

УДК 553.411(571.6)

## ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАРЛИНСКОГО ТИПА В ГОНЖИНСКОМ РАЙОНЕ ПРИАМУРЬЯ

**Хомич В.Г., Борискина Н.Г.**

*ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН, Владивосток,  
e-mail: khomich79@mail.ru*

Гонжинский район (Амурская область), благодаря открытиям Покровского, Пионерного, Боргуликанского, Буриндинского рудных месторождений и обилию россыпей золота, обладает значительными не полностью оцененными ресурсами Au. Особенности экономико-географического положения района (близость Зейской ГЭС, относительная развитость транспортной сети, обилие водоисточников, низкогорно-увалистый рельеф местности и др.) являются весьма привлекательными для крупных компаний, специализирующихся на добыче полезных ископаемых и в первую очередь благородных металлов, в том числе и нового для района типа – карлинского. Этот тип оруденения характеризуется размещенностью в терригенно-карбонатных породах повышенной углеродистости, контактирующих с позднемезозойскими интрузивными, субвулканическими телами, дайками переменного состава и вмещающих (часто среди джаспероидов) руды с мелко- и тонкодисперсным золотом. Из многих критериев перспективности района на карлинский тип оруденения авторами в первую очередь учитываются: геофизические (крупная гравиметрическая аномалия мантийного заложения, центр которой находится на пересечении глобальных Монголо-Охотской и Хингано-Охотской ступеней, а также присутствие нескольких менее масштабных градиентных зон поля силы тяжести), геохимические (спектро-золотометрические пробы Au и его значимые содержания, до 5 г/т, а также знаковые и весовые его количества в донных пробах и шлихах) и геологические (взаимодействие позднеюрско-раннемеловых интрузивов и субвулканических тел с девонскими терригенно-известковистыми толщами, характерными для многих месторождений карлинского типа). Наличие известковистых толщ и известняков – характерный признак металлогенических зон, где выявлены месторождения Au карлинского (невадийского) типа, составляющие основу современной сырьевой базы золота США. Такие месторождения весьма часто залегают на глубинах 150–200 м от современной поверхности и группируются в линейные золотоносные узлы и районы, получившие собирательное название «тренд».

**Ключевые слова:** терригенно-карбонатные углеродистые толщи, мелко- и тонкодисперсное золото, субвулканические тела

## POTENTIAL PROSPECTIVITY OF REVEALING A CARLIN-TYPE NOBLE METAL MINERALIZATION IN THE GONZHINSKY DISTRICT OF PRIAMURYE

**Khomich V.G., Boriskina N.G.**

*Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: khomich79@mail.ru*

Because of the discovery of the Pokrovsky, Pionerny, Borgulikansky, and Burindinsky ore deposits and abundance of gold placers, the Gonzhinsky district (Amur region) possesses significant potential resources of Au. The specifics of the economical and geographical location of the district (proximity to the Zeya hydroelectric power station, relative development of the transport network, abundance of water sources, low-mountainous hilly relief of the region etc.) are highly sought-after by the large companies specializing in the extraction of mineral resources, primarily, of noble metals including the Carlin-type, which is new for the region. This type of mineralization is characterized by higher contents of carbon in terrigenous-carbonate rocks contacting with the late Mesozoic intrusive subvolcanic bodies, dikes of alternating composition and hosting (often among jasperoids) ores with fine- and finely-dispersed gold. Out of the many criteria for the region's prospectivity for the Carlin-type mineralization the authors considered first of all the following: geophysical (large gravimetric anomaly at the mantle depth, the center of which is located at the intersection of global Mongol-Okhotsk and Khingano-Okhotsk steps, as well as the presence of several smaller gradient zones of the gravity field), geochemical (spectral assay samples of Au and its significant contents, up to 5 ppm, and also small particles of gold and its weight quantity in the bottom samples and black sands), and geological (interaction of the late Jurassic-early Cretaceous intrusives and subvolcanic bodies with the Devonian terrigenous-calcareous strata, which are typical for many Carlin-type deposits). The presence of calcareous strata and limestones is a distinctive feature of metallogenic zones, where the Carlin (Nevada)-type Au deposits, which constitute the modern raw gold base of the USA, were revealed. Such deposits very often occur at depths between 150 and 200 m from the modern surface and are grouped in linear gold-bearing clusters and districts that are collectively known as «trend».

**Keywords:** terrigenous-carbonate carbon-bearing strata, fine- and finely-dispersed gold, subvolcanic bodies

Для большеобъемных месторождений мелко- и тонкодисперсного золота карлинского типа (Невада, США) характерна размещенность среди протерозой-фанерозойских терригенно-карбонатных толщ. Полувековой период изучения геолого-генетических особенностей месторождений

типа Карлин привел ученых к разной трактовке природы золотого оруденения. Одни учитывают сульфидно-карбонатный состав и повышенную углеродистость рудовмещающих пород, предопределенных, по их мнению, спецификой седиментационных бассейнов, формировавшихся в зонах глу-

бинных разломов [1, 2]. Предполагается, что последние обеспечивали питание известковистых и алевропелитовых толщ углеродом и такими компонентами флюидных фаз, как Au, Ag, Cu, Ni, Fe, As и т.п. Другие развивают представления о первичной (догипергенной) природе (порфировой, магматогенной, метаморфогенной) подобных благороднометалльных месторождений, но существенно преобразованных в зонах окисления [3–5].

Из минералогических признаков чаще других указывают на присутствие в рудах пирита (особенно мышьяковистого), марказита, арсенопирита, антимонита, киновари, дисперсного золота, реальгара, аурипигмента, самородных As и S, иногда блеклых руд, барита и флюорита. Руды обычно размещены среди джаспероидов, метасоматических ореолов окремнения, скарнирования, а также кальцитизации и аргиллизации, в пластовых, субпластовых, реже жилообразных гидротермокастообразных, штокверкоподобных телах.

Довольно часто рудоносными являются контактовые (со скарнами) участки смены известковистых алевролитов, песчано-алевритисто-карбонатных углеродистых пород доломитового состава и терригенно-кремнисто-вулканомиктовых отложений. Они характерны для карбонатно-плитного комплекса краевых и перикратонных прогибов древних платформ, подвергшихся тектоно-магматической активизации (ТМА). С процессами ТМА сопряжены разнотипные магматические комплексы. Многие из перечисленных признаков проявлены в разных частях Гонжинского рудного района, расположенного в Приамурье.

Целью настоящей публикации является изложение результатов анализа геолого-геофизических и геохимических материалов разной детальности для выделения в Гонжинском районе участков, обладающих признаками возможного присутствия благороднометалльной минерализации карлинского типа.

#### **Материалы и методы исследования**

Авторами анализировались фондовые материалы геологических съемок (1:200 000 – 1:50 000) и учитывались данные поисково-оценочных и разведочных работ на отдельных рудоносных объектах района, проводившихся при нашем участии.

Основная геологическая особенность Гонжинского района – присутствие на его площади одноименного выступа докембрия

(рис. 1). Выступ принадлежит северной окраине Буреинского массива, выделяемого тектонистами в качестве восточного фрагмента Аргунского супертеррейна или Хумахэ-Гонжинско-Мамынского мегаблока. Гонжинский выступ докембрия (ГВД) из интрузивно-метаморфических пород одноименной серии (AR<sub>2</sub>gn) сложен различными гнейсами, амфиболитами и кварцитами, а также зеленокаменными толщами нижнего протерозоя (сланцы, метадиабазы, филлиты чаловской серии), содержащими тела гипербазитов. Деформированный чехол ГВД состоит из рифейско-нижнекембрийских неравномерно метаморфизованных (до эпидот-амфиболитовой фации) песчаников, алевролитов, углисто-кремнистых, слюдяных сланцев и силур-девон-каменноугольных терригенно-карбонатных отложений преимущественно верхнеамурской (уркинской) серии (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>), прорванных последевонскими интрузиями урушинского и пиканского габбро-диорит-плагиогранитных комплексов.

Выступ расположен в зоне сопряжения двух глобальных гравитационных ступеней мантийного заложения: субширотной Монголо-Охотской и субмеридиональной Хингано-Охотской [1]. Последняя считается главным структурным элементом региона. Она совмещается с Большехинганским вулканоплутоническим поясом, на юго-западном продолжении которого, в провинциях так называемого «золотого треугольника» КНР, известно большое число месторождений карлинского типа, возникших под воздействием мантийного плюма Эмейшань [4].

В обрамлении ГВД и на его денудированной поверхности закартированы толщи позднемезозойских (I<sub>2</sub>–I<sub>3</sub>) терригенных отложений и эффузивно-пирокластические накопления Умлеканской вулканоплутонической зоны (рис. 1). По периферии ГВД распространены слабо литифицированные неоген-четвертичные отложения Амуро-Зейской депрессии.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Основная часть известных месторождений благородных и цветных металлов размещена в интрузивно-вулканогенных образованиях и сопряжена с некками, штоками, силлами, палеожерловинами краевых мондонитоидных частей Арбинского, Ольгинского, Сергеевского и других раннемиловых гранитоидных массивов. Для них

свойственны полифациальность и полихронность, что подтверждается существованием серии магматических комплексов: от пиканского ( $\gamma\text{-}\nu\text{P}_1\text{p}$ ) и верхнеамурского ( $\gamma\delta\text{K}_1\nu$ ) до буриндинского, талданского, керраковского и галькинского. Если учесть, что к западу и востоку от ГВД по его обрамлению расположены крупные рудно-россыпные узлы, на площади которых, в местах сопряжения интрузивных массивов с полями эффузивно-пирокластических накоплений, экстрезивных и субвулканических тел

переменного состава выявлено несколько слабо изученных рудопоявлений Au и Ag (Ильинское, Тупарковское, Игак, Орел, Стакан и др. (рис. 1)), то очевидной становится необходимость проведения в районе дополнительных поисково-ревизионных работ для переоценки известных и поисков новых проявлений Au. Авторы полагают, учитывая забайкальский опыт [6], что более предпочтительными для постановки детальных работ являются участки Адамовский (рис. 1, 2), Игакский, Орел и Стакан.

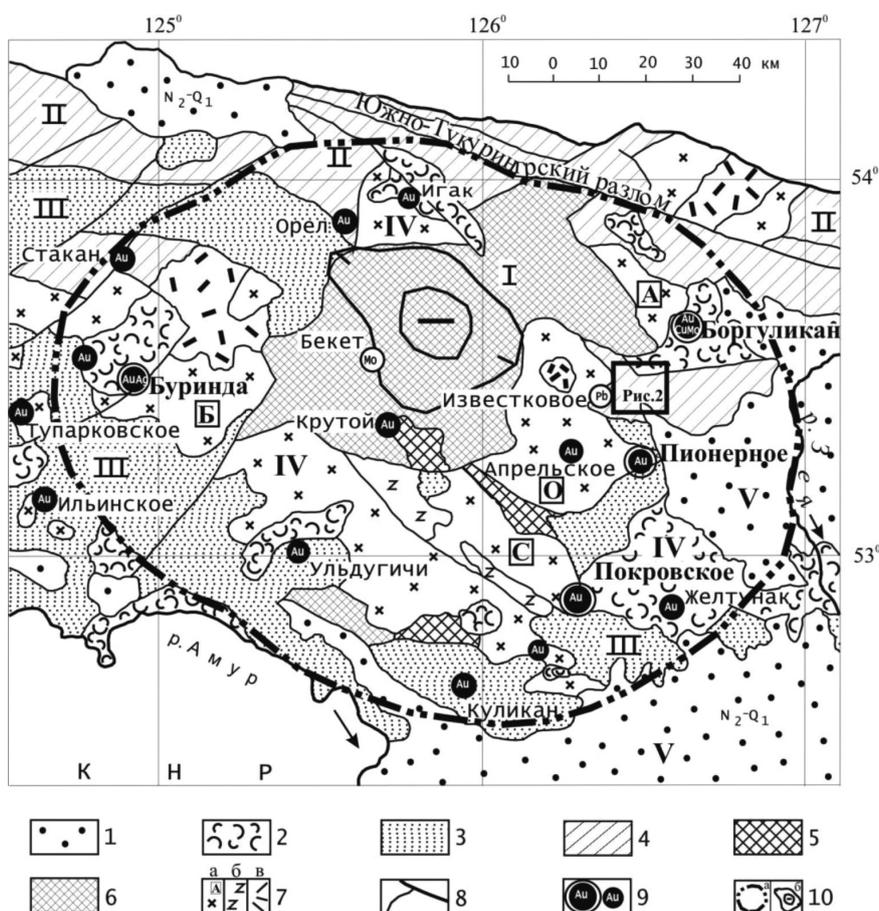


Рис. 1. Структурно-металлогенетическая схема Гонжинского рудного района. 1–7 – геологические комплексы: 1–4 – стратифицированные: 1 – неоген-четвертичный терригенный, 2 – меловой эффузивно-пирокластический, 3 – юрский терригенный; 4 – нижне-среднепалеозойский вулканогенно-осадочный метаморфизованный; 5–6 – интрузивно-метаморфические: 5 – нижнепалеозойско-верхнепротерозойский, 6 – нижнепротерозойско-среднеархейский; 7 – позднемезозойские интрузивные: а – монцодиоритовый, гранодиорит-гранитный ( $K_1$ ), б – граносиенит-порфировый ( $I_3-K_1$ ), в – гранит-порфировый (субвулканический,  $K_2$ ); 8 – крупные разломы; 9 – месторождения и крупные рудопоявления Au, Си, Мо, Рб; 10 – внутренняя часть ОКС (а), изоаномалы в центре отрицательных значений поля силы тяжести (б). I–V – Главные тектонические сооружения: I – Гонжинский выступ; II – Монголо-Охотская система; III – Осежинский прогиб, IV – вулкано-плутоническое обрамление (депрессии и гранитоидные массивы: А – Арбинский, Б – Буриндинский, О – Ольгинский, С – Сергеевский); V – Амуро-Зейская депрессия

На Адамовской площади, названной по ручью, расположенному между Вяземским и Известковым (рис. 2) крупными правыми притоками р. Уркан, находится контакт интрузивного массива пород верхнеамурского комплекса ( $\gamma\delta K_1 v$ ) с девонскими известкостерригенными отложениями большеверской ( $D_{1bn}$ ), имачинской ( $D_{1-2im}$ ), ольдойской ( $D_{2,3ol}$ ) свит и расположенных восточнее позднепалеозойских гранитоидов иканского (?) комплекса и алевропесчаников типаринской ( $C_{1tp}$ ) толщи.

Судя по морфологии контакта в правом борту р. Уркан меловых гранитоидов и палеозойских стратифицированных отложений, здесь расположен выступ интрузивного массива и позитивная структура иньективного происхождения, ось которой вытянута в широтном направлении. В ядерной части, крыльях и на восточном продолжении оси структуры закартированы крупные дайкообразные тела диоритовых порфиринов ( $\delta\lambda K_1 tl$ ), чередующиеся (в плане) с дайками гранодиорит-порфиринов ( $\gamma\delta\lambda K_1 kr$ ).

Вблизи зоны экзоконтакта верхнеамурских гранитоидов с палеозойскими известкостерригенными отложениями (левый борт руч. Известковый) известны литогеохимические пробы, содержащие 0,01–0,06 ‰ Au. В бортах этого ручья и ниже его устья (правый борт р. Уркан) штUFFы содержат до 0,5 ‰ Au. Более значительные его содержания (1–5 ‰) выявлены в образцах, отобранных на сопряжении левых бортов р. Уркан и руч. Попковского (среди позднепалеозойских гранитоидов), в левом борту р. Тында (среди талданских эффузивно-пирокластических накоплений).

Примечательно, что золотоносный пласт в россыпи руч. Адамовский «появляется» ниже контакта гранитоидов с терригенно-известкостерригенными отложениями. В россыпи распространено мелкое золото (с содержаниями до 500 мг/м<sup>3</sup>) и значительные количества киновари (со средним содержанием 120 мг/м<sup>3</sup>), что даже послужило поводом к поискам (в 1960 г.) коренного проявления ртути. К тому же в зоне контакта девонских терригенно-карбонатных отложений с меловыми гранитоидами (шириной более 1 км) осадочные породы превращены в роговики, мрамора и скарны. Зона скарнирования пород на правом берегу руч. Адамовский (скарны гранатовые, гранат-пироксеновые, реже гранат-эпидотовые) содержит шеелит, халькопирит, магнетит, золото, пирит, пирротин, а также гипергенные минералы Pb, Mo, Bi. В зонах дробления встречаются

малахит и азурит. Шеелит, золото, киноварь и висмутит выявлены в делювии у зоны контакта гранитоидов с терригенно-известкостерригенными породами. Золото находится в нижней части аллювиальных отложений и в верхней части разрушенных коренных пород. «Проседание» золота в плотик достигает 0,2–0,6 м. Сходная с Адамовской площадью геологическая обстановка (наличие контакта меловых гранитоидов с известкостерригенными породами) свойственна Игакскому рудно-россыпному узлу, где нашими предшественниками намечены два потенциальных поля (Игакское и Орловское), перспективных на выявление медно-молибден-порфирового, золото-кварцевого и золотого в скарнах оруденения. Для названных полей характерны крупные геохимические аномалии, включающие высококонтрастные ореолы рассеяния Au, Ag, Cu, Mo, Pb и Zn. Здесь расположены пункты золоторудной, медно-молибденовой минерализации, рудопроявления Au и россыпные месторождения золота. Источником золота Игакской россыпи (в ней мелкого золота – 87%) предположительно считается оруденение золото-кварцевой и золото-скарновой формаций. На рудопроявлении Орел, локализованном в мегаксенолите девонских терригенно-карбонатных отложений, возможно наличие линзовидных рудных тел, приуроченных к прослоям скарнированных известняков и известкостерригенных пород ольдойской и имачинской свит. В россыпи р. Орел установлены шеелит, киноварь, галенит, пирит, пирротин, ильменит и др. минералы. Морфология золота весьма разнообразна. Встречается пластинчатое, угловатое, нитевидное, дендритовидное слабоокатанное в сростках с кварцем, полуокатанное и хорошо окатанное золото. Оно преимущественно (59,3%) мелкое. В плотике отработанной россыпи выявлены рудные тела, представленные окварцованными скарнами. В начале россыпи вскрыты рудоносные скарны с малахитом, азуритом, пиритом и видимым золотом. В единичных штUFFных и бороздовых пробах содержится до 3–5 г/т Au, до 300–500 г/т Ag, до 3–5 % Cu и до 0,3–0,5 % Bi. В верхнеамурских гранодиоритах выявлены мощные зоны окварцевания и сульфидизации, содержащие до 3–5 г/т Au, до 100 г/т Ag, до 0,5 % Cu, до 1 % As, и до 0,02 % Sb. Рудопроявление Стакан находится в нижнем течении р. Талдан севернее проявления Алуникового также в зоне контакта верхнеамурских гранитоидов с девонскими терригенно-известкостерригенными отложениями.

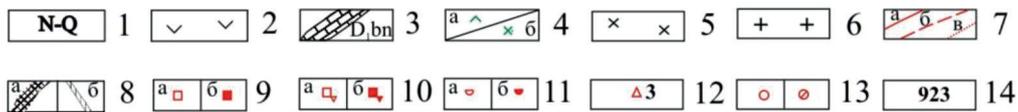
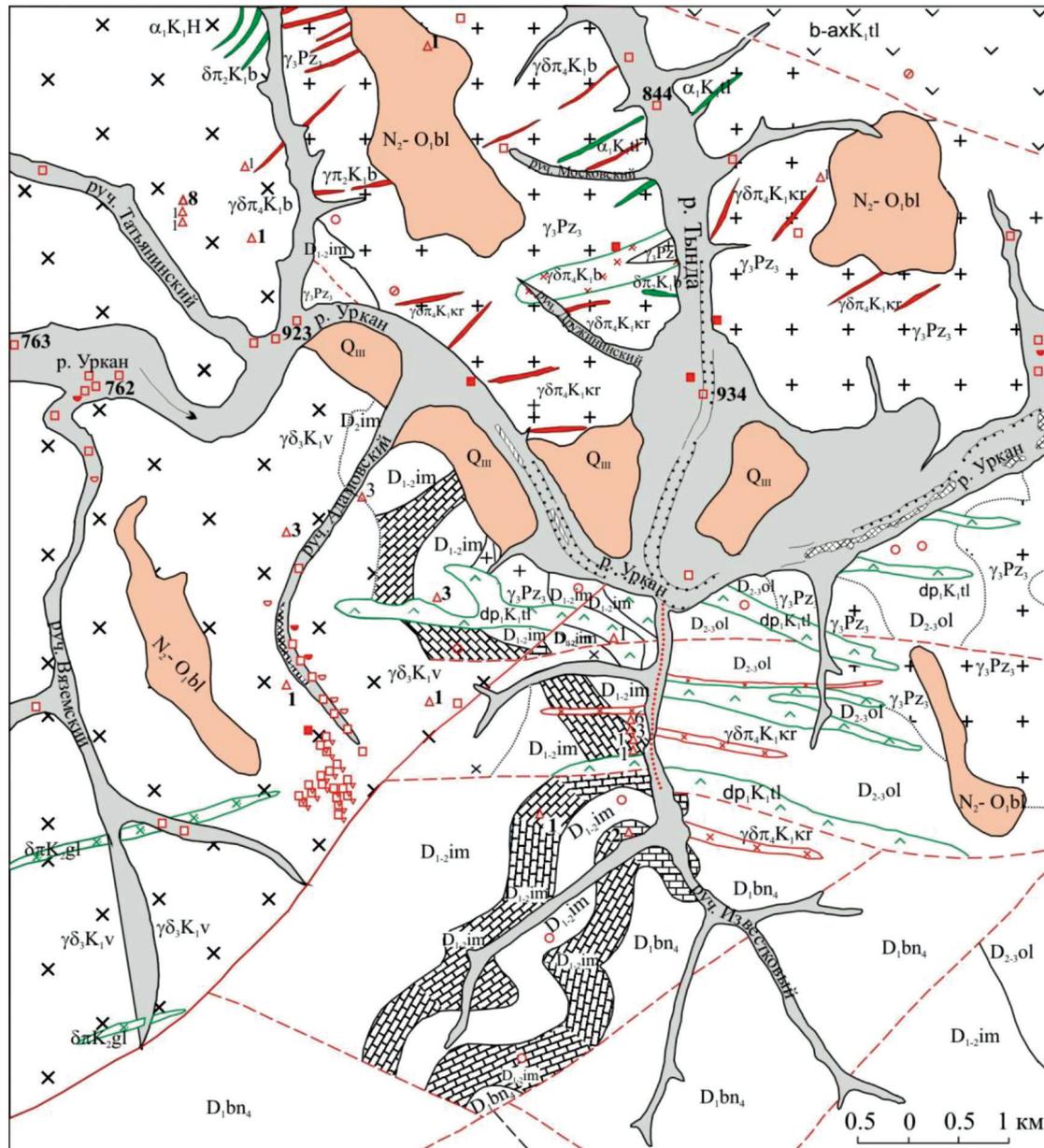


Рис. 2. Геологическая карта Адамовской площади (по материалам геологической службы ОАО «Покровский рудник»). 1 – неоген-четвертичные отложения; 2 – меловые эффузивно-пирокластические накопления талданской ( $K_{tl}$ ) свиты; 3 – девонские известковистые отложения;  $D_{1bn}$  – известняки большеверской,  $D_{1im}$  – имачинской,  $D_{2ol}$  – ольдойской свит; 4 – меловые субвулканические тела, дайки, силлы галькинской ( $K_{gl}$ ), керакской ( $K_{kr}$ ), талданской ( $K_{tl}$ ) серий и буриндинского ( $K_b$ ) комплекса; 5 – раннемеловые гранитоиды верхнеамурского ( $K_v$ ) комплекса; 6 – позднепалеозойские пиканские ( $P_p$ ) гранитоиды; 7 – разломы: достоярные (а), предпологаемые (б), перекрытые (в); 8 – отработанные россыпи: дражным (а) и старательским (б) способом; 9 – шлихи: знаковые (а), весовые (б); 10 – шлихи из делювия: знаковые (а), весовые (б); 11 – донные пробы с содержанием: знаковым (а), весовым (б); 12 – литогеохимические пробы с сотыми долями ( $g/m$ )  $Au$ ; 13 – рудопроявления и точки минерализации  $Au < 0,5$  и 1–5  $g/m$ ; 14 – пробность золота

Амурские геологи связывают основные перспективы перечисленных потенциальных рудных полей с возможностью выявления промышленного оруденения золото-кварцевого, отчасти золото-скарноидного типов. Мы же полагаем, что здесь велика вероятность обнаружения и благороднометалльного оруденения карлинского (невадидского) типа, что открывает возможности существенного увеличения масштабности этих объектов.

### Заключение

Изложенные материалы свидетельствуют о сопоставимости не только тектоно-стратиграфических факторов, повлиявших на формирование месторождений и рудопроявлений карлинского типа в Неваде (США), юго-западных провинциях Китая и Приамурье (РФ), но также и о сходстве геодинамических позиций названных провинций [1, 4, 7] вследствие их размещения у глобальных гравиметрических ступеней мантийного заложения.

### Список литературы / References

1. Бакулин Ю.И., Буряк В.А., Пересторонин А.Е. Карлинский тип золотого оруденения (закономерности размещения, генезис, геологические основы прогнозирования и оценки). Хабаровск: ДВИМС МПР РФ, 2001. 160 с.
2. Arehart G.B., Ressel M., Carne R., Muntean J. A Comparison of Carlin-type Deposits in Nevada and Yukon. Society of Economic Geologists. 2013. Special Publication. Vol. 17. Ch. 13. P. 389–401.
3. Эйриш Л.В. К перспективам выявления на Дальнем Востоке России месторождений карлинского типа // Тихоокеанская геология. 1998. № 4. С. 72–79.
4. Eirish L.V. To the prospects of identifying deposits of the Carlin type in the Russian Far East // Tikhookeanskaya geologiya. 1998. № 4. P. 72–79 (in Russian).
5. Jiang Zhu, Zhaochong Zhang, M. Santosh, Ziliang Jin. Carlin-style gold province linked to the extinct Emeishan plume. Earth and Planetary Science Letters. 2019. Vol. 530. Art. 115940. DOI: 10.1016/j.epsl.2019.115940.
6. Berger V.I., Mosier D.L., Bliss J.D., Moring B.C. Sediment-hosted gold deposits of the world. Database and grade and tonnage models (ver. 1.1, June 2014): U.S. Geological Survey Open-File Report 2014–1074, 2014. 46 p. DOI: 10.3133/ofr20141074.
7. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Совершенствование минерагенического районирования Восточного Забайкалья на основе геофизических исследований // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 7. С. 1029–1046. DOI: 10.15372/GiG20170706.
8. Khomich, V.G., Boriskina, N.G. Advancement of mineralogical regionalization of eastern Transbaikalia based on geophysical studies. Russian Geology and Geophysics. 2017. Vol. 58. № 7. P. 822–835. DOI: 10.1016/j.rgg.2017.06.005.
9. Khomich, V.G., Boriskina, N.G., Santosh M.P. A geodynamic perspective of world-class gold deposits in East Asia. Gondwana Research. 2014. Vol. 26. Is. 3–4. P. 816–833. DOI: 10.1016/j.gr.2014.05.007.