

УДК 553.41(477)

А.В. Драгомирецький

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса
e-mail: avdr@ukr.net

Прогнозные критерии и поисковые признаки золотого оруденения в докембрийских комплексах Украинского щита

В статье рассматриваются прогнозные критерии и системы поисковых признаков золотого оруденения на примере докембрийских комплексов Украинского щита (УЩ). Основой прогнозирования реальных золоторудных объектов являются сложные геолого-генетические модели золоторудных систем УЩ, образующиеся в результате последовательного наложения (суперпозиции) нескольких геологических процессов. В качестве прогнозных критериев, определяющих происхождение и генезис золоторудных объектов, предлагаются палеолитологический, метаморфогенный и ультраметаморфогенно-магматогенный. Основными системами поисковых признаков золотого оруденения выступают минералогические, генетические, топоминералогические и структурно-тектонические. На основе указанных критериев и признаков разработан алгоритм прогнозно-поисковых работ на коренное золото с выделением перспективных участков.

Ключевые слова: поисковые признаки, прогнозные критерии, золотое оруденение, докембрий, Украинский щит.

Введение

Фундамент кратонов Земли сложен докембрийскими комплексами пород, которые прошли значительную эволюцию во времени. На сегодняшний день наиболее устойчивые представления о геологических процессах в пределах одного из участков Восточно-Европейского кратона – Украинского щита (УЩ) – сводятся к тому, что в раннем докембрии здесь формировалась несовершенная земная кора, сложенная в основном вулканогенно-осадочными комплексами базитов, которые были прорваны интрузивными и эффузивными образованиями существенно основного состава (Металлические и неметаллические полезные ископаемые..., 2005). На этом этапе формировался и золоторудный потенциал докембрийских комплексов УЩ. Последующие процессы регионального метаморфизма, ультраметаморфизма – магматизма и связанные с ними процессы метасоматоза, только перераспределяли существующий рудный потенциал. Они охватывали все комплексы этапа первичной базитовой протокры, этапа регионального метаморфизма базитовых протоосадочных отложений, этапа палингенеза, частичного ультраметаморфического плавления с формированием сначала на-

триевых, а затем нормальных существенно калиевых плутонических комплексов. Последовательное наложение этих процессов друг на друга привело к формированию сложных полициклических и полистадийных золоторудных объектов (Драгомирецький, 2010). Поэтому до сих пор эти объекты трудно поддаются расшифровке и определению их генетической позиции, что затрудняет их типизацию и общую оценку золоторудного потенциала УЩ. В последние годы полистадийность формирования золоторудных объектов, в том числе в структурах докембрия, неоднократно подчеркивалась многими авторами (Томсон, Селиверстов, 1992; Кривцов и др., 1995; Курбанов, Фогельман, 1996), а прогнозированию золотоносных территорий, в том числе и на УЩ, уделяется большое внимание (Рундквист и др., 1989; Комаров, Вербицкий, 1993; Драгомирецький, 2001; Ляхов и др., 2003, 2004; Жильцова, 2004; Металлические и неметаллические полезные ископаемые..., 2005).

Основными категориями при анализе, оценке и прогнозе рудоносности геологических структур УЩ выступают такие понятия как «факторы», «признаки» и «критерии». Факторы, являясь наиболее общими категориями,

Окончание статьи С.М. Радомского, В.И. Радомской «Баланс форм благородных металлов на золоторудном месторождении Покровское (Верхнее Приамурье)»

Radomskii S.M., Radomskaya V.I. Klassifikatsiya vydeleniy mineralov samorodnogo zolota Pokrovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya Priamur'ya [Classification of mineral precipitates of native gold at the Pokrovsky gold deposit (Amur region)]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin]. 2013. № 6. Pp. 88-92.

Radomskii S.M., Radomskaya V.I. Mineraloobrazovanie blagorodnykh metallov na Pokrovskom zolotorudnom mestorozhdenii Priamur'ya [Precious metals mineralization at the Pokrovsky gold mine (Amur region)]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin]. 2013. № 2. Pp. 42-45.

Radomskii S.M., Radomskaya V.I. Sootnoshenie ionnykh i metallicheskikh form blagorodnykh metallov na zolotoserebryanom mestorozhdenii Pokrovskoe (Verkhnee Priamur'e) [The ratio of ionic and metal forms of noble metals at the Pokrovsky gold and silver deposit (Upper Amur region)]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin]. 2013. № 1. Pp. 128-134.

Radomskii S.M., Radomskaya V.I. Podvizhnye formy

blagorodnykh metallov v rykhlykh otlozheniyakh Pokrovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya (Verkhnee Priamur'e) [Active forms of noble metals in unconsolidated sediments of the Pokrovsky gold deposit (Upper Amur region)]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin]. 2014. № 1. Pp. 354-360.

Information about authors

Sergey M. Radomskii – PhD (Geol. and Min.), Leading Researcher of the Ore genesis Laboratory

Valentina I. Radomskaya – PhD (Chem.), Leading Researcher of the Biogeochemistry Laboratory

Institute of Geology and Environmental Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Science
675000, Amursky region, Blagoveschensk, Relochnyy per., 1. Phone: (416-2) 53-35-65, 53-16-57

должны выступать как системы характеристик происхождения, например, экзогенный (гипергенез в широком понимании, включая все экзогенные процессы, по Смирнову, 1969) или эндогенный (магматогенный, метаморфогенный и др.) факторы. Таким образом, каждый фактор выступает как причина, движущая сила какого-либо процесса, определяющая его характер. Такой подход существует, в частности, в минералогии, в учении о полезных ископаемых и других науках. Под признаками понимается система конкретных количественных генетических характеристик – минералогических, геохимических или других, позволяющих фиксировать те или иные генетические особенности процесса (или системы), подчеркивающие его характерные черты. В качестве таких признаков могут выступать широкие и узкие минеральные парагенезисы (например, наличие арсенопирита или пирита определенной морфологии, мусковита, ганита), включения и микропримеси в минералах, конкретные структурно-текстурные особенности и т.д. Критерии являются системой оценочных характеристик, позволяющих на основе отдельных генетических черт (так называемых «рабочих» признаков) характеризовать конкретный геологический процесс (генезис) и, на этой основе, дать оценку рудоносности тех или иных участков земной коры.

Процесс прогнозирования осуществляется путем оценки геологического строения объекта при введении последовательных граничных условий. В связи с этим, к прогнозным критериям следует отнести такие понятия, как происхождение и генезис. Так сначала необходимо определить происхождение выбранного объекта, а именно, какие главные геологические процессы (экзогенные, эндогенные и метаморфогенные) участвовали в его формировании. Выявив на основании изучения геологического строения основные (преобладающие) геологические процессы необходимо спрогнозировать возможные условия генезиса, т.е. конкретного генетического процесса (выветривания, седиментогенеза, магматического, пегматитового, гидротермального и др.). Для чего необходимо привлечение минералогической и геохимической информации.

Следующий этап относится непосредственно к поискам. Основным поисковым признаком предлагается принять широкий и узкий минеральные парагенезисы. Учитывая полицикличность и полистадийность объектов необходимо выделить сначала широкие парагенезисы минералов, сформировавшиеся на каждом этапе сложной модели. На основании анализа широких парагенезисов выделяется главный рудный этап, с которым связано максимальное количество золота. Затем, применяя филогенетические и онтогенетические методы исследования минералов внутри этапа устанавливаются дорудная, рудная и пострудная стадии процессов.

Важнейшую завершающую часть поисков составляют топоминералогические исследования. Построение топоминералогических карт распространения золоторудных этапов и стадий позволяет территориально определить наиболее перспективные участки по совокупности признаков.

Цель статьи – оценить и выделить ведущие прогнозные критерии и системы поисковых признаков золотого оруденения как основу алгоритма прогнозно-поисковых работ на коренное золото в докембрийских комплексах УЩ.

Фактический материал и методы исследований

В основу работы положены результаты интерпретации геолого-генетической информации, полученной при изучении более 1000 минералогических проб, отобранных при систематическом изучении кристаллических пород УЩ и некоторых золоторудных проявлений, более 500 генерационных анализов акцессорного циркона, анализов проб из 500 геохимических выборок, около 400 химических анализов горных пород, данных металлогенетического анализа.

Обсуждение результатов

Установлено, что в пределах УЩ теоретически могут существовать 550 сложных геолого-генетических моделей золоторудных систем (Драгомирецкий, 2010), отвечающих реальным золоторудным объектам: в архейских зеленокаменных структурах, в раннепротерозойских метаграуваках, в кварцево-жильных полях в связи с гранитоидами нормального ряда и других обстановках. Анализ известного фактического материала показывает, что в реальных геологических обстановках докембрия УЩ чаще всего встречаются геолого-генетические модели золоторудных систем трех и четырех последовательно наложенных геологических процессов («тригенные» и «тетрагенные»).

Таким образом, предложенные сложные геолого-генетические модели золоторудных систем УЩ могут быть использованы в качестве основы прогнозирования реальных золоторудных объектов.

С прикладной точки зрения наиболее надежным поисковым признаком будет узкий минеральный парагенезис и онтогенетические исследования минералов разных этапов. Признак должен работать на уровне минералогическо-поисковика.

1. Прогнозные критерии

1.1. Палеолитологический критерий

Учитывая тот факт, что продукты раннедокембрийских экзогенных процессов изменены более поздними процессами, и их нельзя изучать и анализировать непосредственно, необходимо проводить их палеорекоkonструкцию. Это позволяет определить исходный состав пород для каждого золоторудного объекта. Для этого используются, в первую очередь, петрохимические методы (Горьковец, Раевская, 1986; Горьковец, 1990; Драгомирецкий, 2001), а также онтогенетические минералогические методы (по реликтовым минералам) (Носырев и др., 1989; Носырев, 1990; Драгомирецкий, 2004; Петрография... 2007), позволяющие оценить крупность, степень дезинтеграции и сортированность первичных экзогенных дометаморфических образований и расшифровать условия их накопления.

При прогнозировании золоторудных объектов наибольшее внимание необходимо уделять особенностям формирования первично-хемогенных, вулканогенно-хемогенных, вулканогенно-терригенно-хемогенных и существенно осадочно-вулканогенных толщ, образованных по базитовым породам. Анализ первичного состава разрезов, степени сортированности материала, его крупности и дифференцированности в разрезе и по латерали позволяет установить их генетические особенности.

Анализ многочисленных геологических материалов

показал, что золотое оруденение в структурах УЩ связано с существенно метаксеногенными и слабо дифференцированными несортированными вулканогенно-осадочными толщами типа метаграувакков. Оруденение необходимо искать в этих толщах, а также в непосредственной близости от них в зонах контактов пород различной компетентности (например, карбонатных и силикатных, оксидных и силикатных, сульфидных и силикатных и др.).

1.2. Метаморфогенный критерий

Особенности проявления регионального метаморфизма на УЩ связаны с погружением первичных вулканогенно-осадочных толщ в «прогрессивных» условиях постепенного нарастания РТ-параметров (Белевцев, 1979; Буряк, 1982; Забияка и др., 1983). Это приводит к последовательному метаморфогенному изменению этих толщ в условиях зеленосланцевой, затем эпидот-амфиболитовой, амфиболитовой, и наконец, в условиях гранулитовой фаций. При этом постепенное нарастание температуры и давления способствует выделению воды из первичных минералов в поровые растворы с трансформацией их решеток и появлением зеленосланцевых парагенезисов (хлорит-кварц-альбит, магнетит-сидерит-хлорит-кварц, хлорит-кварц-пирит, серицит-хлорит-кварц-альбит, мусковит-хлорит-альбит и др.). На этом этапе могут возникать метаморфизованные золоторудные объекты. Дальнейшее погружение зеленосланцевых толщ способствует «стиранию» всех предыдущих продуктов метаморфизма, в том числе и этих объектов, и образованию более высокотемпературных парагенезисов эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций (биотит-куммингтонит-кварц-магнетит, эпидот-актинолит-полевой шпат, биотит-тремолит-полевой шпат, диопсид-кальцит-доломит-сфен, роговая обманка-диопсид-плаггиоклаз и др.). При этом золото продолжает накапливаться в растворах. Постепенное повышение параметров метаморфизма приводит к изменениям всех предыдущих пород в условиях гранулитовой фации с образованием пироксеновых, гранатовых и др. гнейсов, кристаллосланцев, двупироксеновых и др. толщ). Возникают высокотемпературные парагенезисы, такие как гиперстен-диопсид-плаггиоклаз, гиперстен-гранат-плаггиоклаз-кварц, форстерит-кальцит-доломит, гиперстен-диопсид-гранат-кварц-магнетит-ильменит.

Однако с зонами гранулитового метаморфизма золото не связано, т.к. на прогрессивном этапе оно мобилизуется (концентрируется) вместе с другими металлами в поровых растворах, которые выносятся в зону амфиболитовой и зеленосланцевой фаций или в зоны последующего ультраметаморфизма. Поэтому поиски необходимо проводить в зонах регионального метаморфизма не выше амфиболитовой фации либо в связи с метасоматитами «регрессивного» ультраметаморфогенно-магматического этапа.

1.3. Ультраметаморфогенно-магматогенный критерий

Формирование продуктов ультраметаморфизма и магматизма связано, в первую очередь, с «регрессивными» параметрами кристаллизации существенно гранитоидных пород по законам гранитной эвтектики. При этом важную роль играет глубина их формирования. Значительные глубины кристаллизации гранитной эвтектики (более 10 км) приводят к образованию крупных массивов гранитоидов с весьма незначительным флюидным остатком, что по-

зволяет формироваться пегматоидным гранитам, калишпатовым пегматитам, аплит-пегматоидным разностям гранитов, не несущих золотой минерализации или весьма обедненных ею. В гипабиссальных условиях (не более 5 км) и незначительных размерах плутона образуется весьма подвижный газовый флюид, который позволяет формировать альбитит-грейзеновые апикальные зоны гранитоидов, часто выходящие в метаморфическую раму. Дальнейшее понижение температуры приводит к появлению во флюидном остатке больших количеств воды, что способствует кристаллизации различных гидротермальных продуктов (средне- и низкотемпературных «регрессивных» метасоматитов) с золотом.

При наложении этих гидротерм на породы гранулитовой фации накопление золота происходит в незначительной степени, вследствие стерильности этих пород в отношении золота. В случае наложения гидротермальных процессов на породы амфиболитовой, а еще лучше зеленосланцевой фации, произойдет обогащение этих участков золотом, которое будет переотлагаться на всех стадиях существования гидротермальных растворов – от высоко- до низкотемпературных.

Учитывая тот факт, что основная масса самородного золота отлагается в довольно узком интервале температур (300-200 °С) (Спиридонов и др., 1989; Некрасов, 1991; Металлические и неметаллические полезные ископаемые..., 2005), то наиболее богатое оруденение будет связано со среднетемпературными условиями кристаллизации, как на «прогрессивном», так и на «регрессивном» этапах.

Оптимальные параметры интрузивов, генерирующих значительное количество флюидов, и таким образом, способствующих формированию значительного флюидного остатка и богатого оруденения – небольшие по размеру, локальные тела (площадью до 10 км²), сформированные на относительно малой (3-5 км) глубине в гипабиссальных условиях.

Таким образом, поиски перспективных участков должны осуществляться в первую очередь в зонах экзоконтактов гипабиссальных (сформированных не глубже 5 км) генетических типов гранитоидов.

В результате анализа прогнозных критериев в пределах УЩ можно считать, что источниками рудообразующих флюидов служили ультраметаморфогенные и «интрузивные» гранитоиды кировоградского и житомирского комплексов в центральной и северо-западной частях УЩ, сурского комплекса, получившего развитие во всех зеленокаменных структурах, а также мокромосковского, демуринского комплексов Приднепровья, шевченковского комплекса Приазовья.

2. Поисковые признаки

В качестве поисковых признаков золотого оруденения выступают минералогические (онтогенетические, филогенетические и термобарогеохимические), структурно-тектонические, генетические и топоминералогические признаки.

2.1. Минералогические признаки

2.1.1. *Онтогенетические признаки. Акцессорный циркон.* Для палеорекострукции дометаморфогенных золотосодержащих разрезов и установления первичной природы

«немых» метаморфогенных толщ используется генерационный анализ реликтового акцессорного циркона. Он позволяет выделить участки и зоны, где реликтовый циркон отсутствует, т.е. разрезы, для которых характерны высокощелочные условия. В таких зонах весьма вероятно обнаружение восстановленных металлов, в первую очередь, золота. Генерационный анализ циркона позволяет разделить метapelиты и metabазиты, что дает возможность выделить в разрезах граувакковые толщи – продукты слабой осадочной дифференциации, с которыми связано большинство золоторудных объектов.

Самородное золото. В высокотемпературных гидротермальных условиях оно образует мелкие (до 0,5 мм, иногда крупнее) совершенные кристаллы в виде кубических, октаэдрических и ромбододекаэдрических форм, а также каплеобразных выделений. В отличие от средне- низкотемпературных условий, где самородное золото образует мелкие (не более 0,1-0,3 мм) чешуйки, пластинки, а также дендриты и проволочковидные выделения.

Сульфиды. Пирит в высокотемпературных гидротермальных условиях образует кубические и октаэдрические кристаллы. При максимальном рудоотложении в средне- температурных регрессивных условиях пирит образует в основном кристаллы пентагон-дodeкаэдрических форм. Признаком градиентных условий является появление на более ранних кубических кристаллах грубой комбинационной штриховки, свидетельствующей об изменении параметров кристаллизации в сторону более высокосернистой слабо кислой среды.

Арсенопирит проявляется как индикатор смены условий кристаллизации и фиксирует переход мышьяка из анионной формы в катионную при повышении сернистости среды. При этом он часто образует идиоморфные кристаллы, иногда близкие к изометричным, слабо уплощен-

ным формам с грубой штриховкой на гранях вертикального пояса. Исследования показали, что в связи с золотым оруденением двойники и звездчатые тройники арсенопирита не обнаружены. Это позволяет считать подобные образования «экзотическими», и потому они не могут служить показателями золоторудного процесса, как это отмечалось ранее некоторыми исследователями.

Пирротин наиболее чутко реагирует на изменение параметров кристаллизации, особенно в нестабильных условиях гидротермального процесса. На ранних стадиях при более высоких параметрах при замещении магнетита он образует гексагональные модификации с более упорядоченными структурами. Затем с понижением температуры формируется менее упорядоченная моноклинная модификация пирротина.

2.1.2. Термобарогеохимические признаки. Поисковые признаки термобарогеохимических условий кристаллизации фиксируются на основе термобарогеохимических исследований в минералах (в основном в кварце как основном жильном минерале) включений минералообразующей среды. Эти исследования показывают, что на ранних гидротермальных этапах в составе растворов преобладает CO₂, на более поздних продуктивных этапах растворы существенно обогащаются составляющими восстановленных газовых сред H₂, CH₄ и N₂, что позволяет формироваться богатому оруденению.

В условиях гидротермального процесса при кристаллизации самородного золота и сопровождающих его сульфидов важным индикаторным признаком является наличие микропримесей. Так, для ранних генераций самородного золота и сульфидов характерны примеси Pd, Cu, Ni, Co, As, для среднетемпературных генераций самородного золота – Bi, Pb, Se, Te, Ag, для низкотемпературных генераций характерно отсутствие примесей и образование

Объект	Происхождение			Генезис					Парагенезис		Суперпозиция
	Палео-реконструкция вмещающих пород	Степень регионального метаморфизма и мобилизации и рудного вещества	Магматогенный комплекс, генерирующий флюиды	T, °C	P, МПа	Источник флюидов (по изотопии водорода, кислорода и углерода ГЖВ в кварце)	Источник рудного вещества (по изотопии серы сульфидов)	РТ-условия и состав флюидов рудного этапа (в %%)	Широкий Минеральный парагенезис	Узкий минеральный парагенезис (матрица) отложения золота	Сложные модели золоторудных систем
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Архейские зеленокаменные пояса Средне-Приднепровского блока. Сурский рудный район											
Сергеевка	Осадочно-вулканогенная существенно базитовая толща, субаквально-экспозиционное происхождение (сульфидная фация железисто-кремнистой формации)	Зелено-сланцевая и эпидот-амфиболитовая фации. Низкая степень мобилизации	Сурский плагитогранитный комплекс	500-50	100-50, до 250	Метаморфогенно-магматогенный (гидротермальный)	45% - формационной «осадочной» серы, 50% - глубинной («коровой») серы. Источник - вмещающие породы	250-190 °C при давлении 7-2 МПа, иногда до десятков МПа и возрастании температуры до 320-240 °C; H ₂ O-CO ₂ с твердыми фазами (KCl, NaCl, CaCl ₂ , карбонат)	Актинолит-тремолит-карбонат-альбит-биотит-хлорит-талк-кварц-сфенитано-магнетит-эпидот-сульфиды и теллуриды	Пирит+ пирротин+ халькопирит+ арсенопирит+ молибденит+ висмутовые минералы с обогащением арсенопирита и пирита тонким золотом; золото +блеклые руды+ сульфосоли висмута и теллура	Гипергенез – зелено-сланцевая и эпидот-амфиболитовая фации – высоко-, средне- и низкотемпературный гидротермальный процесс
Чертомлыкский рудный район											
Балка Широкая	Вулканогенно-осадочная (хемогенная) железистая толща	Зелено-сланцевая и эпидот-амфиболитовая фации. Низкая степень мобилизации	Сурский плагитогранитный комплекс (Чкаловский массив)	380-320	100	Метаморфогенно-магматогенный (гидротермальный)	51% - формационной «осадочной» серы, 41% - глубинной («коровой») серы. Источник - вмещающие породы	280-180 °C при давлении 86-81 МПа; существенно CO ₂ и H ₂ O-CO ₂ с твердыми фазами (для золотоносной пачки - водный раствор высоконасыщенный солями)	Кварц-магнетит-амфибол-грюнерит-эпидот-мусковит-хлорит-карбонат-пирротин-халькопирит	Золотосодержащий магнетит; золото-содержащий пирит+ арсенопирит; пирротин+ халькопирит+ сфалерит+ галенит; золото-содержащий сидероплезит+ферротетраэдрит+ самородные Au, Ag и Bi	Гипергенез – зелено-сланцевая и эпидот-амфиболитовая фации – среднетемпературный гидротермальный процесс

Табл. 1. Основные генетические параметры наиболее изученных золоторудных объектов Украинского щита и их суперпозиция.

практически чистого электрума, иногда с примесью Hg.

Сульфиды также могут обогащаться микропримесями, в том числе и золота, в зависимости от условий кристаллизации. Например, ранний арсенопирит и арсенопирит более поздних продуктивных стадий обогащены микропримесями золота; пирит чаще всего обогащается золотом на продуктивной и более поздней низкотемпературной стадии, а более ранний пирит обогащен Ni, Co, As, W.

2.1.3. *Филогенетические и парагенетические признаки.*

Они определяются конкретными филогенетическими признаками отдельного минерального вида, а также теми узкими парагенетическими ассоциациями, которые формируются в узком интервале физико-химических условий и, таким образом, могут характеризовать эти условия.

Так, для некоторых сульфидов и самородного золота с понижением температуры растворов и увеличением рудоносности характерны следующие кристалломорфологические ряды – пирит (куб-октаэдр-пентагон-додекаэдр), пирротин (гексагональный пирротин – моноклинный пирротин), самородное золото (кубические, ром-

бододекаэдрические или другие изометричные формы – пленки, чешуйки, пластинки – дендриты, проволоковидные выделения).

При формировании продуктивной золоторудной минерализации в узком интервале гидротермальных физико-химических условий образуются следующие минеральные парагенезисы: при высокотемпературном процессе – золото+ганит+молибденит+халькопирит+пирит+гексагональный пирротин; при среднетемпературном процессе – золото+висмутин+сфалерит+блеклые руды+галенит+пирит+моноклинный пирротин; при низкотемпературном процессе – электрум+пирит+марказит. В поисковом отношении каждый из минералов указанных парагенетических ассоциаций распространен неодинаково, что делает их поисковую продуктивность различной.

2.2. **Структурно-тектонические признаки**

Одними из важнейших участков золотонакопления являются высоко градиентные зоны прибортовых участков синформных и/или троговых структур, которые служат своеобразными геохимическими барьерами. На этих участках резко изменяются РТ-условия и другие параметры

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раннепротерозойские подвижные гнейсо-гранитные пояса. Ингуло-Ингулецкий блок. Кировоградский рудный район											
Клишцы	Вулканогенно-осадочная толща - граувакки	Амфиболитовая фация. Средняя и высокая степени мобилизации	Кировоградский комплекс гранитоидов (Кировоградский массив)	540-230	130-75	Метаморфогенно-магматогенный (гидротермальный)	Вмещающие породы	355-335 °C при давлении до 79-75 МПа; существенно CO ₂ -H ₂ O с редкими твердыми фазами галита	Куммингтонит-актинолит-плагноклазы-микроклин-кварц-биотит-мусковит-хлорит-эпидот-турмалин-шеелит-муассанит-апатит;	Лёллингит+золото-содержащий арсенопирит I +самородное золото I+пирротин I+пирит I+герсдорфит+троилит+пентландит+сафлорит+графит; пирротин II+арсенопирит II+халькопирит I+самородное золото II; сидерит+пирротин III+золото-содержащий арсенопирит III+пирит II+халькопирит II+сфалерит+галенит+самородное золото III-висмут-мышьяк-свинец; висмутин+пильзенит+мальдонит	Седиментогенез – амфиболитовая фация – средне- и низкотемпературный гидротермальный процесс
Бугско-Росинский блок. Побужский рудный район											
Майское	Осадочно-вулканогенная толща	Амфиболитовая+гранулитовая фации. Высокая степень мобилизации	Кировоградский комплекс гранитоидов (Уманский массив)	410-300	300-150	Метаморфогенно-магматогенный (гидротермальный)	Вмещающие породы	310-100 °C при давлении до 50-70 МПа; с выделением сначала жидкой CO ₂ , а затем газообразной CO ₂	Амфибол-плагноклаз-биотит-кварц-карбонаты-хлорит; магнетит+ганит; гексапирротин+ильменит+рутил (±лёллингит, графит); клинопирротин+пирит I+халькопирит I+пентландит+миллерит+кубанит+молибденит (±арсенопирит, никелин, лёллингит, герсдорфит); анатаз, глауколот, шеелит	Пирит II-марказит+сфалерит+галенит; пирит III+халькопирит II +самородное золото I+самородный висмут+висмутин+ратит; самородный телур+калаверит+алтаит+жозеит+мальдонит+теллуrowисмутит+хедлиит+гессит+петцит+самородное золото II+электрум+аури-куприт+самородное се	Гипергенез – амфиболитовая+гранулитовая фация – палингенез и пегматиты – высоко-средне- и низкотемпературный гидротермальный процесс
Западно-Приазовский блок. Сорокинская тектоническая зона											
Сурожское	Вулканогенно-осадочная	Зеленосланцевая и амфиболитовая фации. Низкая и средняя степени мобилизации	Шевченковский комплекс гранитоидов (Осиенковский массив)	300-100	350-48	Метаморфогенно-магматогенный (гидротермальный)	Вмещающие породы	300-100 °C при давлении 350-48 МПа; с выделением сначала жидкой CO ₂ , а затем газообразной CO ₂ ; N ₂ , примесь CH ₄	Магнетит I+ильменит; куммингтонит-плагноклаз-биотит-карбонаты, хлорит, гематит, гранат, графит; шеелит, турмалин, молибденит, сульфиды	Арсениды и сульфидарсениды+пирротин I; пирротин II+халькопирит II+галенит+сфалерит+пентландит+самородное золото I+пирит II +самородный висмут+висмутин+магнетит II+сидерит; пирит III+марказит+теллуrowисмутит+самородное золото II+тетит+гидрогетит	Седиментогенез – зеленосланцевая и амфиболитовая фации – средне- и низкотемпературный гидротермальный процесс

Продолжение табл. 1.

золоторудного минералообразования (режим O_2-S_2 , H_2O и CO_2 , активность $NaCl$ и др.). По мере удаления от источника флюидов они фиксируют сначала зоны обогащенные серой и ее производными с существенно восстановительными условиями и богатым оруденением, а затем зоны с более широким составом гидросульфатных комплексов золота, существенно окисленные с тонкодисперсным золотом в кварцево-жильных телах. В пределах этих участков необходимо искать зоны наложения гидротермальных растворов на ранее метаморфизованные и метаморфические образования, где будет происходить максимальная концентрация золотого оруденения.

Кристаллизация гипабиссальных гранитоидных массивов, как было показано выше, приводит к формированию в их апикальных зонах участков с характерными структурно-текстурными признаками (мелкозернистые разности, двуслюдяные граниты и др.), свидетельствующими о проявлении процессов альбитизации-грейзенизации и таким образом, подчеркивающими гипабиссальный генезис массивов. Нахождение подобных участков позволяет говорить о потенциальной рудоносности таких массивов. Таким образом, перспективными на золотое оруденение могут выступать апикальные части массивов с проявлениями альбитизации-грейзенизации (пневматолита), а также прибортовые части синформных структур и зоны надвигов-подвигов субгоризонтального заложения.

При использовании этого признака как «рабочего», нужно учитывать, что логично его рассматривать как обязательное, но недостаточное условие.

2.3. Генетические признаки

Признаки прогрессивного метаморфизма. Основными признаками прогрессивных условий регионального метаморфизма является наличие индикаторных минеральных парагенезисов, характеризующих ту или иную фацию метаморфизма. Причем более высокие РТ-параметры каждой последующей фации «стирают» минеральные парагенезисы предыдущей более низкотемпературной фации. Поэтому в областях гранулитового метаморфизма не встречаются породы более низкотемпературных фаций, за исключением участков, выведенных тектоническими процессами из зон гранулитового метаморфизма, где могут присутствовать останцы более низкотемпературных фаций (Савранское рудное поле Бугско-Росинского блока УЩ).

Признаки «прогрессивных» метасоматитов. Поскольку формирование «прогрессивных» метасоматитов происходит в условиях постепенного повышения РТ-параметров и активности флюида, щелочей и щелочноземельных металлов, то при этом могут формироваться различные высокотемпературные метасоматиты (гранат-пироксеновые, биотит-антофиллит-кордиеритовые, биотит-анортитовые), а также скарноиды – магнетит-гранат-амфиболовые, оливин-гранат-пироксеновые, пироксен-гранатовые, шпинель-биотит-плагиоклаз-гранат-пироксеновые и др.). Основным общим признаком этих минеральных образований является наличие кальций-железистомагнезиальных минеральных парагенезисов, наложенных на метаморфические породы. Одним из индикаторов «прогрессивных» метасоматитов является флогопит.

Признаки ультраметаморфизма-магматизма. Основным отличием минеральных образований, сформирован-

ных в этих условиях, является «регрессивный» характер процессов кристаллизации и обязательная их связь с плутоном. Для абиссальных плутонов характерны существенно магматические и пегматоидные парагенезисы, для гипабиссальных – альбитит-грейзеновые и постмагматические гидротермальные.

Признаки «регрессивных» метасоматитов. «Регрессивный» характер кристаллизации приводит к формированию существенно гидротермальных минеральных парагенезисов «регрессивного» типа: кварц-сидерит, микроклин-гематит-цеолит, кварц-анкерит-пирит, хлорит-серицит-анкерит и др.

2.4. Топоминералогические признаки

В качестве топоминералогических признаков выступают широкие минеральные парагенезисы, выделение и последующее картирование которых дает возможность выделить участки наложения продуктивных гидротермальных растворов на метаморфизованные участки, обогащенные золотом с усилением рудного потенциала.

2.4.1. *Топоминералогические признаки моделей трех последовательно наложенных геологических процессов («тригенных»).* Ниже приводятся топоминералогические признаки некоторых таких моделей.

А) Выветривание – амфиболитовая фация – стадия собственно ультраметаморфизма и пегматитов.

Породы амфиболовой фации с прослоями железистых и глиноземистых кварцитов испытывают частичное и затем полное расплавление с формированием пород диорит-гранодиоритового и др. состава. Основные породообразующие парагенезисы будут включать плагиоклазы, калиевые полевые шпаты, кварц, биотит и пироксен, а также парагенезисы чарнокитоидов.

При наложении на парагенезисы амфиболитовой фации продуктов кристаллизации палингенно-анатектического и магматического расплава золото в низких степенях окисления будет образовывать парагенезис с графитом и пирротинном в виде убогой тонкодисперсной вкрапленности в кварце и жидко-газовыми включениями. Будет формироваться безпримесный магнетит. Незначительное количество золота будет накапливаться в зонах контактов метаморфических и ультраметаморфогенных пород, а также слабо концентрироваться в кремнеземных фазах пегматитов.

Б) Седиментогенез – зеленосланцевая фация – альбититы-грейзены.

Согласно этой модели на рудопроявления золота метаморфизованного генезиса с золоторудными парагенезисами хлорита, карбонатов, альбита, кварца, пирита и пирротина накладываются флюиды пневматолитовой стадии с высокой концентрацией золота.

Формирование парагенезиса альбита, КПШ и кварца с завершающей фазой мусковита и частично биотита приводит к метасоматическому замещению метаморфизованных толщ существенного метагравелитового состава в виде высокотемпературных «регрессивных» метасоматитов крупнозернистого строения. При возрастании рН на участках сульфидизации будут осажаться дополнительные порции самородного золота, формируя зоны с богатым оруденением. Основными продуктивными парагенезисами являются крупное самородное золото и его интерметаллиды, карбонат, пирит, пирротин, которые получают

развитие в интерстициях основных породообразующих минералов «регрессивных» метасоматитов. В этих условиях также существует парагенезис золото-графит (реликтовый) и происходит переход пирита в пирротин, что вызывает кристаллизацию дополнительных количеств тонкодисперсного золота. В этом случае более позднее тонкодисперсное золото будет приурочено к скоплениям мусковита и биотита.

Кроме основных минералов парагенезиса отмечают ортит, ксенотим, монацит и турмалин.

В) Седиментогенез – амфиболитовая фация – среднетемпературная гидротермальная стадия.

По этой модели на «прогрессивные» парагенезисы амфиболитовой фации накладываются среднетемпературные существенно водные растворы «регрессивной» ветви. Формируются околорудные изменения (окварцевание, хлоритизация, серицитизация, гематитизация и др.) незначительных размеров.

При резких инверсиях РТ-параметров происходит ступенчатый распад золотоносных комплексов при более высокой температуре. При этом начальные порции золота кристаллизуются в виде тонкозернистой вкрапленности в сульфидах железа. На заключительных стадиях выделяется самородное золото.

В этих условиях существования парагенезиса золота с пиритом, пирротинном и магнетитом происходит частичное растворение пирротина, золота и переотложение последнего в высоких степенях окисления – с пиритом и магнетитом. Куммингтонит хлоритизируется. Формируются относительно мощные зоны окварцевания и кварцевожильные зоны, приуроченные к участкам переслаивания (иногда частого) метаморфических пород разной компетенции с образованием на ранней стадии более высокотемпературного парагенезиса золото-халькопирит-арсенопирит-молибденит, а позднее – золото-блеклые руды-висмутин-сфалерит-галенит на участках более ранних сульфидных парагенезисов.

2.4.2. *Топоминералогические признаки моделей четырех последовательно наложенных геологических процессов («тетрагенных»)*. Ниже приводятся топоминералогические признаки одной из таких моделей.

Г) Выветривание – зеленосланцевая фация – альбититы-грейзены – высокотемпературная гидротермальная стадия.

Согласно этой модели формируются протяженные и относительно мощные зоны «регрессивных» околорудных изменений (первые сотни метров), среди которых преобладает калишпатизация, окварцевание и гематитизация. Вместо пирротина кристаллизуется пирит с растворением первого.

На продуктивный парагенезис зеленосланцевой фации – золото-хлорит-карбонаты (возможно железистые)-пирит-пирротин накладывается парагенезис альбитит-грейзеновой фазы гипабиссальных гранитоидов – альбит-КПШ-кварц-мусковит-биотит. Кроме основных минералов присутствуют ортит, ксенотим, монацит и турмалин. Тонкодисперсное золото при этом входит в сульфиды в виде примеси. При дальнейшем наложении сформируются зоны окварцевания с ортоклазом, топазом, турмалином и высокотемпературными сульфидами – халькопиритом, висмутином, ганитом и, по-видимому, арсенопиритом.

Золото встречается в самородном виде и формирует практически идиоморфные кристаллы разных размеров, часто в сростках с халькопиритом и пирротинном, а также крупные проволочковидные выделения, дендриты и другие формы в кварце в парагенезисе с многочисленными интерметаллидами висмута, теллура, селена. Тонкодисперсное золото из ранних сульфидов и сульфоарсенидов перераспределяется и концентрируется в кварце.

3. Оценка перспективности рудопроявления

Алгоритм оценки. На первом этапе при оценке перспективности конкретного объекта проводится анализ прогнозных критериев. При этом анализируется и устанавливается происхождение (гипергенное, седиментогенное, метаморфогенное или ультраметаморфогенно-магматогенное) и генезис объекта (конкретные геологические процессы, количество которых в пределах одного объекта может достигать четырех).

На втором этапе проводится анализ поисковых признаков объекта. Анализируются различные вещественные (широкие и узкие парагенезисы, онтогенетические, филогенетические, термобарогеохимические и генетические признаки) и структурно-тектонические признаки.

На последнем этапе проводится топоминералогический анализ с выделением топоминералогических признаков и установлением их соответствия сложным геолого-генетическим моделям. В завершении анализа строится топоминералогическая схема перспективности объекта с выделением важнейших поисковых участков. В каждом участке оценивается последовательность формирования рудных стадий, и выделяются благоприятные рудные тела.

В таблице 1 приведены основные генетические параметры наиболее изученных золоторудных объектов Украинского щита и их суперпозиция.

Заключение

Таким образом, ведущими прогнозными критериями золотого оруденения в докембрийских комплексах УЩ являются палеолитологический, метаморфогенный и ультраметаморфогенно-магматогенный.

Система поисковых признаков золотого оруденения включает минералогические признаки (онтогенетические ассоциации акцессорных и рудных минералов, термобарогеохимия включений, филогения и парагенетические ассоциации акцессорных и рудных минералов), структурно-тектонические признаки (высокоградиентные зоны прибортовых участков синформных и/или троговых структур как важнейших геохимических барьеров; зоны наложения гидротермальных растворов на ранее метаморфизованные и метаморфические образования с максимальной концентрацией золотого оруденения; апикальные части гипабиссальных гранитоидных массивов с проявлениями процессов пневматолиза (альбитизация, грейзенизация), а также зоны надвигов-подвигов субгоризонтального заложения), генетические признаки прогрессивного регионального метаморфизма, «прогрессивных» метасоматитов, процессов ультраметаморфизма-магматизма и «регрессивных» метасоматитов (по минеральным парагенезисам, глубине и характеру кристаллизации, первичному составу перерабатываемых толщ) и топоминера-

логические признаки (широкие минеральные парагенезисы, выделение и последующее картирование которых даст возможность выделить участки наложения продуктивных гидротермальных растворов на метаморфизованные участки, обогащенные золотом с усилением рудного потенциала).

Выделенные прогнозные критерии и поисковые признаки формируют оптимальную систему прогнозирования золоторудных объектов в докембрии УЩ и должны быть положены в основу алгоритма прогнозно-поисковых работ.

На основании прогнозной оценки и установления поисковых признаков золотого оруденения, выработанных предлагаемой методикой, участками земной коры, наиболее перспективными для обнаружения золотого оруденения промышленного типа, являются участки наложения регионального метаморфизма не выше амфиболитовой фации на крайне слабо сортированные вулканогенно-осадочные толщи типа граувакков с частым переслаиванием разрезов и последующего наложения на эти участки продуктов регрессивного высоко-, средне- и низкотемпературного гидротермального метасоматоза как результата эволюции постмагматогенных флюидов небольших плутонов гипабиссальных гранитоидов нормального ряда (с глубиной формирования 3-5 км). При этом процесс рудоотложения будет происходить с постепенным переотложением и накоплением самородного золота.

В пределах УЩ предложенный алгоритм позволяет считать источниками рудообразующих флюидов на участках Ингуло-Ингулецкого и Волынского блоков – гранитоиды кировоградского и житомирского комплексов, для Бугско-Росинского блока – гранитоиды тетиевского комплекса, для Среднеприднепровского блока – гранитоиды сурского комплекса, получившего развитие во всех зеленокаменных структурах, а также гранитоиды мокромосковского и демуринского комплексов, для Приазовского блока – гранитоиды шевченковского и частично обиточенского комплексов. Сами же рудопроявления чаще всего реализуются в регрессивных метасоматитах альбитит-грейзенового или гидротермального типа, связанных с упомянутыми комплексами и расположенных в их апикальных частях.

Очевидно, что известные на сегодняшний день рудопроявления легко укладываются в предложенную схему (Табл. 1). Поэтому интересным представляется вопрос о теоретическом расчете новых еще не открытых рудопоявлений. С точки зрения автора, к таким участкам можно отнести междуречье Ингул-Ингулец с мощной гидротермальной проработкой, отмеченной в результате проведения геологосъемочных работ масштаба 1:200000 и пока должным образом не оцененной.

Литература

- Белевцев Я.Н. Метаморфогенное рудообразование. М: Недра. 1979. 275 с.
 Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. М: Недра. 1982. 256 с.
 Горьковец В.Я. Условия образования позднеархейских железистых кварцитов (Карельский регион). *Геол. журн.* 1990. №6. С. 67-73.
 Горьковец В.Я., Раевская М.Б. Архейская кора выветривания в

районах железорудных месторождений. *Геология рудных месторождений.* 1986. Т.28. №2. С. 101-109.

Драгомирецкий А.В. Геолого-генетические модели и принцип суперпозиции золоторудных систем (на примере Украинского щита). *Доповіді НАН України.* 2010. №8. С. 120-123.

Драгомирецкий А.В. Золотоносные формации центральной части Украинского щита (закономерности размещения, основы прогноза и поисков, оценка перспектив). Одесса: Астропринт. 2001. 228 с.

Драгомирецкий А.В. Литологические особенности золото-содержащих отложений докембрия (на примере Украинского щита). *Литол. и полезн. ископ.* 2004. №2. С. 173-184.

Жильцова И.В. Закономірності локалізації гідротермальної золоторудної мінералізації зеленокам'яних структур Середнього Придніпров'я Українського щита відносно систем розломів. *Автореф. дис. канд. геол. наук.* Дніпропетровськ. Нац. гірничий ун-т Міносвіти України. 2004. 17 с.

Забяка И.Д., Забияка А.И., Верниковский В.А., Коробейников А.Ф. Роль регионального метаморфизма в концентрации золота в докембрийских породах Таймыра. *ДАН СССР.* 1983. Т.269. №6. С. 1430-1433.

Комаров А.Н., Вербицкий В.Н. Металлогения регрессивного этапа процессов ультраметаморфизма. *Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование.* Киев: Наук. думка. 1993. С. 158-164.

Кривцов А.И., Константинов М.М., Кузнецов В.В. и др. Система моделей месторождений благородных и цветных металлов. *Отечественная геология.* 1995. № 3. С. 11-31.

Курбанов Н.К., Фогельман Н.А. Гетерогенность и конвергентные ряды месторождений золотоносных рудно-энергетических систем. *Отечественная геология.* 1996. № 1. С. 11-20.

Ляхов Ю.В., Павлунь М.М., Пахнючий Ю.О., Луньов Г.О. Критерії прогнозування золотонесних територій (теоретичні та методологічні засади). *Вісн. Львів. ун-ту. Серія геологічна.* 2003. Вип.17. С. 33-42.

Ляхов Ю.В., Павлунь М.М., Пахнючий Ю.О., Луньов Г.О. Критерії прогнозування золотонесних територій (теоретичні та методологічні засади). Частина 2. *Вісн. Львів. ун-ту. Серія геологічна.* 2004. Вип.18. С. 3-16.

Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т.1. Металлические полезные ископаемые. Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И., Кулиш Е.А., Нечаев С.В., Третьяков Ю.И., Шумлянский В.А. Киев-Львов: «Центр Европы». 2005. 785 с.

Некрасов И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. М: Наука. 1991. 302 с.

Носырев И.В. Онтогенетические аспекты прикладной минералогии. Геология, экономика, методы прогноза, поисков, оценки и разведки МПИ. М: ВИЭМС. Вып. 6. 1990. 54 с.

Носырев И.В., Робул В.М., Есипчук К.Е., Орса В.И. Генерационный анализ акцессорного циркона. Под ред. В.В.Ляховича. М: Наука. 1989. 203 с.

Петрографія, акцесорна мінералогія гранітоїдів Українського щита та їх речовинно-петрофізична оцінка. Толстой М.І., Костенко Н.В., Кадурін В.М., Гасанов Ю.Л., Гожик А.П., Чепіжко О.В. Монографія. Киев: ВПЦ «Київський університет». 2007.

Рундквист Д.В., Дагелайский В.Б., Красников Н.Н. Региональные критерии прогнозирования золотого оруденения в зеленокаменных поясах архея. *Сов. геология.* 1989. № 4. С. 28-37.

Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. 2 изд. М: Недра. 1969. 687 с.

Спирidonov Э.М., Прокофьев В.Ю. Геохимические особенности и условия образования плутогенных золототеллуридных концентратов в каледонидах Северного Казахстана. *Геология рудных месторождений.* 1989. Т.31. №6. С. 26-39.

Томсон И.Н., Селиверстов В.Д. Магматизм и металлогения предорогенного тектонического режима подвижных поясов и кратонов. *Геология рудных месторождений.* 1992. №3. С. 3-17.

Сведения об авторе

Александр Валентинович Драгомирецкий – канд. геол.-мин. наук, доцент геолого-географического факультета Одесского национального университета имени И.И. Мечникова 65082, Украина, г. Одесса, ул. Дворянская, 2
 Тел: +380482-631045

The Forecast's Criteria and Search Signs of Gold Mineralization in the Precambrian Complexes of the Ukrainian Shield

O.V. Dragomyretskyy

Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine
e-mail: avdr@ukr.net

Abstract. The forecast's criteria and features of search signs systems of gold mineralization on the example of Precambrian complexes of the Ukrainian shield are discussed in this article. Complex geological-genetic models of the Ukrainian shield gold systems produced due to sequential imposing (superposition) of several geological processes are the basis for real gold objects forecast. The forecast's criteria which determine the origin and genesis of gold mineralization are offered to be paleolithological, metamorphogenic and ultrametamorphogenic-magmatic. The main systems of search signs indicators for gold mineralization are mineralogical, genetic, topomineralogical and structural-tectonic. On the basis of these criteria and signs the algorithm of forecast and search for gold mineralization with promising areas location was developed.

Keywords: search signs, forecast's criteria, gold mineralization, Precambrian, Ukrainian shield.

References

- Belevtsev Ya.N. Metamorfogennoe rudoobrazovanie [Metamorphic mineralization]. Moscow: «Nedra» Publ. 1979. 275 p.
- Buryak V.A. Metamorfizm i rudoobrazovanie [Metamorphism and mineralization]. Moscow: «Nedra» Publ. 1982. 256 p.
- Gorkovets V.Ya. Usloviya obrazovaniya pozdnearkheyskikh zhelezistykh kvartsitov (Karel'skiy region) [Conditions for the formation of the Late ferruginous quartzite (Karelian region)]. *Geol. Zhurn* [Geol. journal]. 1990. N6. Pp. 67-73.
- Gorkovets V.Ya., Raevskaya M.B. Arkeyskaya kora vyvetrivaniya v rayonakh zhelezorudnykh mestorozhdeniy [Archean weathering crust in areas of iron ore deposits]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits]. 1986. Vol.28. N2. Pp. 101-109.
- Dragomyretskyy O.V. Geologo-geneticheskie modeli i printsipy superpozitsii zolotorudnykh sistem (na primere Ukrainskogo schita) [Geological-genetic models and the superposition principle of gold systems (on example of the Ukrainian shield)]. *Dopovidi NAN Ukraini*. 2010. N8. Pp. 120-123.
- Dragomyretskyy O.V. Zolotonosnye formatsii tsentral'noy chasti Ukrainskogo schita (zakonomernosti razmesheniya, osnovy prognoza i poiskov, otsenka perspektiv) [Gold-bearing formations of the central part of the Ukrainian shield (patterns of distribution, basis of forecasts and searching, evaluation of prospects)]. Odessa: «Astroprint» Publ. 2001. 228 p.
- Dragomyretskyy O.V. Litologicheskie osobennosti zolotosoderzhaschikh otlozheniy dokembriya (na primere Ukrainskogo schita) [Lithological features of gold bearing Precambrian sediments (for example, Ukrainian shield)]. *Litol. i polezn. iskop.* [Lithology and Mineral Resources]. 2004. N2. Pp. 173-184.
- Zhil'tsova I.V. Zakonomirnosti lokalizatsii gidrotermal'noy zolotorudnoy mineralizatsii zelenokam'yanikh struktur Seredn'ogo Pridniprova Ukrains'kogo schita vidnosno sistem rozlomiv. *Avtoref. Diss. kand. geol.-min. nauk* [Abstract Cand. geol. and min. sci. diss.]. Dnipropetrovs'k: «Nats. girnichiy un-t Minosviti Ukraini» Publ. 2004. 17 p.
- Zabiyaka I.D., Zabiyaka A.I., Vernikovskiy V.A., Korobeynikov A.F. Rol' regional'nogo metamorfizma v kontsentratsii zolota v dokembriyskikh porodakh Taymyra [The role of regional metamorphism in the concentration of gold in Precambrian rocks of the Taimyr]. *DAN SSSR* [Proc. of the USSR Academy of Sciences]. 1983. Vol.269. N6. Pp. 1430-1433.
- Komarov A.N., Verbitskiy V.N. Metallogeniya regressivnogo etapa protsessov ul'trametamorfizma [Regressive phase metallogeny of ultrametamorphism processes]. *Metallogeniya dokembriya i metamorfogennoe rudoobrazovanie* [Metallogeny of Precambrian and metamorphogenic mineralization]. Kiev: «Nauk. Dumka» Publ. 1993. Pp. 158-164.
- Krivtsov A.I., Konstantinov M.M., Kuznetsov V.V. et al. Sistema modeley mestorozhdeniy blagorodnykh i tsvetnykh metallov [System of models of noble and non-ferrous metals deposits]. *Otechestvennaya geologiya* [Patriotic geology]. 1995. N3. Pp. 11-31.
- Kurbanov N.K., Fogel'man N.A. Geterogenost' i konvergentnyye ryady mestorozhdeniy zolotonosnykh rudno-energeticheskikh system [Heterogeneity and convergent series of deposits of gold ore energy systems]. *Otechestvennaya geologiya* [Patriotic geology]. 1996. N 1. Pp. 11-20.
- Lyakhov Yu.V., Pavlun' M.M., Pakhnyuschiy Yu.O., Lun'ov G.O. Kriterii prognoznoy otsinki zolotonosnykh territoriy (teoretichni ta metodologichni zasadi). *Visn. L'viv. un-tu. Seriya geologichna*. 2003. Issue 17. Pp. 33-42.
- Lyakhov Yu.V., Pavlun' M.M., Pakhnyuschiy Yu.O., Lun'ov G.O. Kriterii prognoznoy otsinki zolotonosnykh territoriy (teoretichni ta metodologichni zasadi). Part 2. *Visn. L'viv. un-tu. Seriya geologichna*. 2004. Issue.18. Pp. 3-16.
- Metallicheskie i nemetallicheskie poleznye iskopaemye Ukrainy [Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine]. Vol.1. Metallicheskie poleznye iskopaemye [Metallic minerals]. Gurskiy D.S., Esipchuk K.E., Kalinin V.I., Kulish E.A., Nechaev S.V., Tret'yakov Yu.I., Shumlyanskiy V.A. Kiev-L'vov: «Tsentr Evropy» Publ. 2005. 785 p.
- Nekrasov I.Ya. Geokhimiya, mineralogiya i genesis zolotorudnykh mestorozhdeniy [Geochemistry, mineralogy and genesis of gold deposits]. Moscow: «Nauka» Publ. 1991. 302 p.
- Nosyrev I.V. Ontogenicheskie aspekty prikladnoy mineralogii [Ontogenic aspects of applied mineralogy]. *Geologiya, ekonomika, metody prognoza, poiskov, otsenki i razvedki MPI* [Geology, economics, forecasting methods, searching, evaluation and exploration of IIP]. Is. 6. Moscow: «VIEMS» Publ. 1990. 54 p.
- Nosyrev I.V., Robul V.M., Esipchuk K.E., Orsa V.I. Generatsionnyy analiz aktsessornogo tsirkona [Generational analysis of accessory zircon]. Ed. V.V. Lyakhovicha. Moscow: «Nauka» Publ. 1989. 203 p.
- Petrografiya, aktsesorna mineralogiya granitoïdiv Ukrayinsky shield that ih rechovinno-petrofizichna otsinka. Tolstoy M., Kostenko N.V., Kadurin V.M., Hasanov Y.L., Gozhyk A.P., Chepizhko O. Kiev: «Kyiv University» Publ. 2007.
- Rundkvist D.V., Dagelayskiy V.B., Krasnikov N.N. Regional'nye kriterii prognozirovaniya zolotogo orudneniya v zelenokamennykh poiyasakh arkheya [Regional criteria of gold mineralization prediction in the Archean greenstone belts]. *Sov. geologiya* [Soviet geology]. 1989. N 4. Pp. 28-37.
- Smirnov V.I. Geologiya poleznykh iskopaemykh [Geology of mineral resources]. 2 ed. Moscow: «Nedra» Publ. 1969. 687 p.
- Spiridonov E.M., Prokof'ev V.Yu. Geokhimicheskie osobennosti i usloviya obrazovaniya plutonogennykh zolototelluridnykh kontsentratsiy v kaledonidakh Severnogo Kazakhstana [Geochemical features and formation conditions of plutogenic gold tellurides concentrations in Caledonides of the Northern Kazakhstan]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits]. 1989. Vol.31. N6. Pp.26-39.
- Tomson I.N., Seliverstov V.D. Magmatizm i metallogeniya predorogennogo tektonicheskogo rezhima podviznykh poiyasov i kratonov [Magmatism and metallogeny of predorogenny tectonic regime of mobile belts and cratons]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of Ore mestorozhdeniy]. 1992. N3. Pp.3-17.

Information about author

Oleksandr V. Dragomyretskyy – PhD (Geol. and Min.), associate professor of the Odessa I.I. Mechnikov National University
65082, Ukraine, Odessa, Dvoryanskaya str., 2
Phone: +380482-631045