

УДК: 553.4(571.65)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ РУДНЫХ СИСТЕМ В ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ НА ПРИМЕРЕ РУДНОГО ПОЛЯ КРАСИВОЕ БАСУГУНЬИНСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА (Яно-Колымская металлогеническая система)

Хасанов И. М.^{ID}, Михалицына Т. И., Макарова Д. В.

*ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
им. Н. А. Шило ДВО РАН, г. Магадан
E-mail: aumaglan@yandex.ru*

В статье приведены результаты геолого-геофизических исследований, выполненные в пределах рудного поля Красивое, входящего в состав Басугуньинского рудно-россыпного узла Яно-Колымской металлогенической системы. Описан комплексный подход к оценке связи геохимических и геофизических аномалий с геологическим строением территории. Использован аппарат статистического анализа геофизических данных. Предложен комплекс геологических, геохимических и геофизических признаков потенциально рудолокализирующих участков в пределах изучаемой территории.

Ключевые слова: Басугуньинский рудно-россыпной узел, рудное поле, электро-профилирование, магнитное поле, дисперсия, золото-редкометальная ассоциация.

DOI: 10.34078/1814-0998-2024-2-35-44

ВВЕДЕНИЕ

Геолого-геофизические исследования, развивающиеся на территории Центрально-Колымского региона (ЦКР) в последние годы, наряду с традиционными подходами к интерпретации данных для практических задач углубились в разработку новых средств преобразования потенциальных полей. Прежде всего, это связано с получением различных трансформаций аномального магнитного и электрического полей и их сравнением с современной геологической картой района для получения дополнительной информации об особенностях геологического строения и тектонике рассматриваемой территории.

Использование при интерпретации геофизических данных, подходов, основанных на статистических, классификационных и прочих приемах обработки, позволяет установить признаки проявления гидротермально-метасоматических процессов и, таким образом, прогнозировать золотое оруденение. В работе представлены результаты обработки геофизических материалов с целью создания перечня признаков, характерных для месторождений золото-редкометальной ми-

нерализации Центрально-Колымского региона (Магаданская область). Исследования проводились в пределах рудного поля Красивое, входящего в состав Басугуньинского рудно-россыпного узла Яно-Колымской металлогенической системы (рис. 1).

Основными задачами проведения геофизических работ являются выяснение возможности трансформант магнитного и электрического полей для установления аномального эффекта от основных элементов геологического строения рассматриваемой территории, в том числе потенциально рудных объектов.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу статьи положены материалы, полученные авторами при полевых работах, проведенных в составе ООО «Золотодобывающая Корпорация», и лабораторных исследований в СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан). Каменный материал отбирался из естественных обнажений всех литологических разностей горных пород, представленных на территории исследований (более 500 проб). Геохимическое районирование рудного поля проведено по результатам анализа литохимических проб (более 2400), отобранных по профилям северо-западного простирания (шаг опробования 100 × 20 м). Химико-

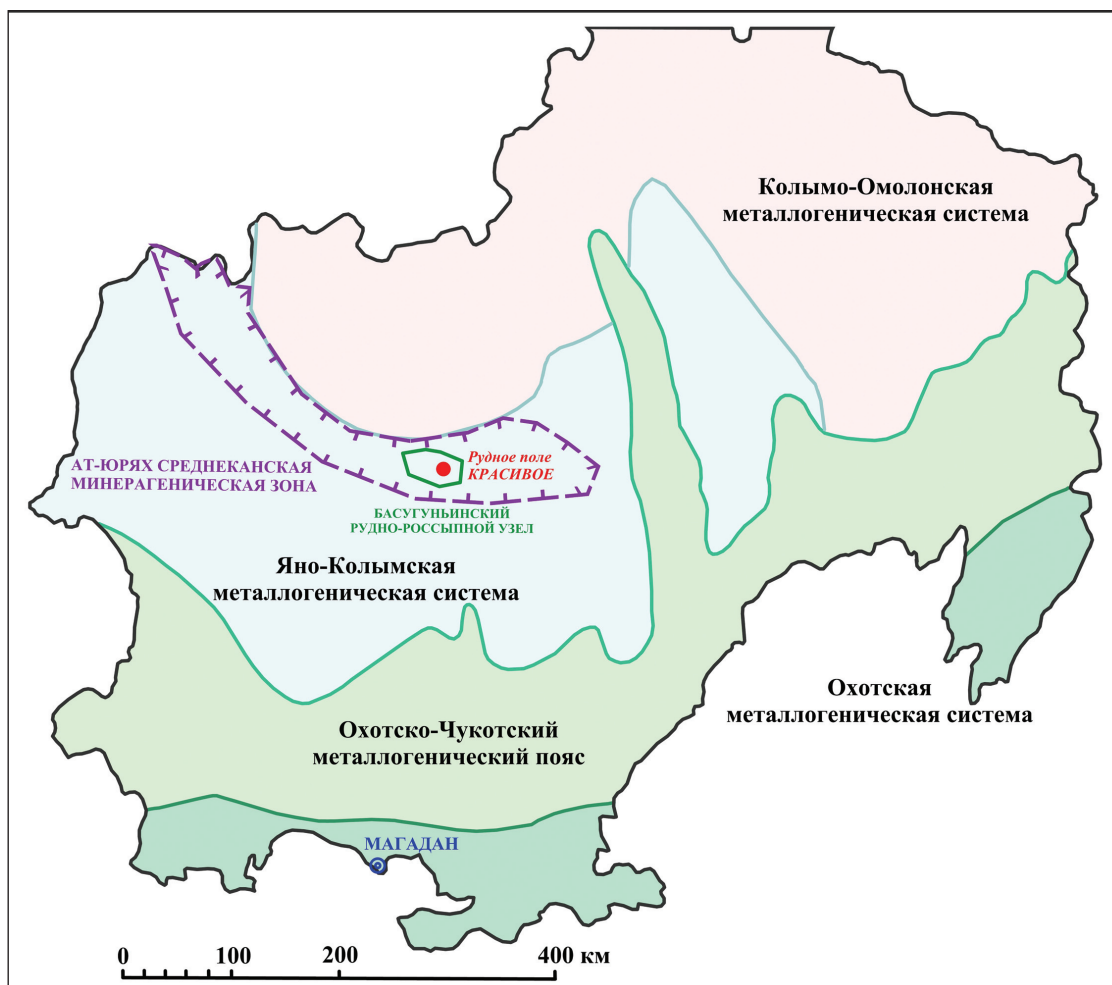


Рис. 1. Обзорная схема района работ на металлогенической основе (Родионов и др., 2005).

Fig. 1. Overview of the metallogeny-based work area (Rodionov et al., 2005).

аналитические работы выполнены методом атомно-эмиссионной спектроскопии (Arc-AES) на 22 элемента – Ag, As, B, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Ge, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Sn, U, V, W, Zn (ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей», Россия, г. Москва). Содержание золота в пробах (в г/т) определялось в Аналитическом центре БГГЭ (г. Бронницы). Выделение ассоциаций химических элементов проводили методами математической статистики – корреляционным и факторным анализами (Китаев, 1990). Выполнены оптико-минералогические исследования (поляризационный микроскоп Axioplan Imagin) 120 препаратов. Проведены комплексные геофизические исследования, включающие в себя магниторазведку, электропрофилирование методом среднего градиента (СГ; по сети 100×20 м). Получены параметры: полный вектор магнитной индукции (Т), кажущегося удельного сопротивления (УЭС), магнитной восприимчивости образцов горных пород, метасоматитов и руд.

Для выполнения магнитометрической съемки использовались магнитометры ММPOS-2 с оп-

цией GPS. Определение координат точек измерения осуществлялось с помощью приемника GPS, конструктивно связанного с магнитометром. Вариации магнитного поля Земли регистрировались в течение всего времени съемки и осуществлялись с помощью магнитометра ММPOS-2, стационарно установленного вблизи лагеря полевого отряда, а учет – с помощью программного обеспечения SURV.

Электроразведка методом СГ выполнялась комплектом аппаратуры, состоящим из генератора АСТРА и измерителя МЭРИ-24. Исследования выполнялись на частоте 625 Гц с последующим вычислением кажущегося удельного сопротивления (УЭС). Петрофизические исследования проводились капнометром ИМВ-2.

Результаты геофизических наблюдений обрабатывались программным комплексом спектрально-корреляционного анализа данных (COSCAD 3D) с целью выделения и уточнения взаимосвязи геофизических полей с литологическим строением и рудной минерализацией территории (Никитин и др., 2010; Никитин, 2011).

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНОГО УЗЛА

Район исследований расположен в пределах Ат-Юрях-Среднеканской золотоносной минерагенической зоны Яно-Колымского металлогенического пояса и охватывает восточную часть Басугуньинского рудно-россыпного узла. В структурном плане рассматриваемая территория приурочена к юго-восточной оконечности Иньяли-Дебинского мегасинклинория, входящего в состав Куларо-Нерского турбидитового террейна (рис. 1).

Рудно-россыпной узел включает в себя рудные поля Светлинское (рудопроявление Осна) и Красивое (рудопроявления Красивое, Кормовое), развитые в гранитоидах и в их надинтрузивных зонах. В пределах узла известна также россыпь в верхнем течении руч. Светлый. Узел характеризуется развитием оруденения золото-кварцевой и золото-редкометальной формаций (Гамянин и др., 1998).

Рудное поле Красивое расположено в восточной части рудно-россыпного узла и приурочено к южному экзо- и эндоконтакту одноименного гранитоидного массива, относящегося к диорит-гранит-гранодиоритовой формации Басугуньинского комплекса (J_3b). Характер метасоматических изменений соответствует эпидот-хлоритовой фации. Абсолютный возраст по данным Rb–Sr-изохронного датирования массива Красивый (Утинская группа штоков) определен 145 млн л. при первичном отношении изотопов стронция 0.711 (Горячев и др., 2003).

Вмещающие породы представлены верхоянским комплексом юрской системы (дебинская свита J_2db_{1-2}), относящейся к Дебинской структурно-фациальной зоне. По литологическому составу дебинская свита подразделяется на две согласно залегающие подсвиты – нижне- и среднедебинскую. Нижнедебинская подсвита (J_2db_1) является маркирующей, сложена туфопесчаниками, глинистыми алевролитами, аргиллитами, песчаниками, прослоями гравелитов. Туфопесчаники характеризуются плохой сортировкой обломочного материала, наличием гравийных и уплощенных неокатанных обломков черных аргиллитов. Среднедебинская подсвита (J_2db_2) представлена темно-серыми аргиллитами, переслаивающимися с глинистыми алевролитами и туфопесчаниками, реже песчаниками. Для отложений подсвиты характерны горизонтальная, волнистая и косая слоистость.

Осадочные породы в различной степени ороговикованы, местами до образования слюдистых и биотитовых роговиков. Имеют пологое наклонное залегание с падением на запад, юго-запад, осложненное разрывными нарушениями северо-

западного направления и северо-восточного простирания.

Рудопроявление Красивое (верховье руч. Дуга) (рис. 2) приурочено к центральной (сводовой) части локальной интрузивно-купольной структуры, осложняющей внутреннее строение южной части гранитоидного массива Красивый. Рудовмещающие породы представлены мелко-среднезернистыми биотит-роговообманковыми гранодиоритами, реже кварцевыми диоритами. Породы в разной степени затронуты гидротермально-метасоматическими изменениями – минеральные парагенезисы соответствуют хлорит-кальцитовой и хлорит-эпидотовой фации с последующими процессами березитизации (серицит-кварцевые метасоматиты), сопровождающими окварцевание и рудную минерализацию. Рудные тела представлены прожилково-жильными зонами сульфидно-кварцевого, кварцевого состава. В целом общая сульфидизация пород не превышает 1–2 %.

Рудопроявление Кормовое (рис. 2) приурочено к южному эндо- и экзоконтакту гранитоидного массива Красивый и осадочных пород. Рудовмещающие породы и их гидротермально-метасоматические преобразования аналогичны рудопроявлению Красивое. Для участка Кормовой характерны жильный и прожилково-жильный морфологические типы рудных тел. Количество сульфидов колеблется от 2–3 % до 5 %, редко больше, распределение неравномерное, мелкогнездовое.

В целом рудная минерализация представлена арсенопиритом, леллингитом, висмутсодержащими минералами, самородным золотом.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Геохимические исследования. В пределах *рудного поля Красивое* геохимическими исследованиями охвачена центральная часть комплексной геохимической аномалии I порядка. Установлено наличие изометрических в плане аномалий золота и протяженных контрастных аномалий мышьяка, висмута, олова, вольфрама. Выявлены многочисленные локальные слабоконтрастные аномалии молибдена, цинка, меди, свинца и серебра (комплексные аномалии II порядка).

На основании различия в составе аномальных элементов, их концентрации и контрастности выделены зонально располагающиеся аномалии олово-полиметаллической и золото-редкометальной специализации, а также их фланговые части, представленные набором локальных аномалий полиметаллического спектра (рис. 3).

Комплексная геохимическая аномалия (II порядка) олово-полиметаллической специализации прослеживается в северо-восточной части изученной территории и охватывает рудопроявление

Кормовое (приводораздельная часть руч. Кормовой). Аномалия линейной формы вытянута в северо-западном направлении, оконтурена по участкам с повышенными значениями содер-

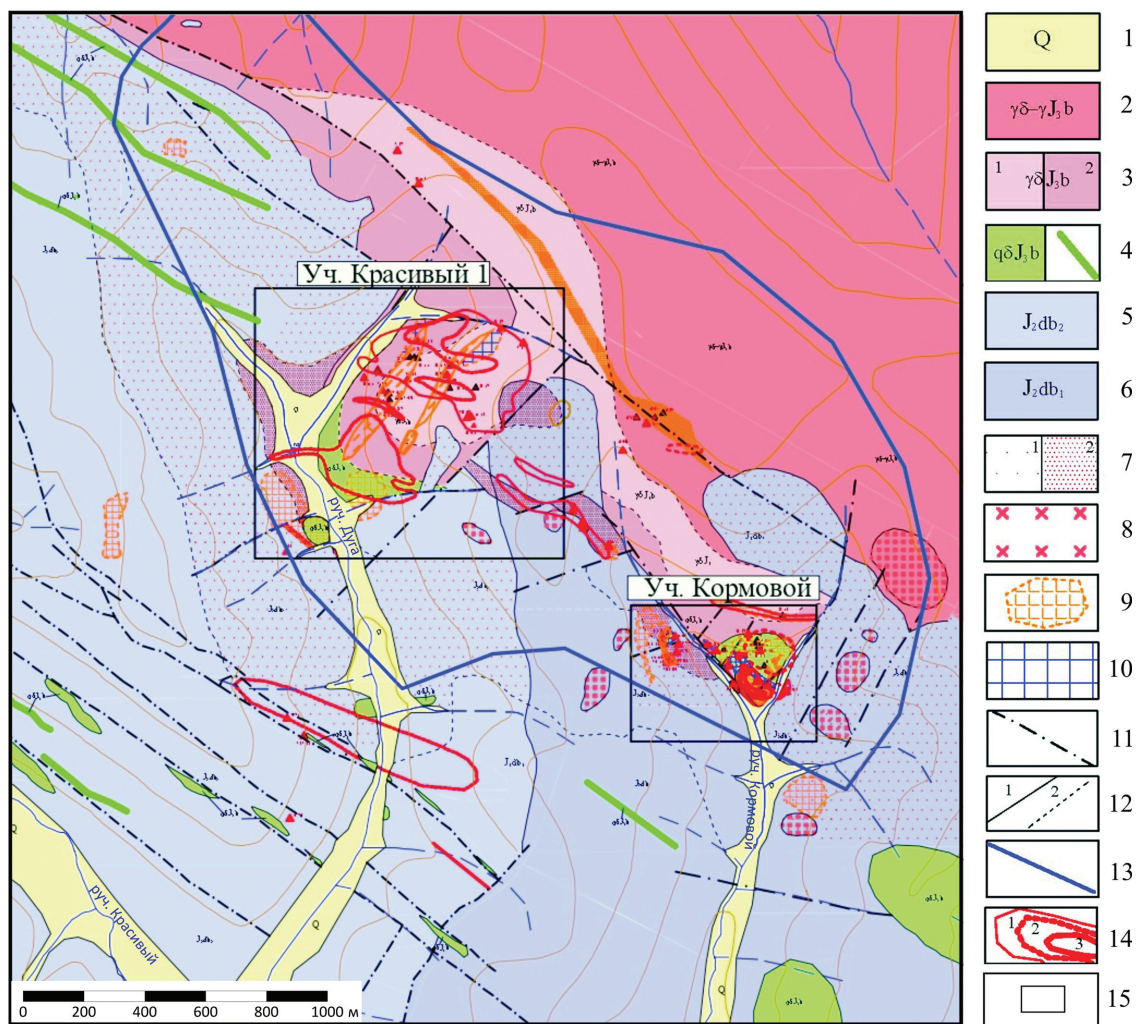


Рис. 2. Геологическое строение рудного поля Красивое.

Условные обозначения: 1 – современные аллювиальные и делювиальные отложения; 2–4 – басугуньинский интрузивный комплекс: 2 – граниты и гранодиориты биотитовые среднезернистые, неразделенные; 3 – гранодиориты: (1) – среднезернистые, (2) – мелкозернистые; 4 – диориты, кварцевые диориты: (1) – штоки, (2) – дайки; 5, 6 – среднеюрские породы (дебинская свита): 5 – верхняя подсвита (аргиллиты, алевролиты, редкие прослои песчаников); 6 – нижняя подсвита (алевролиты, прослои песчаников, туфопесчаников, аргиллитов); 7 – контактово-метаморфизованные породы: (1) – ороговикованные осадочные отложения, (2) – роговики; 8 – штоки гранитоидного состава (по геофизическим данным); 9 – площадные развалы жил и прожилков кварцевого, хлорит-кварцевого состава; 10 – участки прожилково-вкрапленной сульфидно-кварцевой минерализации; 11 – разрывные нарушения; 12 – геологические границы разновозрастных пород (1) и фациальных изменений в породах (2); 13 – границы комплексных геохимических аномалий I порядка; 14 – геохимические аномалии золота (г/т): (1) – > 0.01 , (2) – > 0.03 г/т, (3) – > 0.1 г/т; 15 – контуры рудопроявлений.

Fig. 2. The Krasivoye ore field geological structure.

Legend: 1 – modern alluvial and deluvial deposits; 2–4 – Basugunya intrusive complex: 2 – granites and granodiorites (biotite medium-grained, undivided); 3 – granodiorites: (1) – medium-grained, (2) – fine-grained; 4 – diorites, quartz diorites: (1) – stocks, (2) – dykes; 5, 6 – Mid-Jurassic rocks (Debin formation): 5 – upper subformation (mudstones, siltstones, rare sandstone interlayers); 6 – lower subformation (siltstones; sandstone, tuff sandstone, mudstone interlayers); 7 – contact-metamorphosed rocks: (1) – horny sedimentary deposits, (2) – hornfels; 8 – granitoid stocks (according to geophysical data); 9 – areal scatters of lodes and veins of quartz and chlorite-quartz compositions; 10 – areas of vein-disseminated sulfide-quartz mineralization; 11 – faults; 12 – geological boundaries of rocks of different ages (1) and facial changes in rocks (2); 13 – boundaries of complex geochemical anomalies of the 1st order; 14 – geochemical anomalies of gold (g/t): (1) – > 0.01 , (2) – > 0.03 g/t, (3) – > 0.1 g/t; 15 – contours of ore occurrences.

жания мышьяка (> 900 г/т), висмута ($> 15\text{--}30$, до 50 г/т). Аномальные значения олова ($6\text{--}10$ г/т) приурочены к центральной части комплексной аномалии. Пространственно она приурочена к зоне влияния Басугуньинского регионального разлома. В обобщенном виде геохимическая зональность для аномалий олово-полиметаллического

спектра выражается в смене состава и содержания элементов от центра к периферии: Sn, Bi, As (W) – Sn, Ag (Au) – Ag, Cu (Mo).

Геохимическая аномалия (II порядка) золото-редкометальной специализации охватывает рудопроявление Красивое (в верховьях руч. Дуга). Она ориентирована в северо-восточном направлении

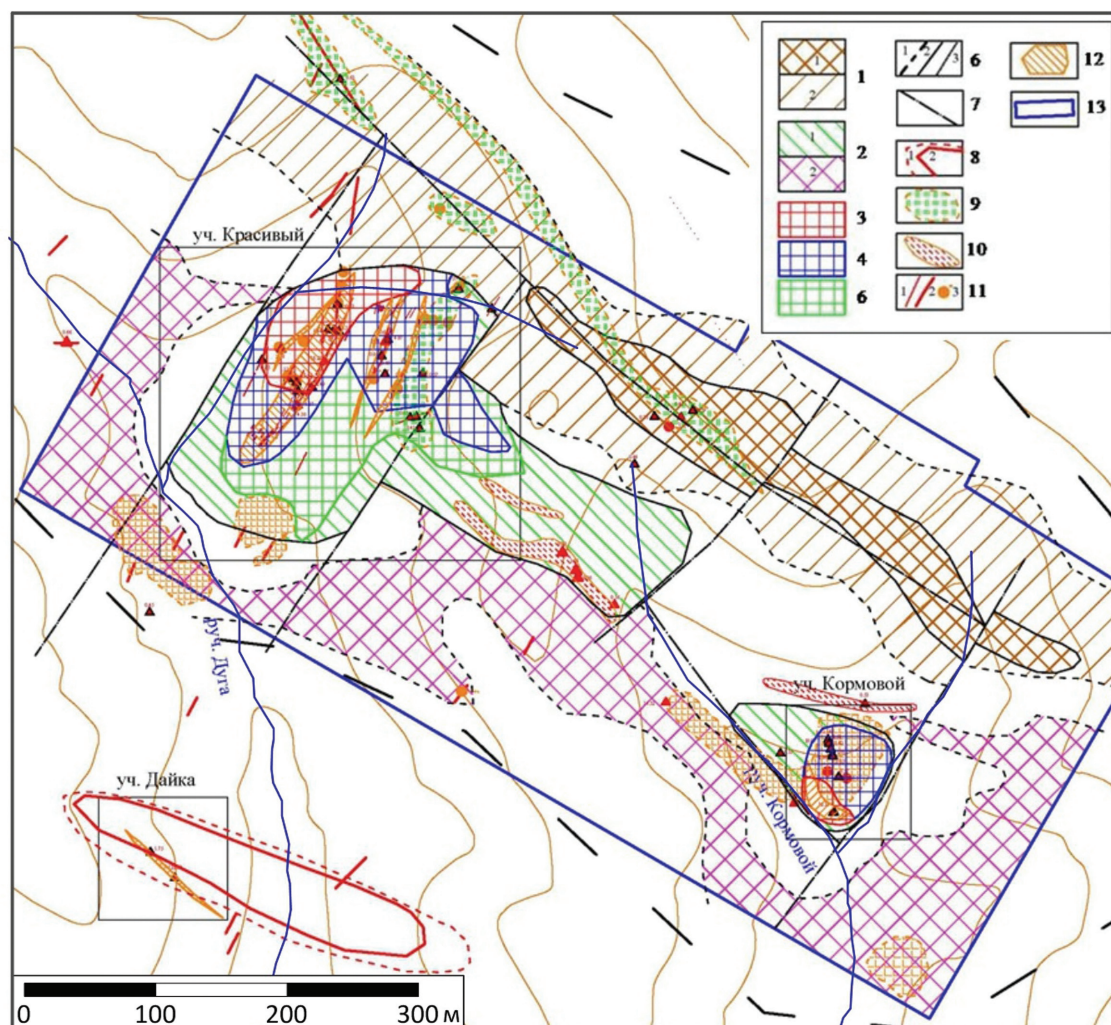


Рис. 3. Схема геохимической зональности рудного поля Красивое.

Условные обозначения: комплексные аномалии II порядка: 1 – олово-полиметаллической специализации центральной (1), фланговых (2) частей, 2 – золото-редкометальной ассоциации (1) и ее фланговых частей (2); уровни среза рудных тел 3 – рудный, 4 – верхнерудный, 5 – надрудный; 6 – границы аномалии I порядка (1), II порядка (2) и их фланговых (3) частей; 7 – зоны тектонических нарушений; 8 – литохимические аномалии Au по данным ранее проведенных работ (Нехорошков, 1986); 9 – участки гидротермально-метасоматических измененных пород; 10 – участки сульфидно-кварцевого прожилкования (геолого-геохимические данные); 11 – жилы и прожилки сульфидно-кварцевого (1), кварцевого (2) состава (2), вкрапленной сульфидизации пород (3); 12 – участки сульфидно-кварцевого и кварцевого прожилкования пород; 13 – контур площади литохимического опробования.

Fig. 3. Scheme of the Krasivoye ore field geochemical zonality.

Legend: complex second-order anomalies: 1 – tin-polymetallic specialization of the central (1) and flanking (2) parts, 2 – gold-rare metal association (1) and its flanking parts (2); levels of the ore bodies section: 3 – ore, 4 – upper-ore, 5 – supra-ore; 6 – boundaries of the first-order (1) and second-order (2) anomalies with their flanking (3) parts; 7 – zones of tectonic disturbances; 8 – lithochemical anomalies of Au according to previous works (Nekhoroshkov, 1986); 9 – sites of hydrothermal-metasomatic altered rocks; 10 – sites of sulfide-quartz veining (geological and geochemical data); 11 – lodes and veins of sulfide-quartz (1) and quartz (2) composition, impregnated sulfidization of rocks (3); 12 – sites of sulfide-quartz and quartz veining of rocks; 13 – contour of the lithochemical sampling area.

и приурочена к площади локальной интрузивно-купольной структуры, сложенной разномасштабными гранодиоритами и диоритами. В ее состав вошли участки со значительно повышенными значениями золота (0.01–0.03, в отдельных точках до 0.1–0.3 г/т), мышьяка (до 1500–2000 г/т), висмута (до 15–40 г/т), а также менее интенсивные площадные аномалии вольфрама (5–10 г/т) и олова (6–8 г/т). В пределах геохимической аномалии предполагается различный уровень эрозионного среза рудоносных образований – рудный для северо-западной части и верхнерудный для ее восточной и центральной частей (рис. 3).

Вторая комплексная геохимическая аномалия (II порядка) золото-редкометалльной специализации отмечается в верховьях руч. Кормовой. В плане она изометрическая и околонуна по изолиниям высоких содержаний золота (0.01–0.03 г/т, в отдельных точках до 0.14–0.17 г/т), мышьяка, висмута, а также площадным аномалиям вольфрама. Пространственно аномалия приурочена к метасоматически измененным мелкозернистым гранодиоритам, подверженным окварцеванию, хлоритизации и эпидотизации. Степень эрозионного среза рудоносных образований здесь также различная – рудная характерна юго-западной части и верхнерудная для ее центральной и северо-восточной части (рис. 3).

В обобщенном виде геохимическая зональность золото-редкометалльного спектра выражается в смене состава и содержания элементов: Au, As (Bi) – As, Bi, Au (W) – Au, As, W (Bi, Sn, Zn).

Геофизические исследования. На основании проведенных исследований создана схема интерпретации геолого-геофизических данных (рис. 4). На ней отражено зональное расположение гидротермально метасоматических пород, связанных с закономерностями размещения оруденения на территории исследований. Указанные аспекты находят свое обоснованное выражение в геофизических полях.

Магнитное поле участка характеризуется умеренной дифференциацией от 56 450 до 57 100 нТл (рис. 5-1). Структурно-морфологический анализ аномального магнитного поля позволяет разделить всю площадь на две крупные области. Первая занимает северо-восточную часть участка и характеризуется преимущественно повышенной напряженностью от 56 820 до 57 000 нТл. Указанный тип аномального поля определяет положение выхода гранитоидного массива на поверхность и его апикальные близповерхностные части, перекрытые вмещающими осадочными породами. Характер поля указывает на пологое погружение верхней кромки массива в западном и восточном направлениях. Участки, характеризующиеся максимальной напряженно-

стью (56 900–57 000 нТл), сложены парамагнитными биотит-гранодиоритами (рис. 5-2).

Вторая область занимает юго-западную часть и представлена относительно ровным слабоинтенсивным полем напряженностью от 56 750 до 56 820 нТл, осложненным многочисленными интенсивными линейными и изометричными локальными аномалиями интенсивностью от 56 800 до 57 100 нТл. Выявленная область отражает распространение в разной степени измененных осадочных пород юрского возраста, представленных в основном алевритами, аргиллитами и песчаниками (рис. 5-1). Локальные аномалии трассируют малые интрузивные тела и дайки, среднего состава установленные в экзоконтактовой части массива (рис. 5-3).

Сложная структура и дифференцированные значения параметров электрического поля свидетельствует о неоднородном строении территории. Наиболее ярким элементом строения поля является чередование площадных и линейных аномалий сопротивления и проводимости (рис. 6-1). Простирание аномалий преимущественно северо-западное. В результате анализа данных электропрофилирования в совокупности с геологическими данными выделены следующие структурные элементы.

Площадные аномалии, характеризующиеся удельным сопротивлением от 500 до 2000 Ом·м, которые занимают северо-восточную часть участка, отождествляются с областью распространения интрузивных пород (рис. 6-1).

В экзоконтактовой части интрузивного тела уверенно выделяются зоны различной степени контактово-измененных осадочных пород, которые связаны со становлением гранитоидного массива. По интенсивности и характеру электрического поля с северо-востока на юго-запад выделяется три зоны (рис. 6-2, 6-3).

Непосредственно к эндо-экзоконтактовой части интрузива примыкают линейные локальные аномалии высокого сопротивления (4000–8000 Ом·м) и высокой дисперсии (более 3 000 000 усл. ед.), которые фиксируют положение зон интенсивного контактового ороговикования осадочных пород (сланцевые роговики) и метасоматических преобразований эндоконтактовой части массива (серицит-биотит-тремолитовые и эпидотроговообманковые роговики). Мощность зоны составляет от 170 до 240 м (рис. 4, 6-2, 6-3). Простирание зоны северо-западное (ближняя зона).

Далее к юго-западу следует полоса линейных локальных аномалий пониженного удельного сопротивления (400–1800 Ом·м) и пониженных значений дисперсии (1 000 000–2 000 000 усл. ед.), которая представлена зоной ороговикованных осадочных пород мощностью 150–250 м с рассеянной сульфидной минерализацией (рис. 4, 6-2, 6-3). Простирание зоны северо-западное (средняя зона).

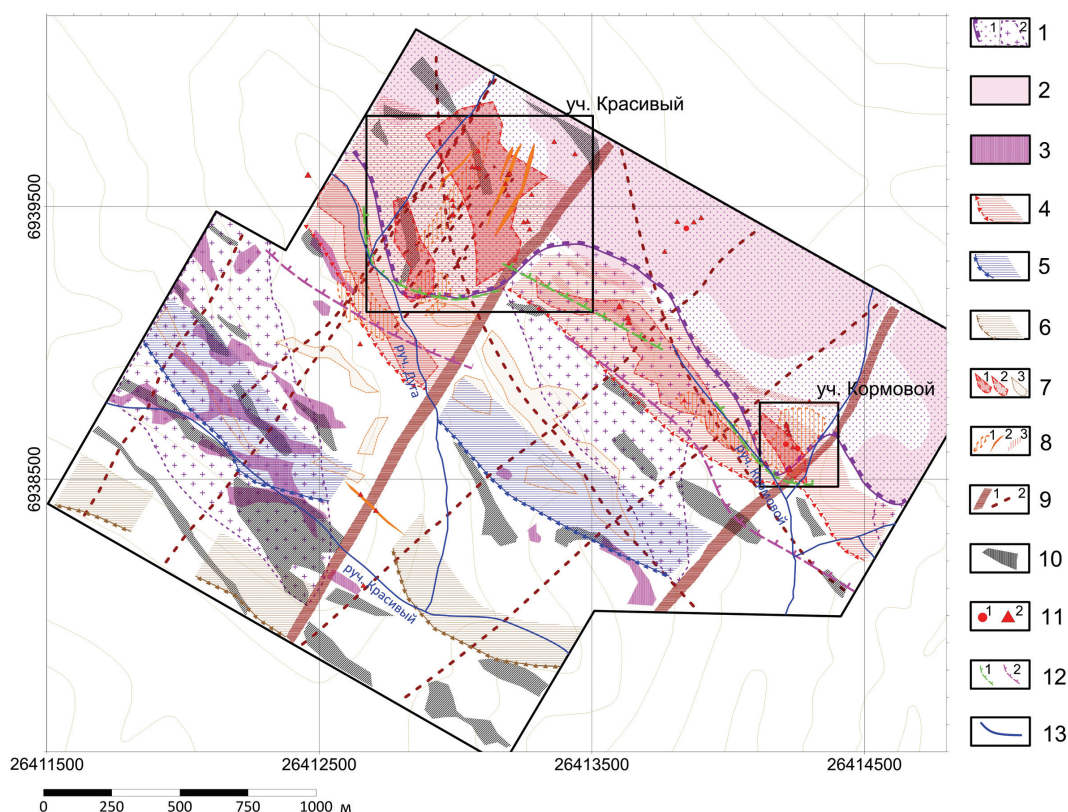


Рис. 4. Схема интерпретации геолого-геофизических данных.

Условные обозначения: 1 – области распространения интрузивных образований, вскрытые эрозией (1) и близповерхностные (2). Магнитное поле напряженностью 56 880–56 950 нТл, удельное сопротивление 500–2000 Ом·м; 2 – интрузивные тела биотит-гранодиоритового состава. Магнитное поле напряженностью 56 900–56 950 нТл; 3 – малые интрузивные (дайкоподобные) тела. Локальные линейные, контрастные магнитные аномалии интенсивностью 56 870–56 950 нТл; 4 – **зоны интенсивных экзо-эндоконтактовых изменений**. **Линейные локальные аномалии высокого сопротивления (4000–9000 Ом·м)**. Локальные аномалии дисперсии удельного сопротивления (свыше 100 000); 5 – **экзоконтактовая зона метасоматических изменений**. Локальные аномалии пониженного удельного сопротивления (400–1800 Ом·м); 6 – зона слабых экзоконтактовых изменений. Линейные аномалии повышенного удельного сопротивления (3000–5000 Ом·м). Локальные аномалии дисперсии удельного сопротивления (менее 50 000); 7 – участки сульфидно-кварцевого прожилкования в экзоконтактовой (1), экзо-эндоконтактовой (2) и эндоконтактовой (3) зонах метасоматических изменений (по геолого-геофизическим данным). Локальные аномалии высокого сопротивления (более 1000 Ом·м), совмещенные с прямыми признаками рудной минерализации; 8 – участки (1) и зоны (2, 3) сульфидно-кварцевого и кварцевого прожилкования пород по геологическим (1, 2) и геохимическим (3) данным; 9 – разрывные нарушения (1, 2). Линии нарушения корреляции (1) и зоны градиентов геофизических аномалий (2); 10 – зоны дробления. Линейные локальные зоны низкого сопротивления, менее 300 Ом·м; 11 – пункты минерализации золота: по данным ранее проведенных работ (1), выявленные поисковыми авторскими работами (2); 12 – внешняя граница области комплексных аномалий золото-редкометальной ассоциации (1) и ее фланговых частей (2); 13 – Гидросеть.

Fig. 4. Interpretation of geological and geophysical data.

Legend: 1– areas of of intrusive formations distribution, exposed by erosion (1) and near-surface (2). Magnetic field intensity 56 880–56 950 NT, resistivity 500–2000 ohm·m; 2– intrusive bodies of biotite-granodiorite composition. Magnetic field intensity 56 900–56 950 NT; 3 – small intrusive (dyke-like) bodies. Local linear, contrasting magnetic anomalies, intensity 56 870–56 950 NT; 4 – **zones of intense exo-endocontact changes**. **Linear local anomalies of high resistance (4000–9000 ohm·m)**. Local anomalies of specific resistivity dispersion (over 100 000); 5 – **exocontact zone of metasomatic changes**. Local anomalies of reduced resistivity (400–1800 ohm·m); 6 – zone of weak exocontact changes. Linear anomalies of increased resistivity (3000–5000 ohm·m). Local anomalies of specific resistivity dispersion (less than 50 000); 7 – sites of sulfide-quartz veining in the exocontact (1), exo-endocontact (2), and endocontact (3) zones of metasomatic changes (according to geological and geophysical data). Local anomalies of high resistance (over 1000 ohm·m), combined with direct indicators of ore mineralization; 8 – sites (1) and zones (2, 3) of sulfide-quartz and quartz veining of rocks according to geological (1, 2) and geochemical (3) data; 9 – discontinuous faults (1, 2). Lines of correlation disturbance (1) and zones of geophysical anomaly gradients (2); 10 – fault zones. Linear local zones of low resistance, under 300 ohm·m; 11 – points of gold mineralization: according to previous works (1), identified by authors' prospecting (2); 12 – the outer boundary of the area of complex anomalies of the gold-rare metal association (1) and its flank parts (2); 13 – Hydronet.

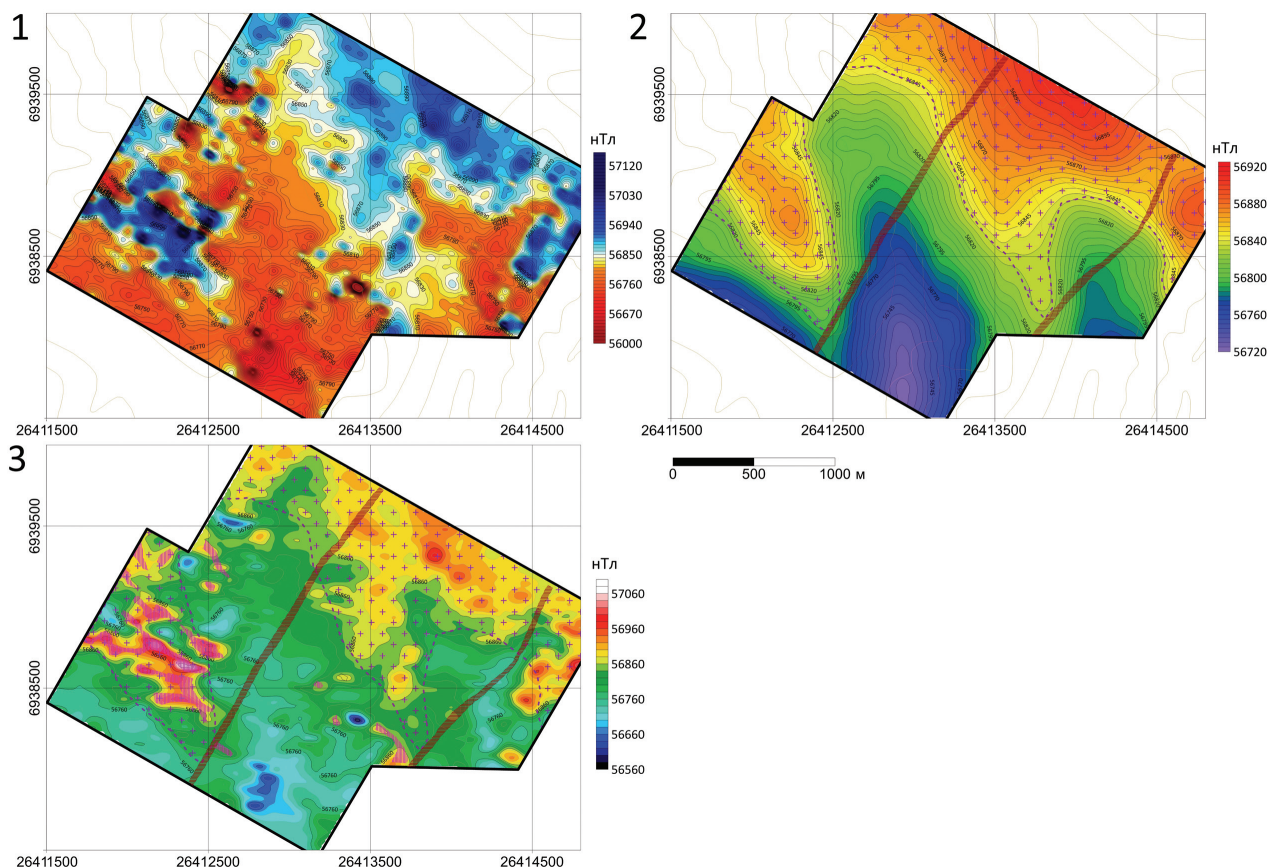


Рис. 5. Планы изолиний магнитного поля (1) и его трансформант: региональная (2) и локальная (3) составляющие. Условные обозначения на рисунке 4.

Fig. 5. Plans of magnetic field isolines (1) and its transformant: regional (2) and local (3) components. For Legend, see Fig. 4.

Замыкает зональный ряд полоса площадных и локальных линейных аномалий, характеризующихся относительно повышенным сопротивлением 2500–6000 Ом·м и локальными аномалиями дисперсии (800 000–2 000 000 усл. ед.). Зона имеет северо-западное простирание, мощность 200–380 м и трактуется как зона слабых экзоконтактных изменений (вторичные изменения 10–20 %). Локальные аномалии высокого удельного сопротивления (3000–6000 Ом·м) обусловлены наличием нескрытых малых интрузивных тел и даек различного состава (рис. 4, 5-1, 6-3).

Следует отметить, что граница эрозионной поверхности массива по геофизическим данным конформно совпадает с ореолом распространения аномалий золото-редкометальной ассоциации, а внешняя граница контактового метасоматоза по геофизическим данным совмещается с комплексным ореолом молибден-полиметаллической ассоциации, являющейся фланговой частью золото-редкометальной (рис. 3, 4).

Практически все значимые точки рудной минерализации пространственно располагаются в эндоконтактной части гранитоидного массива и его экзоконтактной зоне (ближней зоне)

и охватываются ореолом аномалии золото-редкометальной ассоциации и её фланговых частей.

По геофизическим данным в пределах рудного поля Красивое выделяется значительное количество разноранговых разрывных нарушений северо-восточного и северо-западного простирания. Наиболее ярко выраженными из них (выделяются линиями нарушения корреляций геофизических аномалий) являются северо-восточные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения комплексных исследований на площади рудного поля Красивое можно отметить следующее. Литологический и стратиграфический факторы существенной роли в локализации оруденения не имеют. Одними из основных рудоконцентрирующих (рудоконтролирующих) факторов для золото-редкометального оруденения являются тектоно-магматические процессы: рудное поле Красивое локализовано непосредственно в гранитоидах басугуньинского комплекса (массив Красивый) или в их надинтрузивных

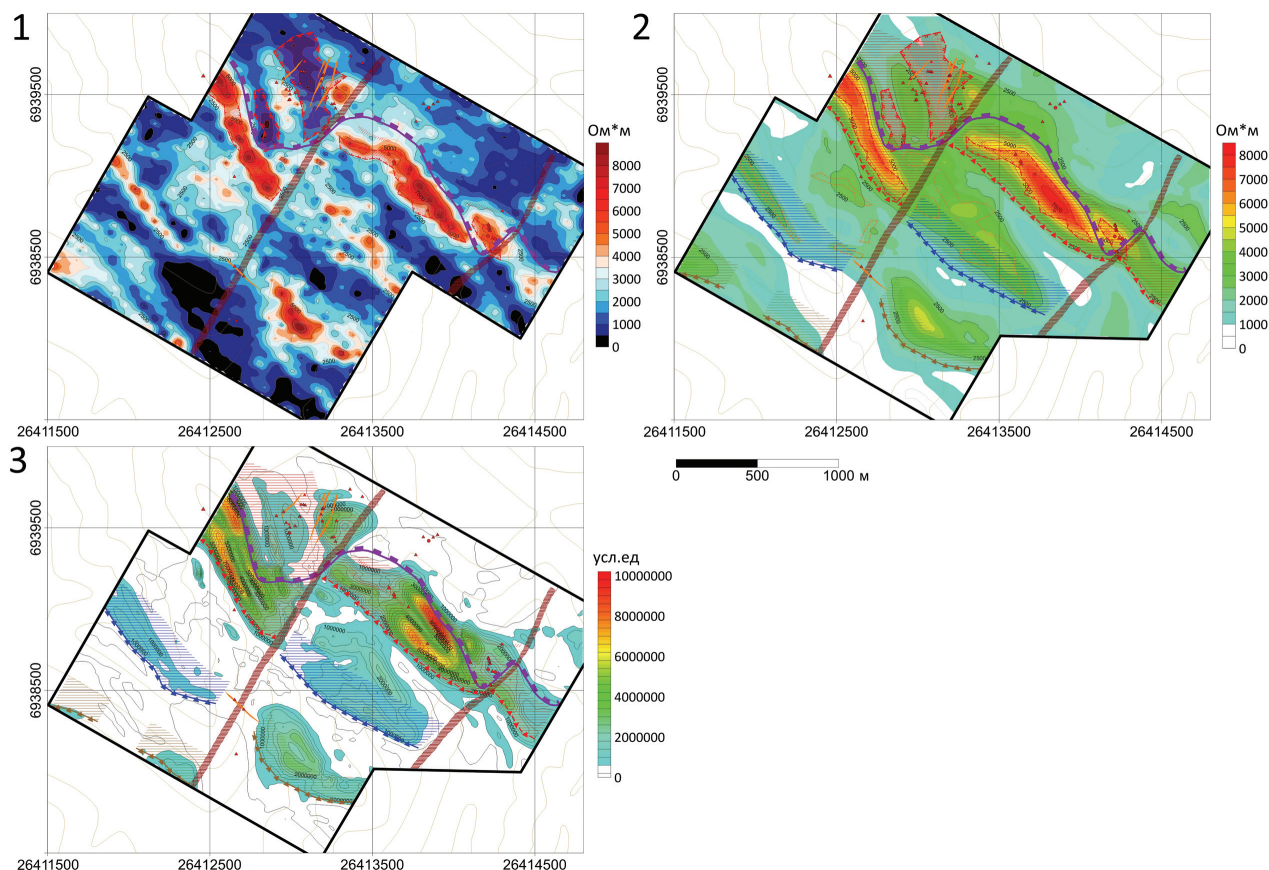


Рис. 6. Планы изолиний кажущегося удельного сопротивления (1), его осредненной (региональной) составляющей (2) и дисперсии (3). Условные обозначения на рисунке 4.

Fig. 6. Isoline plans of the apparent resistivity (1), its average (regional) component (2), and dispersion (3). For Legend, see Fig. 4.

зонах; тектонический фактор обеспечивает функционирование рудно-магматических систем и формирование рудовмещающих структур (разрывные разноранговые нарушения северо-восточного простирания).

Для рудного поля Красивое характерны геохимические аномалии широкого спектра, основными элементами которого являются мышьяк, золото, висмут и серебро, несколько в меньших количествах – олово, медь, вольфрам и свинец. Отмечается тесная корреляционная связь мышьяка с золотом и висмутом.

Большинство зон рудной кварцевой прожилково-жильной минерализации в плане сопровождаются: линейными локальными аномалиями высокого сопротивления (более 2000 Ом·м); линейными локальными аномалиями высокой дисперсии (более 3 000 000 усл. ед.); определенными параметрами магнитного поля в достаточно узком диапазоне значений (56 825–56 855 нТл); ореолами аномалий золото-редкометальной ассоциации; интенсивными гидротермально-метасоматическими преобразованиями рудовмещающих пород; приуроченностью к узлам пересечения структур северо-западного про-

стирания с правосторонней сдвиговой разрывной тектоникой северо-восточного простирания, при этом рудолокализирующими являются преимущественно разрывы северо-восточного направления.

Таким образом, установленная совокупность геолого-геофизических признаков является критерием при оценке перспективности рассматриваемой территории и определяет контуры выделенных потенциально рудоносных структурных элементов.

В результате проведенных геолого-геофизических работ определен комплекс геологических, геохимических и геофизических признаков золоторудных участков в пределах изучаемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

Гамянин Г. Н., Гончаров В. И., Горячев Н. А. Золоторедкометальные месторождения Северо-Востока России // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17, № 3. С. 94–103.

Горячев Н. А., Савва Н. Е., Егоров В. Н. Золоторедкометальное оруденение Малтан-Мякит-Хурчанского междуречья // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики : В 3-х т. Материалы Всероссийского совещания,

посвященного 90-летию академика Н. А. Шило (XII годовое собрание СВО ВМО). Магадан, 3–6 июня 2003 г. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2003. Т. 3. С. 124–126.

Китаев Н. А. Многомерный анализ геохимических полей. Новосибирск : Наука, 1990. 120 с.

Нехорошков Ю. Ф., Хужин Р. Т. Отчет «Геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1 : 50 000 в пределах Утинской площади. Листы Р-56-50-Б, Г; 51-52; 53-А, В; 63-Б; 64-А, Б; 65-А» (Колымский ГХО, 1983–1985 гг.). Хасын, 1985.

Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации. Москва : Недра, 2011. 112 с.

Никитин А. А., Петров А. А., Алексахин А. С. Инструкция к применению программного комплек-

са спектрально-корреляционного анализа трехмерных геоданных «КОСКАД 3D». Москва : Недра, 2010. 51 с.

Родионов В. И., Волков С. В., Абисалов Э. Г., Костюченко И. А., Марков В. А. Отчет о результатах научно-исследовательских работ по теме «Поэтапное прогнозирование крупных месторождений рудного золота на территории Магаданской области, составление пакетов геологической информации с целью планирования и лицензирования поисковых работ» : в 18 кн. Гос. регистрационный № 28-00-40/2. Администрации Магаданской области, Департамент природных ресурсов, ООО Научно-производственное предприятие «Северо-Восток Экология». Магадан, 2005.

Поступила в редакцию 20.02.2024.

Поступила после доработки 26.02.2024.

REGULARITIES IN ORE SYSTEM MANIFESTATIONS IN GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL FIELDS EXAMPLIFIED BY THE KRASIVOYE ORE FIELD, BASUGUNYA ORE-PLACER CLUSTER (Yana-Kolyma Metallogenic System)

I. M. Khasanov, T. I. Mikhaliitsyna, D. V. Makarova.

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n. a. N. A. Shilo, FEB RAS, Magadan

The article presents the results of geological and geophysical studies performed within the Krasivoeye ore field, a part of the Basugunya ore-placer cluster in the Yana-Kolyma metallogenic system. A comprehensive approach to assessing the relationship of geochemical and geophysical anomalies with the geological structure of the area is described. The apparatus of geophysical data statistical analysis is used. A set of geological, geochemical, and geophysical indicators of potentially ore-localizing sites within the studied area is offered.

Keywords: Basugunya ore-placer cluster, ore field, electro-profiling, magnetic field, dispersion, gold-rare metal association.

REFERENCES

- Gamyagin, G. N., Goncharov, V. I., Goryachev, N. A., 1998. Gold-Rare Metal Deposits in the North-East of Russia, *Russian Journal of Pacific Geology*. 17 (3), 94–103 [In Russian].
- Goryachev, N. A., Savva N. E., Yegorov V. N., 2003. Gold-Rare Metal Mineralization of the Maltan-Myakit-Khurchan Interfluvium, *Geodynamics, Magmatism, and Minerageny of the Continental Margins of the North of the Pacific : Proceedings of the All-Russian Meeting Dedicated to the 90th Anniversary of Academician N. A. Shilo (XII Annual Meeting of the WMO)*. Magadan, June 3–6, 2003. Magadan, NEISRI FEB RAS, 3, 124–126 [In Russian].
- Kitayev, N. A., 1990. Multidimensional Analysis of Geochemical Fields. Novosibirsk, Nauka [In Russian].
- Nekhoroshkov Yu. F., Khuzhin R. T., 1985. Report “Geochemical Prospecting for Secondary Dispersion Halos on a Scale of 1 : 50,000 within the Utinskaya Area. Sheets R-56-50-B, G; 51-52; 53-A, B; 63-B; 64-A, B; 65-A” (Kolyma State Chemical Department, 1983–1985). Khasyn [In Russian].
- Nikitin, A. A., 2011. Theoretical Foundations of Geophysical Information Processing. Moscow, Nedra [In Russian].
- Nikitin, A. A., Petrov, A. A., Aleksashin, A. S., 2010. Instruction for the Use of the Program Complex for the Spectral Correlation Analysis of Three-Dimensional Geodata “KOSKAD 3D”. Moscow, Nedra [In Russian].
- Rodionov, V. I., Volkov, S. V., Abisalov, E. G., Kostyuchenko, I. A., Markov, V. A., 2005. Report on the Results of Research Work on the Topic “Step-by-Step Forecasting of Large Deposits of Ore Gold in the Magadan Oblast, Compilation of Geological Information Packages for the Purpose of Planning and Licensing Prospecting Work”: in 18 B. State Registration Number 28-00-40/2. Administration of Magadan Oblast, Department of Natural Resources, LLC Scientific and Production Enterprise “North-East Ecology”. Magadan [In Russian].