

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫХ РУДНЫХ УЗЛОВ ЗАПАДНОГО ВЕРХОЯНЬЯ (ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

А.В. Костин, А.С. Гольцова, М.С.Лысенко, Т.В. Труфакина

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск

На примере рудных формаций Западного Верхоянья (Восточная Якутия) разработана концепция использования ГИС-технологий для прогнозирования рудных узлов благородных металлов. В основу ГИС-проекта положена геологическая модель рудных узлов, описывающая пространственное положение типовых рудных формаций. Средствами ГИС-анализа выделены площади, перспективные на обнаружение новых благороднометалльных рудных узлов.

Ключевые слова: ГИС технологии, рудные формации, Западное Верхоянье.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка территорий на предмет перспективной благороднометалльной рудоносности является важнейшим этапом при принятии решений об инвестировании геолого-разведочных работ. Одной из важных составляющих геологического прогноза является моделирование рудных узлов на основе ГИС-технологий, что расширяет возможности поиска новых и нетрадиционных месторождений благородных металлов. Несмотря на различную изученность, на территории Верхояно-Колымской области сегодня известно более 10000 рудных месторождений, рудопроявлений и точек рудной минерализации, которые группируются в полиформационные рудные поля и узлы. Моноформационные рудные узлы встречаются крайне редко и в большей степени характерны для стратиформных месторождений меди и полиметаллов.

Анализ геологического строения месторождений благородных металлов Западного Верхоянья [1–5] позволил создать комплексную модель рудного узла (рис. 1). В ее основе лежит представление о том, что месторождения формировались длительное время, начиная с этапа седиментогенеза и заканчивая складчатостью и последующим магматизмом. Были сформированы рудные узлы, месторождения которых группируются в золоторудный и сереборудный ряды рудных формаций (табл.).

В золоторудном и сереборудном рядах рудных формаций месторождения группируются по времени и условиям локализации, характеру рудных жил, мас-

штабам и качеству руд. Выделяемые нами типовые представители рудных формаций описываются как эталоны, характеристика которых закладывается в алгоритмы металлогенического анализа на основе ГИС технологий.

РЯД ЗОЛОТОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ

Коренное промышленное золото в Западном Верхоянье было известно только в рудах месторождения Аркачан. Отдельными пробами была установлена золотоносность жил участка Порфиновый Мангазейского месторождения до 19 г/т.

Исследования последних лет показали, что золоторудные месторождения на территории Западного Верхоянья изучены недостаточно, а их роль в ресурсном потенциале золота будет постоянно возрастать. Месторождения образуют зональные поли- и моноформационные рудные узлы, генетически связаны с надкупольными частями нескрытых интрузий. Жилы медно-молибденовой формации локализуются непосредственно в интрузивных породах. По мере удаления от них располагаются золото-скарновая, золото-медно-порфировая, золото-редкометалльная, золото-(мышьяково)-сульфидная и золото-сульфидная рудные формации.

Медно-молибденовая формация

Представлена крутопадающими (70–80°) маломощными (10–20 см) кварцевыми жилами с редкой вкрапленностью чешуйчатого молибденита, пирита и халькопирита. С ними ассоциируют пластовые и секущие сульфидные жилы мощностью от 3–5 до

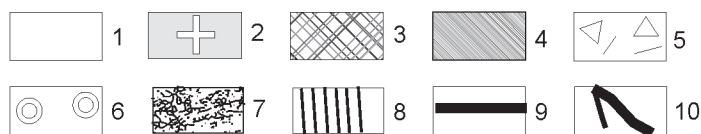
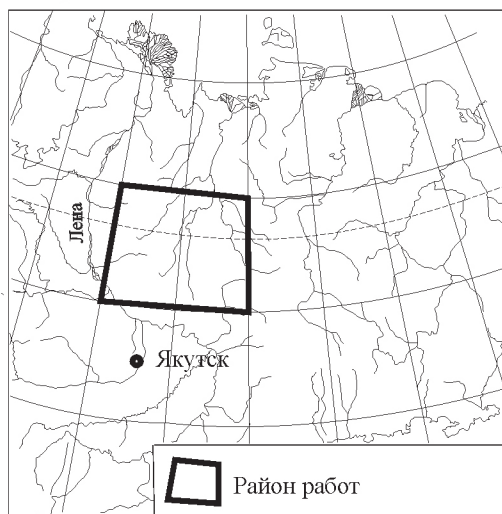
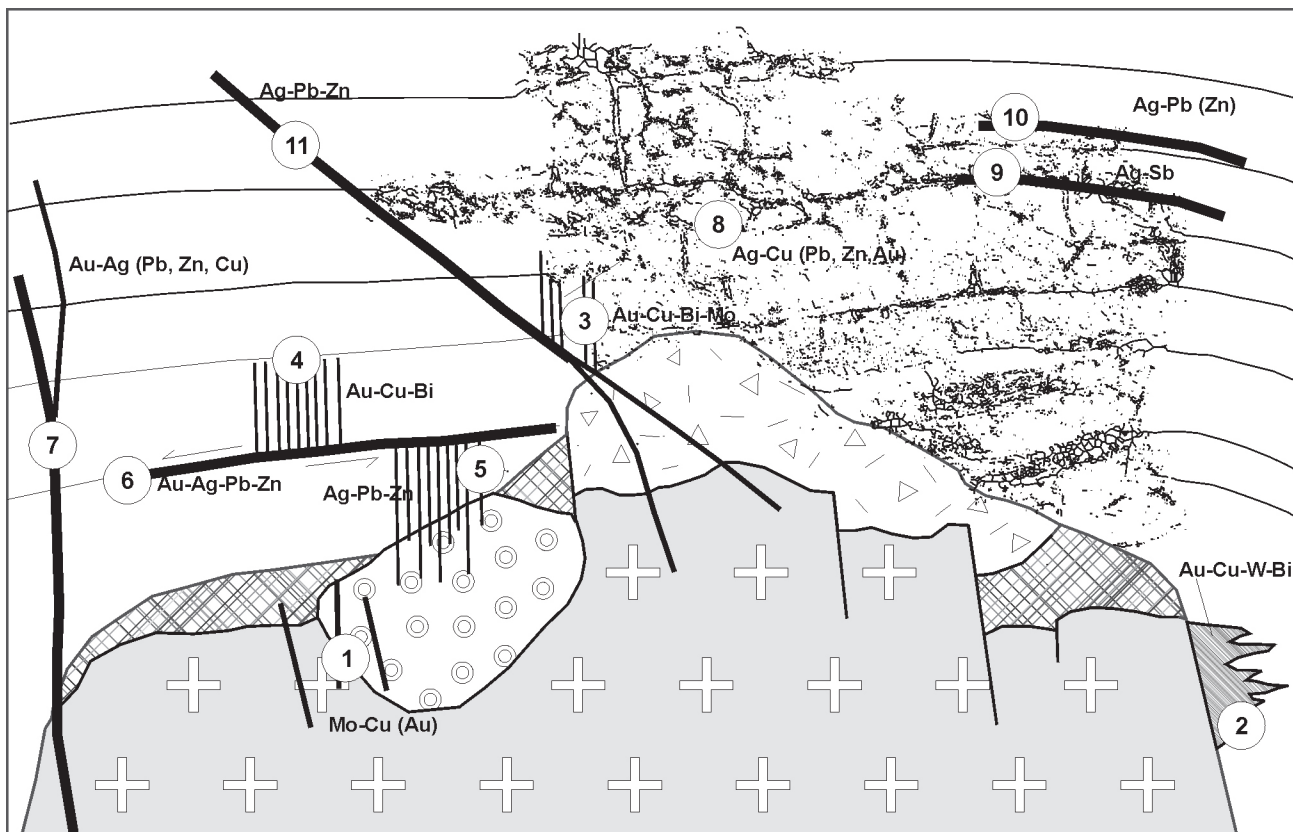


Рис. 1. Рудно-магматическая модель полиформационных рудных узлов Западного Верхоянья.

1 – песчаники, 2 – гранит, 3 – роговики, 4 – скарны, 5 – брекчия кварцевых порфиров, 6 – сульфидизированные песчаники; рудные тела: 7 – штокверки, 8 – секущие минерализованные зоны, 9 – пластовые жилы, 10 – секущие жилы. Типовые рудные формации (цифры в кружках): 1 – медно-молибденовая, 2 – золото-скарновая, 3 – золото-медно-порфировая, 4 – золото-редкометаллическая, 5 – золото (мышьяково)-сульфидная, 6 – золото-сульфидная, 7 – золото-серебряная, 8 – серебро-медно-порфировая, 9 – серебро-сурьмяная, 10 – серебро-свинцовая, 11 – серебро-полиметаллическая.

Таблица. Золоторудные и серебрянорудные формации Западного Верхоянья.

Ряд золоторудных формаций		Ряд серебрянорудных формаций	
Рудная формация	месторождение	Рудная формация	месторождение
медно-молибденовая	Порфировый, Хобяту-Эчийское, Кыгылтасское	золото-серебряная	Пентиум, Позолота, Чочимбальское
золото-скарновая	Агылки	серебро-медно-порфировая	Нижнеэндыбальское
золото-медно-порфировая	Порфировый, Кысылтасское	серебро-сурьмяная	Мангазейское
золото-редкометаллическая	Аркачан, Порфировый	серебро-свинцовая	Мухалканское
золото (мышьяково)-сульфидная	ГИС-1	серебро-полиметаллическая	Вертикальная
золото-сульфидная	Чочимбальское		

40–50 см в зонах малоамплитудных надвигов или сбросо-сдвигов. Жилы локализованы или в эксплозивных брекчиях, или в ороговикованных песчаниках зоны экзоконтакта Эндыбальской трубки взрыва [6]. По минеральному составу они относятся к сульфидному типу и состоят из кварца, сидерита, пирита, арсенопирита и халькопирита. Висмутин, густавит и сульфотеллуриды серебра – редкие минералы. Они образуют мелкие выделения по границам зерен арсенопирита, концентрируются в узлах пересечения трещин, где слагают небольшие мономинеральные агрегаты. Продуктивность жил увеличивается по мере удаления от интрузива. Содержания полезных компонентов в рудах следующие: Au – 11,900 г/т, Ag – 200,0 г/т, Cu – 0,180 %, Pb – 0,027 %, Zn – 0,026 %, Co – 0,002 %, Bi – 0,090 %, Hg – 32,000 г/т.

Золото-скарновая формация

Локализуется в контактовых ореолах невоскрытых массивов гранитоидов в толщах, сложенных аргиллитами, алевролитами и песчаниками, среди которых отмечаются пласты мраморизованных известняков, к которым и приурочены скарны. Осадочные породы прорваны широтной серией сближенных до-рудных даек гранодиорит-порфиров, кварцевых порфиров, плагипорфиров и диоритов. Рудные тела представлены залежью, образовавшейся по пласту мраморизованных и скарнированных известняков. Мощность тела – 3,5–5 м, в среднем – 4 м [10]. Рудные тела сложены минеральными ассоциациями четырех стадий минерализации: скарновой, шеелит-кварцевой, сульфидной и кальцитовой. Пироксен и гранат скарновой ассоциации замещаются минералами шеелит-кварцевой, сульфидной (халькопирит-пирротиновой) и кальцитовой ассоциаций. В рудах преобладают кварц, пирротин, пироксен, кальцит, второстепенные минералы – халькопирит, шеелит, актинолит, клиноцоизит, хлорит, мусковит и гранат. В качестве примеси встречаются пирит, сфалерит, арсенопирит, блеклые руды, станнин, минералы висмута, самородные Bi и Au. Содержания: WO_3 – 1,27 %, Cu – 2,7 %. Характерны повышенные содержания Bi, Te, Se, Ag и Au.

Золото-медно-порфировая формация

Представлена сульфидизированными песчаниками с рассеянной вкрапленностью пирита, черного сфалерита, пирротина и халькопирита в зоне экзоконтакта Кыгылтасского плутона. Большая часть рудного материала находится в основном в рассеянном виде, что обусловлено различной ориентировкой рудных прожилков, сложенных пирротинном, пиритом,

халькопиритом, сфалеритом, кварцем и сидеритом. Содержание в сульфидизированных песчаниках Au – до 1,12 г/т и Ag – до 21,86 г/т.

Общими особенностями месторождений золото-медно-порфировой формации являются: 1. Стратиграфические уровни, к которым они приурочены – граница карбона и перми и средний карбон; 2. Невысокие содержания металлов в руде, составляющие для Ag первые десятки г/т, для Au – десятые доли г/т; 3. Большие объемы рудной массы; 4. Внешние признаки, выраженные в необычной окраске пород (черные пленки оксидов марганца на рудах и породах, рыжий цвет гор из-за обилия окисленного пирита и пирротина); 5. Сочетание больших объемов сульфидизированных пород и незначительных по масштабам рудных жил внутри; 6. Многочисленные рудные жилы за пределами контуров сульфидизированных песчаников; 7. В участках с интенсивными тектоническими дислокациями количество рудных жил в сульфидизированных толщах увеличивается. В сульфидизированных песчаниках отмечается переотложение рудного материала и обогащение руд серебром и золотом. В составе рудных прожилков отмечаются пирротин, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, сульфосоли серебра, кварц и сидерит. Сульфиды характеризуются повышенной золото- и сереброносностью. По характеру распределения трещин с рудным выполнением выделяются участки штокверковой минерализации и протяженные пласты интенсивно пиритизированных песчаников.

Золото-редкометалльная формация

Представлена секущими минерализованными зонами крутопадающих прожилков. Самородное золото ассоциирует с халькопиритом, висмутином, самородным висмутом и теллуридами висмута [8, 9]. Руды с кобальтсодержащим арсенопиритом характеризуются повышенной золотоносностью. Продуктивными на золото являются кварц-сидерит-арсенопиритовая и кварц-сидерит-халькопиритовая минеральные ассоциации. Часто арсенопирит и халькопирит кристаллизуются совместно. В верхних горизонтах месторождения сохранились реликты халькопиритовых и арсенопиритовых руд, но большая часть их окислена. Характерно отсутствие минералов олова. Уменьшение в прожилках количества халькопирита и арсенопирита, полная смена типа минерализации на сидерит-пиритовую приводят к уменьшению золотоносности руд. Аналогичная ситуация возникает тогда, когда на золотосодержащие руды накладывается более поздняя пирротин-халькопирит-пирит-галенит-арсенопирит-сфалеритовая минеральная ассоциация.

Золото-(мышьяково)-сульфидная формация

Пространственно связана ореолами измененных пород в купольных частях невоскрытых интрузий. Минерализованные зоны приурочены к субширотным системам трещин, пересекающим крылья антиклинальных складок почти под прямым углом. Протяженность рудных зон до 1,5 км при наибольшей ширине 25 м. Все прожилки имеют субвертикальное падение и широтное простирание. В составе жил в порядке убывания значимости отмечаются арсенопирит, пирротин, халькопирит и марматит. Руда содержит Au – 1,1 г/т и Ag – 138 г/т, при этом золотоносность пирита составляет 29,7 г/т Au, что вполне сопоставимо с золотоносностью пиритов золото-редкометалльных месторождений.

Золото-сульфидная формация

Представлена комбинацией пластовых и секущих сульфидных жил в сводовых частях антиклиналей. Включает несколько подтипов, среди которых пирит-арсенопирит-галенитовый, англезит-церусситовый (галенитовый) и кварц-сидерит-галенит-сфалеритовый. Протяженность жил – от первых сотен м до первых км, мощность – от 0,1 до 1 м. Пластовые жилы приурочены к зонам межпластовых срывов по контакту пиритизированных алевролитов и песчаников (висячий бок) и массивных плотных серых среднезернистых песчаников (лежащий бок). Содержания в песчанике с равномерной вкрапленностью пирита составляют: Au – 0,15 г/т, Ag – 5,2 г/т, а в динамометаморфизованном пиритизированном песчанике – Au – 2,8 г/т, Ag – 121,0 г/т. Средневзвешенное содержание Au по одной из жил составляет 7,61 г/т, Ag – 53,2 г/т, Pb – 16,0 %, Zn – 4,0 %, Cu – 0,12 %. Отмечаются линзы с галенит-фрейбергитовыми рудами, характеризующиеся высокой сереброносностью. В результате окисления золото-сульфидных руд образовались россыпи самородного золота.

РЯД СЕРЕБРОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ

За последнее десятилетие Западное Верхоянье превратилось в одну из перспективных серебрянорудных провинций России. Были разведаны крупные месторождения Мангазейское и Прогноз, опойскаваны месторождения Хачакчанское, Ночное и Заря. Наряду с чисто серебряными месторождениями был обнаружен новый для этого района золото-серебряный тип руд – Пентиум-1 [7]. По характерным устойчивым минеральным ассоциациям серебрянорудные месторождения группируются в золото-серебряную, серебро-медно-порфиновую, серебро-сурьмяную, серебро-свинцовую и серебро-полиметаллическую рудные формации.

Золото-серебряная формация

Представлена секущими жилами в песчаниках на значительном удалении от кровли плутона. Рудные тела удалены от плутона в среднем на 1,5–2,5 км и образуют вокруг него серию кварцевых жил с галенитом, сфалеритом, бурнонитом, пиритом, арсенопиритом, тетраэдритом, Ag-тетраэдритом, фрейбергитом, пираргиритом, ковеллином, самородным золотом [7]. Средние содержания в руде составляют: Au – 3,06 г/т, Ag – 575,5 г/т, Pb – 11,5 %, Zn – 8,32 %. Максимальное содержание золота – 80,5 г/т. По содержанию главных полезных компонентов руды являются золото-серебряными свинец- и цинксодержащими. Особенностью строения кварцевых жил является вертикальная зональность, согласно которой золотоносность с глубиной увеличивается. В строении рудных жил отмечается стадийность, причем каждая секущая жила имеет выход в пластовую. Оруденение заканчивается в отложениях кыгылтаской свиты верхнего карбона – нижней перми. Данная модель типична для сингенетических месторождений. В составе жил присутствует несколько разновидностей золотосодержащих руд:

- рассеянное мелкое золото в мелкозернистом кварце, размер золотин не более 0,2 мм.
- интерстиционное золото в массивном крупнозернистом кварце размером 0,5–2 мм. Золото по морфологии в основном плоское.
- объемные самородки золота в друзах кварца, размером от 2 до 8 мм.
- вкрапленное и пленочное золото в сфалерите и на границе с кварцем.
- трещинное неровное золото размером 1 – 5 мм в местах скопления блеклых руд.

Серебро-медно-порфировая формация

Представлена интенсивно карбонатизированными и сульфидизированными песчаниками над кровлей и на флангах трубки взрыва. Главные рудные тела имеют форму сложного штокверка. Мощность прослеженных участков 2,5–24,7 м при длине 120–500 м. В отдельных интервалах отмечается повышенное содержание Au до 0,57 г/т. Содержание Ag – 489,0 г/т, Pb – 1,33%, Zn – 1,18 %, Cu – до 1 %. Углы падения рудных зон – от 5 до 35° при восточном 65–110° азимуте падения. Отмечаются также и секущие крутопадающие зоны. Наиболее значимыми факторами литологического и структурного контроля серебряного оруденения месторождения являются следующие:

1. Рассеянное оруденение сосредоточено в основном в мелкозернистых тонкослоистых песчаниках комковатой текстуры.

2. В последовательности образования рудовмещающих структур четко просматриваются более ранние сдвиги и приуроченные к их флангам надвиги и пологие сбросы.

3. Наиболее богатые жилы приурочены к контакту мелкозернистых тонкослоистых и массивных среднезернистых песчаников. Вдоль этого контакта отмечается послойный срыв, включающий разноориентированные надвиговые деформации, образующие структуру “дуплекс”, и различные комбинации сбросов и долготного сдвига.

4. Рудная минерализация висячего бока надвига выполняет трещины скола, которые сформировались под влиянием деформаций различной кинематики – сдвиговой, сбросовой и надвиговой. По отношению к вмещающим породам это согласные и под различными углами секущие трещины с рудным выполнением.

5. Лежащий бок надвига характеризуется меньшим разнообразием ориентаций трещин с рудным выполнением. В основном это трещины поднадвигового кливажа, у которых угол падения меняется от крутого $75\text{--}80^\circ$ до пологого $15\text{--}25^\circ$.

Наибольшие содержания серебра отмечены в пласте среднезернистых песчаников. Трещины с рудным выполнением разноориентированные, что обусловлено и физическими свойствами вмещающих пород, и кинематическими особенностями висячего бока надвига. Предполагается вертикальная зональность для серебро-медно-порфировой формации сверху вниз:

Ag-Cu – порфиновый;

Ag-Au-Cu – порфиновый;

Au-Cu – порфиновый с Bi и Mo.

Серебро-сурьмяная формация

Представлена межпластовыми крутопадающими ($40\text{--}80^\circ$) жильными телами, невыдержанными по падению и простиранию, с раздувами и пережимами, выклинивающимися либо разветвляющимися на серии сближенных прожилков. Мощность их колеблется от десятков см до $2\text{--}2,5$ м в раздувах, длина изменяется от первых метров и десятков метров до $700\text{--}1000$ м. Устанавливается отчетливый стратиграфический контроль в размещении рудных тел – все они располагаются в отложениях верхнего карбона и низов нижней перми и неизвестны в более молодых отложениях. При этом, на нижнем стратиграфическом уровне представлены только секущие рудные тела, которые выше по разрезу сменяются рудными залежами, согласными с напластованием вмещающих горных пород. В рудах установлены следующие минералы: самородные – серебро, сурьмянистое серебро

(анимикит), алларгентум, золото, сурьма, медь; сульфиды – акантит, Pb-акантит, Cu-акантит, Ag-Cu сульфиды ряда $\text{Ag}_2\text{S-Cu}_2\text{S}$, галенит, сфалерит, халькопирит, станнин, пирит, арсенопирит, висмутин, антимонит; сульфосоли – блеклые руды, пираргирит, миаргирит, диафорит, овихиит, полибазит, стефанит, канфильдит, фрейеслебениит, геокронит, бурнонит, буланжерит, густавит, Ag-Bi-сульфотеллурид. Содержание Ag в рудах – от 500 г/т до 2500 г/т [6].

Серебро-свинцовая формация

Является наиболее распространенной среди серебряных месторождений Западного Верхоянья. Включает несколько минеральных типов, характеризующихся различной сереброносностью руд. Ранняя – сульфидно-тетраэдритовая минеральная ассоциация наблюдается в рудах преимущественно галенит-сфалеритового состава, содержание коричневого сфалерита меняется от 0 до $3\text{--}5\%$. Количество тетраэдрита в этих рудах варьирует в широких пределах, а его сереброносность достаточно низкая. Ее сменяет галенит-марматит-тетраэдритовая с сульфосолями серебра минеральная ассоциация с мелким игольчатым арсенопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом, Ag-тетраэдритом и пираргиритом. В сфалерите наблюдаются многочисленные каплевидные включения халькопирита, станнина, галенита и пираргирита. Следующая – галенит-фрейбергитовая минеральная ассоциация – характеризуется широким развитием галенита и фрейбергита, количество которого определяет сереброносность руд. Несколько реже в этих рудах отмечаются овихиит и буланжерит. В некоторых участках рудных тел эта ассоциация сменяется галенит-акантитовой, в которой практически отсутствуют серебро-сурьмяные сульфосоли [6].

Серебро-полиметаллическая формация

Представлена крутопадающими секущими минерализованными зонами дробления северо-западного простирания, расположенными в песчаниках верхнего карбона. Средняя мощность жил – $1,03$ м, протяженность – от 200 м до 2 км. Содержание серебра в руде составляет $1239,0$ г/т, золота – $0,62$ г/т, свинца – $6,0\%$, цинка – $5,5\%$. Секущие жилы имеют ответвления в зону субсогласных минерализованных брекчий с высокими содержаниями серебра ($3118,3\text{--}3242,1$ г/т) и золота ($0,46\text{--}1,52$ г/т). Контроль пластовых серебро-полиметаллических жил осуществляется межпластовыми срывами вдоль контакта средне- и мелкозернистых песчаников. По минеральному составу руды выделяются две продуктивные стадии: сульфидно-сидеритовая и сульфидно-кварцевая. С минеральными парагенезисами

второй стадии связаны наиболее высокие концентрации серебра, она же цементирует обломки, сложенные минералами сульфидно-сидеритового парагенезиса [6].

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ

Металлогеническое районирование на основе ГИС технологий является новым шагом в создании единой распределенной модели геологического строения территории Якутии. Она призвана обеспечить функционирование многослойной базы рудно-формационных данных по объектам ранга месторождение, рудный узел и металлогеническая зона. В основу районирования положена идея о том, что рудные узлы состоят из месторождений, которые в пространстве образуют непрерывный ряд рудных формаций. Наличие одной из формаций ряда позволяет прогнозировать остальные. Рудный узел рассматривается как аномальный рудоносный блок земной коры в объеме одной или нескольких пространственно совмещенных рудоформирующих систем. Площадь рудного узла составляет сотни–первые тысячи кв. км, глубина достигает 10 и более км. Рудный узел объединяет несколько десятков месторождений, рудопроявлений и множество точек рудной минерализации, нередко различных по генетическим и морфоструктурным особенностям, а так же по набору полезных компонентов. Тем не менее, рудный узел – это самостоятельный металлогенический таксон, обладающий необходимой целостностью, которая обусловлена сочетанием в пространстве геологических процессов, обусловивших определенное геологическое строение, характерный набор рудных формаций и представляющих их месторождений.

Целевым назначением выполненного металлогенического районирования является создание на базе продукта ArcGIS картографических и табличных материалов по генетическим типам рудных узлов для оценки ресурсного потенциала Восточной Якутии, определения направлений геологических исследований, планирования работ в конкретных регионах.

Рудные узлы выделяются средствами модуля Spatial Analyst (плотность точек) по компактному расположению месторождений, рудопроявлений и точек минерализации. Для построения карты рудных узлов в ГИС проекте был создан слой “регистрационный кадастр месторождений полезных ископаемых”, включающий более 10000 месторождений, рудопроявлений и точек минерализации. Атрибутивный файл базы данных включает следующие поля: название место-

рождения, вид полезного ископаемого, временная группа рудных формаций, рудная формация, геолого-промышленный тип, размер месторождения. В пределах рудных узлов месторождения могут ранжироваться по размеру (крупные, средние, мелкие и т.д.) и по принадлежности к рудной формации. По признаку “временная группа рудных формаций” рудные узлы группируются в металлогенические зоны.

Полученная карта, фрагмент которой показан на рис. 2, отражает плотность распределения месторождений полезных ископаемых и может интерпретироваться как схема расположения рудных узлов. Выделенные таким образом рудные узлы по ассоциации с другими геологическими проявлениями подразделяются на несколько категорий:

1. На периферии плутонов.
2. В контурах роговиков.
3. В контурах роев даек.
4. Над изометричными геофизическими аномалиями.
5. Без ассоциации с чем-либо.

Рудоконтролирующее значение магматических факторов установлено для многих месторождений и рудопроявлений, однако оно не всегда равнозначно для различных рудных формаций. Для некоторых из них в настоящее время устанавливаются вполне определенные связи с магматическими породами, для других эти связи либо не установлены, либо еще недостаточно ясны. Площади распространения плутонов и даек, как правило, представляют области геологической активизации и характеризуются наиболее интенсивным развитием оруденения. Известно, что основные объемы рудной массы отлагаются над кровлей интрузий и формируют характерные зональные ряды месторождений. В этом же пространстве преимущественно локализируются и рои даек. Чем более эродирован плутон, тем меньше в его контурах рудных месторождений. Слабо эродированные или совсем не выходящие на поверхность плутоны сопровождаются интенсивным оруденением различной специализации и включают несколько десятков рудопроявлений и месторождений, в том числе несколько крупных. Оруденение может быть генетически связано с интрузией или быть регенерированным из обогащенных металлами осадочных пород.

Для использования магматического фактора при построении прогнозно-поисковых моделей созданы два слоя – полигональный (плутоны) и линейный (дайки). Информация о плутонах и дайках включает название плутона и плутонического пояса, к которому он относится, название породы, данные изотопных датировок и петрохимического состава породы.

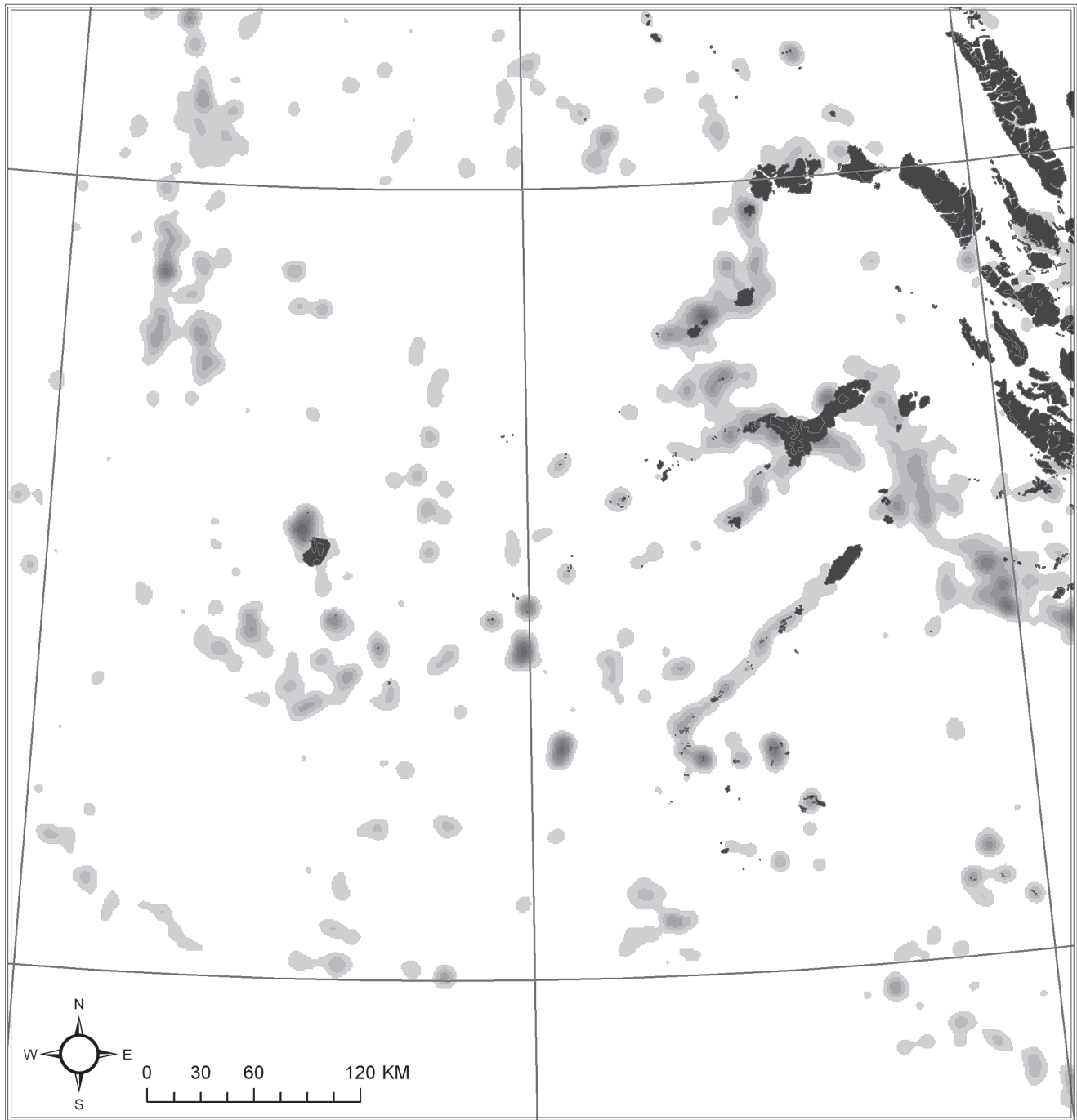


Рис. 2. Карта плотности распределения месторождений (листы Q-52, 53), показывающая рудные узлы. Серое – рудные узлы, черное – плутоны.

Ореолы сульфидизированных и ороговикованных пород обычно окаймляют верхние и боковые контакты плутонов с вмещающими породами и представляют благоприятную среду для размещения оруденения, генетически связанного с магматизмом. Зачастую сами сульфидизированные породы являются крупнообъемными месторождениями

порфирирового типа. В генетическом единстве с ними выделяются несколько типов благороднометалльной минерализации, которая проявляется в следующих формах:

1. Рассеянная Au-As-Mo-Cu минерализация в магматических и вмещающих ороговикованных осадочных породах;

2. Зоны брекчий и даек в апикальных частях интрузивов с Au-Cu-Mo-Bi-Te минерализацией в прожилках и минерализованных зонах дробления;

3. Au-Cu-W-Bi скарны в зоне экзоконтакта с карбонатными породами;

4. Телескопированные секущие зоны прожилкования с Au-Cu-Co-Bi-As и пластовые с Au-Ag-Pb-Zn-As оруденением;

5. Удаленные от интрузива Au-Ag-Pb и Ag-Pb секущие жилы.

Описанные элементы зональности свидетельствуют о важной роли сульфидизированных и ороговикованных пород в общей оценке территории. Их перспективная рудоносность определяется степенью эродированности ассоциирующего с ними плутона. Поэтому одним из важных признаков атрибутивной таблицы слоя “магматические образования” является площадь выхода плутона на дневную поверхность, вычисляемая средствами ArcView. Аналогичным образом вычисляется площадь ореолов сульфидизированных пород с сохранением этого параметра в атрибутивной таблице слоя “ореолы”. Эти

данные сопоставляются с плотностью рудных месторождений и ассоциациями рудных формаций.

Площади распространения плутонов и даек, как правило, подчеркиваются аномальными геофизическими полями. Их анализ помогает оконтуривать площади, перспективные на золотое и серебряное оруденение. В связи с этим, создаваемая ГИС была дополнена картами магнитных полей масштаба 1:1 000 000. Большое значение для прогноза перспективных территорий и направления геолого-поисковых работ играют участки с контрастными магнитными аномалиями, изучение которых позволяет определить характер и форму скрытых рудогенерирующих плутонов. Локальные слабые отрицательные аномалии интерпретируются как зоны развития близповерхностных плутонов, не вскрытых эрозией. Положительные магнитные аномалии фиксируют зоны развития контакто-метаморфизованных пород, как правило, выходящих на дневную поверхность, и участки интенсивной жильной сульфидизации. Контуры с нулевыми значениями магнитного поля с тенденцией его увеличения к центру соответствуют крупным перс-

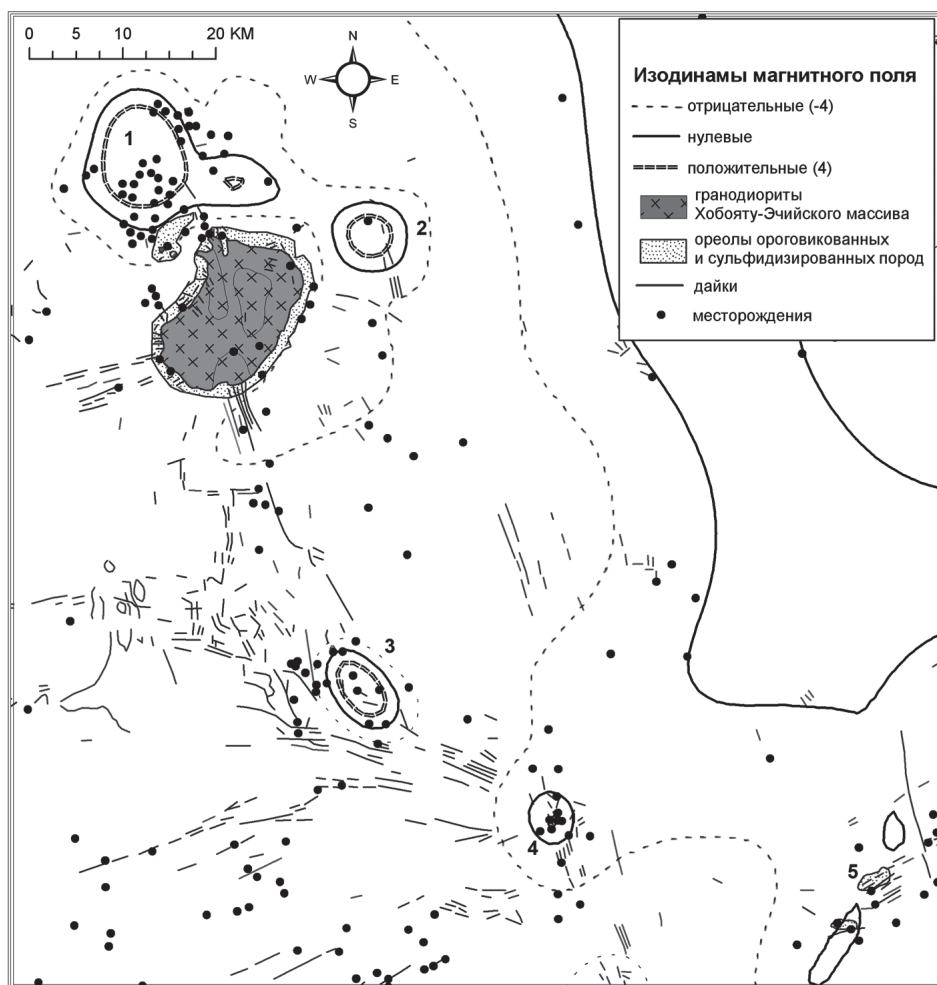


Рис. 3. Благороднометалльные рудные узлы Западного Верхоянья.

1 – Верхне-Быйтахский и Хобаяту-Согенский, 2 – Верхне-Молодокский, 3 – Ньюектаминский, 4 – Эндыбальский, 5 – Сомолконский.

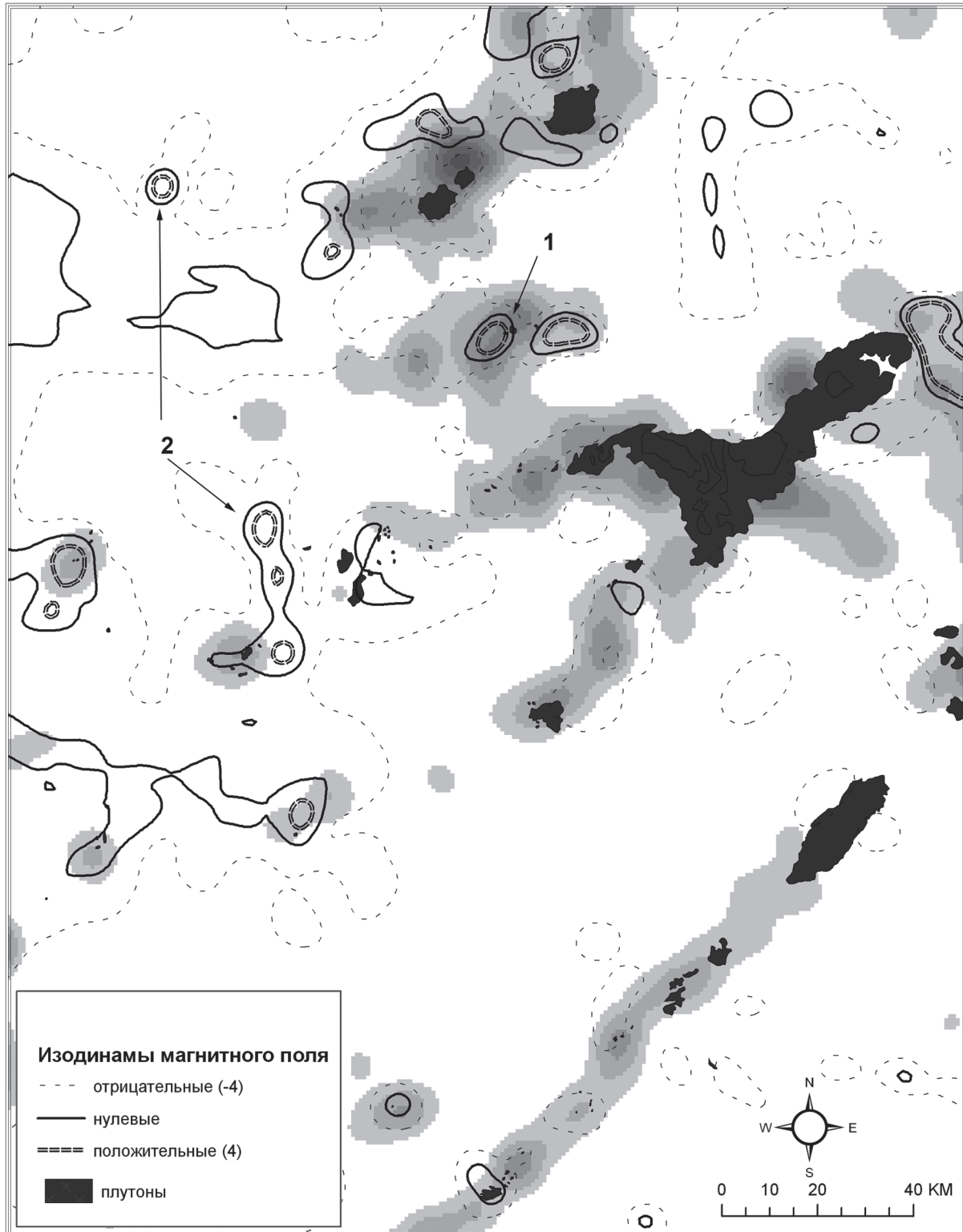


Рис. 4. Известные (1) и прогнозируемые (2) рудные узлы на карте совмещения плотности распределения месторождений и изодинам.

пективным рудным узлам (рис. 3). Подобные аномальные участки без известной рудной минерализации следует рассматривать как потенциально перспективные благороднометалльные рудные узлы, которые можно рекомендовать для постановки поисковых работ. Некоторые из выявленных потенциально перспективных рудных узлов показаны на рис. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная на основе ГИС концепция прогнозирования рудных узлов позволяет проводить визуализацию разноплановой геологической информации, металлогенические исследования (включая построение карт металлогенических зон и рудных узлов) и экспертную оценку и прогноз рудных узлов с перспективной благороднометалльной минерализацией. В окончательном варианте ГИС может использоваться для решения как научных, так и практических геологических задач. Особенную актуальность ГИС приобретает на стадии выбора объекта инвестирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амузинский В.А., Андрианов Н.Г., Жданов Ю.Я. Минералогия серебряных руд Алара-Сахского поля (Западное Верхоянье) // Серебряное оруденение Якутии: Сб. научных трудов. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1999. С. 43–56.
2. Денисов Г.В., Засимов М.Г., Окунев А.Е. Геологическое строение и сереброносность Томпо-Делиньинской металлогенической зоны // Серебряное оруденение Якутии: Сб. научных трудов. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1999. С. 28–35.
3. Ивенсен Ю.П., Амузинский В.А., Невойса Г.Г. Строение, история развития, магматизм и металлогения северной части Верхоянской складчатой зоны. Новосибирск: Наука, 1975.
4. Индолев Л.Н., Невойса Г.Г. Серебро-свинцовые месторождения Якутии. Новосибирск: Наука, 1974.
5. Константинов М.М., Костин А.В., Сидоров А.А. Геология месторождений серебра. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2003.
6. Костин А.В., Зайцев А.И., Шошин В.В. и др. Сереброносная провинция Западного Верхоянья. Якутск: Изд-во СО РАН, 1997.
7. Костин А.В. Прогноз золото-серебряных месторождений мирового класса в Куранахской рудной зоне (Западное Верхоянье) // Отеч. геология. 2001. № 5. С. 62–67.
8. Костин А.В. О полигенности золотых и серебряных месторождений фронтальной части Верхоянского складчатого пояса // Отеч. геология. 2002. № 4. С. 8–11.
9. Костин А.В. Формации благородных металлов Западного Верхоянья // Отеч. геология. 2005. № 5. С. 29–33.
10. Найбородин В.И. Минералогия и генезис Агылкинского месторождения // Тр. ВНИИ-1. Геология. Вып. 50. 1959. С. 1–23.

Поступила в редакцию 9 марта 2006 г.

Рекомендована к печати С.М. Родионовым

A. V. Kostin, A. S. Goltsova, M. S. Lysenko, T. V. Trufakina

Application of GIS for prediction of noble metal ore clusters of West Verkhoyanye (East Yakutia)

A concept of applying GIS technologies for prediction of noble metal ore clusters has been developed as exemplified by ore formations of West Verkhoyanye (East Yakutia). The GIS project is based on a geological model of ore clusters which describes spatial distribution of type ore formations. GIS analysis permitted outlining of the areas which hold the potential for the discovery of new noble metal ore clusters.

Key words: GIS technologies, ore formations, West Verkhoyanye.