подчиненными прослоями метапесчаников, кварцитов и железистых кварцитов. Осложняющие складки отмечаются в кровле медвежевской свиты. Разрывные нарушения с преобладанием продольных позднескладчатых сбросов практически не деформируют железорудный горизонт.

Горизонт железистых кварцитов выделяется среди метаконгломератов с магнетит-гематитовой минерализацией в цементе и приурочен к основанию пятой пачки верхней подсвиты. Он имеет довольно устойчивую мощность в центральной и юго-западной части участка (протяженностью 10 км), изменяющуюся от 45 до 69 м, и залегает согласно с породами медвежевской свиты. На северо-восточном фланге на протяжении 6,2 км мощность постепенно уменьшается.

Строение рудного горизонта весьма устойчиво, так как практически на всем протяжении он имеет однотипное строение: его основание сложено магнетит-гематитовыми кварцитами с «плавающим» гравием кварц-полевошпатового состава, кровля — существенно магнетитовыми очень плотными массивными тонкозернистыми кварцитами, часто розовых тонов. Средние содержания общего железа в нижней части пласта составляют 25–28 %, в верхней — 35–40 % и постепенно уменьшаются в северо-восточной части до 18–22 %.

Положительным сложнодифференцированным полем напряженностью 100–6000 гамм характеризуется пачка метаконгломератов с повышенным содержанием железа в цементе (рис. 3).

В зависимости от присутствия того или иного железистого минерала на территории Тонодской площади выделяются гематитовые, магнетит-гематитовые и гематит-магнетитовые кварциты. Слабометаморфизованные железистые кварциты представляют собой вишневую тонкослоистую породу, в строении которой участвуют слойки мелко- и тонкозернистых кварц-гематитовых песчаников, алевропесчаников, алевролитов и алевросланцев, различающихся как зернистостью, так и количественными соотношениями гематита и кварца. Железистые кварциты имеют первично-осадочную природу, параллельно-слоистые, реже оползневые текстуры, в которых участвуют рудные слойки хемогенного происхождения, характеризуются невыдержанностью состава и строения по латерали, что типично для базовых фаций осадконакопления.

Минеральный состав руд контролируется уровнем регионального метаморфизма: при переходе от серицит-хлоритовой фации зеленых сланцев к биотитовой субфации руды изменяются от гематитовых до магнетит-гематитовых и гематит-магнетитовых.

Оруденение приурочено к зонам конседиментационных глубинных разломов фундамента и осадочного чехла, а также к узлам их пересечения, тяготея к крупным синклинальным структурам. Наиболее перспективные промышленные руды (магнет-гематитовые и гематит-магнетитовые) локализованы в зонах гранат-биотитовой субфации метаморфизма. В зонах более низкой ступени метаморфизма выделяются гематитовые и магнетит-гематитовые руды меньшей промышленной значимости. Для гематитовых руд характерен пониженный кларк хрома, никеля и повышенный — ванадия, титана, кобальта, меди, молибдена, лития, стронция по сравнению с гематит-магнетитовыми рудами. Выходам рудных пластов соответствуют магнитные аномалии разной интенсивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баранов В.А.* Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Сер. Бодайбинская, лист О-49-XII. Объяснительная записка. — М., 1966.
2. *Иванов А.И.* Основные этапы рудообразования и металлогеническое районирование северной части Байкало-Патомского нагорья/ Тез. докл. XI Всесоюз. металлогенического совещания «Металлогения Сибири». Т. 2. — Новосибирск, 1987. — С. 87–88.

© Зублюк Е.В., 2015

Зублюк Екатерина Владимировна // vims-zublyuk@mail.ru

УДК 553.07

Зайченко А.П., Домаренко В.А. (Национальный исследовательский Томский политехнический университет)

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ РУДОВМЕЩАЮЩЕЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСНОГО ЗОЛОТО-УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНОЕ (ЭЛЬКОНСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН, ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)

Приводится краткая характеристика геологического строения месторождения Северное (Эльконский урановорудный район). Рассматривается и обосновывается возможность наращивания запасов золота и урана путем типизации дизъюнктивных нарушений и учета характера внутреннего строения рудовмещающей структуры. ***Ключевые слова:*** *Эльконский район, месторождение Северное, трещины скола, трещины отрыва.*

Zaychenko A.P., Domarenko V.A. (National Research Tomsk Polytechnic University)

STRUCTURAL FEATURES STRUCTURE ORE — HOSTING COMPLEX GOLD-URANIUM DEPOSITS SEVERNOE (ELKON ORE DISTRICT, SOUTHERN YAKUTIA)

Provides a brief description of the geological structure of the deposit of the «Severnoe» (Elkon uranium ore region). Reviewed and substantiated the opportunity to increase its reserves of gold and uranium by typing and accounting nature of the internal structure of the ore-hosting structure. ***Key words:*** *Elcon district, deposit Severnoye, shear fractures, shear ruptures.*

Атомная энергетика постоянно развивается, что обусловлено некоторым преимуществом АЭС в отношении других источников производства электроэнергии. По энергетическому эквиваленту уран превосходит нефть в 11 000 раз, а бурый уголь в 60 000. В таком случае расходы на транспортировку урана значительно снижаются. Атомная энергетика практически не дает выбросов углекислого газа. В связи со стремлением России развивать атомною энергетику страны, которое предполагает увеличение количества действующих атомных энергоблоков, ее потребность в использовании уранового сырья будет только возрастать. Россия испытывает дефицит между производством и потреблением урана, который в настоящее время покрывается складскими запасами, вторичными источниками сырья, а также

импортом из-за рубежа (Казахстан, Узбекистан, Австралия) [1, 3]. Для дальнейшего успешного и устойчивого развития атомной энергетики важно, чтобы Россия, как один из мировых лидеров в производстве ядерного топлива, имела собственную надежную минерально-сырьевую базу, гарантирующую устойчивое развитие существующих и создание новых горнорудных предприятий.

В данной работе приводятся результаты исследований по изучению структурных особенностей локализации комплексного золото-уранового оруденения месторождения Северное с целью определения их влияния на характер размещения оруденения, выявления закономерностей распределения богатого оруденения, а также возможностью наращивания запасов месторождения. Для достижения этих целей использовались данные, полученные авторами в результате выполнения специализированных работ по контракту с ЗАО «Русбурмаш» в 2010–2012 гг.

Административно месторождение Северное расположено в Алданском районе Республики Саха (Якутия) в 36 км южнее г. Томмот. Месторождение Северное является вторым по значению объектом Эльконского урановорудного района. Оно приурочено к одноименной тектонической структуре северо-западного простирания, расположенной в северной части Эльконского горста, в 2,5 км от зоны Южная (рис. 1).

В истории изучения месторождения Северное отмечается три разделенных во времени этапа:

1) Выявление и оценка зоны Северная, в основном с поверхности и мелкими скважинами в период 1961–1966 гг.

2) Поисково-оценочные работы, перешедшие в предварительную разведку в период 1980–1985 гг.

3) Разведочные работы ЗАО «Эльконский ГМК» в 2010–2011 гг.

В результате проведенных ЗАО «Русбурмаш» в 2010–2011 гг. работ получен прирост запасов урана и сопутствующих компонентов кат. C_1; в зоне окисления выявлены участки, перспективные на обнаружение промышленного золотого оруденения для кучного выщелачивания золота; изучены технологические свойства первичных и окисленных руд.

В геологическом строении месторождения Северное принимают участие глубоко метаморфизованные, гранитизированные и дислоцированные образования архейского возраста, представленные гнейсами и кристаллическими сланцами, архейско-протерозойскими гранитоидами, дайками метаморфизованных микродиоритов и диоритовых порфиритов, дайками палеозойских диабазов, а также телами мезозойских щелочных и щелочноземельных пород алданского комплекса. Четвертичные породы, среди которых выделяются элювиальные, делювиальные и аллювиальные отложения, развиты на всей площади месторождения, но мощность их незначительна. В пределах месторождения архейский метаморфический комплекс представлен образованиями верхнеалданской (ее верхней подсвитой) и федоровской свит (рис. 2).

Положение золото-урановых месторождений Эльконского урановорудного района и зоны Северная, в частности, контролируются региональными разрывными структурами глубинного заложения и длительного развития. Эти структуры формировались в течение длительного времени, начиная с архейско-протерозойского возраста. В более позднее мезозойское время в процессе тектоно-магматической активизации происходило неоднократное подновление тектонических зон и образование более мелких разрывных нарушений. Разломы послужили своего рода транспортной артерией для внедрения рудных компонентов, в результате чего предрудные метасоматические изменения и рудные образования четко унаследовали не только направление, но и местоположение и форму древних образований тектоно-метасоматических зон. Выделяют различные направления развития тектонических разрывных нарушений: широтного, меридионального, северо-восточного и северо-западного направлений простирания. Последнее направление является основным, так как оно играет определяющую роль в локализации оруденения.

Рис. 1. Обзорная схема района

Для изучения особенностей строения рудовмещающей структуры использовались данные полевой геологической документации скважин, в том числе фотодокументации керна, данные геофизических исследований скважин (ГИС), данные опробования. На первом этапе по этим данным были построены схематические геолого-структурные разрезы, выделены и

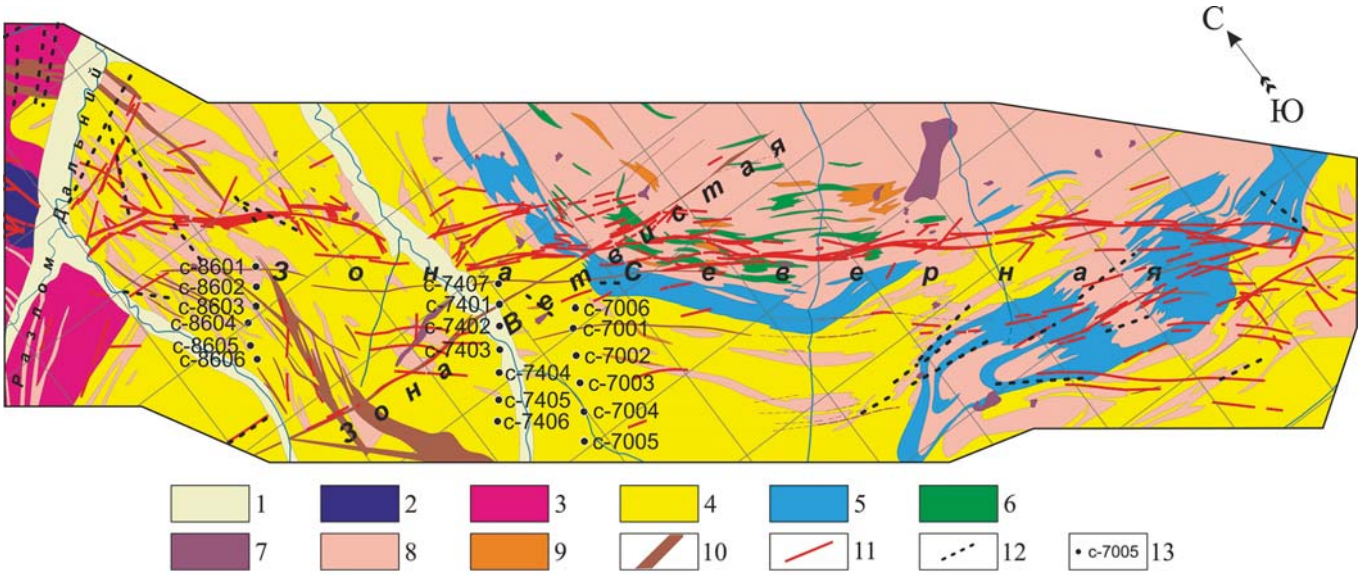


Рис. 2. Геологическая схема месторождения Северное по данным ЗАО «Русбурмаш» с изменениями автора: 1 — осадки речных долин четвертичного возраста; 2 — биотит-амфиболовые, амфиболовые, биотитовые, двупироксеновые, гиперстен-амфиболовые кристаллические сланцы (федоровская свита, керибиканский горизонт); 3 — диопсидовые двупироксеновые, амфибол-диопсидовые кристаллические сланцы и гнейсы, диопсиды и кальцифиры (федоровская свита, леглиерский горизонт); 4 — пироксеновые и гиперстен-амфиболовые кристаллические сланцы и гнейсы с линзами диопсидитов (федоровская свита, любкакайский горизонт); 5 — пироксеновые и гиперстен-амфиболовые кристаллические сланцы и гнейсы с линзами диопсидитов (федоровская свита, медведевский горизонт); 6 — биотитовые-амфиболовые гнейсы и кристаллические сланцы с прослоями глиноземистых и пироксеносодержащих разностей (верхнеалданская свита); 7 — аляскитовые граниты (архей); 8 — лейкократовые граниты, биотитовые и биотит-амфиболовые граниты, диопсидовые и амфибол-диопсидовые граниты (архей); 9 — гранито-гнейсы и сильно гранитизированные метаморфические породы; 10 — метаморфизованные тела и дайки диоритового состава (ортогнейсы) (архей); 11 — минерализованные нарушения, швы и зоны катаклаза, брекчирования, окварцевания мезозойского возраста; 12 — бластомилониты, милониты и бластокатаклазиты; 13 — скважины

уточнены области построения структур трещинного типа. Структуры месторождения Северное формировались в несколько этапов тектоно-магматической активизации (ТМА) района.

Выделены следующие генетические типы как отдельных трещин, так и их систем:

основная рудолокализующая структура представлена серией субпараллельных крутопадающих под углами 55–60^0 трещин;

оперяющие трещины скола, сформированные в результате движения блоков пород вдоль основного направления, зачастую сравнительно протяженные. Мощность их, как правило, небольшая. Эти трещины образуют две системы, характеризующиеся различными направлениями относительно основной рудной зоны. Первая система ориентирована согласно падению основной зоны, вторая наблюдается реже, она ориентирована к основной структуре под углами 50–60°;

трещины отрыва формировались в результате растягивающих напряжений. Система трещин отрыва характеризуется одним направлением и образует пологозалегающие структуры, представляющие собой зоны интенсивного прожилкования и брекчирования. Несмотря на то, что трещины отрыва характеризуются меньшей протяженностью, нежели трещины скола, они обладают повышенной мощностью и большей емкостью по сравнению с последними. Оруденение, локализованное во всех группах трещин, сопровождается ореолами специфических гидротермально измененных пород пирит–калишпат-серицитового состава (эльконитты).

Используя данные геологической документации и фотодокументации с помощью специализированной программы Micromine, были отстроены разрезы, отражающие геолого-тектонические особенности рудной зоны месторождения Северное.

Разрез по разведочному профилю (РП) № 70 расположен в области сопряжения зон Северная и Ветвистая (рис. 2). Главное тектоническое нарушение представляет собой серию сближенных крутопадающих взаимопересекающихся трещин. Ширина их распространения достигает 48–50 м при среднем угле падения около 60°. Данный профиль характеризуется небольшим развитием оперяющих структурных элементов. Область их распространения неравномерна. Большая часть элементов располагается в лежачем борту основной рудолокализующей структуры. Трещины отрыва, развитые в лежачем боку, характеризуются большей мощностью по сравнению с трещинами отрыва, развитыми в висячем боку (рис. 3а).

Разрез по разведочному профилю № 74 расположен в области сопряжения зон Северная и Ветвистая в 450 м к северо-западу от РП № 70 (рис. 2). Главное тектоническое нарушение также представлено серией сближенных, крутопадающих, взаимопересекающихся швов. Ширина зоны их распространения неравномерна и в среднем составляет 26 м. Угол падения составляет 61°. Данный профиль характеризуется широким развитием оперяющих структурных элементов. Распространены они более равномерно и вместе создают сложное блочно-мозаичное строение рудной зоны (рис. 3б).

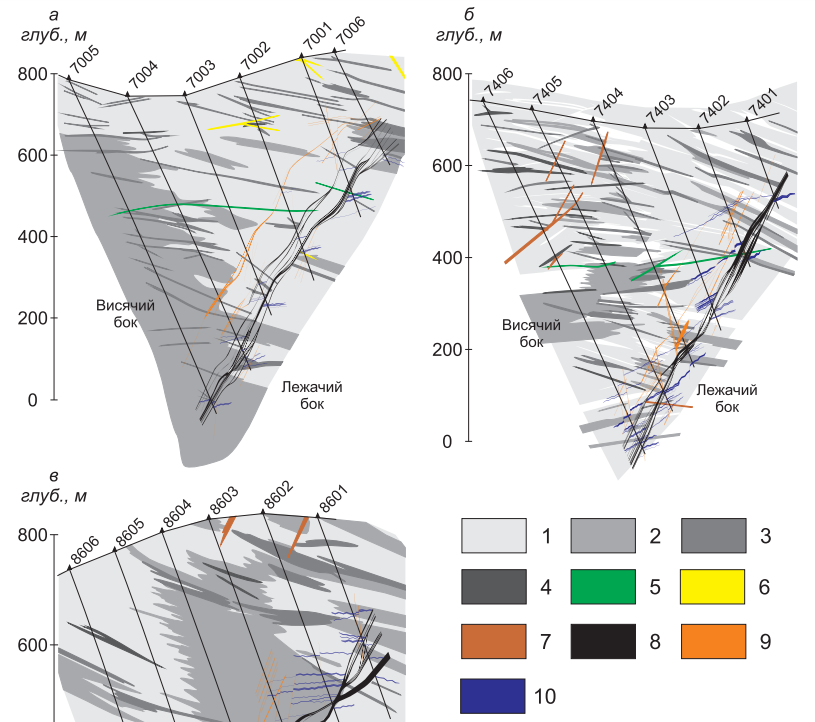
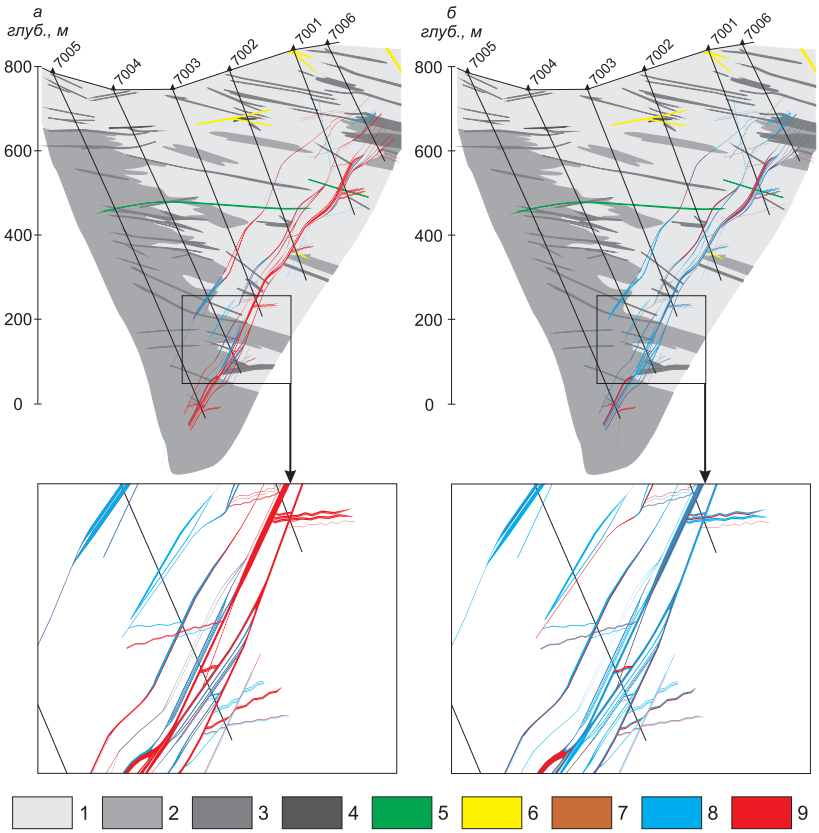


Рис. 3. Схематические разрезы месторождения Северное по разведочным профилям 70 (а), 74 (б) и 86 (в): 1 — гнейсы; 2 — гранито-гнейсы; 3 — граниты; 4 — аляскитовые граниты; 5) лампрофиры; 6 — ортогнейсы; 7 — метадиориты; 8 — основная структура; 9 — трещины скола; 10 — трещины отрыва



При проведении разведочных работ ЗАО «Русбурмаш» в 2010–2011 гг. оказался слабо изучен лежачий бок месторождения, поскольку бурение скважин прекращалось вскоре после прохождения главного тектонического нарушения. В результате этого не были подсечены элементы структур отрыва на достаточном удалении от главного тектонического нарушения.

Разрез по разведочному профилю № 86 расположен за пределами сопряжения зон Северная и Ветвистая. Скважинами изучены наиболее глубокие горизонты зоны Северная и структуры лежачего бока. Здесь отмечается значительная (100–150 м) протяженность трещин отрыва по отношению к основной зоне. Наблюдаются наиболее четкие взаимоотношения последних с трещинами скола (рис. 3в).

Данные опробования, проведенного при специализированных оценочных работах на рудное золото ЗАО «Русбурмаш» в 2010–2011 гг., показывают более широкое распространение золотой минерализации по сравнению с урановой и локализации ее в зонах (рис. 4).

В ряде случаев повышенные содержания полезных компонентов соответствуют участкам развития структур отрыва, что в значительной степени увеличивает их роль. В силу слабой изученности лежачего бока рудной зоны при подсчете запасов не были учтены потенциальные рудные тела, сформированные в части трещин отрыва. Опыт изучения структурных особенностей на примере месторождения Чёртово Корыто [2] позволяет предположить прирост запасов за счет данного типа структур.

В результате исследований изучены особенности строения рудовмещающей структуры. Проведена типизация дизъюнктивных нарушений с выделением основных генетических типов: основное нарушение, трещины скола, трещины отрыва. Выявлена связь повышенных содержаний полезных компонентов с нарушениями определенного типа — трещинами отрыва. На основании проведенных исследований авторами прогнозируется существенный прирост запасов урана и золота, размещенных в оперяющих структурах.

Рис. 4. Схематические разрезы месторождения Северное по разведочному профилю 70 с данными по золоту (а) и по урану (б): 1 — гнейсы; 2 — гранито-гнейсы; 3 — граниты; 4 — аляскитовые граниты; 5 — лампрофиры; 6 — ортогнейсы; 7 — метадиориты; 8 — безрудная зона брекчирования, катаклаза, милонитизации; 9 — рудоносная зона (содержание золота от 0,5 г/т (а), урана от 0,01 % (б))

ЛИТЕРАТУРА

1. *Государственный* доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2012 г. — Москва, 2013. — 199 с.
2. *Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верхозин А.В.* Структурно-динамическая модель золоторудных месторождений, образованных в несланцевом и черносланцевом субстрате. Ч. 2. Месторождение Чёртово Корыто (Патомское нагорье) // Изв. Томского политех. университета. — 2009. — Т. 314. — № 1. — С. 23–38.
3. *Машковцев Г.А., Коноплев А.Д., Мигута А.К., Щеточкин В.Н.* Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы урана России // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 5. — С. — 15–22.

© Зайченко А.П., Домаренко В.А., 2015

Зайченко Андрей Петрович // andrey.vl@list.ru
Домаренко Виктор Алексеевич // viktor_domarenko@mail.ru

УДК 553.4:550.84

Силин И.И. (ФГУП «ИМГРЭ»)

МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ СЪЕМКИ МАСШТАБА 1:200 000

Метод вычисления прогнозных ресурсов по геохимическим данным использует те же параметры, что и подсчет промышленных запасов, а именно: промышленное содержание, объем рудного блока, коэффициент рудоносности. Поскольку в исходных поисковых данных из-за малого числа рудных проб и низкого содержания металла указанные параметры определить невозможно, вместо них вводятся относительные величины, количественно связанные с параметрами промышленных месторождений. Выделение нижнеаномального уровня геохимических полей (АГХП) производится статистически по всей совокупности геохимических проб, отобранных в пределах листа масштаба 1:200 000. Оценка прогнозных ресурсов в пределах АГХП выполняется двумя способами: по величине стандартного отклонения и по функции связи содержания элемента и объема рудного блока. Метод иллюстрируется примерами. ***Ключевые слова:*** *прогнозные ресурсы, коэффициент промышленной концентрации, коэффициент промышленной рудоносности.*

Silin I.I. (IMGRE)

METHODOLOGY AND SAMPLE ESTIMATES OF INFERRED RESOURCES BASED ON THE GEOCHEMICAL DATA FROM THE SURVEYING AT A SCALE OF 1:200 000

Method of calculation of inferred resources on the basis of geochemical data is based on the same parameters as calculation of commercial reserves, namely: commercial grade, ore block volume, and ore-bearing factor. In original exploration data the above categories are difficult to define due to low number of ore samples and low metal concentrations. That is why they are substituted by relative values quantitatively connected to parameters of commercial mineral deposits. A lower level of an anomalous geochemical field (AGF) is statistically selected from the totality of geochemical samples taken within the quadrangle sheet of 1:200 000 scale. Inferred resources within AGF are estimated by two ways: via standard deviation and communication functions of the element content and the ore block volume. The presented method is illustrated by examples. ***Key words:*** *inferred resources, factor of economic concentration, factor of economic ore presence.*

Предложенный метод вычисления прогнозных ресурсов по геохимическим данным изложен автором в ряде статей [4, 5] и монографии [6]. Метод использует те же параметры, что и подсчет промышленных запасов, а именно: промышленное содержание, объем рудного блока, коэффициент рудоносности. Указанные параметры в исходных поисковых данных из-за малого числа рудных проб и низкого содержания металла отсутствуют, вместо них вводятся относительные величины, количественно связанные с параметрами промышленных месторождений. Для этого выполняются следующие операции, использующие объективные данные.

1. Доля промышленного содержания элемента в пробе определяется путем нормирования результатов лабораторных определений на минимально-промышленное содержание элемента, принятое по мировым (или региональным) оценкам. Полученные величины называются коэффициентами промышленной концентрации (K_{Cp}).

2. Доля площади рудоносного блока с промышленным содержанием металла определяется с помощью коэффициента промышленной рудоносности (K_{Sp}), равного отношению площади с промышленным содержанием металла (по K_{Cp}) к площади всего рудоносного блока (в долях единицы). Ориентировочные пороги рангов аномальных геохимических полей (АГХП) можно принять соответствующими десятичной градации объектов (в K_{Cp}): РТ (рудное тело) — 1; РМ (рудное месторождение) — 0,5; РП (рудное поле) — 0,1; РУ (рудный узел) — 0,01. Глубина прогнозирования для крутопадающих рудоносных структур определяется технологически доступной глубиной отработки месторождений данного типа. При упрощенном вычислении прогнозных ресурсов фактическая продуктивность ореола корректируется на величину K_{Cp} и K_{Sp}. При этом коэффициенты считаются независимыми переменными. На самом деле в рудоносном блоке они функционально связаны.

3. Для более точного вычисления прогнозных ресурсов вычисляется функция связи коэффициентов промышленной концентрации и промышленной рудоносности. В общем случае она выражается функцией, обладающей эластичными свойствами:

$$F(K_{Sp} \cdot K_{Cp}) = (K_{Cp}/K_{Sp}) \cdot (dK_{Cp}/dK_{Sp}).$$

Выявленная зависимость позволяет определить величину коэффициента рудоносности по заданному численному значению коэффициента промышленной концентрации.

Уточненные прогнозные ресурсы определяются по общепринятой формуле подсчета промышленных запасов. Однако вместо среднего содержания металла в ореоле в формуле используется принятое минимальное промышленное содержание, скорректированное на величину K_{Cp}, а площадь рудоносного блока корректируется на величину коэффициента промышленной рудоносности при заданном значении коэффициента промышленной концентрации:

$$Q = (S \cdot K_{Sp}) \cdot H \cdot d \cdot C_p,$$