

УДК 553.3 (571.55)

Груздев Роман Викторович
Roman Gruzdev



РУДНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КУЛТУМИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

THE ORE AND MAGMATIC MODEL OF THE KULTUMINSKY ORE FIELD ON THE BASIS OF GEOLOGIC-GEOPHYSICAL RESEARCHES (SOUTH-EASTERN ZABAİKALIE)

На примере Култуминского рудного поля предложена методика исследования с выбором алгоритма обработки и интерпретации геофизических данных. С помощью специализированных программ рассчитана двумерная инверсия на основе решения прямой и обратной задачи гравиразведки и магниторазведки по методу наименьших квадратов с применением различных фильтров. Для решения обратной задачи (инверсии) использованы различные варианты деконволюционных методов и метод Ньютона с фокусирующей регуляризацией параметров. На основе двумерной инверсии геофизических данных проведена интерпретация гравитационных и магнитных полей по линии, проходящей через центральную часть Култуминского золото-железомедного месторождения. По результатам интерпретации построены разрезы эффективной избыточной плотности и магнитной восприимчивости. Сопоставлены данные геологических исследований и геофизической интерпретации, в результате чего построена наиболее вероятная модель развития оруденения Култуминского рудного поля.

Дана характеристика развития оруденения в пределах рудного поля, основанная на концепции формирования и исследования медно-порфировых месторождений, разработанной R.H. Sillitoe (2010). Предположено, что все известные месторождения и рудопроявления генетически относятся к единой крупной рудно-магматической системе. Рассмотрена метасоматическая проработка пород, установлена роль эруптивных брекчий. Выделены геологические критерии для поисков месторожде-

On the example of the Kultuminsky ore field, the research technique with a choice of algorithm of processing and interpretation of geophysical data is offered. By means of specialized programs two-dimensional inversion, on the basis of the solution of a straight line and the return problem of gravity and a magnetic exploration, on a method of the smallest squares with use of various filters is calculated. For the solution of the return task (inversion) various options the deconvolution of methods and a method of Newton with the focusing regularization of parameters are used. On the basis of two-dimensional inversion of geophysical data interpretation of gravity and magnetic fields on the line passing through the central part of the Kultuminsky gold-iron-copper field is carried out. By results of interpretation cuts of effective excess density and a magnetic susceptibility are constructed. Data of geological researches and geophysical interpretation therefore the most probable model of development of a mineralization of the Kultuminsky ore field is constructed are compared.

The characteristic of mineralization development within an ore field based on the formation concept and research of copper and porphyry fields developed by R.H. Sillitoe (2010) is given. It is assumed that all known fields and ore appearance genetically belong to uniform large ore and magmatic system. Metasomatic study of breeds is considered; the role the eruptive breccia is established. Geological criteria for searches of fields of this kind are allocated. Conclusions are drawn and the main features of the Kultuminsky ore field as a potential object of geological and industrial

ний подобного типа. Названы главные особенности Култуминского рудного поля как потенциальный объект медно-порфиорового с золотом геолого-промышленного типа оруденения. Выделены перспективные участки и рассмотрены дальнейшие направления исследований на Култуминском рудном поле

Ключевые слова: медно-порфиоровый тип, скарновый тип, геофизические методы исследования, моделирование, двумерная инверсия, интерпретация

type of mineralization, copper and porphyry with gold, are named. Perspective sites are allocated and the further directions of researches on the Kultuminsky ore field are considered

Key words: copper-porphyry type, skarn type, geophysical methods of research, modeling, two-dimensional inversion, interpretation

В настоящее время накоплено достаточное количество фактического материала по месторождениям медно-порфиоровой формации, что значительно облегчает разработку рудно-магматической модели типичного медно-порфиорового месторождения. Большая часть моделей основана на исследованиях медно-порфиоровых месторождений, расположенных на юго-западе США, Канады, Южной Америки, юго-за-

падной окраины Тихоокеанского кольца, восточной Европы и центральной Азии. Одна из наиболее удачных моделей принадлежит R.H. Sillitoe, где также определяется место медно-порфиоровых месторождений в ряду других формаций. Эту модель зачастую рассматривают как руководство при поисках и разведке месторождений [3].

1. Краткая геологическая характеристика Култуминского рудного поля

Рассматриваемая территория находится в пределах Газимурского медно-порфиорового пояса, с которым в последнее время связаны благоприятные перспективы создания новой крупной минерально-сырьевой базы на юго-востоке Забайкалья за счет месторождений медно-порфиорового типа в скарнах (Быстринское, Лугоканское, Култуминское). В связи с этим любые геолого-геофизические исследования на территории юго-восточного Забайкалья будут востребованы и актуальны [2; 13].

Култуминское рудное поле является одним из значимых направлений при проведении геолого-геофизических исследований, оно характеризуется сложным геологическим строением, что приводит к неоднозначной трактовке исследователями по геолого-структурному положению Култуминского интрузивного массива роли эруптивных брекчий. Глубинному строению Култуминского рудного поля уделялось мало внимания, в связи с чем оно недостаточно изучено на глубину. Таким образом, тенденция об-

наружения новых перспективных объектов в пределах рудного поля до сих пор считается актуальной, что наталкивает на необходимость создания глубинной геолого-геофизической модели Култуминского рудного поля. Геолого-геофизические модели создаются на базе современных программно-технических средств и вбирают в себя всю сумму знаний в области геологии и геофизики, которые позволяют наглядным образом продемонстрировать одну из возможных картин развития рудно-магматической системы. При моделировании предполагается максимально учитывать имеющуюся априорную информацию, полевые исследования и, конечно, результаты геолого-геофизической обработки и интерпретации.

В региональном плане Култуминское рудное поле находится на юго-востоке Забайкалья в пределах Аргунской структурно-формационной зоны, входящей в трансконтинентальный Монголо-Охотский складчатый пояс, и охватывает среднее течение р. Газимур.

Район работ характеризуется сложным геологическим строением, широким распространением разновозрастных и различных по составу магматических образований, стратифицированных метаморфических и осадочных пород. Стратиграфический разрез площади представлен терригенно-карбонатными отложениями верхнего протерозоя, нижнего палеозоя, терригенными образованиями юры, осадочно-вулканогенными постройками верхнемезозойских отложений и рыхлыми осадками кайнозойского возраста. Наиболее древние образования – породы билетуйской свиты (Vbl) закартированы в тектонических блоках бассейна р. Култумушки и сложены преимущественно песчано-сланцевыми образованиями. На исследуемой территории также широко развиты породы быстринской свиты (E_1bs), которые картируются в виде полосы субмеридионального простирания в центральной части площади – в зоне Култума-Ушумунской антиклинали. Эти отложения представлены известняками, доломитами с редкими прослоями глинистых сланцев и кварцевых песчаников. Отложения ерниченской толщи ($E_{1-2}er$) согласно залегают на породах быстринской свиты. Породы толщи представлены светло-серыми песчаниками, алевропесчаниками, прослоями серых известняков [9].

Поверхность изучаемой территории на одну треть представлена интрузивными образованиями, слагающими четыре интрузивных комплекса. Магматическая деятельность на данной территории началась внедрением гранитоидов ундинского комплекса (γP_1u). Наибольшую тектоно-

магматическую активность район приобрёл в мезозойское время, когда шло внедрение гранитов борщёвочного комплекса ($\gamma J_{2-3}b$), далее произошло внедрение третьей фазы средне-позднеюрской интрузии гранодиорит-порфиров шахтаминского комплекса ($\gamma \delta \pi J_{2-3} \check{s}$), а несколько позднее, в позднеюрское время – гранитов кукульбейского комплекса (γJ_3k). Завершающий этап мезозойской активизации сопровождался интенсивным внедрением даек гранит-порфиров и диорит-порфиринов [9].

Култуминское рудное поле объединяет золото-железомедное Култуминское месторождение и участок Очуногдинский. Култуминское месторождение приурочено к восточному контакту одноименного массива гранодиорит-порфиров шахтаминского интрузивного комплекса средней-верхней юры, прорывающего известняки, известковистые доломиты быстринской свиты, а также алевролиты, песчаники ерниченской толщи нижнего-среднего кембрия.

Гранодиорит-порфиры Култуминской интрузии образуют sill-образное тело, конформное со слоисто-складчатой структурой вмещающей рамы, сложенной породами быстринской свиты и ерниченской толщи. Очуногдинский участок располагается юго-западнее окончания Култуминского массива, где его поверхность вместе с шарниром антиклинальной складки полого погружается в южном направлении. На поверхности участка выходят алевролиты и песчаники ерниченской толщи нижнего-среднего кембрия, с северо-востока контактирующие с гранодиорит-порфирами Култуминской интрузии (рис. 1).

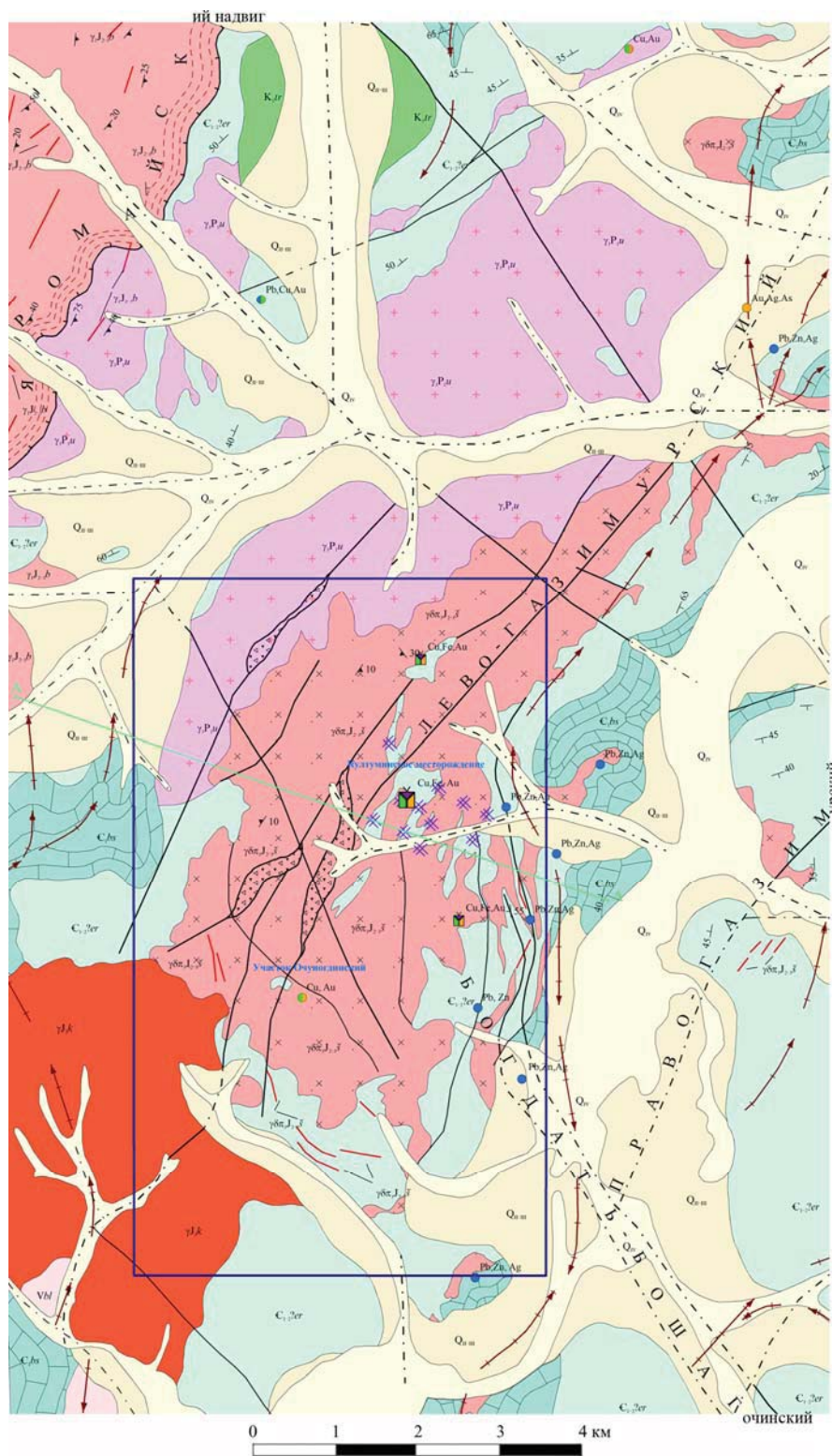
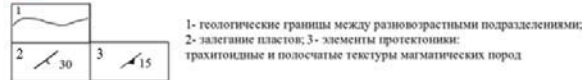
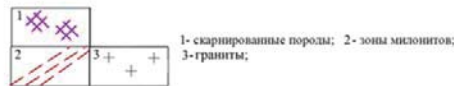
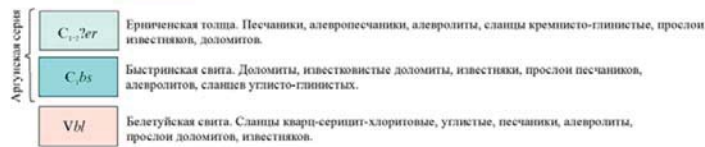
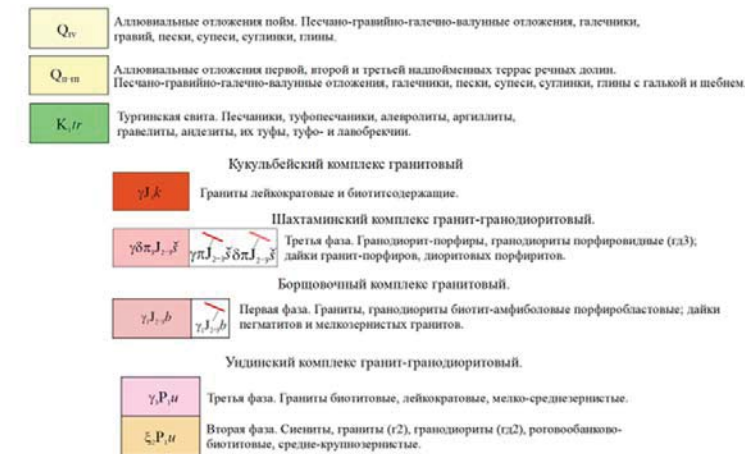


Рис. 1. Схема геологического строения Култуминского рудного поля (по материалам ООО «Востокгеология»)



A — A Линия разреза

Минеральный тип руды	Месторождения (средне)	Проявления	Генетический тип	Рудная формация
Халькопирит-золото-магнетитовый	Cu, Fe, Au	Cu, Fe, Au	Скарновый	Рудноосных скарнов
Халькопирит-золото-пирит-арсенопиритовый		Cu, Au	Гидротермально-метасоматический	Золото-сульфидная
Золото-пирит-арсенопиритовый		Au (Ag, As)	Гидротермальный	Золото-сульфидно-кварцевая
Сульфасодяно-галенит-сфалеритовый (серебро-золотосодержащий)		Pb, Zn, Ag Pb, Cu, Au Pb, Ag, Au	Гидротермальный	Галенит-сфалеритовая
Касситерит-галенит-сфалеритовый		Pb, Zn, Sn	Гидротермальный	Силикатно-сульфидно-касситеритовая
Вольфрам-бериллиевый		W, Be	Грейзеновый	Скарново-грейзеновая

Контур Култуминского участка (Култуминского рудного поля)

2. Геолого-геофизические исследования

Благодаря геолого-геофизическим исследованиям, проведенными ООО «Востокгеология» на Култуминском рудном поле, накопилось большое количество информации, позволяющей сформировать базу для создания геолого-геофизической модели. На первом этапе моделирования выполнена интерпретация геофизических исследований методами гравитационных и магнитных полей. Важной особенностью гравимагнитных полей является их интегральный характер и возможность отражать размещение на различных глубинах объектов, обладающих аномальными плотностными и магнитными свойствами. С одной стороны, эта особенность является одной из причин неоднозначности при интерпретации данных гравиметрии и магниторазведки. В то же время, интегральная природа потенциальных полей позволяет разделить их на составляющие, характеризующие распределение эффективной плотности и магнитной восприимчивости на определенных глубинных уровнях [7; 8].

В настоящее время существует ряд программ, позволяющих производить двумерную интерпретацию гравитационных и магнитных аномалий в автоматическом режиме. Наиболее распространенной программой является ZondMag2d, которая предназначена для двумерной интерпретации профильных многоуровневых данных магниторазведки и гравиразведки.

Двумерная интерпретация данных гравитационных и магнитных полей выполнена в открытой версии ZondMag2d. В программе реализованы алгоритмы решения прямой и обратной задач гравиразведки и магниторазведки, основанные на двумерной инверсии данных по методу наименьших квадратов с применением различных фильтров. Для решения обратной задачи (инверсии) используются различные варианты деконволюционных методов и метод Ньютона с фокусирующей регуляризацией. Инверсия геофизических данных проходит по следующему алгоритму:

$$A^T W^T W A + \mu C^T R C \Delta m = A^T W^T \Delta f - \mu C^T R C m,$$

где A – матрица частных производных измеренных значений по параметрам разреза (Якобиан);

C – сглаживающий оператор;

W – матрица относительных погрешностей измерений;

m – вектор параметров разреза;

μ – регуляризирующий параметр;

Δf – вектор невязок между наблюдаемыми и рассчитанными значениями;

R – фокусирующий оператор.

В результате двумерной инверсии получены разрезы эффективной избыточной плотности и магнитной восприимчивости. Полученные разрезы характеризуют распределение эффективных значений плотности и магнитной восприимчивости в нижнем полупространстве (рис. 2).

Сопоставление результатов обработки гравимагнитных данных обеспечивает наилучшие условия для совместной локализации областей резкого изменения свойств среды. Полученные разрезы дают геометрическое описание объектов по распределению физических свойств в этой модели. Однако необходимо помнить, что потенциальные поля имеют интегральный характер, поэтому обратная задача может иметь множество решений, а предложенный авторский вариант лишь один из альтернатив ее решения [7; 8].

В результате комплексной интерпретации гравимагнитных полей получено гладкое распределение относительных значений плотности и магнитной восприимчивости на глубину до 3 тыс. м. На первый взгляд, оба разреза (рис. 2) можно разделить на три части: левая, правая и центральная. Если рассматривать левую и правую части отдельно, то можно предположить, что реставрируются крылья одной крупной структуры, осложненной более мелкой складчатостью. Правое крыло складки приподнято и переходит в антиклиналь (соответствует Култума-Ушумунской антиклинали), что

подтверждается повышенными значениями в аномальном гравитационном поле. Центральная часть структуры нарушена и, по всей видимости, осложнена интрузивным магматизмом. Здесь выделяется рудно-магматическая система гранитоидов ундинского комплекса ($\gamma P_1 u$) и гранодиорит-порфиров шахтаминского комплекса ($\gamma \delta \pi J_{2-3} \check{S}$). Из этого следует, что корневая часть интрузии гранодиорит-порфиров шахтаминского комплекса ($\gamma \delta \pi J_{2-3} \check{S}$) приурочена к западному крылу Култума-Ушумунской антиклинальной складки. На поверхности интрузия согласно внедряется в слоисто-складчатую структуру, сложенную породами быстринской свиты и ерниченской толщи. В центральной части ближе к поверхности повы-

шенными значениями в гравитационном и магнитном полях выделяется объект, контур которого напоминает Култуминское месторождение. Оно достаточно хорошо изучено с поверхности и на глубину до 300...500 м. Результаты геофизических исследований косвенно раскрывают строение месторождения на глубине 1...2 км. И если полагаться на результаты двумерной инверсии, то действительно основная часть месторождения сконцентрирована близ поверхности, а корневая (подводящая) часть месторождения уходит на глубину до 1,5 км. Таким образом, результат интерпретации позволяет выделять геологические структуры, предполагать наличие аномальных объектов и проследивать их на глубину.

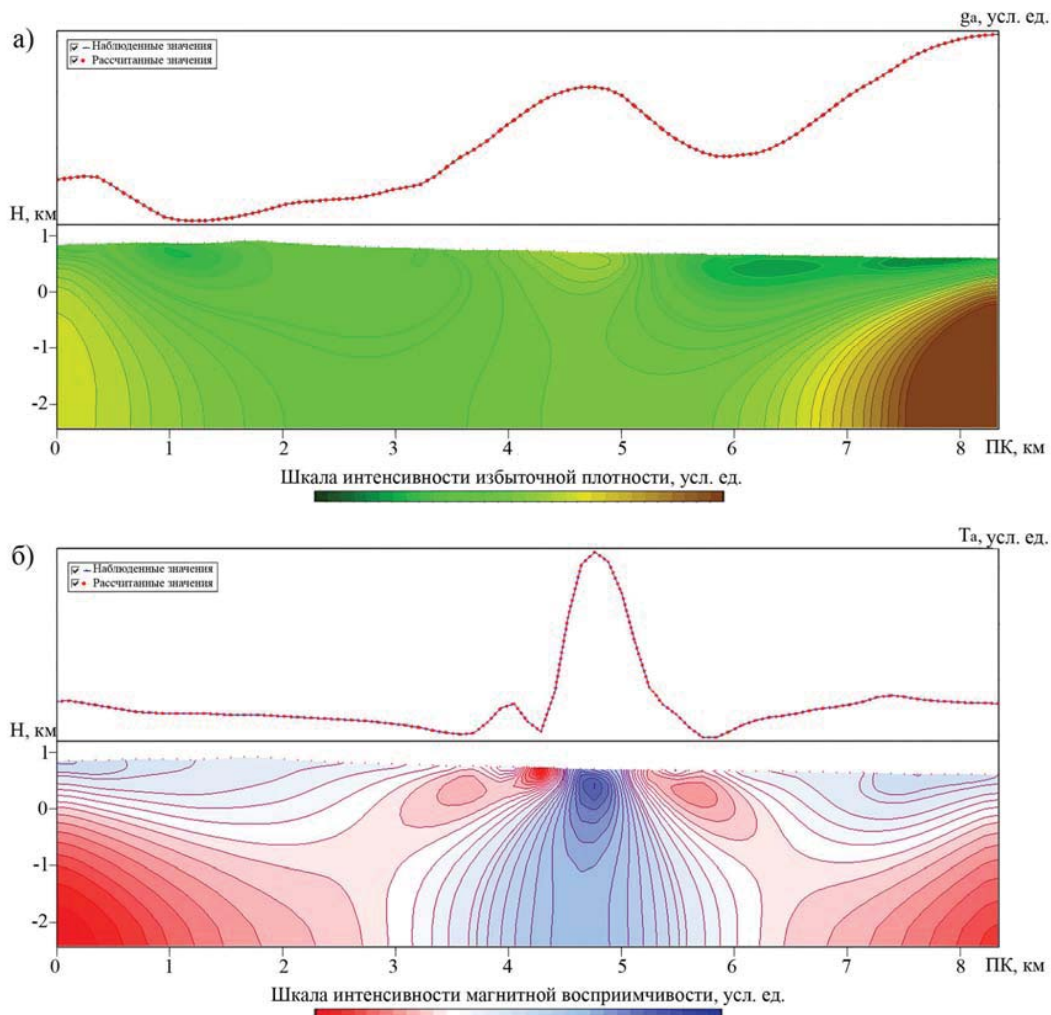


Рис. 2. Разрезы распределения эффективной избыточной плотности (а) и магнитной восприимчивости (б) по линии, пересекающей центральную часть Култуминского месторождения

3. К обоснованию рудно-магматической модели Култуминского рудного поля

Геолого-геофизическая модель развития оруденения Култуминского рудного поля (рис. 3) основана на концепции, в которой определяется место медно-порфи-

вых месторождений в ряду других формаций, предложенной R.H. Sillitoe (2010), и результатов интерпретации геолого-геофизических исследований [10].

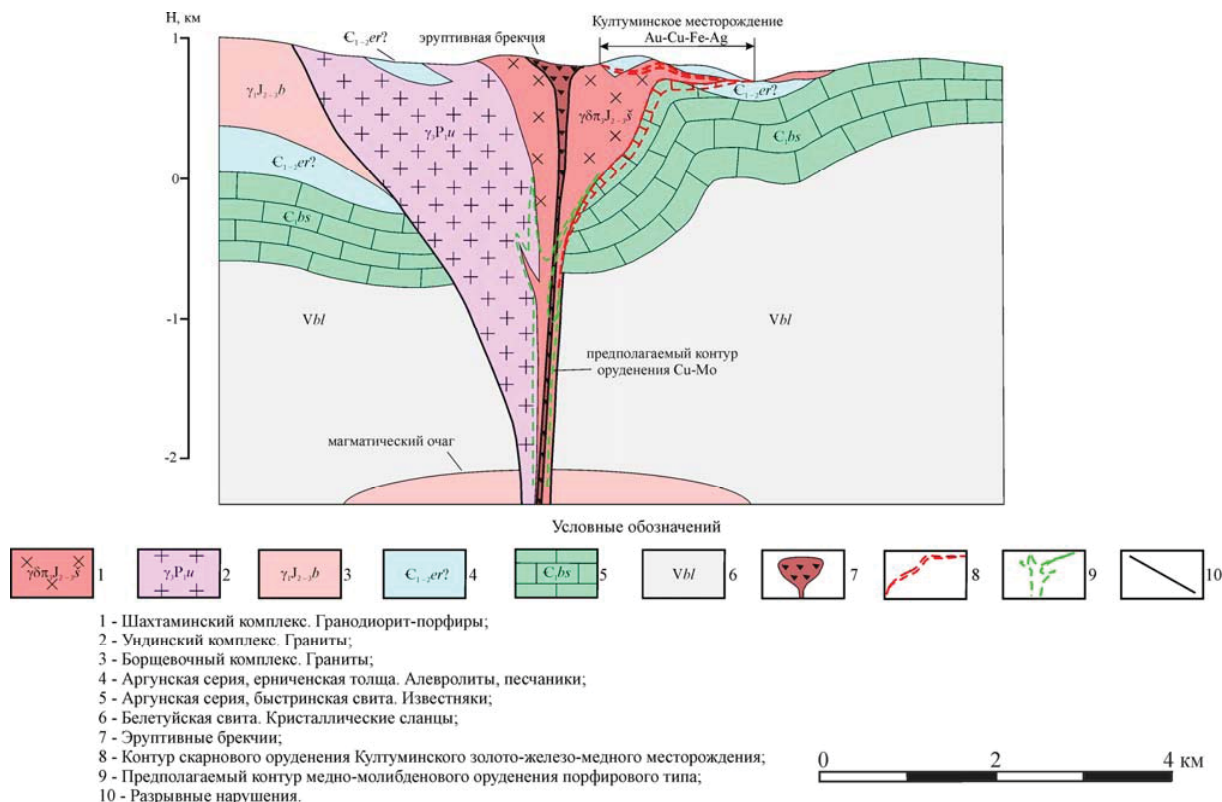


Рис. 3. Рудно-магматическая модель Култуминского рудного поля на основе геолого-геофизических исследований

Рудно-магматическая модель представлена совокупностью разновозрастных и различных по составу магматических образований, стратифицированных метаморфических и осадочных пород. Култуминское месторождение расположено в зоне эндогенной активности и приурочено к пересечению крупных региональных разломов, проходящих через западное крыло Култума-Ушмунской антиклинали. В центральной части модели расположена Култуминская рудоносная интрузия, прорывающая гранитоиды удинского комплекса. Массив осложнен интенсивной трещиноватостью, проработан гидротермальными

растворами и неоднократно прорывами газов, что и привело к образованию диа трем и брекчий. Тело брекчий имеет воронкообразную форму и является важной составной частью месторождения, объединяя все объекты рудного поля в одну крупную рудоносную магматическую систему. Как показано на модели, шахтаминские гранодиорит-порфиры образуют силлообразное тело, конформное со слоисто-складчатой структурой вмещающей рамы, сложенной породами быстринской свиты и ерниченской толщи. На контакте пород быстринской свиты (известняки) и ерниченской толщи (алевролиты) с Култуминским массивом

гранодирит-порфиоров развивается скарновое золото-железомедное оруденение. На глубине прогнозируется обнаружение перспективного объекта на медно-молибденовое оруденение порфирового типа.

Построенная рудно-магматическая модель позволяет по-новому взглянуть на перспективы Култуминского рудного поля.

Критериями обоснования модели являются:

а) геодинамика и разломы.

Современная геологическая структура площади создана в процессе *длительной эволюции* при неоднократной смене геодинамических режимов. Положение глубинных разломов играет ключевую роль при размещении, контроле и эксгумации магматических интрузивных образований.

Магматизм ундинских гранитов перми, сопровождающийся далее внедрением шахтаминских гранодиорит-порфиоров юры, предположительно составляет *единую рудно-магматическую систему*, в которой с шахтаминскими гранодиорит-порфирами ассоциируется совмещенный скарновый и скарново-медно-порфировый тип оруденения [13].

Корневая часть Култуминской интрузии приурочена к западному крылу Култума-Ушумунской антиклинали в условиях динамического растяжения и повышенной проницаемости для постмагматических рудных растворов, характер внедрения от средней до малой глубины. Магматический очаг настолько проработан, что большая часть оруденения была вынесена и сконцентрирована близ поверхности, что и привело к формированию известных месторождений.

Положение рудного поля в современном рельефе имеет *кольцевую структуру*, ограниченную водоразделами рек, таких как Очуногда, Бурукагуча, Яромай и Газимур;

б) латерально-геохимическая зональность.

Геохимическая зональность не всегда выдержана, к центральной части интрузии приурочены ореолы молибдена, интенсивностью 0,0005...0,007 %. С переходом к

эндоконтактной рудной оболочке содержание молибдена снижается, постепенно возрастает концентрация меди, появляется золото и серебро. Далее, вглубь экзоконтактной зоны, в ореолах к меди и золоту присоединяются полиметаллы;

в) метасоматиты.

Процесс рудообразования и сопровождающих его *метасоматитов* Култуминского рудного поля имеет длительное развитие. Руды сформировались в результате последовательного отложения ряда разновременных парагенетических минеральных ассоциаций. *Метасоматитами*, содержащими продуктивную рудную минерализацию, являются низкотемпературные серпентин-магнетитовые скарны, средне-температурные актинолит-флогопитовые с золото-медной минерализацией, биотитолиты и березиты с сульфидной минерализацией [12].

Для Култуминского месторождения характерно развитие золото-железо-медного (магнетитового) оруденения. Преобладают две минеральные разновидности первичных руд – магнетит-сульфидная (халькопирит-пирит-магнетитовая золотосодержащая руда) и сульфидная (халькопирит-пиритовая золотосодержащая руда), слагающие большинство рудных тел. Окисленные и смешанные (полуокисленные) руды, развивающиеся по первичным природным разновидностям, имеют ограниченное развитие. В пределах участка Очунодинский (ЮВ часть поля) получило распространение золото-медное оруденение. Руды принадлежат к одной природной разновидности – пирротин-пирит-халькопирит-арсенопиритовой и являются мало-сульфидными (сульфидов до 5 %) [12];

г) эруптивные брекчии.

В пределах рудного поля выделяется *тело эруптивных брекчий*, которое приурочено к зоне разрывных нарушений, узлу сопряжения и пересечения тектонических нарушений, что еще раз подтверждает активную деятельность при внедрении Култуминской интрузии. Тело эруптивных брекчий образовалось непосредственно после становления массива, в результате взрыва

парообразных растворов, находящихся в надкритическом состоянии. Обломочный материал брекчии представлен гранит-порфирами и гранодиорит-порфирами, а цементом является кварц-калишпатовая масса. Тело брекчий играет важную, а может и ключевую роль в формировании и контроле оруденения Култуминского рудного поля, генетически объединяя известные объекты в одну крупную рудоносную магматическую систему.

Выводы

1. На основе геолого-геофизических исследований территории Култуминского рудного поля (гравirazведки, магниторазведки, электроразведки методом ВП, буровые работы и др.) впервые разработана его рудно-магматическая модель.

2. Критериями обоснования геолого-геофизической модели послужили данные по изучению геодинамической обстановки,

разломов, латерально-геохимической зональности, метасоматических процессов, эруптивных брекчий и научной концепции R.H. Sillitoe (2010).

3. Рудно-магматическая модель представляет собой систему, объединенную структурными, магматическими и морфологическими критериями локализации месторождений порфирирового типа наряду со скарновым.

4. Построенная модель позволяет по-новому взглянуть на перспективы Култуминского рудного поля, независимо от степени его изученности, а по установленным закономерностям и геолого-геофизической интерпретации прогнозировать развитие Au-Cu-Mo порфирирового типа оруденения на флангах месторождения и глубину. Особое внимание следует обратить на западную часть Култуминского рудного поля, которая менее исследована.

Литература

References

1. Ажгирей Г.Д., Берешенкова Б.К., Прокофьева А.П. Методы поисков и разведки полезных ископаемых. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы и охраны недр, 1954. 463 с.

2. Бессонов Н.Н. Выделение молибден-медно-порфирирового типа оруденения на территории юго-восточного Забайкалья. Вестник ЧитГУ, 2009. № 1 (52). С. 12-19.

3. Буханова Д.С. Типоморфные характеристики меднопорфирирового оруденения. Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, 2012. С. 5-12.

4. Вольфсон Ф.И., Яковлев П.Д. Структуры рудных полей и месторождений. М.: Недра, 1975. 271 с.

5. Крейтер В.М. Структура рудных полей и месторождений. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы и охраны недр, 1956. 272 с.

6. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С. Медно-порфирировые месторождения мира. М.: Недра, 1986.

7. Логачев, А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. Ростов: Недра, 1979. 126 с.

8. Мудрецова Е.А., Веселов К.Е. Гравirazведка. Справочник геофизика. М.: Недра, 1990. 607 с.

1. Azhgirey G.D., Bereshenkova B.K., Prokofieva A.P. *Metody poiskov i razvedki poleznykh iskopayemykh* [Methods of searches and investigation of minerals]. Moscow: State Scientific and Technical Publishing House of Literature and Protection of Subsoil, 1954. 463 p.

2. Bessonov N.N. *Vestn. Chit. Gos. Univ.* (Transbaikalian State University Journal), 2009, no. 1 (52), p. 12-19.

3. Bukhanova D.S. *Tipomorfnye harakteristiki mednoporfirovogo orudeneniya* [Type-morphic characteristic of copper and porphyritic ores]. The Kamchatka State University named after Vitus Beringa, 2012. P. 5-12.

4. Wolfson F.I., Yakovlev P.D. *Struktury rudnykh poley i mestorozhdeniy* [Structures of ore fields and deposits: manual]. Moscow: Nedra, 1975. 271 p.

5. Kreyter V. M. *Struktura rudnykh poley i mestorozhdeniy* [Structure of ore fields and deposits]. Moscow: State Scientific and Technical Publishing House of Literature and Protection of Subsoil, 1956. 272 p.

6. Krivtsov A.I., Migachev I.F., Popov V.S. *Medno-porfirovye mestorozhdeniya mira* [Copper and porphyritic deposits of the world]. Moscow: Nedra, 1986.

7. Logachev, A.A., Zakharov V.P. *Magnitorazvedka* [Magnet prospecting]. Rostov: Nedra, 1979. 126 p.

8. Mudretsova E.A., Veselov K.E. *Gravirazvedka. Spravochnik geofizika* [Gravi-prospecting. Reference book of geophysics]. M.: Nedra, 1990. 607 p.

9. Салихов В.С., Груздев Р.В. Геолого-структурные особенности Култуминского гранитоидного массива (Юго-Восточное Забайкалье). Вестник ЧитГУ, 2013. № 6 (97). С. 48-55.

10. Силлитое Р.Х. Медно-порфировые системы. Экономическое общество геологов, Корпорация экономической геологии, 2010. № 105. С. 3-41.

11. Старостин В.И., Дергачев А.Л., Семинский Ж.В. Структуры рудных полей и месторождений. М.: Изд-во МГУ, 2002. 352 с.

12. Чернышева Н.Е. Природа Култуминского гранитоидного штока в контексте генетической принадлежности (Восточное Забайкалье). Вестник ЧитГУ, 2011, № 7 (74). С. 86-93.

13. Шевчук Г.А., Харитонов Ю.Ф., Карманов А.Б. Перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы юго-восточного Забайкалья // Горный журнал, 2010. № 5. С. 34-37.

9. Salikhov V.S., Gruzdev R.V. *Vestn. Chit. Gos. Univ.* (Transbaikal State University), 2013, no. 6 (97), p. 48-55.

10. Sillitoe R.H., *Medno-porfirovye sistemy* [Copper and porphyritic systems]. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, 2010, no. 105, p. 3-41.

11. Starostin V.I., Dergachev A.L., Seminsky Zh.V. *Struktury rudnyh poley i mestorozhdeniy* [Structures of ore fields and deposits]. Moscow: Publishing house of MSU, 2002. 352 p.

12. Chernysheva N.E. *Vestn. Chit. Gos. Univ.* (Transbaikal State University), 2011, no. 7 (74), p. 86-93.

13. Shevchuk G.A., Kharitonov Yu.F., Karmanov A.B. *Gornyy zhurnal* (Mountain Journal), 2010, no. 5, p. 34-37.

Коротко об авторе

Груздев Р.В., аспирант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия
rogruzdev@mail.ru

Научные интересы: структуры рудных полей и месторождений, медно-порфировый геолого-промышленный тип месторождений

Briefly about the author

R. Gruzdev, graduate student, Transbaikal State University, Chita, Russia

Scientific interests: structures of ore fields and deposits, copper-porphyritic geological and industrial type of deposits

