

Белогорская интрузивно-купольная структура (Нижнее Приамурье): глубинное строение и рудно-магматическая зональность

Ю.П.ЮШМАНОВ (ФГБУН Институт комплексного анализа и региональных проблем ДВО РАН; 679016, г. Биробиджан, Шолом-Алейхема, д. 4),
А.М.ПЕТРИЩЕВСКИЙ (ФГБУН Институт комплексного анализа и региональных проблем ДВО РАН; 679016, г. Биробиджан, Шолом-Алейхема, д. 4; Национальный исследовательский Томский политехнический университет; 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30)

На основании анализа гравиметрических данных в Нижнем Приамурье обнаружено обширное поднятие подкорового вязкого слоя, которое на поверхности хорошо выражено в тектоническом (осредненном) рельефе и геологических картах. Рудная минерализация размещена на флангах и в центре Белогорской интрузивно-купольной структуры, где выделены локальные участки для поисков промышленного золота.

Ключевые слова: глубинные структуры, купольное поднятие, рудная зональность, золото, Нижний Амур.

Юшманов Юрий Петрович
Петрищевский Александр Митрофанович



yushman@mail.ru
petris2010@mail.ru

Belogorsk intrusive-dome structure (Lower Amur region): Deep structure and ore-magmatic zoning

Yu.P.YUSHMANOV (Institute of Complex Analysis of Regional problems),
A.M.PETRISHCHEVSKY (Institute of Complex Analysis of Regional problems, National research Tomsk Polytechnic University)

Based on the analysis of gravity data extensive uplift of subcrustal viscous layer, which is well-expressed on the surface in the tectonic (averaged) topography and geological maps, was revealed in the Lower Amur region. Mineralization is located on the flanks and in the center of Belogorsk intrusive-dome structure where local areas for payable gold prospecting were highlighted.

Key words: deep structure, dome uplift, ore-zoning, gold, Lower Amur.

Белогорская интрузивно-купольная структура (ИКС) расположена в северном секторе Восточно-Сихотэ-Алинского вулcano-плутонического пояса (ВСАВПП), в Усть-Амурском прогибе на левобережье нижнего течения р. Амур, занимая площадь около 13 650 км² (рис. 1). Структура хорошо выражена в тектоническом (осредненном) рельефе земной поверхности [36] и на геологических картах [10, 12]. Она является сателлитом более крупной Нижне-Амурской структуры, проявленной в глубоких срезках Средне-Амурской модели μ_z -параметра [45], в магнитных и гамма-спектрометрических аномалиях [8]. Однако пространственные границы и глубинное строение этой структуры определены предшественниками неоднозначно, а контуры ее в магнитных и гамма-спектрометрических аномалиях лишь фрагментарно совпадают с морфометрическими и гравитационными границами структуры. Вероятно, это связано с широким проявлением сдвиговых дислокаций [11, 35, 44]. По последним данным [27], подошва

Центрально-Сихотэ-Алинского сдвига в Нижнем Приамурье залегает на глубине 15–20 км, то есть она приурочена к разделу гранитно-метаморфического и нижнекорового мафического слоев земной коры, и, таким образом, контуры приповерхностных структур могут не совпадать с контурами глубинных плотностных неоднородностей.

Потенциал описываемого вулcano-плутонического пояса на открытие крупного золотосеребряного месторождения класса Многовершинное далеко не исчерпан. В первую очередь, перспективы связаны с выявлением скрытых и слабоэродированных месторождений как в терригенных складчатых породах фундамента, так и вулканогенном чехле. В статье рассмотрено глубинное строение, рудно-магматическая зональность Белогорской ИКС, входящей в состав Нижне-Амурской металлогенической зоны, известной своими рудными месторождениями и проявлениями золото-серебряной и золото-полиметаллической формациями [4, 14, 18].

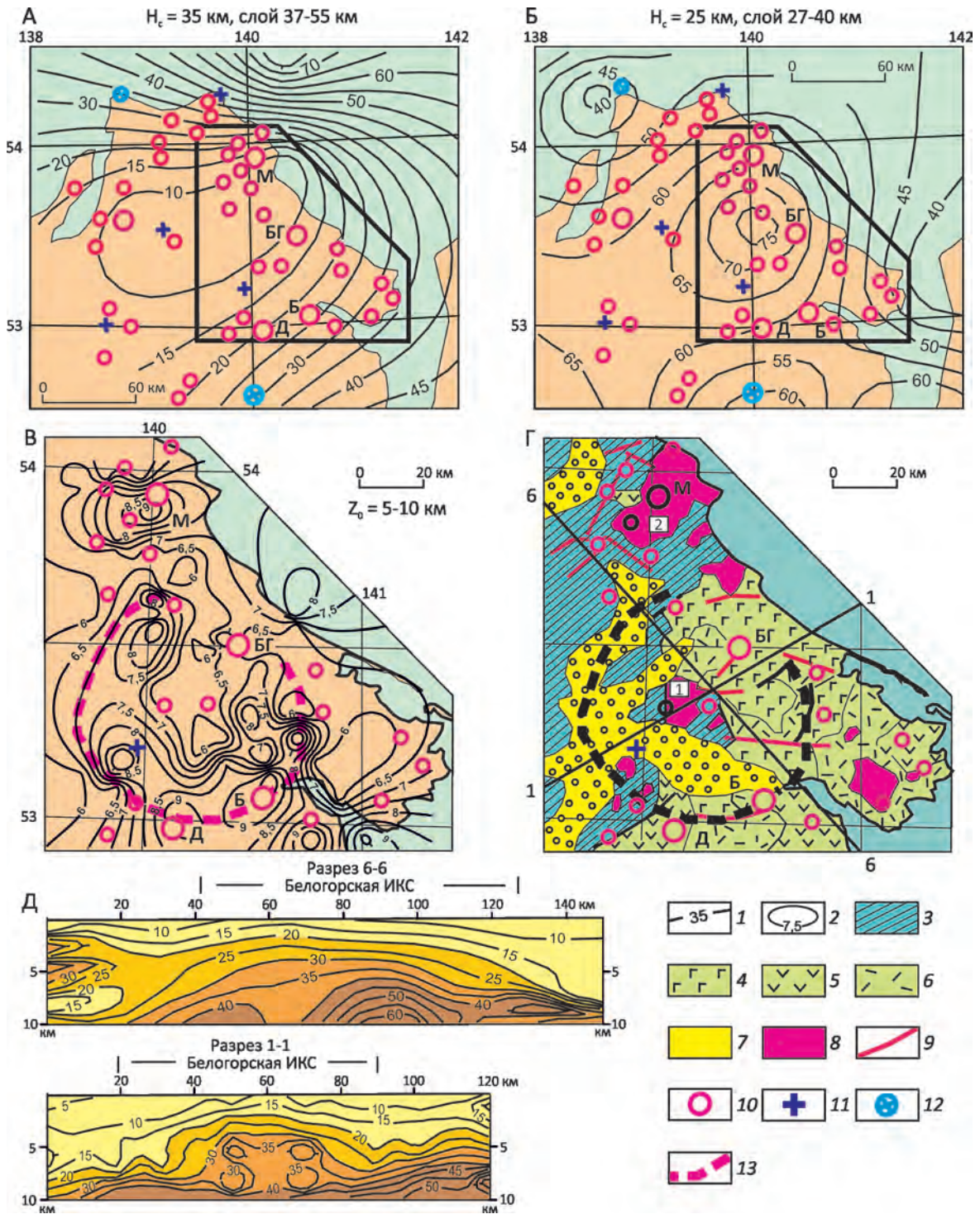


Рис. 1. Карты-срезы (А, Б) и разрезы (Д) реологических гравитационных моделей; распределение центров плотностных неоднородностей в слое 5–10 км от поверхности (В) и геологическая карта Белогорской интрузивно-купольной структуры в Нижнем Приамурье (Г):

1–2 – изолинии: 1 – μ -параметра и 2 – глубин залегания центров аномальных масс; 3 – складчатый фундамент Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса; 4–6 – вулканические комплексы: 4 – основного, 5 – среднего и 6 – кислого составов; 7 – позднекайнозойские осадочные отложения; 8 – позднемеловые гранитоиды; 9 – разломы; 10–12 – месторождения и рудопроявления: 10 – золота, 11 – молибдена и вольфрама, 12 – полиметаллов; 13 – контур Белогорской ВТС; месторождения: БГ – Белая Гора, М – Многовершинное, Б – Бухтянское, Д – Дыльменское; интрузивные массивы (цифры в квадратах): 1 – Гырманский, 2 – Бекчиулский

Краткий геологический очерк. Исследуемая территория расположена в северном секторе ВСАВПП, который интрузирует или перекрывает мезозойские осадочные образования Сихотэ-Алинского орогенного пояса. Особенность тектонической структуры ВСАВПП – двухъярусное строение и сокращенная мощность земной коры. Верхний ярус образуют базальты, андезибазальты, андезидациты и риодациты позднего мела–палеоцена [9, 14]. Вулканогенные отложения на востоке скрыты водами Татарского пролива. На западе, северо-западе они денудированы, и в эрозионных окнах вскрыт фундамент, сложенный преимущественно интенсивно дислоцированными мезозойскими терригенными отложениями Журавлевско-Амурского турбидитового и Киселевского аккреционного террейнов. Журавлевско-Амурский террейн сложен главным образом валанжинскими аркозовыми песчаниками и алевролитами общей мощностью около 15 тыс. м. Киселевско-Маноминский апт-сеноманский террейн рассматривается как фрагмент аккреционной призмы, состоящей из пакета хаотически перетасованных тектонических пластин, сложенных или кремнями с базальтами и известняками, или кремнями и кремнисто-глинистыми породами, или терригенными породами. Пакет смят в складки северо-восточного простирания.

В строении Белогорской ИКС просматривается тектоническая и магматическая зональность, обычная для структур центрального типа: в центре структуры картируется Гырманский массив гранодиоритов, обрамляемый выходами складчатого фундамента (признак поднятия), на ее северо-восточном фланге – вулканы кислого состава, а северный, восточный и южный фланги структуры сложены андезитами и базальтами (рис. 1, Г).

Методика интерпретации гравиметрических данных. Существование трех структурных этажей (метаморфический фундамент, складчатый комплекс и вулканический чехол), интрузированных гранитоидами (см. рис. 1, Г), и недостаточный объем априорной петрофизической информации затрудняют моделирование глубинных структур Нижнего Приамурья аналитическими методами, поэтому в данной работе реализован статистический подход к решению обратной задачи гравиразведки. Выходным параметром в результате расчетной процедуры является не плотность, как это обычно принято при детерминированной интерпретации гравитационных аномалий, а плотностная контрастность среды на отрезках между центрами плотностных неоднородностей (Z_0) и поверхностями (H_c), на которые выметаются по Пуанкаре [32, 42] аномальные массы этих неоднородностей (рис. 2). Носителем информации о плотностной контрастности является μ_z -параметр.

Определение центров масс внутренне однозначно осуществляется на параллельных профилях, поперечно ориентированных относительно преобладающего про-

стирания гравитационных аномалий. Вычисление кажущегося положения центров масс осуществлялось по широтным профилям, отстоящим друг от друга на 25 км в региональной модели (рис. 1, А–Б) и 8 км – в детализационной модели (см. рис. 1, В). Каждое элементарное вычисление (Z_0) является случайным и не несет определенный геологический смысл, как это всегда бывает при реализации методов особых точек. Однако при генерализации (обобщении) результатов вычислений проявляются закономерности в распределениях центров плотностных неоднородностей, которые оказываются связанными с глубинным геологическим строением исследуемых территорий [22, 24].

На втором этапе интерпретации исследуемое геологическое пространство разбивалось на условные слои (18 слоев в региональной модели и 14 – в детализационной) и плотностные неоднородности компактного класса (то есть источники с изометричным поперечным сечением) в каждом слое выметались по Пуанкаре [33, 42] на поверхности эквивалентных сфер, касательных к поверхностям (H_c) этих слоев по формуле на рис. 2. Поверхность H_c всегда располагалась выше на 1–2 км от поверхности соответствующего слоя, чтобы избежать обращения в ноль знаменателя в формуле μ_z (см. рис. 2). Пиковые значения μ_z принудительно сглаживались.

В результате формировалась объемная модель распределений плотностной контрастности $\mu_z(x, y, H_c)$, которая на заключительном этапе интерпретации трансформировалась в карты-срезы (см. рис. 1, А–Б) и разрезы (см. рис. 1, Д) μ_z -модели. Расчеты выполнены отдельно для Нижне-Амурской структуры (см. рис. 1, А–Б) и входящей в нее Белогорской ИКС (см. рис. 1, В–Д). В первом случае исходным материалом являлась Государственная гравиметрическая карта масс штаба 1:2 500 000, а во втором – более детальная карта.

Опыт проведенных исследований [20, 23–28] свидетельствует о том, что построенные описанным образом модели плотностной контрастности отражают реологическое состояние геологических сред. Во всех изученных авторами районах максимумам μ_z -параметра в земной коре соответствуют жесткие массивы и блоки древних кристаллических комплексов (AR–PR), пластины вулканогенно-кремнистых пород (MZ) и океанической коры, а минимумам – турбидитовые комплексы, зоны милонитизации и аккреционные призмы, характеризующиеся микститовой структурой, а также области и участки термогенного понижения вязкости в переходном слое «кора–мантия» под гранитоидными и вулканическими поясами. В верхней мантии по значениям μ_z -параметра уверенно различаются литосферные плиты (максимумы) и разделяющие их выступы астеносферы (минимумы). Структуры центрального типа диагностируются по концентрически зональным расположениям аномалий плотностной контрастности [21, 24, 26, 28].

В разрезах объемных моделей этого параметра μ_z -минимумы совпадают с зонами поглощения и уменьшения скорости сейсмических волн (ГСЗ и МОВЗ-зондирования), минимумами удельного электрического сопротивления (МТЗ) и зонами нарушенного фазового состояния (частичного плавления), предполагаемыми в тепловых моделях [23–25].

Глубинное строение и рудно-магматическая зональность. Пространственные параметры глубинных структур Нижне-Амурского района определены при анализе объемных распределений центров плотностных неоднородностей (Z_0) и плотностной контрастности геологических сред (μ_z), составленных по результатам обработки мелкомасштабной (см. рис. 1, А–Б) и среднемасштабной (см. рис. 1, В) гравиметрических карт.

Положение Нижне-Амурской корово-мантйной тектономагматической структуры в горизонтальных сечениях подкорового (см. рис. 1, А) и нижнекорового (см. рис. 1, Б) слоев верхней мантии иллюстрирует рис. 1. На границе кора–мантия Нижне-Амурский рудный район, к которому принадлежит Белогорская ИКС, выражен обширным минимумом плотностной контрастности, по периферии которого концентрируются рудные месторождения. Белогорское и Многовершинное месторождения тяготеют к центру минимума. Существование μ_z -минимума в переходном слое кора–мантия, по аналогии с другими структурами центрального типа в Приамурье [26, 28], свидетельствует о реологическом разуплотнении этого слоя и существовании обширного очага расплавленной магмы, являющегося источником вулканических масс и рудогенных флюидов, обусловивших повышенные концентрации рудных элементов у поверхности Земли.

Белогорская тектономагматическая структура второго порядка в гравитационных моделях начинает проявляться с глубины 20 км (см. рис. 2, Б), что свидетельствует о связи рудной минерализации этой структуры с реологическим разуплотнением нижнекорового слоя. В верхнекоровом срезе (см. рис. 1, В) и разрезах (см. рис. 1, Д) Белогорская структура четко выражена поднятием в центре и окаймляющими его локальными прогибами. По совокупности признаков (см. рис. 1, Б, В) эту структуру можно отнести к типу интрузивно-купольных, что находит подтверждение на геологической карте (см. рис. 1, Г). В её своде обнажаются терригенные породы основания, интродуцированные гранитами и гранодиоритами Гырманского плутона. Его западная и южная границы относительно прямолинейные, а северная и восточная – извилистые и сопровождаются широкими (1,5–3,0 км) ореолами биотит-кордиеритовых, кварц-андалузитовых, кварц-полевошпатовых и биотитовых роговиков. На удалении роговики переходят в неизменные породы. По геофизическим данным [12] на глубине плутон имеет форму плиты мощностью 1 км, которая полого погружается на восток под углами

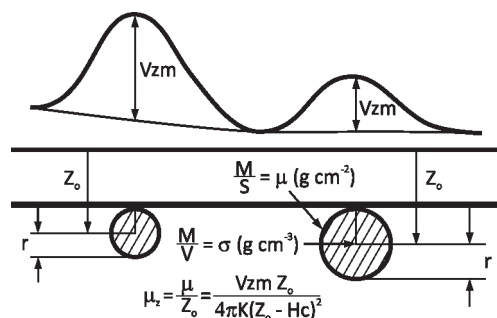


Рис. 2. К определению плотностной контрастности (μ_z -параметра):

V_{zm} – амплитуда гравитационных аномалий; Z_0 – центр аномальных масс; r – радиус эквивалентных сфер; H_c – поверхность, к которой выметаются аномальные массы источников гравитационных аномалий; M – аномальная масса источника; V – объем источника; σ – избыточная плотность объемного источника; S – площадь поверхности эквивалентной сферы; μ – поверхностная плотность сферы; μ_z – плотностная контрастность

20–30°. Радиологические датировки Гырманского массива варьируют от 69 до 90 млн. лет для гранодиоритов и от 70 до 86 млн. лет для гранитов, также отвечают позднему мелу [12].

В относительном расположении месторождений и рудопроявлений угадывается слабая металлогеническая зональность: в центральной зоне μ_z -минимума располагаются преимущественно молибденовые и вольфрамовые ореолы, оконтуривающие выходы Гырманского массива, а на его периферии – полиметаллические. На Искринском месторождении алунитовых руд и проявлении Красная горка устанавливаются прямые признаки полиметаллических руд [12]. Золоторудная минерализация локализуется во всех зонах Нижне-Амурского μ_z -минимума, однако большинство золоторудных месторождений тяготеет к его периферии. Такая же зональность обнаружена авторами в зонах влияния Мая-Селемджинской [26] и Алдано-Зейской [28] структур центрального типа плюмовой природы.

В нижнекоровом срезе (см. рис. 1, Б) Белогорская интрузивно-купольная структура проявлена изометричным μ_z -максимумом, к центру и флангам которого приурочена золоторудная и молибденовая минерализация. Максимум, скорее всего, обусловлен магматическим мантийным диапиром основного состава, чему не противоречат андезибазальтовые вулканы на западном фланге ИКС (см. рис. 1, Г).

На флангах раннемеловой складчатый фундамент перекрыт эффузивами, выполняющими вулканотектонические депрессии с риодацитовым, андезитовым и базальтовым магматизмом, определяющим

кольцеобразное положение малых провалов на флангах ИКС. В вулканических комплексах просматривается магматическая зональность: позднемиоценовые кислые вулканы (дациты и риолиты) в центре обрамляются на периферии палеогеновыми и неогеновыми базальтоидами.

Концентрическое строение Белогорской ИКС с интенсивно проявленным магматизмом подчеркивается полиформационной рудной зональностью, проявление которой, по-видимому, зависит от глубины эрозионного среза рудно-магматической системы. Центральная часть Гырманского плутона площадью более 50 км² эродирована и не несет минерализации. В экзоконтакте в ореолах роговиков установлены золото-полиметаллические проявления. Все они однотипны: золото приурочено к тонким жилам и прожилкам кварцевого, кварц-серицитового состава, в минерализованных (кварц-сульфидных) зонах дробления [12]. Плутон оконтуривают шлиховые ореолы шеелита и вольфрамита.

Низкотемпературные эпitherмальные Au-Ag месторождения и проявления (Белая Гора, Дыльменское, Бухтыанское и др.) расположены на периферии ИКС в сохранившихся сагеллитных вулканических постройках. Примером палеогенового оруденения является небольшое золото-кварцевое месторождение Дыльменское, приуроченное к линейной андезидацитовой вулканоструктуре [15]. В его рудном поле зона кварц-серицитовых метасоматитов (2000×260–330 м) вмещает тело кварцитов мощностью до 30 м, кварцевые жилы и кварц-прожилковые зоны со средним содержанием золота 5,5 г/т.

Эпitherмальное золото-серебряное месторождение Белая Гора локализовано в субвулканических и покровных образованиях палеовулканической постройки олигоценового возраста [14, 15, 18]. По гравиметрическим данным и ДЭЗ, на глубине около 1000 м в корневой части палеовулкана выделяется магматическое тело, которое интерпретируется как массив габбро-диоритов или габбро-монцититов [6]. На картах магнитного поля жерловые отложения характеризуются относительным минимумом, что связано с высокой намагниченностью окружающих базальтов сизиманской толщи. Конусовидный нект (850×750 м) сложен трахидацитами, трахитами и эруптивными брекчиями (колчанский вулканический комплекс), прорывающими прижерловые покровные фации игнимбритов, трахидацитов и их туфов колчанской свиты и базальтов сизиманской толщи (рис. 3). Вулканические породы колчанского комплекса и в меньшей мере сизиманской толщи подвержены гидротермально-метасоматическим изменениям. Наиболее распространены пропилитизированные породы карбонат-хлоритового состава. В жерле вулкана встречаются также диккитовые, серицитовые, гидрослюдистые и монокварцевые вторичные кварциты, тела кварц-адуляровых и кварц-гидрослюдисто-адуляровых

метасоматитов, которые приурочены к нектору, вмещающему промышленную золото-серебряную минерализацию [15]. Радиологические датировки адуляр-кварцевых метасоматитов (K/Ar 5 определений: 22–39 млн. лет, среднее – 30,8 млн. лет) отвечает олигоцену [14]. Этот же возраст имеют метасоматиты месторождения Бухтыанское (K/Ar 7 определений: 25–39 млн. лет).

Гидротермально измененные породы и метасоматиты расположены концентрически-зонально и сопровождаются кольцевыми разломами [7]. Практически все гидротермально-метасоматически измененные породы в разной степени золотоносны. В них развиты гнездобразные скопления мелких, часто микроскопических кварцевых, кварц-адуляровых прожилков, с которыми связаны наиболее высокие концентрации золота. Разведано два рудных тела: Штокверковское и Пологое. Штокверковская залежь (площадь 92 тыс. м²) изометричной формы вытянута в северо-восточном направлении. Она продолжается на глубину 312 м, где её нижняя граница не определена [12]. Оруденение крайне неравномерное с локальными гнездами с содержанием Au до 10 г/т, среднее 3,5 г/т. В 200 м к северо-западу от Штокверка расположена Пологая залежь (45,9 тыс. м²) со средней мощностью 9,18 м и средним содержанием Au 5,17 г/т. В экзоконтакте нект в пропилитизированных базальтах расположены зоны Огородная, Южная и Заячья. Жильная зона Заячья широтного простирания прожилкового окварцевания и адуляризации мощностью от 2 до 100 м. Она прослежена на 1300 м и представлена зоной скалывания с кулисным расположением рудных гнезд длиной 20–80 м, простирающихся в направлении запад–восток и юго-запад–северо-восток. Разведочными канавами вскрыто гнездо размером 270×1,4 м со средним содержанием Au 6,9 г/т. Встречаются и бонанцы с содержанием Au 320 г/т. Вертикальный размах золотого оруденения 60–120 м не соответствует действительности и, по-видимому, обусловлен малым размером или пережимом перебуренных скважинами рудовмещающих разрывов. При сбросах обычно образуются эшелонные кулисные разрывы, уходящих на значительную глубину. Кулисы часто являются рудными столбами, где богатые руды слагают центральную часть кулис в участках приоткрывания разрывов в режиме трансенсии [41]. Здесь наблюдается интенсивная гидротермальная переработка вмещающих пород. По простиранию эти участки сменяются безрудной неизменной брекчией. Эти факты необходимо учитывать при определении рудного потенциала кулис в процессе поисков на глубине скрытых рудных тел.

В заключение отметим, что в северной части Нижне-Амурского рудного района подавляющая часть рудопроявлений и все крупные месторождения золота расположены в зонах локальных прогибов складчатого фундамента, отображаемых распределением центров плотностных неоднородностей в интервале глубин 5–10 км. Такое размещение месторождений может быть

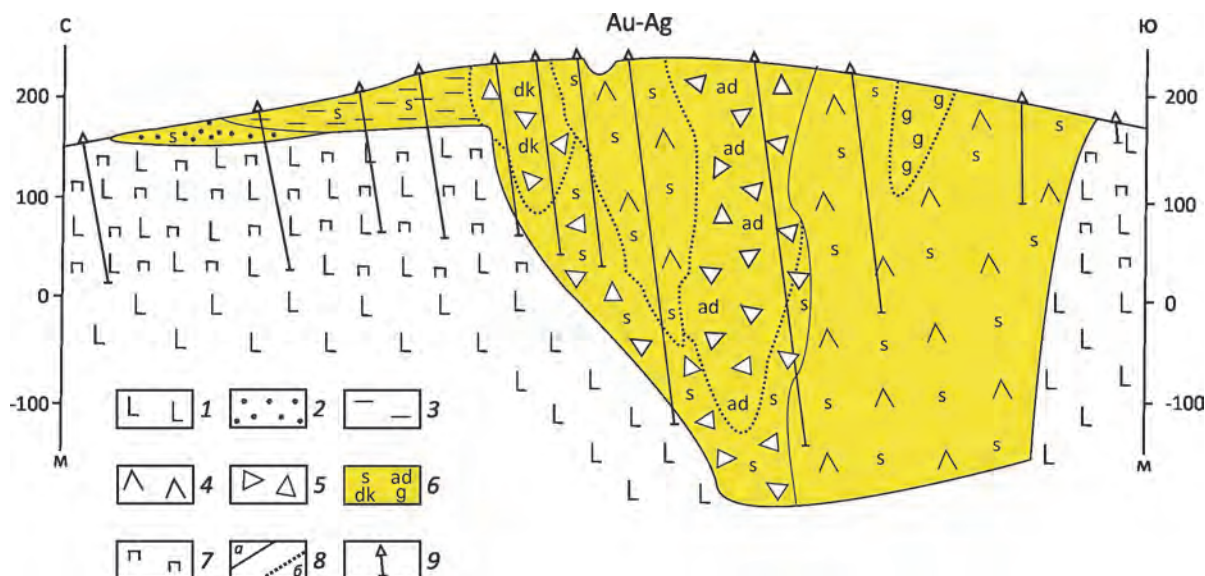


Рис. 3. Геологический разрез эпитермального золото-серебряного месторождения Белая Гора, приуроченного к некке в жерле палеовулкана. По Э.П.Хохлову, 1983:

1 – базальты; 2 – туфы трахитов; 3 – игнимбриты трахитов; 4 – трахидациты; 5 – эруптивные брекчи трахидацитов; 6 – вторичные кварциты серицитовые (s), адуляровые (ad), диккитовые (dk), монокварцевые (g); 7 – пропилиты карбонат-хлоритовые (п); 8 – границы геологические (а) и метасоматические (б); 9 – скважины

обусловлено большим вертикальным диапазоном рудогенных флюидов, несущих золоторудную минерализацию, соответствующим увеличенным диапазоном связи рудных месторождений с плотностными неоднородностями земной коры. Из приводимых данных следует, что в результате синрудных или пострудных вертикальных подвижек золоторудная минерализация Нижне-Амурского района сохранилась в опущенных блоках. Известно, что во многих других районах золоторудная минерализация тоже очень часто тяготеет к прогибам разного ранга [3, 5, 31, 34, 39, 46]. По-видимому, это связано с тем, что для золоторудной минерализации характерен большой вертикальный диапазон оруденения [4, 13] и в горст-антиклинальных структурах сохраняются только нижние ярусы рудно-магматических колонн. Поэтому повышенный интерес представляет локальный прогиб на северо-западном фланге структуры (на пересечении координат 140 в.д. и 53°30' с.ш.), где известны признаки золоторудной минерализации (см. рис. 1, В).

Таким образом, распределения формализованных параметров (см. рис. 1, А–Г) в разрезе Белогорской ИКС и связь с этими распределениями приповерхностной рудной минерализации в очередной раз подтверждают фундаментальную закономерность размещения рудной минерализации на флангах и в центрах очаговых тектономагматических структур, хорошо проявленную в Сихотэ-Алине [21, 40], Приамурье [26, 28] и других

районах [19, 33]. Промежуточные зоны между центрами и флангами вулканотектонических структур центрального типа часто оказываются безрудными [27, 29]. Эта закономерность, по аналогии, позволяет ожидать открытие крупного скрытого месторождения золота в центре Белогорской ИКС. Пока же там известны только два рудопоявления – индикатора нескрытых промышленных рудных тел в терригенных породах фундамента (см. рис. 1, В). В нижнем структурном ярусе северной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса важную роль в размещении промышленного золото-кварцевого и золото-сульфидного оруденения играют нижнемеловые терригенные углеродистые отложения (пионерская и ларгасинская свиты) [2], что согласуется с результатами геохимического опробования осадочных толщ [30]. Золотоносные углеродистые толщи, вмещающие «рудогенерирующие» гранитоиды, по-видимому, являются корнями вулканогенных и вулканогенно-плутоногенных месторождений ВСАВП. Примеры – крупное месторождение Многовершинное с запасами более 100 т; месторождения Белая Гора и Бухтыанское [2]. Большинство исследователей [17, 18, 29, 37, 38 и др.] считают, что источники золота были глубинными и располагались в нижней части земной коры или в подкоровом слое верхней мантии, что находит подтверждение в формальной связи рудной минерализации с плотностными неоднородностями (см. рис. 2, А–Б). Однако единых представлений об

источнике золота пока не выработано, поэтому этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Аналогом прогнозируемого объекта в Белогорской ИКС, по-видимому, является расположенное севернее крупное золото-серебряное месторождение Многовершинное. Оно залегает в экзоконтакте Бекчиулского гранитного плутона, слагающего ядро вулкано-интрузивно-купольной структуры 3-го порядка и относимого к тому же интрузивному комплексу, что и Гырманский массив. Фундаментом для вулканических образований служат смятые в крутые складки юрско-меловые турбидиты Журавлевско-Амурского террейна [9], включающие углеродистые терригенные отложения пионерской свиты [2, 18]. Верхний структурный ярус представлен преимущественно палеоценовыми жерловыми и субвулканическими фациями вулканитов – брекчиевыми лавами пироксеновых и роговообманковых андезитов, андезитами, андезидацитами и туфами. Породы покровной фации почти полностью эродированы. Оба структурных комплекса интрузирует Бекчиулский массив гранитоидов. К/Аг возраст гранитов 54–72 млн. лет [1]. Рудные тела представлены гидротермально измененными адуляр-кварцевыми жильными зонами. Некоторые жильные зоны состоят из родонит-карбонатных жил и линз скарнов с сульфидной минерализацией. Общее число рудных зон около 30, но наиболее изучены четыре из них. Самые богатые рудные тела расположены в 2 км к северо-западу от экзоконтакта с гранитным массивом. Распределение благородных металлов в рудных телах весьма неравномерное: среднее содержание Au 9,5 г/т, в локальных участках – 200–250 г/т; содержание Ag – от 10 до 140 г/т [16]. По данным Е.И.Бондаренко [1] К/Аг возраст рудной минерализации 62–66 млн. лет. Вмещают промышленные рудные тела гидротермально измененные брекчиевые лавы и туфы андезитов, а за пределами рудного поля и на глубоких горизонтах в осадочных породах фундамента развиты штокверки и рудные зоны. На контакте с гранитоидами осадочные породы превращены в пироксен-полевошпатовые роговики, кварц-кордиеритовые и кварц-биотитовые, а вулканиты – кварц-биотитовые и альбит-эпидот-актинолитовые породы. Рудные зоны простираются в северо-восточном направлении общей протяженностью около 3 км. Вертикальный размах оруденения 600 м. Границами рудного поля являются крупные тектонические разломы широтного и северо-восточного направления. Таким образом, крупность и богатство месторождения определяется его приуроченностью к Бекчиулской ИКС, включающей золотоносные углеродистые отложения фундамента, интрузивные, субвулканические и покровные фации, развитие в рудах нескольких продуктивных ассоциаций золота, наличие бананц и рудных столбов.

Богатые золото-серебряные жилы Многовершинного месторождения расположены как вблизи границы вулканитов с породами фундамента, так и в углеродистых

терригенных толщах, слагающих нижний структурный этаж [2, 9, 16, 18]. На богатейшем месторождении Хисикари в Японии золото-серебряные жилы локализованы в терригенных толщах фундамента под экраном вулканитов [43]. Эти данные, по мнению авторов данной публикации, подтверждают перспективу открытия слепых и богатых золото-серебряных жил как в осадочных породах интенсивно дислоцированного фундамента в центре Белогорской ИКС, так и на флангах в вулканитах.

Авторы признательны рецензентам за внимательное прочтение рукописи и ценные комментарии к тексту и графике, позволившие преодолеть замеченные недостатки в изложении материала.

Статья подготовлена при поддержке Гранта ДВО РАН 15-И-2-004 по программе фундаментальных исследований ДВО РАН «ДАЛЬНИЙ ВОСТОК» на 2015–2017 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко Е.И. Возраст вулканогенных образований и оруденения Восточного Приамурья и Северного Сихотэ-Алиня / Геохронология СССР. Т. 2. Фанерозой. – Л.: Недра, 1974. С. 284–288.
2. Буряк В.А. Основы минерагении золота. – Владивосток: Дальнаука, 2003.
3. Василевский М.М., Доббня А.В., Некрасова Ж.А. Региональные и локальные закономерности размещения эпitherмальных золотосеребряных и полиметаллических месторождений. – Л., 1970.
4. Волярович Г.П. Типы месторождений золота и закономерности их размещения на Дальнем Востоке // Золоторудные формации Дальнего Востока. – М.: Наука, 1969. С. 7–35.
5. Волков А.В., Сидоров А.А., Старостин В.И. Металлогения вулканических поясов и зон активизации. – М.: МАКС-ПРЕСС, 2014.
6. Володькова Т.В. Гамма-спектральные поля и распределение золоторедкометалльного оруденения в Нижне-Амурском регионе // Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Хабаровск, 1999.
7. Володькова Т.В. Особенности рудоносных палеовулканических структур Приамурья и вулканов Курил по аэрогеофизическим данным. www.kscnet.ru/ivs/slsecret/75-kvs/Material_conference/art6.pdf. Дата обращения (18.03.2016).
8. Володькова Т.В., Подгорный В.Я. Геолого-геофизическая характеристика горячих точек Приамурья // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29. № 1. С. 67–82.
9. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1. // Под ред. А.И.Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006.
10. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. Масштаб 1: 2 500 000. – СПб.–Благовещенск–Харбин, 1999; МПР РФ: ВСЕГЕИ, Амурский КНР; Министерство геологии и минеральных ресурсов КНР: Упр. геологии и полезных ископаемых пров. Хэйлуцзян.

11. *Иванов Б.А.* Центральный Сихотэ-Алиньский разлом. – Владивосток: Дальневосточное кн. изд-во, 1972.
12. *Кайдалов В.А., Новоселов Б.А., Мак Л.Б.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. второе. Серия Николаевская, лист N-54-XXI. Объяснительная записка. – СПб., 2001.
13. *Корольков А.Т.* Геодинамика золоторудных районов юга Восточной Сибири. – Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 2007.
14. *Металлогения Дальнего Востока России / В.И.Сухов, Ю.И.Бакулин, Н.П.Лошак и др.* – Хабаровск, 2000.
15. *Мишин Л.Ф.* Гидротермально измененные породы и перспективная оценка месторождения Белая гора // Геология и полезные ископаемые Приамурья. – Хабаровск, 1999. С. 72–76.
16. *Многовершинное* / URL: <http://www.mestor.geoinfocom.ru>. Дата обращения (18.10.2016).
17. *Моисеенко В.Г.* Геохимия и минералогия золота рудных районов Дальнего Востока. – М.: Наука, 1977.
18. *Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В.* Золоторудные месторождения Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996.
19. *Нарсеев В.А., Курбанов Н.И., Константинов М.М.* Прогнозирование и поиски месторождений золота. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
20. *Петрищевский А.М.* Тектоника Нижнего Приамурья // Тихоокеанская геология. 1984. № 1. С. 62–70.
21. *Петрищевский А.М.* Глубинные структуры Вознесенского флюоритоносного района. – Владивосток: Дальнаука, 2002.
22. *Петрищевский А.М.* «Теневые» гравитационные модели глубинных структур земной коры и верхней мантии // Геофизика. 2004. № 4. С. 48–54.
23. *Петрищевский А.М.* Гравитационный индикатор реологических свойств тектоносферы дальневосточных окраин России // Физика Земли. 2006. № 8. С. 43–59.
24. *Петрищевский А.М.* Гравитационный метод оценки реологических свойств земной коры и верхней мантии (в конвергентных и плюмовых структурах Северо-Восточной Азии). – М.: Наука, 2013.
25. *Петрищевский А.М.* Общие черты глубинного строения тектоносферы западно-тихоокеанских континентальных окраин (Северо-Восточная Азия и Австралия) // Геотектоника. 2016. № 6. С. 87–104.
26. *Петрищевский А.М., Юшманов Ю.П.* Реология и металлогения Мая-Селемджинского плюма // Доклады РАН. 2011. Т. 440. № 2. С. 207–212.
27. *Петрищевский А.М., Юшманов Ю.П.* Связь рудных месторождений Нижнего Приамурья с глубинными структурами земной коры // Доклады РАН. 2014а. Т. 457. № 5. С. 597–602.
28. *Петрищевский А.М., Юшманов Ю.П.* Геофизические, магматические и металлогенические признаки мантийного плюма в верховьях рек Алдан и Амур // Геология и геофизика. 2014б. Т. 55. № 4. С. 568–593.
29. *Пискунов Ю.Г.* Интрузивный магматизм и золотое оруденение Улской вулканоплутонической структуры (Нижнее Приамурье) // Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. – М., 1983.
30. *Пискунов Ю.Г., Забелин В.В.* Геохимия золота в стратиграфическом разрезе Северного Сихотэ-Алиня // Геология, минералогия и геохимия месторождений благородных металлов Востока России. Новые технологии переработки благороднометалльного сырья: сб. науч. трудов / Под ред. В.Г.Моисеенко, А.П.Сорокина. – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2005. С. 226–229.
31. *Сафонов Ю.Г.* Гидротермальные золоторудные месторождения: распространенность – геолого-генетические типы – продуктивность рудообразующих систем // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 1. С. 25–40.
32. *Сретенский Л.Н.* Теория ньютоновского потенциала. – М.–Л., 1946.
33. *Сторожук О.В.* О повышении эффективности поисков и оценки золотого оруденения, связанного с очаговыми скрытоплутоническими структурами // Руды и металлы. 2001. № 2. С. 55–59.
34. *Структурные условия формирования эндогенных рудных месторождений / Л.И.Лукин, И.З.Корин, Г.Г.Кравченко и др.* – М.: Наука, 1973.
35. *Уткин В.П.* Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. – М.: Наука, 1989.
36. *Уфимцев Г.Ф., Алексеенко С.Н., Онухов Ф.С.* Морфотектоника Нижнего Приамурья // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 6. С. 81–83.
37. *Хомич В.Г.* Металлогения вулканоплутонических поясов северного звена Азиатско-Тихоокеанской мегазоны взаимодействия. – Владивосток: Дальнаука, 1995.
38. *Эйриш Л.В.* О связи золотого оруденения с магнитными гранитоидми (на примере Дальнего Востока) // Тихоокеанская геология. 1983. № 4. С. 54–68.
39. *Эшттейн Ю.Я., Фельдман А.А., Морозова Л.В.* Строение вулканотектонических структур и положение в них рудных полей по данным комплексных геолого-геофизических исследований // Геология и разведка. 1985. № 6. С. 47–54.
40. *Юшманов Ю.П., Петрищевский А.М.* Тектоника, глубинное строение и металлогения Прибрежной зоны южного Сихотэ-Алиня. – Владивосток: Дальнаука, 2004.
41. *Юшманов Ю.П.* Эшелонированные разрывные структуры месторождения Минеральное в восточном Сихотэ-Алине // Вести Колымы. 2003. № 21. С. 45–46.
42. *Evans G.C.* Application of Poincare's sweeping-out process. *Mathematics*. 1933. Vol. 19. P. 457–461.
43. *Izava E., Urashima Y., Ibaraki K.* The Hishikari gold deposits: high-grade epithermal veins in Quaternary volcanic of southern Kyushu, Japan // Epithermal gold mineralization of the Circum-Pacific. Elsevier. 1990. P. 1–16.
44. *Khanchuk A.I., Kemkin I.V., Kruk N.N.* The Sikhote-Alin orogenic belt, Russian South East: Terranes and the formation of continental lithosphere based on geological and isotopic data. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2016. Vol. 120. № 15. P. 117–138.
45. *Petrishchevsky A.M., Khomich V.G., Boriskina N.G.* Deep metallogenic speciality of lithosphere in Russian Amur Province // *Journal of Geoscientific research in Northeast Asian*. Vol. 6. № 2. 2003. P. 171–182.
46. *Sillitoe R.H.* Gold Metallogeny in Chile // *Econ. Geol.* 1991. Vol. 86. P. 1167–1205.