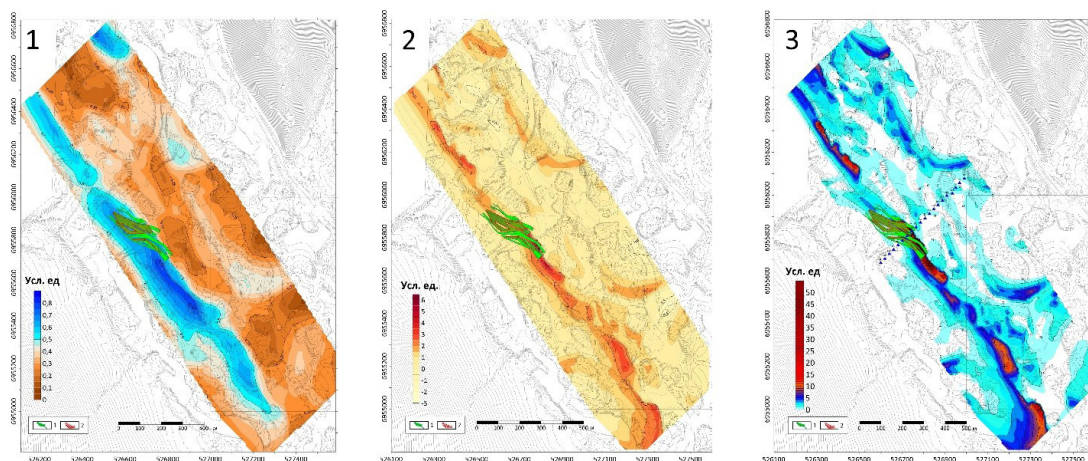


Рис. 7. Планы изолиний регрессии (1), асимметрии (2) и эксцесса (3), удельного сопротивления территории месторождения Шахтное. Условные обозначения: 1) рудоносные дайки; 2) зоны прожилково-жильного окварцевания;

Fig. 7. Plans of regression isolines (1), asymmetry (2) and kurtosis (3), resistivity of the territory of the Shakhtnoye deposit. Symbols: 1) ore-bearing dykes 2) zones of vein-vein calcification

Закключение

Исходя из вышеизложенных особенностей геолого-геофизической модели геологической среды Урьинского рудного поля и месторождения Шахтное представляется возможным выделение совокупности геофизических факторов (признаков), контролирующих размещение золотокварцевого оруденения, к которым относятся следующие.

На уровне рудного поля. Геологическая среда рудного поля приурочена к экзоконтактовой части и характеризуется зональным строением; отмечается областью отрицательного магнитного поля напряженностью от -5 до -200 нТл. и значениями дисперсии аномального магнитного поля в диапазоне от 100 до 10 000 усл. ед. Она насыщена потенциально рудолокализирующими дайковыми телами, которые фиксируются локальными низкоамплитудными положительными аномалиями магнитного поля интенсивностью от 2 до 30 нТл.

На уровне месторождения. Рудоносные зоны – дайки приурочены к зонам градиента удельного электрического сопротивления и вызванной поляризации. Рой рудоносных даек уверенно фиксируется аномалиями трансформант параметра УЭС – эксцесса, асимметрии и регрессии.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству ООО «Золотодобывающая Корпорация» за возможность проведения полевых работ на исследуемой площади.

Литература

1. Никитин, А.А Петров А.В. Теоретические основы обработки геофизической информации: учебное пособие / А.А Никитин, А.В. Петров. – Москва : Издательство. – 2008. – 112 стр. – Текст : непосредственный.
2. Билибин, Ю.А. Избранные труды [Текст] : [В 4 т.] / [Вступ. статья В. И. Серпухова] ; Акад. наук СССР. – Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1958-1963. – 4 т.; 27 см. – 518 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Nikitin, A.A Petrov A.V. Teoreticheskie osnovy obrabotki geofizicheskoy informacii: uchebnoe posobie / A.A Nikitin, A.V. Petrov. – Moskva : Izdatel'stvo. – 2008. – 112 str. – Tekst : neposredstvennyj.
2. Bilibin, Ju.A. Izbrannye trudy [Tekst] : [V 4 t.] / [Vstup. stat'ja V. I. Serpuhova] ; Akad. nauk SSSR. – Moskva : Izd-vo Akad. nauk SSSR, 1958-1963. – 4 t.; 27 sm. – 518 s. – Tekst : neposredstvennyj.

Сведения об авторах

ХАСАНОВ Ибрагим Мубаракovich – к.г.-м.н., в.н.с., Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило ДВО РАН, e-mail: aumaglan@yandex.ru

KHASANOV Ibragim Mubarakovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, N.A. Shilo Northeast Interdisciplinary Research Institute, FEB RAS, e-mail: aumaglan@yandex.ru

МИХАЛИЦЫНА Татьяна Ивановна – к.г.-м.н., с.н.с., Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило ДВО РАН, e-mail: mihalitsina@neisri.ru

MIKHALITSYNA Tatyana Ivanovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, N.A. Shilo Northeast Interdisciplinary Research Institute, FEB RAS, e-mail: mihalitsina@neisri.ru

МУРАВЬЕВ Лев Анатольевич – к.т.н., зав. лаб. региональной геофизики, Институт Геофизики УрО РАН, e-mail: mlev@mail.ru

MURAVYEV Lev Anatolevich, Candidate of Engineering Sciences, Head of the Laboratory of Regional Geophysics, Institute of Geophysics Ural Branch of RAS, e-mail: mlev@mail.ru

МАКАРОВА Диана Владимировна, ст. инженер, ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило ДВО РАН, e-mail: dianka.zeta.22@mail.ru

MAKAROVA Diana Vladimirovna, Senior Engineer, N.A. Shilo Northeast Interdisciplinary Research Institute, FEB RAS, e-mail: dianka.zeta.22@mail.ru