

УДК 553.411(571.61)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ И ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ (НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕГО ПРИАМУРЬЯ)

Д. Л. Вьюнов¹, М. Ю. Носырев¹, В. А. Степанов²

¹Федеральное государственное унитарное геологическое предприятие «Амургеология», г. Благовещенск
E-mail: vyunov@ascnet.ru

²Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский
E-mail: vitstepanov@yandex.ru

Проведена комплексная интерпретация геохимических и геофизических данных в пределах Верхнего Приамурья. Выделены аномальные геохимические поля в ранге рудного узла, а также устойчивые геофизические характеристики, с высокой вероятностью локализирующие рудные районы и узлы. Результаты комплексной интерпретации геохимических и геофизических данных легли в основу прогноза золотого, серебряного, медного и молибденового оруденения. Ряд перспективных площадей рекомендован для постановки поисковых работ.

Ключевые слова: Верхнее Приамурье, геохимия, геофизика, аномалии, золото.

ВВЕДЕНИЕ

Верхнее Приамурье уже более 100 лет является одним из центров золотодобычи Дальнего Востока. Основной объект добычи до сих пор – россыпные месторождения, потенциал которых иссякает. Поэтому обнаружение новых промышленно значимых золоторудных и других месторождений является одной из важнейших задач, стоящих перед геологической службой на современном этапе. Ее решение невозможно без глубокого анализа геохимических и геофизических материалов, накопленных за последние десятилетия. Комплексный подход к интерпретации геохимических и геофизических данных с применением компьютерных технологий позволяет на новом уровне локализовать площади, наиболее перспективные для выявления рудных объектов.

Согласно существующим представлениям (Геологическая..., 1999; Тектоника..., 2004), площадь Верхнего Приамурья включает фрагменты двух сложных по геологическому строению геоблоков (мегаструктур) – Алдано-Станового и Амурского (рис. 1). Северная часть рассматриваемого региона относится к Алдано-Становому геоблоку (щиту) и представлена преимущественно комплексами нижнедокембрийского кристаллического фундамента Сибирской платформы. Южная часть региона – Амурский геоблок представляет собой сложное сочетание различных по

размеру блоков, выступов кристаллического фундамента и фрагментов складчатых, а также складчато-надвиговых систем. Монголо-Охотская складчатая система – это ясно выраженная межгеоблокковая длительно развивавшаяся шовная структура, разделяющая Амурский геоблок с одной стороны и Алдано-Становой геоблок (щит) с другой.

Сложность геологического строения Верхнего Приамурья и длительность его развития обуславливают высокий потенциал территории на широкий круг полезных ископаемых. Здесь известны 8 месторождений (Покровское, Пионер, Бамское, Березитовое, Кировское, Буриндинское, Колчеданный Утес, Маломырское) и десятки проявлений золота, проявления серебра, полиметаллов, молибдена, меди, никеля, многие из которых остались недоизученными (Моисеенко, Эйриш, 1996; Неронский, 1998; Степанов, 2000; Эйриш, 2002).

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ

Для получения характеристики геохимического поля Верхнего Приамурья проанализировано распределение содержаний химических элементов в донных отложениях и минералов в аллювии водотоков. Был составлен ряд моно- (Au, Pb, Zn, Cu, W, Mo, Ag, Sn), полиэлементных (Au × As × Pb × Zn × Cu × Bi × W × Mo × Sb × Ag, Au × Pb × Zn × Cu × Ag) и мономинеральных карт (Вьюнов, Степанов, 2004). Они построены в виде изолиний на основе имеющихся баз данных (БД) и оценки параметров нормального и аномального геохимического поля.

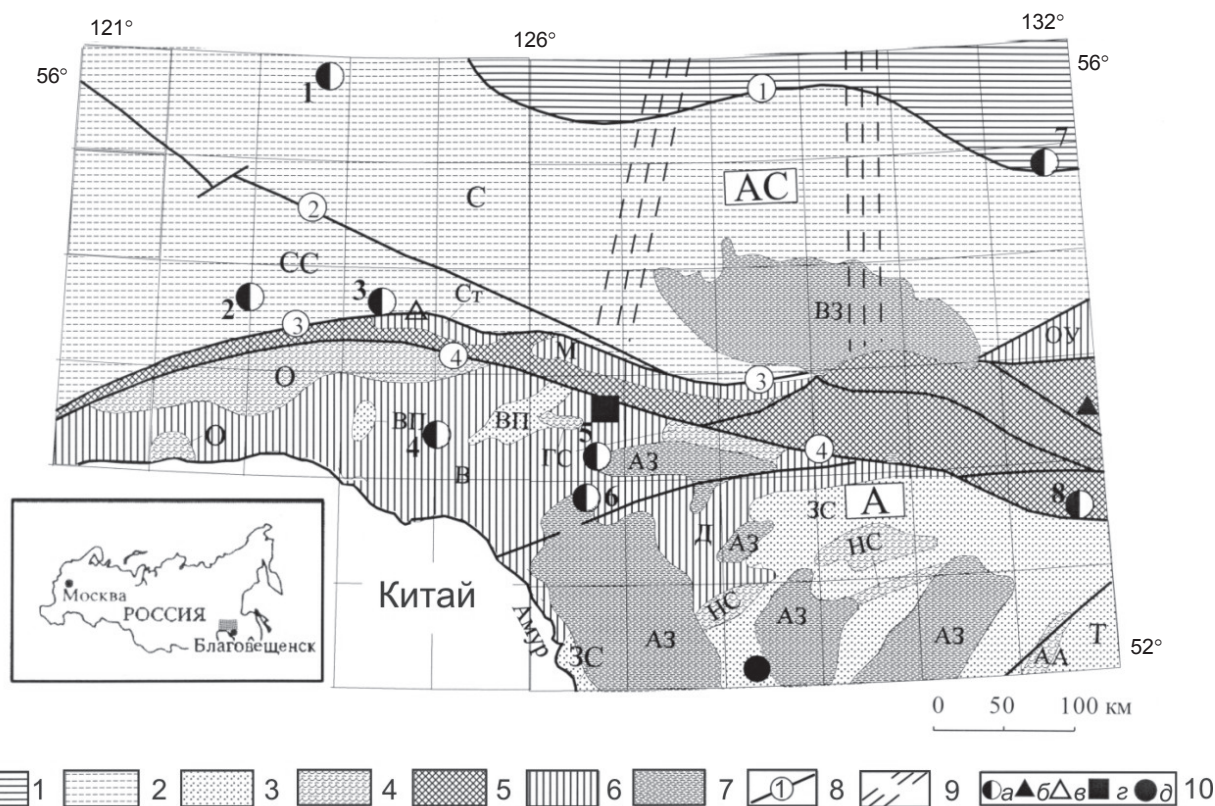


Рис. 1. Схема геолого-структурного районирования Верхнего Приамурья. Составлена с использованием материалов Л. И. Красного и др. (Геологическая..., 1999); Г. А. Шаткова и А. С. Вольского (Тектоника..., 2004): 1, 2 – Алдано-Становой геоблок (АС): 1 – Алданский мегаблок; 2 – Становой мегаблок (С – Становой блок, СС – Селенгино-Становой блок). Амурский геоблок (А): 3 – блоки выступов фундамента и областей палеозойского орогенного магматизма (ВП – Верхнеприамурский блок, ЗС – Зее-Селемджинский блок, Т – Туранский блок); 4 – палеозойские окраинные прогибы (О – Ольдойский, ГС – Гагско-Сагоянский, НС – Норско-Сухотинский, АА – Альдикано-Акишминский); 5 – Монголо-Охотская складчатая система (Амуро-Охотское звено); 6 – система периферических прогибов Алдано-Станового и Амурского геоблоков (ОУ – Охотско-Удский, Ст – Стрелкинский, М – Малотындинский, В – Верхнеамурский, Д – Депский); 7 – депрессии (ВЗ – Верхне-Зейская, АЗ – Амуро-Зейская); 8 – основные системы разрывных нарушений (1 – Становая, 2 – Джелтулакская, 3 – Северо-Тукурингрская, 4 – Южно-Тукурингрская); 9 – зоны проницаемости, выделенные по геофизическим и геохимическим критериям; 10 – месторождения и проявления: а – золота (1 – Бамское, 2 – Березитовое, 3 – Кировское, 4 – Буринда, 5 – Пионер, 6 – Покровское, 7 – Колчеданный Утес, 8 – Маломыр), б – ртути (Ланское); в – сурьмы (Малоурканское); г – меди и молибдена (Боргуликанское); д – полиметаллов (Чагоянское)

Fig. 1. Schematized geologic structures throughout the Upper Amur River area. The data obtained by L. I. Krasny et al. (Геологическая..., 1999) and G. A. Shatkov and A. S. Volsky (Тектоника..., 2004) were also used: 1, 2 – Aldan-Stanovoi Geoblock (AC): 1 – Aldan Megablock; 2 – Stanovoi Megablock (C – Stanovoi Block, CC – Selenga-Stanovoi Block). Amur Geoblock (A): 3 – blocks of outcropping basement and areas of Paleozoic orogenic magmatism (ВП – Upper Amur Block, ЗС – Zeya-Selemja Block, Т – Turansky Block); 4 – Paleozoic edge troughs (О – Oldoisky, ГС – Gagsko-Sagoyanskaya, НС – Norsko-Sukhotinsky, АА – Aldikono-Akishminsky); 5 – Mongolo-Okhotskaya Folded System (the Amur-Okhota area); 6 – a system of rimming troughs of Aldan-Stanovoi and Amur geoblocks (ОУ – Okhota-Uda, Ст – Strelkinsky, М – Malotyndinsky, В – Verkhneamursky, Д – Depsky); 7 – depression structures (ВЗ – Upper Zeya, АЗ – Amur-Zeya); 8 – the main fault systems (1 – Stanovaya, 2 – Dzheltulakskaya, 3 – Severo-Tukuringskaya, 4 – Yuzhno-Tukuringskaya); 9 – permeability areas established by geophysical and geochemical criteria; 10 – mineral deposits and occurrences: а – gold (1 – Bamskoe, 2 – Berezitovoe, 3 – Kirovskoe, 4 – Burinda, 5 – Pioner, 6 – Pokrovskoe, 7 – Kolchedanny Utyos, 8 – Malomyr); б – mercury (Lanskoe); в – antimony (Malourkansko); г – copper and molybdenum (Borgulikanskoe); д – base metals (Chagoyanskoe)

Эти данные послужили основой для выделения аномальных геохимических полей (АГП) ранга рудного узла (РУ). Далее проводилось опреде-

ление геохимической специализации и формационной принадлежности прогнозируемого оруденения для всех выделенных АГП с использовани-

ем качественных и количественных геохимических критериев, основанных на анализе сходства и различия спектров контрольных объектов и их гипергенных производных. На заключительном этапе осуществлена количественная оценка прогнозных ресурсов золота, серебра, полиметаллов и редких металлов площади Верхнего Приамурья.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Для определения геофизических параметров, достаточно устойчиво характеризующих известные золоторудные узлы и способных с высокой вероятностью локализовать новые перспективные площади соответствующего ранга, мы выполнили комплексный анализ глубинных сейсмических данных (профили ГСЗ-МОВЗ и результаты обработки параметров землетрясений), гравитационного и магнитного полей изученной территории.

Детальный анализ сейсмических особенностей Приамурья применительно к размещению золоторудной минерализации выполнен нами в работе (Носырев, 2005). Здесь отметим лишь основные полученные выводы. Одним из наиболее информативных сейсмических параметров, выделяющим золоторудные узлы, является отношение скорости продольных сейсмических волн (V_p) к скорости поперечных (V_s) в средней и верхней частях земной коры. Установлено, что подавляющая часть рудных узлов приурочена к областям с пониженными значениями V_p/V_s (1,60–1,69), наиболее часто к их краевым частям. Некоторые узлы характеризуются аномально высокими V_p/V_s . Отдельные золоторудные месторождения и проявления достаточно отчетливо тяготеют к граничным областям понижений V_p/V_s . Так, для изученной группы месторождений и рудопроявлений золота общим числом 50 (в том числе 18 месторождений), рассредоточенных на площади около 300 тыс. км², получены следующие закономерности (Носырев, 2005): 67% из них отчетливо пространственно ассоциирует с областями пониженных значений отношения скоростей, 17% – с областями повышенного отношения, 11% не имеют отчетливо выраженной связи со скоростными аномалиями в земной коре, еще 5% имеют связь с понижениями скорости V_s , но величина отношения здесь не определена. При этом отметим, что площадь аномалий скоростей составляет не более 30% от площади всей изученной территории, что еще более подчеркивает наличие их тесной пространственной связи с золоторудными объектами.

Области понижения скоростей фиксируют, вероятнее всего, отдельные блоки земной коры с аномально высокой трещиноватостью. Их размер в поперечнике от 40 до 80–100 км и протяженность до первых сотен километров. Эти участки объемной тектонической проработки земной коры служили зонами тепло- и массопереноса на эта-

пах формирования рудных месторождений. Области с повышенными значениями V_p/V_s также могут фиксировать блоки с высокой тектонической нарушенностью, но одновременно с повышенной водо- и флюидонасыщенностью.

Большая часть известных золоторудных узлов Верхнего Приамурья контролируется протяженными зонами повышенного горизонтального градиента поля силы тяжести (гравитационными ступенями). Их протяженность на изученной территории колеблется от 350 до 800 км, ширина меняется в интервале 20–50 км, перепад значений поля силы тяжести составляет десятки миллигал. Рудные узлы или рассекаются подобными зонами на две части, или вплотную примыкают к ним.

Рассмотренные гравитационные ступени фиксируют зоны глубинных разломов, разделяющих крупные блоки земной коры с различной плотностью. Возможно, будучи проницаемыми зонами, они обеспечивали связь верхних горизонтов земной коры с мантией на этапах рудообразования.

Еще одним важным признаком является контроль золоторудных узлов отрицательными аномалиями поля силы тяжести (гравитационными минимумами). Их размеры составляют (30–80) × (30–100 км), а площадь – первые тысячи квадратных километров. Интенсивность минимумов достигает первых десятков миллигал, в среднем около 15 мГл. Эти аномалии в большинстве случаев изометричны или слабо вытянуты (отношение осей может достигать 1 : 2). Рудные узлы большей частью занимают краевые части минимумов и прианомальную область.

Такие аномалии фиксируют области концентрации мезозойских магматических процессов (интрузивный магматизм, вулканизм), приводящих к общему разуплотнению средней и верхней частей земной коры. Это может происходить как за счет больших масс магматитов гранитоидного ряда – приповерхностных и глубинных, так и, возможно, за счет увеличения тектонической нарушенности коры, тем более, что во многих случаях с минимумами поля силы тяжести ассоциируют области пониженных значений V_p/V_s . Данные магматические гранитоидные ареалы могут соответствовать областям длительного разогрева литосферы и являться коровым отражением температурных неоднородностей ее нижних частей (Амантов, Сотникова, 1999). Этот фактор проявляется в пределах как Алдано-Станового и Амурского геоблоков, так и Монголо-Охотской СС.

Важным признаком участков концентрации оруденения служат пересечения гравитационных ступеней зонами поперечных разломов близмеридионального простирания. Последние по-разному проявляются в геофизических полях, часто фрагментарно подчеркиваются их линейными элементами, короткими, «размытыми» градиентными зонами, локальными аномалиями разных

знаков. Такие скрытые протяженные разломы в ряде случаев определяют положение узлов вдоль гравитационных ступеней.

Рудные узлы приурочены в большинстве случаев к сложно построенным положительным аномалиям магнитного поля, имеющим размеры в сотни до тысячи квадратных километров и интенсивность до 100–300 нТл, иногда с локальными повышениями до 1000 нТл и более. Золотое оруденение тяготеет к периферическим областям таких аномалий.

Положительные аномалии магнитного поля фиксируют области проявления мезозойских магматических процессов, участки концентрации в земной коре магнитных магматических тел. Этот признак более характерен для районов с хорошо проявленной вулканической деятельностью и гипабиссальным интрузивным магматизмом (Алдано-Становой и Амурский геоблоки). Золоторудные узлы, расположенные в пределах Монголо-Охотской складчатой системы, наоборот, в подавляющем большинстве случаев располагаются в пределах пониженного магнитного поля, отвечающего развитым здесь немагнитным осадочным образованиям.

Безусловно, рассматривая более детально каждый из известных узлов, возможно выделить еще ряд присущих только ему характерных геофизических особенностей. Однако рассмотренный набор геофизических признаков в определенной мере универсален и с высокой степенью вероятности характеризует большинство золоторудных узлов региона. Соответственно эти признаки могут эффективно использоваться для предварительной локализации перспективных площадей.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Результаты комплексной интерпретации геофизических и геохимических данных легли в основу прогноза гидротермального оруденения (Au, Ag, Cu, Mo) Верхнего Приамурья (рис. 2). Сначала рассмотрим положение на схеме прогноза известных рудных площадей, содержащих промышленно значимые рудные объекты (месторождения золота Березитовое, Пионер, Покровское, Мало-мыр).

Березитовый РУ (№ 17). В пределах узла выявлены месторождение Березитовое золото-кварц-сульфидной формации, многочисленные проявления и пункты минерализации золото-кварц-сульфидной и золото-кварцевой формаций. По геохимическим данным узел характеризуется высококонтрастными потоками золота, серебра, свинца, цинка и меди. В физических полях позиция рассматриваемого узла определяется приуроченностью к зоне повышенного горизонтального градиента поля силы тяжести (южная часть РУ) и локальному гравитационному минимуму (северная

часть РУ). Большая часть узла находится в зоне аномально пониженных значений V_p/V_s , что может свидетельствовать об интенсивной тектонической нарушенности верхней части земной коры. Таким образом, площади Березитового РУ отвечает комплексная геофизическая и геохимическая аномалия. По данным оценки прогнозных ресурсов, потенциал рудного узла намного превышает известный на сегодня и, по-видимому, может быть реализован в прогнозируемых новых рудных объектах.

Кировский РУ (№ 18). Более века эта площадь является объектом добычи россыпного и рудного золота. Здесь расположены знаменитая по запасам (более 120 т) Джалиндинская россыпь золота и частично отработанное и законсервированное золото-редкометалльное Кировское месторождение. Район рудного узла характеризуется аномальными потоками рассеяния золота, висмута, вольфрама, молибдена и меди. Согласно геофизическим данным он располагается вдоль региональной гравитационной ступени субширотной ориентировки, фиксирующей положение глубинного Северо-Тукурингского разлома. Узел занимает краевую часть области пониженного отношения продольных и поперечных скоростей в земной коре. Для узла характерно наличие положительных аномалий магнитного поля (до 300–500 нТл), связанных с интрузиями меловых гранодиоритов. Спектр элементов в аномальных потоках рассеяния подтверждает золото-редкометалльную специализацию площади, а высокие цифры прогнозных ресурсов золота, определенных по геохимическим данным, свидетельствуют о значительном потенциале рассматриваемого рудного узла.

Покровский РУ (№ 62). В пределах узла известны среднее по масштабам золото-серебряное месторождение Покровское, которое в настоящее время эксплуатируется ОАО «Покровский рудник», а также ряд проявлений и точек минерализации золото-серебряной формации. По геохимическим данным рассматриваемая площадь выделяется высококонтрастными потоками рассеяния золота и серебра, менее контрастными молибдена, свинца, вольфрама. В физических полях позиция узла определяется его приуроченностью к зоне повышенного горизонтального градиента поля силы тяжести (гравитационной ступени), вдоль которой развита серия положительных магнитных аномалий. Результаты прогнозной оценки не предполагают существенного увеличения прироста запасов золота к уже известным в настоящее время.

Пионерский РУ (№ 60). На его площади известно золото-серебряное месторождение Пионер, которое в настоящее время начинает эксплуатироваться ОАО «Покровский рудник». Узел расположен в непосредственной близости к Покровскому РУ и по комплексу геохимических и гео-

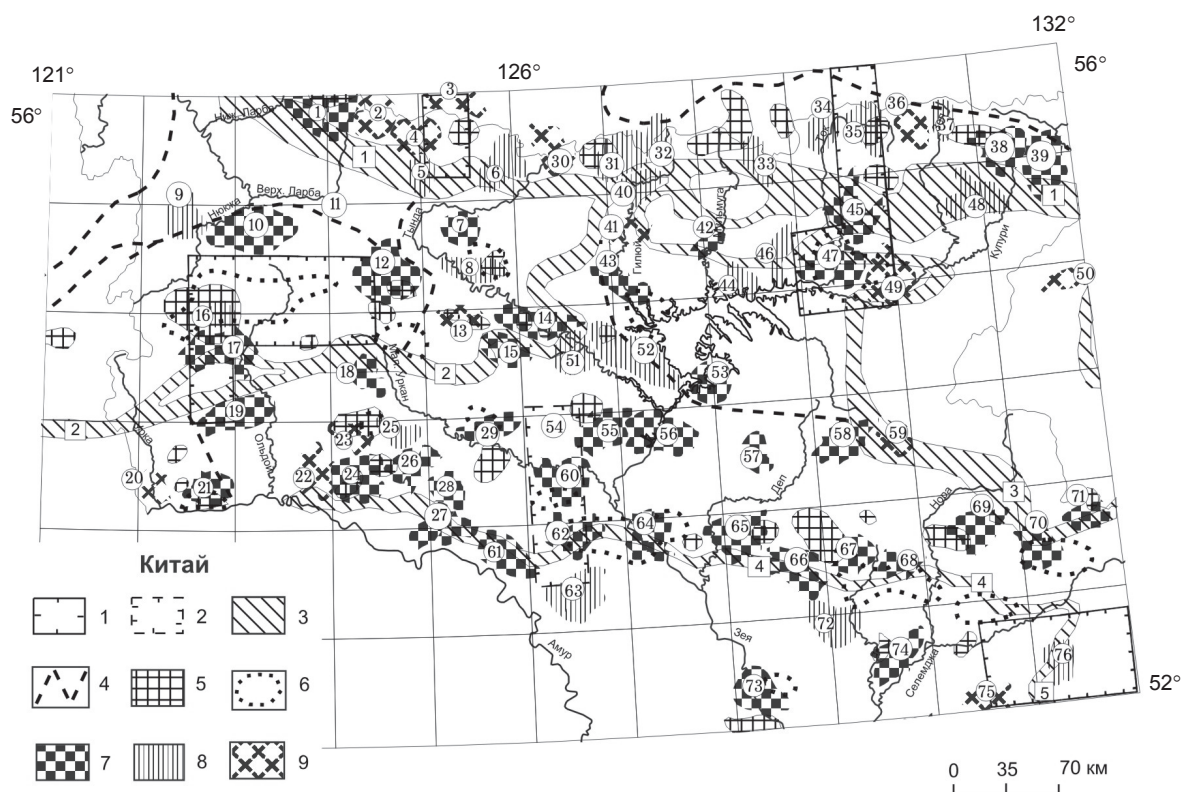


Рис. 2. Схема прогноза гидротермального оруденения (золота, серебра, меди, молибдена) Верхнего Приамурья по геохимическим и геофизическим данным: 1, 2 – области аномальных значений отношения V_p / V_s в верхней – средней части земной коры (по Нагорных, Поплавская, 1989): 1 – пониженных, 2 – повышенных; 3, 4 – региональные гравитационные ступени: 3 – максимальной амплитуды (десятки миллигал) (1 – Становая, 2 – Монголо-Охотская, 3 – Селемджа-Сугдjarская, 4 – Ольдой-Селемджинская, 5 – Туранская), 4 – меньшей амплитуды (до 10–12 мГл); 5 – локальные минимумы поля силы тяжести, связанные с центрами мезозойского магмогенеза; 6 – максимумы магнитного поля, связанные с центрами мезозойского магмогенеза; 7–9 – аномальные геохимические поля ранга рудного узла: 7 – высокоперспективные, 8 – перспективные, 9 – слабоперспективные

Fig. 2. Predicted hydrothermal mineralization (gold, silver, copper, molybdenum), according to geochemical and geophysical data available for the Upper Amur River area: 1, 2 – the anomalous V_p / V_s areas in the upper and middle crust of the Earth (from: Нагорных, Поплавская, 1989): 1 – low values; 2 – high values; 3, 4 – regional gravitational steps: 3 – peak amplitudes (dozens of milli/gall) (1 – Stanovaya, 2 – Mongolo-Okhotskaya, 3 – Selemja-Sugdjar, 4 – Oldoi-Selemdja, 5 – Turanskaya), 4 – minor amplitudes (less than 10–12 milli/gall); 5 – the area-specific gravity minimum values related to the chambers of Mesozoic magmatic genesis; 6 – the magnetic field maximum values related to the chambers of Mesozoic magmatic genesis; 7–9 – anomalous geochemical fields of mineral areas: 7 – high-perspective, 8 – perspective, 9 – low-perspective

физических данных имеет сходное строение. По данным прогнозной оценки, площадь Пионерского РУ характеризуется более высоким потенциалом на рудное золото (цифры прогнозных ресурсов в несколько раз превышают разведанные запасы), что позволяет сделать вывод о возможности выявления в пределах узла новых промышленно значимых объектов.

Маломырский РУ (№ 71). В пределах рудного узла известно месторождение золота Маломыр золото-мышьякового геохимического типа. Узел фиксируется высококонтрастными потоками золота, мышьяка, сурьмы и вольфрама, менее интенсивными молибдена и полиметаллов. По геофизическим данным специфику РУ определяют субширотная зона повышенного горизонтально-

го градиента поля силы тяжести, маркирующая положение глубинного разлома, и локальный гравитационный минимум, связанный с позднемеловой интрузией гранодиоритов. Большая часть узла характеризуется пониженным отношением скоростей продольных и поперечных волн в земной коре. Согласно результатам оценки прогнозных ресурсов рассматриваемый РУ обладает значительным потенциалом на рудное золото.

Приведенные данные по эталонным площадям свидетельствуют о правомерности и эффективности комплексного анализа геофизических и геохимических аномалий. Такой подход позволяет уже при мелкомасштабном обобщении материалов определить положение участков, где с наибольшей вероятностью могли проявиться рудо-

формирующие процессы и, соответственно, наиболее высока вероятность обнаружения месторождений золота, серебра, меди, молибдена.

Далее рассмотрим с этих же позиций перспективы других выделенных на схеме прогноза аномальных геохимических полей. Часть АГП (№ 1–6, 30–40, 42–48, см. рис. 2) пространственно тяготеют к зоне Становой гравитационной ступени. Площади этих АГП сложены метаморфическими и интрузивными образованиями раннего и позднего архея, раннего протерозоя, юрскими, меловыми интрузиями и вулканитами. Широко распространены дайки преимущественно гранитоидного состава. Среди широкого спектра полезных ископаемых, известных в их пределах, ведущая роль принадлежит золоту, серебру и молибдену. Проявления этих металлов тяготеют к полям развития ранне- и позднемеловых вулканогенных и интрузивных образований. Оруденение принадлежит к золото-кварцевой, золото-кварц-сульфидной, золото-серебряной, серебро-полиметаллической и кварц-молибденитовой формациям. В связи с малообъемными телами раннемеловых гранитоидов прогнозируется оруденение молибден-порфинового (медно-молибден-порфинового) типа, представляющее промышленный интерес. Наиболее перспективными, с нашей точки зрения, являются АГП № 1, 38, 39, 42, 45, 47.

Расположение ряда АГП (14, 15, 17–19, 41, 43, см. рис. 2) контролируется региональной Монголо-Охотской зоной повышенного горизонтального градиента поля силы тяжести. В пределах этих площадей прогнозируются проявления золото-кварц-сульфидной, золото-кварцевой формаций, медно-молибден-порфинового типа. Наиболее высоким потенциалом обладают АГП № 14, 15, 43.

В пределах Амурского геоблока нами выделена Ольдой-Селемджинская гравитационная ступень с субширотным простиранием и высокой амплитудой поля силы тяжести (десятки миллигал). На всем протяжении она сопровождается локальными гравитационными минимумами, а на некоторых интервалах коррелирует с положительными магнитными аномалиями. К ней пространственно приурочены АГП № 22–27, 61–68. Согласно результатам комплексной прогнозной оценки большая их часть перспективна на выявление объектов преимущественно золотой и медно-молибденитовой специализации.

Селемджа-Сугдждарская гравитационная ступень контролирует расположение аномальных геохимических узлов № 49, 58, 59, 69–71, наиболее перспективны из них на выявление новых золоторудных объектов АГП № 58, 69. Кроме вышеохарактеризованных по комплексу геофизических и геохимических признаков, высоким золоторудным потенциалом обладают АГП № 7, 8, 12, 21, 73, 74.

Таким образом, по результатам интерпретации геохимических и геофизических данных в пределах изученной территории выделен ряд площадей, перспективных на выявление золотого, серебряного, медного и молибденитового оруденения. Некоторые из них, по мнению авторов, заслуживают постановки поисковых работ уже в настоящее время. Ниже приведем их краткую характеристику.

Золотинкинский геохимический узел (№ 21) находится в южной части планшета N-51-XXI и охватывает бассейны нижнего течения рр. Бол. Омутная – Уруша.

В геологическом строении площади принимают участие расланцованные алевролиты и песчаники, возрастная принадлежность которых к триасу или юре остается спорной. Алевролиты и песчаники обогащены углеродистым веществом. Дайковые образования представлены в основном гранит-порфирами (K_1) и спессартитами (K_2).

Напряженная тектоническая обстановка определяется приуроченностью площади к фронтальной части крупного регионального надвига близширотного – северо-восточного простирания, состоящего из серии сближенных разломов.

Ранее проведенными работами здесь обнаружено проявление и несколько точек минерализации золота. В шлиховых пробах отмечены золото, галенит и киноварь. Проявление золота Золотинка было открыто в процессе работ ГСР-50 (Олькин, 1965 г.). Оно находится в верховьях правого притока руч. Кочевная (правый приток р. Уруша) в южной части выделенного узла. Здесь среди интенсивно окварцованных и пиритизированных алевролитов в кварцевых прожилках установлены содержания золота 9,2 г/т (по данным пробирного анализа), в кварцевой жиле (мощность 1 м) – 10,3 г/т. Золото светло-желтое, желтое, иногда с красноватым оттенком, разнообразной формы: крючковатое, занозистое, ноздреватое, комковатое. Его пробыность 937–958%. Размер золотинок обычно 0,1–0,2 мм. Как правило, оно находится в кварце в сростаниях и прорастаниях с пиритом, арсенопиритом, галенитом, а также в виде включений в этих минералах. Сопутствующими золоту минералами являются пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, шеелит и реже халькопирит.

В 2004 г. силами ФГУГП «Амургеология» в пределах Золотинкинского узла проведен небольшой комплекс поисковых работ. В результате уточнено геологическое строение участка, выявлены зоны прожилкового и метасоматического окварцевания, сульфидизации преимущественного близширотного простирания мощностью от первых метров до сотен метров и протяженностью до 2 км. Штуфным опробованием на площади установлены высокие содержания золота (1–39 г/т – атомно-абсорбционный анализ) и элементов-спутников золотого оруденения: серебра (до 150 г/т),

мышьяка (0,03–0,4%), свинца и цинка (0,05 и до 1%), меди (0,01–0,1%), висмута (0,002–0,003%).

Анализ имеющихся материалов позволил локализовать площадь для проведения поисковых работ масштаба 1 : 50 000 (240 км²) и 1 : 10 000 (45 км²) в целях выявления среднего по масштабам объекта золото-кварц-сульфидной формации.

Средне-Бурундинский геохимический узел (№ 27) выделен по контрастным потокам золота и имеет ярко выраженную золотую специализацию. В геологическом строении площади принимают участие юрские терригенные образования, меловые гранитоиды. Большое распространение имеют меловые дайки андезитов и риолитов.

Ранее в северной части поля были обнаружены россыпные месторождения и коренное рудопроявление золота Талали, связанное с меловыми гранитоидами верхнеамурского комплекса. Оно представлено делювиальными свалами жильного кварца. В штучных пробах установлены содержания Au – 0,3–1,0 г/т (пробирный анализ), Cu – до 0,4%, As – до 0,18%, Ag – до 13 г/т. В протоколках жильного кварца установлены церуссит, англезит – до 16 г/т, галенит – до 5 г/т, шеелит – до 20 г/т. Наиболее контрастный ореол золота находится южнее рудопроявления, следовательно, перспективы узла не ограничиваются известным объектом и могут быть существенно расширены.

Наличие прямых поисковых признаков золотого оруденения, значимые прогнозные ресурсы, соответствующие крупному месторождению, позволяют рассматривать площадь АГП Талали как высокоперспективную для выявления промышленно значимого золотого оруденения золото-кварцевой или золото-кварц-сульфидной формации. Здесь рекомендуется провести комплекс поисковых работ масштаба 1 : 50 000.

Дулисмар-Улягирский геохимический узел (№ 45). Площадь сложена структурно-формационными комплексами раннего и позднего архея и мезозойскими магматическими комплексами. Мезозойские образования включают гранитоиды позднеюрско-раннемелового удско-зейского, раннемелового ираканского, позднемелового талгыгского интрузивного и вулканиты кислого и среднего состава раннемелового бомнакского вулканического комплекса.

Ведущим полезным ископаемым здесь выступает золото, представленное многочисленными точками минерализации. На отдельных участках проведены поисковые работы с небольшим объемом горных выработок. Золоторудная минерализация локализуется в различных по составу и генезису породах по периферии Амагаласского вулканического поля и в самих вулканитах, обнаруживая тесную парагенетическую связь с ранне- и позднемеловыми гранитоидами. Околорудные изменения представлены низкотемпературным окварцеванием, аргиллизацией, пиритизацией,

иногда гематитизацией. По заключению предшественников (Кошков, 1972 г.), все точки минерализации принадлежат к золото-кварцевой формации. Золото обычно ассоциирует со свинцом и серебром, иногда присутствуют цинк, молибден, медь и висмут. Повышенные содержания этих элементов отмечаются часто, но из-за низкого уровня концентрации самостоятельного значения они не имеют, представляя интерес как индикаторы золотого оруденения.

По результатам литохимической съемки по потокам рассеяния масштаба 1 : 200 000 (Домчак, 1991 г.), площадь была признана перспективной на выявление золотого оруденения. Позднее (Домчак, 1996 г.) в ее пределах был проведен геологический осмотр с переопробованием донных осадков и опробованием рыхлого элювио-делювия по невыдержанной сети, близкой (500–1000) × 100 м. По итогам работ выявлены вторичные ореолы рассеяния Au (до 0,2 г/т), Ag (до 2 г/т), Pb (до 0,008%), Zn (до 0,04%), Cu (до 0,005%), Mo (до 0,002%), установлены точки минерализации Au и Ag в коренных породах. Au ассоциирует с Ag, а повышенные содержания Ag коррелируют с полиметаллами. На стрелке рр. Сивакан – Сивак обнаружена кварцевая жила мощностью до 1 м с пиритом и галенитом при содержаниях Au 4 г/т, Ag – 300 г/т, Pb – 0,3%.

Значительные ресурсы золота (более 50 т), серебра и молибдена, оцененные по геохимическим данным, а также благоприятная позиция площади в геофизических полях позволяют рекомендовать эту площадь для поисковых работ масштаба 1 : 50 000–1 : 10 000 в целях выявления объектов золото-кварцевой формации и медно-молибден-порфирирового типа.

Сугджарский геохимический узел (№ 47) приурочен к выступу наиболее древних толщ фундамента (Сивакано-Токский блок). Характерными чертами слагающих его раннеархейских образований являются преимущественно основной их состав, значительный объем, особенно в низах разреза, карбонатно-силикатных пород и скарноидов, присутствие графитовых и магнетитовых кварцитов и обилие мелких тел габброидов майскоджанского комплекса.

Узел расположен на пересечении серии крупнейших зон разломов северо-западного (Сугджарская и Таксакандинская), широтного (Бомнакская) и северо-восточного (Гарганская) направлений. Широко проявлены гидротермально-метасоматические изменения пород: окварцевание, эпидотизация, карбонатизация.

Площадь характеризуется наличием широкого комплекса полезных ископаемых (Au, Ag, As, W, Bi, Pb, Zn, TR, U), ведущим среди которых является Au. Золоторудная минерализация, установленная во множестве точек и единичных рудопроявлениях, локализуется в минерализованных

зонах дробления и катаклаза. В высоких концентрациях (до 10 г/т) золото встречается в кварцевых брекчиях, окварцованных и пиритизированных брекчированных породах. Содержания сульфидов в рудах от 2–3 до 10%. Они представлены пиритом, галенитом, халькопиритом и арсенопиритом. Основные элементы-спутники: As, Pb, Ag, Mo, реже Cu. Распределение золоторудной минерализации крайне неравномерное. Наиболее высокие рудные концентрации отмечаются при наложении мезозойских зон дробления и окварцевания на золотоносные диафториты.

По результатам интерпретации геохимических и геофизических данных узел обладает значительным потенциалом для выявления золотого и молибденового оруденения. В его пределах рекомендуется провести поисковые работы масштаба 1 : 50 000–1 : 10 000.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований в Верхнем Приамурье выделено 76 аномальных геохимических полей ранга рудного узла. Определена их геохимическая специализация и оценены прогнозные ресурсы золота, серебра, полиметаллов и редких металлов. Анализ геофизических данных (отношение скорости продольных сейсмических волн к скорости поперечных, поля силы тяжести и магнитного поля) позволил локализовать площади, наиболее благоприятные для формирования рудных объектов.

На примере известных рудных площадей показано, что их пространственная позиция уверенно фиксируется комплексными геохимическими и геофизическими аномалиями. Эти данные свидетельствуют о правомерности и эффективности совместного анализа геофизических и геохимических данных.

На основании вышеизложенных принципов в Верхнем Приамурье выделен ряд площадей, перспективных на выявление золотого, серебряного,

медного и молибденового оруденения. Некоторые из них рекомендованы для первоочередного изучения. Опыт комплексной интерпретации геохимических и геофизических данных предлагается использовать при прогнозной оценке других регионов на золото и другие виды минерального сырья.

ЛИТЕРАТУРА

Амантов В. А., Сотникова Г. Г. Рудные районы и рудные узлы Забайкалья в системе аномальных зон тектоносферы региона // Региональная геология и металлогения. – 1999. – № 9. – С. 68–76.

Вьюнов Д. Л., Степанов В. А. Геохимическое поле Верхнего Приамурья // Тихоокеан. геол. – 2004. – Т. 23, № 5. – С. 116–124.

Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. Масштаб 1 : 2 500 000 : объяснит. зап. / Л. И. Красный, А. С. Вольский, И. А. Васильев и др. – Санкт-Петербург; Благовещенск; Харбин, 1999. – 135 с.

Моисеенко В. Г., Эйриш Л. В. Золоторудные месторождения Востока России. – Владивосток : Дальнаука, 1996. – 352 с.

Нагорных Т. В., Поплавская Л. Н. Локализация аномалий поля скоростных характеристик среды в регионе Приморья и Приамурья // Сейсмические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. – М. : Наука, 1989. – С. 92–106.

Неронский Г. И. Типоморфизм золота месторождений Приамурья. – Благовещенск : АмурНЦ ДВО РАН, 1998. – 320 с.

Носырев М. Ю. Аномалии скоростей в земной коре Приамурья и размещение золоторудной минерализации // Тихоокеан. геол. – 2005. – Т. 24, № 4. – С. 53–61.

Степанов В. А. Геология золота, серебра и ртути. Ч. 2. Золото и ртуть Приамурской провинции. – Владивосток : Дальнаука, 2000. – 161 с.

Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий / отв. ред. Г. А. Шапков, А. С. Вольский. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. – 190 с.

Эйриш Л. В. Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). – Владивосток : Дальнаука, 2002. – 194 с.

Поступила в редакцию 20.10.2006 г.

PREDICTING ORE DEPOSITS ON BASIS OF GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL DATA (AS EXEMPLIFIED BY THE UPPER AMUR RIVER AREA)

D. L. Vjunov, M. Yu. Nosyrev, V. A. Stepanov

The sets of geochemical and geophysical data available for the Upper Amur River area are interpreted in all their aspects. Anomalous geophysical fields suggesting mineral areas are established as well as persistent geophysical characteristics presumably pertaining to mineral areas and occurrences. The results of an all-round interpretation of geochemical and geophysical data serve as a basis for the researchers to predict gold, silver, copper and molybdenum mineralization types. Some prospect areas are recommended for geologic exploration there.

Key words: the Upper Amur River area, geochemistry, geophysics, anomaly, gold.