

УДК 553.041

ЭТАПНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ПОИСКОВЫХ МОДЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ СУЛЬФИДНО-МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

Е.Г. Юренков¹, А.П. Кочнев²

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Показано, что первоочередной задачей при прогнозно-минерогенических исследованиях и проектировании поисковых работ на любые полезные ископаемые является разработка поисковой модели, которая предусматривает выделение вероятных рудоносных формаций и позволяет определить их позицию в структуре региона, выбрать перспективные участки и объекты поисковых и поисково-оценочных работ.

Вид и содержание конкретной поисковой модели зависит от вида минерального сырья, генетического типа полезного ископаемого, стадийности геологоразведочного процесса и др. Многообразие этих факторов и разноранговость прогнозируемых объектов предопределяют этапность прогнозно-поискового моделирования в зависимости от масштаба и достоверности исходных материалов.

На примере одного из регионов Восточного Саяна рассмотрена возможная этапность поискового моделирования медно-никелевого оруденения, связанного с базит-ультрабазитовыми комплексами. Намечено три этапа и, соответственно, три вида поисковых моделей:

- *региональной прогнозно-минерогенической моделью* района может служить схема расположения потенциально-рудоносных массивов базит-ультрабазитов В. Саяна, составленная с учетом общегеологических предпосылок медно-никелевого оруденения и анализа мелкомасштабных и среднемасштабных геологических карт региона,

- *локальной минералогическо-петрографической поисковой моделью* Мэдэжского массива является карта-схема зональности потенциально-рудоносного массива, которая базируется на материалах петрографо-минералогического изучения пород в процессе крупномасштабного геологического доизучения района массива,

- *детальной геохимической поисковой моделью* потенциально-рудоносного массива является поли-элементная карта-схема геохимических аномалий никеля, меди и кобальта.

Библиогр. 11 назв. Ил. 4. Табл. 2.

Ключевые слова: моделирование; прогнозно-поисковые модели; оруденение; дунит; верлит.

DEVELOPMENT STAGES OF FORECAST-PROSPECTING MODELS ON EXAMPLE OF SULPHIDE-COPPER-NICKEL MINERALIZATION (THE EAST SAYAN)

E.G. Yurenkov, A.P. Kochnev

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The first priority of forecasting and mineragenic studies and planning of prospecting for any minerals is to develop a forecast-prospecting model, which includes the distinguishing of probable ore-bearing formations and allows to determine their position in the structure of the region, to select promising sites and the objects of prospect evaluation survey.

The type and content of a particular forecast-prospecting model depends on the type of mineral raw materials, genetic type of minerals, exploration process staging, and others. The diversity of these factors and different status of projected objects determine the phases of forecast-prospecting modeling depending on the scale and reliability of source materials.

On example of one of the regions of the Eastern Sayan the authors consider possible phasing of the forecast-prospecting modeling of copper-nickel mineralization associated with mafic-ultramafic complexes. Three phases and, accordingly, three types of forecast-prospecting models are distinguished:

¹Юренков Евгений Георгиевич, аспирант кафедры прикладной геологии, тел.: (3952) 405114, e-mail: yurenkov90@mail.ru

Yurenkov Evgeniy, Postgraduate Student of the Department of Applied Geology, tel.: (3952) 405114, yurenkov90@mail.ru

²Кочнев Анатолий Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры прикладной геологии, тел.: (3952) 405114, e-mail: kochnev@istu.irk.ru

Kochnev Anatoliy, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Applied Geology, tel.: (3952) 405114, e-mail: kochnev@istu.irk.ru

- a regional forecasting and minerogenic model can be represented by a layout of potentially metalliferous mafic-ultramafic East Sayan massifs, made up with consideration of general geological preconditions of copper-nickel mineralization and the analysis of small-scale and medium-scale geological maps of the region,

- a local mineralogical and petrographic forecast-prospecting model of Medek massif is a schematic map of potentially ore-bearing massif zonality. The map is based on the materials of petrographical and mineralogical study of rocks received in a large-scale geological additional exploration of the massif area,

- a detailed geochemical forecast-prospecting model of a potentially ore-bearing massif is a poly-element schematic map of geochemical anomalies of nickel, copper and cobalt.

11 sources. 4 figures. 2 tables.

Key words: modelling; forecast-prospecting models; mineralization; dunite (olivine rock); wehrlite.

При обосновании поисковых работ на любые полезные ископаемые первоочередной задачей является разработка прогнозно-поисковой модели для потенциально рудоносной площади, которая позволила бы выделить рудоносные формации, определить их позицию в структуре изучаемой территории, выбрать наиболее перспективные участки и объекты и наметить предварительную методику поисковых работ [4].

Как известно [5, 7, 11], существуют разнообразные виды таких моделей, но главное значение имеют геокартграфические модели – минерагенические и прогнозные карты, схемы, планы, разрезы и т.д. Они позволяют отразить пространственное положение прогнозируемых объектов разного ранга (минерагенических поясов и провинций, рудных полей и узлов, минерализованных зон и рудных тел) и их соотношения с вмещающей их геологической средой.

Традиционная стадийность геологических исследований и разноранговость прогнозируемых объектов определяют этапность прогнозно-поискового моделирования [7] в зависимости от масштаба и достоверности исходных материалов: от обзорного и мелкомасштабного до регионального (среднемасштабного), локального (крупномасштабного) и детального.

Подобный прогностический подход реализован нами на примере прогнозно-поискового моделирования медно-никелевого оруденения, связанного с базит-ультрабазитовыми комплексами Восточного Саяна.

Первый этап. На основе общегеологических предпосылок сульфидно-медно-никелевого оруденения и анализа

мелкомасштабных и среднемасштабных геологических карт района выделена Восточно-Сибирская металлогеническая провинция, связанная с базит-ультрабазитовыми магматическими комплексами [1–3, 8, 9].

В результате обобщения и анализа материалов этих исследований составлена схема расположения потенциально рудоносных массивов базит-ультрабазитов Восточного Саяна (рис. 1), которая по существу является **региональной прогнозно-минерагенической моделью** района.

Согласно этой модели базит-ультрабазитовые массивы приурочены к выступам фундамента Сибирского кратона и докембрийским геологическим образованиям Восточно-Саянской складчатой области.

В пределах фундамента выделяются [2] крупные докембрийские террейны (Бирюсинский, Канский, Шарыжалгайский), а внутри их – интракратонные поднятия и прогибы (Гутаро-Туманшетский, Канский и др.).

В складчатой области выделены разновозрастные горстообразные поднятия (рифейский Дербинский антиклинорий или блок) и прогибы (венд-кембрийский Манский, среднепалеозойский Агульский рифтовый и др.).

Выступы фундамента, террейны и отдельные поднятия и впадины обычно ограничены глубинными разломами (главный Восточно-Саянский, Бирюсинский, Манский, Агульско-Бирюсинский, Идарский, Канско-Агульский, Кандатский и др.), которые в совокупности образуют систему Восточно-Саянского краевого шва Сибирской платформы. К некоторым из них

тяготеют базит-ультрабазитовые массивы.

В пределах Восточно-Саянской металлогенической провинции выделено [1, 2, 9] несколько потенциальных рудных районов с сульфидно-медно-никелевой минерализацией: Бирюсинско-Тагульский, Удинско-Бирюсинский и Барбитайский.

В состав Удинско-Бирбсинского рудного района входят массивы Медвежий Лог, Тартайский, Мэдэкский, Малашитинский. Они сложены дунитами и перидотитами барбитайского ($v\sigma PR_{1br}$) интрузивного комплекса, в которых почти повсеместно развита вкрапленность

сингенетических сульфидов с медно-никелевым оруденением, реже встречаются проявления платиноидов.

В результате анализа региональной прогнозно-минерагенической модели района и материалов предшественников в качестве первоочередного объекта поисковых работ выбран Мэдэкский массив, на котором намечено провести ГДП с предварительными поисками.

Мэдэкский массив расположен в 100 км к юго-западу от г. Нижнеудинска, в среднем течении р. Чёрный Огнит – левого притока р. Уды (Большой Бирюсы), впадающей в р. Ангару. Массив приурочен к Бирюсинской структурно-фациальной зоне, представленной высо-

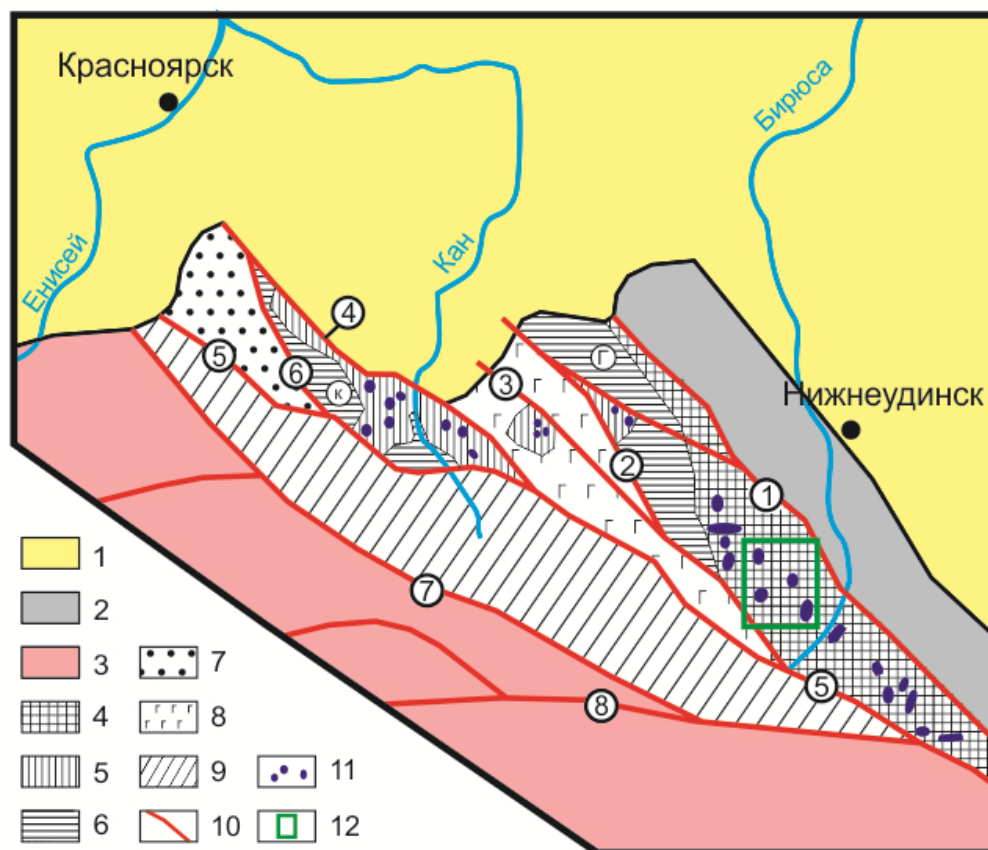


Рис. 1. Схема размещения базит-ультрабазитовых массивов Восточного Саяна (по материалам Ю.Л. Макеева, О.М. Глазунова, Г.В. Полякова, А.С. Мехоношина и др. с изменениями и дополнениями авторов):

1 – осадочный чехол Сибирского кратона; 2 – Присаянский краевой прогиб; 3 – Сисимо-Казырский прогиб; 4 – Бирюсинский выступ; 5 – Канский выступ; 6 – прогибы и трогои фундамента: Канский прогиб (К), Гутаро-Туманищевский трог (Г); 7 – венд-кембрийский Манский прогиб; 8 – среднепалеозойский Агульский рифтовый прогиб; 9 – рифейский Дербинский блок; 10 – глубинные разломы (1 – Бирюсинский, 2 – Агульско-Бирюсинский, 3 – Идарский, 4 – Канско-Агульский, 5 – Главный Восточно-Саянский, 6 – Манский, 7 – Восточно-Саянский, 8 – Кандатский); 11 – базит-ультрабазитовые массивы; 12 – контур площади ГДП

кометаморфизованными терригенными и карбонатно-терригенными образованиями хайламинской (*ARhl*) и алхадырской (*PR₁alh*) свит [8].

По материалам ГСР массив размером 1,5 x 2,5 км в плане имеет неправильную, близкую к изометричной штокообразную форму (рис. 2). Северо-западная часть массива прорвана биотитовыми гранитами огнитского комплекса. С запада, юга и востока массив ограничен серией разломов субширотного и субмеридионального простирания.

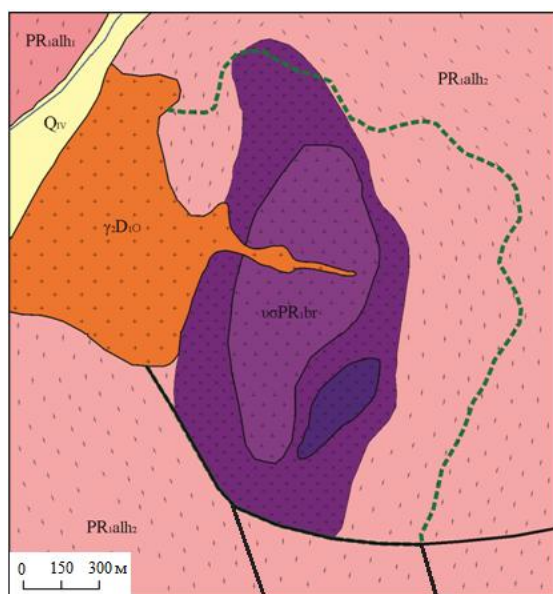


Рис. 2. Геолого-петрографическая карта Мэдэжского массива (по материалам А.С. Мехоношина с исправлениями и дополнениями):

1 – пески, глины, суглинки; 2 – гнейсы гранат-биотитовые, биотитовые; 3 – гнейсы мусковитовые, амфиболты, кварциты; 4 – граниты, сиениты; 5 – верлиты; 6 – дуниты; 7 – зона повышенной сульфидной вкрапленности; 8 – контур Мэдэжского массива по данным ГСР; 9 – разломы

Второй этап. В процессе ГДП при детальном изучении массива тематическим отрядом Института геохимии (Мехоношин А.С. и др.) уточнены площадь, контур и форма массива. Массив размером 0,7 x 1,5 км вытянут в субмеридиональном направлении (рис. 2), залегает согласно с вмещающими породами, на отдельных участках в деталях

повторяя и подчеркивая их флексуорообразные изгибы и мелкие складки. Предполагается, что он находится не в первоначальном залегании – скорее всего, массив изначально имел пластообразную форму, а затем в результате наложенных деформаций приобрел штокообразную форму.

Петрографо-минералогические исследования пород Мэдэжского массива на этом этапе позволили изучить их петрографический и минеральный составы (табл. 1), восстановить последовательность минералообразования (табл. 2), расшифровать зональное строение массива, определить средние содержания никеля, меди и кобальта в породах разного состава и в конечном итоге разработать локальную минералогическую петрографическую поисковую модель массива.

Установлено, что массив сложен в основном двумя разновидностями ультраосновных пород – дунитами и верлитами. При этом намечается четкое зональное строение массива: дуниты сосредоточены в центральной части, а верлиты – в боковых частях и по периферии (рис. 2).

Таблица 1

Минеральный состав массива

Минералы	Породы	
	Дуниты	Верлиты
Главные	Оливин	Оливин, клинопироксен
Акцессорные	Хромшпинелид, пентландит	Хромшпинелид, пентландит, хроммагнетит
Вторичные	Магнетит, серпентин, хлорит, тальк	Амфибол, магнетит, серпентин, хлорит, тальк

Примечание. Прямым шрифтом отмечены минералы, свойственные для верлитов, курсивом – общие для дунитов и верлитов минералы.

Из табл. 1 видно, что общими породообразующими минералами для дунитов и верлитов являются оливин, хромшпинелид, пентландит, магнетит, серпентин, хлорит и тальк, а в верлитах

кроме того наблюдаются клинопироксен, хроммагнетит и амфибол.

В породах Мэдэксского массива почти повсеместно развита сингенетическая вкрапленность сульфидов (до 12%), с которой связано платиноидно-медно-никелевое оруденение. Главными рудными минералами пород массива являются пентландит, пирротин, халькопирит, а второстепенными – макинавит, магнетит, ильменит, ковеллин, самородная медь.

Пентландит – самый распространенный рудный минерал, его содержание варьирует от 40 до 60% общего количества сульфидов. Он широко развит в верлитах и в меньшей степени в дунигах. По морфологическим особенностям наблюдаются пластинчатые и изометрические выделения пентландита; первые, как правило, представляют собой монокристаллические ксеноморфные образования небольших размеров (до 0,05–0,07 мм в длину), а вторые имеют более крупные размеры – от 0,01 до 0,84 мм, часто являются агрегатами нескольких зерен. Пентландит находится в тесном сростании с пирротинном, либо занимая межзерновые пространства оливинов, либо локализуясь внутри зерен пироксена.

Пентландит чаще и интенсивнее других сульфидов замещается вторичным магнетитом, образующим многочисленные прожилки, приуроченные к плоскостям спайности, а также к контактам с другими сульфидами, реже наблюдается сплошное его замещение. Кроме того, пентландит подвергается замещению макинавитом, хлоритом и серпентинитом. При этом вторичные рудные минералы развиваются главным образом по плоскостям спайности пентландита, а нерудные – с периферии его выделений.

Содержание *пирротина* в породах массива составляет от 10 до 20% общего количества сульфидов, что не характерно для данной рудной формации. Пирротин находится в тесном сростании с пентландитом. По морфологическим

особенностям преобладают мелко- и среднезернистые агрегаты размером 0,02–0,4 мм в поперечнике. Форма зерен обычно неправильная, близкая к изометричной, контуры неровные, извилистые. Вторичные изменения пирротина проявляются в его замещении магнетитом. Магнетит развивается главным образом в виде неправильных, сильно ветвящихся дендритовидных прожилков с зазубренными краями, иногда в виде четких линзовидных выделений или каемок по периферии вкрапленников. В некоторых случаях прожилки и неправильные выделения магнетита сливаются друг с другом, образуя сплошную массу, содержащую реликты пирротина и пентландита.

Содержание *халькопирита* в породах массива составляет от 10 до 15% общего количества сульфидов. В аншлифах минерал латунно-жёлтого цвета в виде неправильных выделений размером от 0,001 до 0,4 мм с неровными, остро зазубренными контурами. Для него характерно тесное сростание с пентландитом, чем и обусловлен резкий ксеноморфизм его выделений. Вторичные изменения халькопирита проявляются в виде его замещения ковеллином. Как правило, ковеллин образует неправильные формы с неровными контурами. В отдельных случаях процесс замещения развит достаточно широко. Кроме того, халькопирит замещается магнетитом.

Магнетит в рудах массива является вторичным и кристаллизуется одновременно с серпентином, замещая сульфиды, в результате чего имеет подчинённую форму. Для магнетита характерно морфологическое своеобразие отдельных индивидов. Так, неправильные его обособления, развивающиеся по пентландиту и пирротину, нередко обладают торцовой структурой, причем в одних случаях индивиды имеют равные, почти прямолинейные ограничения, а в других – волнисто-зазубренные. В прожилках и просечках магнетита в пентландите иногда отчетливо наблюдается

поперечно-шестоватое строение с подобием зоны геометрического отбора на контакте. Это может свидетельствовать о формировании таких прожилков путем выполнения трещин в пентландите.

Макинавит, как и магнетит, является вторичным минералом, но развивается только по пентландиту. Его текстура выражена в виде жгутовидных или неправильно-полосчатых выделений, образующих «бурундучные» агрегаты размером от 0,07 до 0,2 мм. Иногда жгутики примыкают друг к другу очень тесно, образуя почти сплошные агрегаты. В пентландите он располагается не закономерно, но большей частью с периферии зерен и агрегатов.

В породах массива установлены также проявления самородной меди с характерной вытянутой формой кристаллов размером 0.008–0.05 мм в длину и 0,001–0,005 мм в ширину, что свидетельствует об особых условиях образования минерала. В зонах гидротермальной переработки силикаты преобразуются в серпентин, а рудные минералы претерпевают восстановительные процессы с образованием меди.

Изучение взаимоотношений рудных минералов друг с другом и с породообразующими минералами позволяет восстановить последовательность их образования (табл. 2).

Как видно из табл. 2, в процессе формирования Мэдэкского массива намечается три этапа: магматический, гидротермально-метасоматический и постмагматический.

На магматическом этапе за счет гравитационно-кристаллизационной дифференциации исходной магмы сформировалась зональная серия пород от дунитов до верлитов с пирротин-пентландит-халькопиритовой минерализацией.

Гидротермально-метасоматический этап условно разделяется на две стадии: на ранней стадии происходит образование ковеллин-макинавитовой минерализации, а на поздней – медной.

На этапе постмагматического метаморфизма сначала развиваются магнетит и серпентин, замещая оливин, а на завершающих стадиях – хлорит и тальк.

Сколковое опробование пород массива показывает, что повышенные содержания никеля, меди и кобальта отмечаются как в дунитах, так и в верлитах, но средние содержания этих компонентов в верлитах несколько выше, что связано с повышенной степенью проявления в них сульфидной минерализации, которая выражена вкрапленностью пентландита, пирротина и халькопирита.

Таблица 2

Последовательность минералообразования

Процессы	магматический	гидротермально-метасоматический		постмагматического метаморфизма
	стадия I халькопирит-пирротин-пентландитов	стадия II ковелин-макинавитов	стадия III медная	стадия IV магнетитовая
Пирротин	██████			
Пентландит	██████████			
Халькопирит	██████████			
Макинавит		██████		
Ковелин		██████		
Самородная медь			██████	
Магнетит				██████████

а) █████ б) █████ в) █████ г) █████

Количество минерала в %: а) более 30%, б) 10-30%, в) 5-10%, г) менее 5%

Полученные данные позволяют предложить *локальную минералогонетрографическую поисковую модель* (см. рис. 2), в соответствии с которой сульфидно-медно-никелевое оруденение приурочено к верлитам в юго-восточной части Мэдэкского массива. Для обнаружения отдельных оруденелых зон и потенциальных рудных тел с промышленным содержанием сульфидов меди и никеля, определения условий их залегания и морфологии, опираясь на эту модель, целесообразно проведение геохимических поисково-оценочных работ в выделенной зоне.

Третий этап. В процессе геохимических поисков проведено площадное геохимическое опробование коренных пород и элювиальных развалов по сети 250x250 м, изучены первичные и вторичные ореолы рассеяния никеля, меди и кобальта. По результатам анализа химического состава пород массива составлены моноэлементные и полиэлементные карты-схемы полей распределения этих элементов, построены графики их корреляционных соотношений (рис. 3).

Петрохимические пересчеты анализов химического состава пород массива показывают отсутствие четкой корреляции содержаний Ni, Co и Cu. Высокие совместные концентрации Ni и Co, Ni и Cu указывают на преобладание сульфидной формы оруденения. В то же время высокие концентрации Ni в соче-

тании с низкими концентрациями Co и Cu свидетельствуют о силикатной форме никелевого оруденения, о повышенном содержании никеля в оливинах. В таких участках массива, скорее всего, богатая руда отсутствует. Эта закономерность наиболее четко просматривается на графике зависимости распределения меди от никеля (рис. 3, а), так как наименьшие содержания этих элементов приурочены к дунитам. На графике зависимости распределения кобальта от никеля (рис. 3, б) такая связь проявлена нечетко.

Путем совмещения моноэлементных схем распределения главных полезных компонентов построены (рис. 4) обобщенные полиэлементные карты-схемы геохимических аномалий для минимально промышленных содержаний (рис. 4, а) и для повышенных концентраций главных элементов (рис. 4, б). На этих картах видно, что никель распространен неравномерно как в дунитах, так и в верлитах. В дунитах никель содержится в виде включений в оливине и не представляет промышленного значения из-за сложностей извлечения при малом содержании. Кобальт, в отличие от никеля, сосредоточен более локально в виде удлиненной зоны вквосток простирания пород массива. Повышенные содержания меди дают два изометричных ореола, которые приурочены к выходам верлитов.

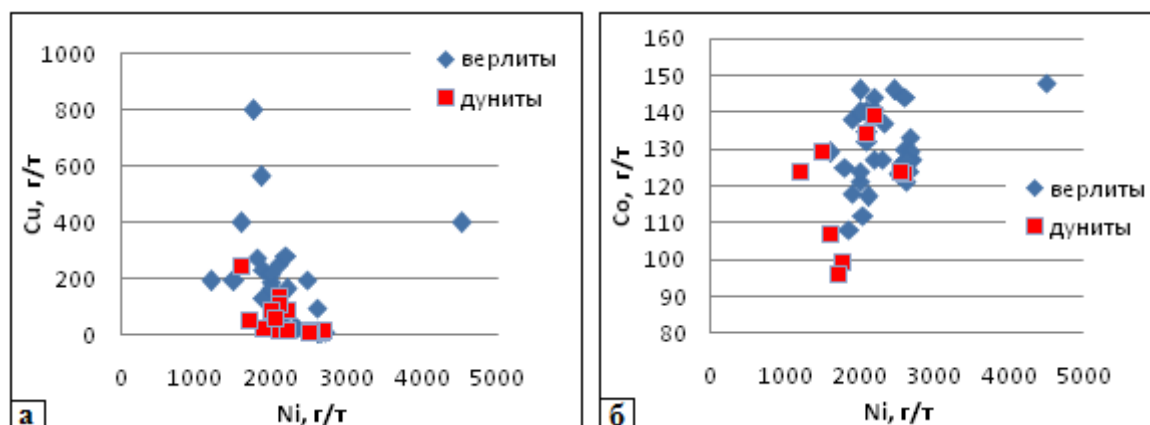


Рис. 3. Графики зависимости распределения: а – Cu–Ni; б – Co–Ni

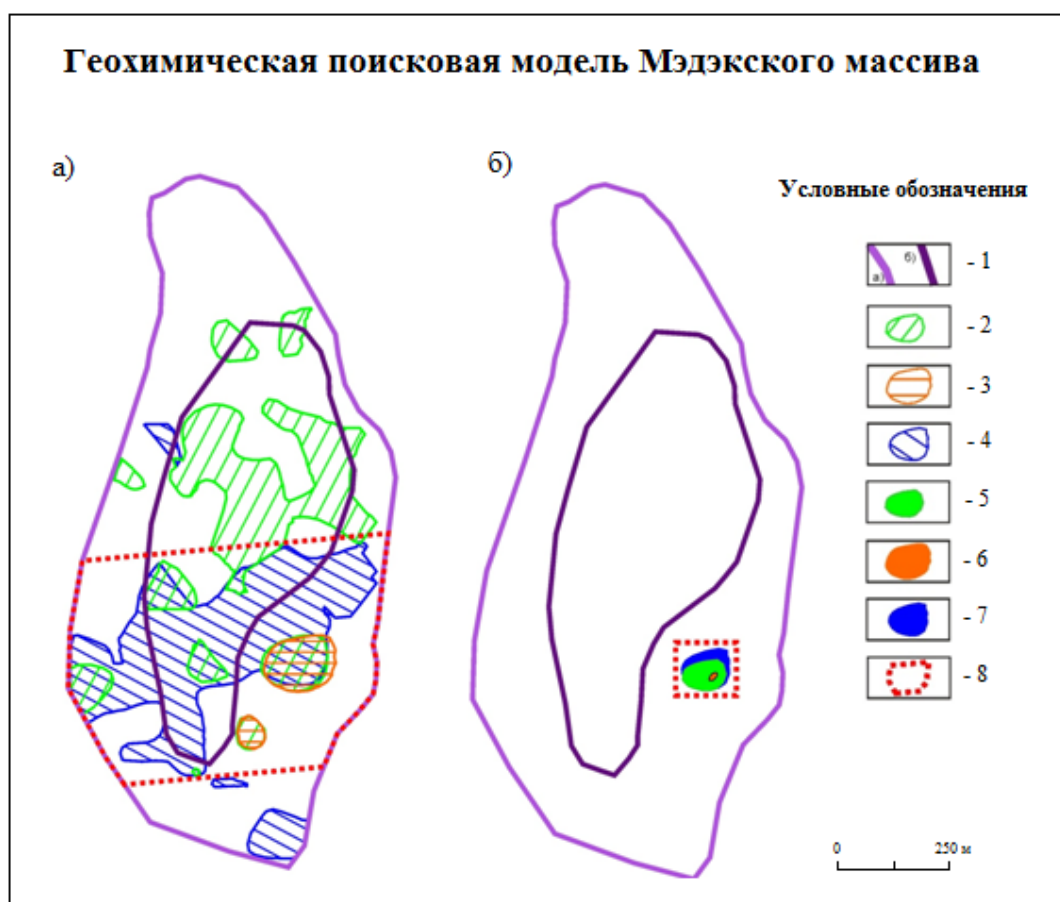


Рис. 4. Геохимическая поисковая модель Мэдэжского массива: а – для минимально промышленных содержаний главных элементов; б – для наивысших содержаний главных элементов:
 1 – контур выхода перидотитов (а), контур дунитового ядра массива (б); 2–4 – участки с минимальным содержанием Ni (2), Si (3) и Co (4); 5–7 – участки с максимальным содержанием Ni (5), Si (6) и Co (7); 8 – перспективный участок сульфидно-медно-никелевого оруденения

Полиэлементная карта-схема геохимических аномалий для повышенных концентраций главных элементов (см. рис. 4, б) по сути является **детальной геохимической поисковой моделью** потенциально-рудноносного Мэдэжского массива [10].

Опираясь на эту поисковую модель, можно рекомендовать проведение поисково-оценочных работ в пределах выхода зоны потенциально-перспективных участков для оценки сульфидно-медно-никелевого оруденения, определения условий залегания и морфологии рудных тел и наметить предварительную методику поисково-оценочных работ.

В соответствии с этой моделью выделяется первоочередной перспективный участок в южной части массива (см. рис. 4, б), на котором ореолы по-

вышенных содержаний никеля, меди и кобальта совпадают друг с другом, что указывает на вероятную локализацию здесь сульфидно-медно-никелевого оруденения, приуроченного к верлитам.

По аналогии с формой залегания однотипных месторождений можно попытаться предложить **структурно-морфологическую модель** вероятного рудного тела. Изометричная форма перспективного участка позволяет предположить, что вероятное рудное тело имеет, скорее всего, трубообразную форму с крутыми субвертикальными контактами. В соответствии с этим его оконтуривание на поверхности возможно траншеями, а на глубине – сетью буровых поисково-разведочных скважин.

Предложенная нами структурно-морфологическая модель вероятного рудного тела может быть взята за осно-

ву при разработке проекта поисково-разведочных буровых работ.

Таким образом, алгоритм прогнозно-поискового моделирования включает следующие виды поисковых моделей:

- региональную прогнозно-минералогическую поисковую модель потенциально-рудноносного района;
- локальную минералого-петрографическую поисковую модель потенциально-рудноносного массива;
- детальную геохимическую поисковую модель потенциально-рудноносного массива.

Близкий алгоритм разработки поисковых моделей может быть рекомендован для других видов полезных ископаемых с учетом их генетических особенностей [6] и специфики структурно-геологической позиции.

Библиографический список

1. Глазунов О.М., Радомская Т.А. Кингашское платиноидно-медно-никелевое месторождение. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. 192 с.
2. Глазунов О.М., Радомская Т.А. и др. Сопоставление геохимии гипербазит-базитовых массивов докембрийских террейнов в южном обрамлении Северо-Азиатского кратона // Современные проблемы геохимии. Иркутск, 2012. Т. 3. С. 29–33.
3. Дибров В.Е. Геология центральной части Восточного Саяна. М.: Недра, 1964. С. 332.
4. Коробейников А.Ф. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых. Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2009. 253 с.

5. Коробейников А.Ф. Теоретические основы моделирования месторождений полезных ископаемых. Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2009. 183 с.

6. Кочнев А.П. Пегматитоносные зоны смятия // Вестник ИрГТУ. 2001. № 10. С. 76–81.

7. Кочнев А.П., Юренков Е.Г. Основы типизации прогнозно-поисковых моделей // Известия СО Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. 2014. Вып. 1 (44). С. 74–80.

8. Макеев Ю.Л. Геологическое строение и полезные ископаемые Гутаро-Бирюсинского района. Иркутск: Изд-во СО РАН, 1983. 186 с.

9. Поляков Г.В., Толстых Н.Д., Мехоношин А.С. и др. Ультрамафит-мафитовые магматические комплексы Восточно-Сибирской докембрийской металлогенической провинции // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 11. С. 1689–1704.

10. Юренков Е.Г., Кочнев А.П. Геохимическая модель локализации медно-никелевого оруденения в Мэдэском массиве гипербазитов (Восточный Саян) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVII Международного симпозиума им. академ. М.А. Усова... Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2013. Т. 1. С. 158–160.

11. Юренков Е.Г. Некоторые вопросы типизации прогнозно-поисковых моделей // Геология в развивающемся мире. Пермь: Изд-во Перм. гос. нац.-исслед. ун-та, 2014. Т.1. С. 67–70.

Рецензент доктор геолого-минералогических наук, профессор Иркутского государственного технического университета В.А. Филонюк