

RMS DPI 2008-3-33-0

**НАНОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И НАНОМИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ  
КЛАССИФИКАЦИИ, ПОИСКА И ОЦЕНКИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
УЗБЕКИСТАНА****Конеев Р.И. (rkoneev@yahoo.com)***Минералогическое общество Узбекистана. Национальный Университет Узбекистана***NANOGEOCHEMISTRY AND NANOMINERALOGY INDICATIONS OF CLASSIFICATION,  
EXPLORATION AND ESTIMATION THE GOLD DEPOSITS OF UZBEKISTAN**

Koneev R.I.

*Mineralogy Society of Uzbekistan. National University of Uzbekistan*

Современное развитие нанотехнологий не могло не коснуться геологических наук, прежде всего минералогии и геохимии. Представляется очевидным, что все природные материалы и системы состоят из нанообъектов, и в интервале наномасштаба ( $10^{-6}$ - $10^{-9}$  м) природа программирует основные характеристики веществ, явлений и процессов (Нанотехнология..., 2002).

Природные физико-химические процессы, происходящие в наномасштабах и приводящие к образованию минеральных наночастиц, наноструктур и наноансамблей предложено называть естественными нанотехнологиями (Конеев, 2006). Основными направлениями геонаук, изучающих процессы естественных нанотехнологий являются наногеохимия и наноминералогия (Конеев, 2008).

Наногеохимию можно определить как науку о распределении (концентрации-рассеянии) и процессах миграции в Земной коре элементов, кларки которых составляют ppm–ppb ( $10^{-6}$ - $10^{-9}$  т). Очевидно, что геохимия таких элементов как Au, Ag, Pt, Pd, Te, Se, Bi, Sb, Hg и др. будет сильно отличаться от геохимии Pb, Zn, Cu, Fe, S, Si, Al, кларки которых составляют проценты и доли процентов, или десятки и тысячи г/т (ppm).

Наноминералогия это наука о формировании, физико-химических свойствах природных соединений, размер которых хотя бы в одном измерении входит в наномасштаб. Аномальность наноминералов связана с размерными эффектами – явлениями изменения свойств в связи с резким возрастанием удельной поверхностной энергии минералов при уменьшении размера индивидов, начиная с 0,1 мм (Конеев, 2006).

Особенно важны наноминералогия и наногеохимия при изучении золоторудных месторождений. Золото и как элемент, и как минерал это нанообъект. По мере перехода к поиску и освоению крупнообъемных месторождений с содержаниями 0,5-1,5 г/т золота, роль наногеохимии будет возрастать.

При исследовании золоторудных месторождений сложилась несколько парадоксальная ситуация. С одной стороны, золото при содержании 0,1-1 г/т и размерах выделения н-0,001 мкм является главным промышленным компонентом руд. С другой, парагенные ему элементы и минералы Te, Se, Bi, Sb, As, Hg и т.д., при аналогичных параметрах относятся к «редким», «экзотичным» и «второстепенным», хотя появляется всё больше данных, что именно эти элементы определяют поведение Au и Ag в гидротермальных процессах. К тому же концентрация и частота встречаемости их в рудах не уступает и даже превышает распространенность золота.

Золоторудные месторождения Узбекистана, среди которых уникальные объекты - Мурунтау, Даугызтау, Чармитан, Кочбулак и другие, сосредоточены в Кызылкумском, Нуратинском и Кураминском рудных узлах (рис. 1). Месторождения размещаются в чёрных сланцах, граносиенитах, андезит-дацитах, гранитоидах, карбонатных породах. Узлы возникли в участках пересечения субширотного Бельтау-Кураминского металлогенического пояса трансформными, глубинными зонами разломов. За основу классификации золоторудных объектов принята главная закономерная последовательность выделения геохимических парагенезисов золота (Рундквист, 1997; Конеев, 2003). В соответствие с ней, золоторудные месторождения Узбекистана сформированы Au-W, Au-As, Au-Te, Au-Ag, Au-Sb, Au-Hg – парагенезисами. В виде стандартного набора минеральных ассоциаций (табл. 2) ряд проявлен тем полнее, чем крупнее и менее эродировано месторождение, но промышленный ресурс его определяют 1-3 парагенезиса. Например, Мурунтау – Au-W, Au-As; Чармитан – Au-As; Кочбулак – Au-Te, Au-As; Кызылалма – Au-Ag, Au-As, и т.д. На территории Узбекистана



Рис. 1. Схема размещения месторождений золота и серебра на территории Узбекистана

самостоятельных промышленных Au-Sb и Au-Hg объектов не установлено. Такие месторождения известны на восточном фланге Бельтау-Кураминского пояса, на территории Кыргызстана (Кадамжай, Хайдаркан и др.). Выявленный ряд парагенезисов соответствует осевой вертикальной и латеральной геохимической зональности, выраженной в пределах пояса, рудных узлов, рудных полей, месторождений и рудных тел. Проявлены синергетические эффекты иерархии самоподобия, периодичности и масштабности уровней самоорганизации минерально-геохимических систем (Конеев, 2007; Конеев и др, 2008).

Анализ богатых руд месторождений – эталонов для Кызылкумского (Мурунтау). Нуратинского (Чармитан) и Кураминского (Кочбулак, Кызылалмасай) рудных узлов выявил близкий набор рудных элементов с меняющимися концентрациями (табл. 1). Для определения геохимической роли и значения каждого элемента в рудообразовании рассчитаны коэффициенты накопления в рудах относительно кларков в земной коре по А.П. Виноградову. Выяснилось, что коэффициенты концентрации таких элементов как Au, Bi, Te, As, Sb, Ag, Se составляют сотни и тысячи, даже десятки тысяч кларков. У остальных элементов коэффициенты редко превышают 100 кларков. На гипо- и мезотермальных месторождениях Мурунтау и Чармитан высока роль As и W, Mo. На эпитеермальных Кочбулак и Кызылалма повышается роль Ag, Sb, Pb и Cu. В Au-Sb-Hg парагенезисах возрастает роль Sb, As, Hg и Tl. Постоянными компонентами, сопровождающими Au и Ag во всех месторождениях, является Te, Bi и Se. Фактически, геохимию элементов I группы Периодической системы Д.И. Менделеева (Au-Ag-Cu) определяют элементы шестой (Te-Se-S, W, Mo) и пятой (Bi-Sb-As) групп. Для Au важное значение имеют также элементы 9-го ряда – Hg, Tl, Pb. Перечисленные элементы образуют стандартный зональный ряд геохимических парагенезисов золота независимо от состава вмещающих пород и типа метасоматоза, создающего стандартную физико-химическую среду, благоприятную для отложения золота.

Для интерпретации полученных наногеохимических результатов определяющее значение имеет микро- и наноминеральная форма установленных элементов.

На Au-W месторождении Мурунтау и Au-As Чармитан висмут, имеющий высокий кларк концентрации, выделяется в виде теллуридов – пильзенит, хедлейит, цумоит, жозеит и др. Отмечается

## Распределение рудных элементов в месторождениях золота Узбекистана (г/т)

Мест-ние (проб)	Мурунтау (5)	Чармитан (4)	Кочбулак (10)	Кызылалма (9)
Au	11,52	18,64	84,7	40,7
Ag	6,83	45,86	369,4	675,2
Pt	0,49	0,027	0,092	0,063
Pd	5,88	0,158	0,147	0,068
Te	21,51	14,0	929	6,2
Se	24,84	3,0	67	24,4
As	11105	18000	523	281
Sb	78	190	4359	1418
Bi	270	60	534	12
Cu	283	20	14353	5516
Pb	139	690	2950	13160
Zn	114	40	2901	2511
Ni	40	10	28	41
Co	24	20	14	26
Mo	22	10	12	24
W	375	140	13	14
Sn	34	10	162	6
Tl	0,6	1,2	3,9	1,8
Hg	13,6	2,2	2,2	3,5
Au:Ag	2:1	1:2	1:4	1:17
Te:Se	1:1	3:1	14:1	1:4
Ni:Co	2:1	1:2	2:1	2:1
Pt:Pd	1:12	1:6	1:1,5	1:1
Геохимические ряды интенсивности накопления элементов				
Мурунтау	Bi-Te-As-Au-Se-W-Ag-Sb-Mo-Hg-Pb-Cu-Sn-Zn			
Чармитан	Au-As-Te-Bi-Sb-Ag-Se-Pb-W-Hg-Mo-Sn-Co-Zn-Cu-Ni-Tl			
Кочбулак	Te-Au-Bi-Sb-Ag-Se-As-Cu-Pb-Sn-Zn-Hg-W-Mo-Tl-Co-Ni			
Кызылалма	Au-Ag-Te-Sb-Bi-Pb-Se-As-Cu-Hg-Zn-Mo-W-Sn-Tl-Ni-Co			

Примечание: анализы выполнены методом ICP-MS Elan DRC II.

мальдонит и теллуру-селенид висмута - кавацулит. На Au-Te месторождении Кочбулак теллуриды висмута встречаются реже и представлены теллуrowисмутитом и тетрадимитом, но широко развиты селениды висмута – невскит, лайтакариит, гуанахуатит и теллуриды Au, Ag, Pb, Sb, Hg, Cu и др. На Au-Ag месторождении Кызылалма теллуриды представлены только гесситом, реже сервелитом, шире развиты селениды серебра – науманнит, агвиларит, индикаторы близповерхностных, низкотемпературных условий. С глубиной появляется Ag-Bi селенид – богдановичит. Исключительно широко представлены Ag-Sb сульфосоли – полибазит, стефанит, пираргирит и др. Развитие Au-Sb парагенезиса проявляется в виде аурустибита, антимонита, буланжерита, джемсонита, эвкайрита, а Au-Hg – в виде киновари, конгсбергита, ливингстонита, хакита и таллиевых соединений. С переходом от гипо- к эпиптермальным условиям меняется форма нахождения практически всех элементов. Например, молибдена – молибдошеелит-молибденит-хемусит-фемолит-йордизит; мышьяка – кобальтин-арсенопирит-энаргит-теннантит-As-пирит-пирсеит-реальгар. Каждому из выделенных геохимических парагенезисов соответствует строго определённый микропарагенезис (наноансамбль) золота (табл. 2). Самородное нанозолото в этих ансамблях чаще всего формировалось в результате распада более сложных, первично-гомогенных его соединений с Te, Se, S, Bi, Sb, As, Hg, что и отражается в составе соответствующих ансамблей. Причём, чем более разнообразнее состав наноансамблей и минералов, тем более крупнее масштабы золотого оруденения (Томсон, Полякова, 1985).

Состав минеральных ассоциаций золоторудных месторождений – эталонов Узбекистана

		МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ						
Месторождение, тип	Шеелит-Ау-кварцевая	Ау-арсенопирит-пирит-кварцевая	Полисульфидно-кварцевая	Ау-адуляр-кварцевая	Антимонит-пирит-кальцитовая	Киноварь-кварц-диккитовая		
Мурунтау Ау-кварцевый	Шеелит-Ау-кварцевая	Ау-арсенопирит-пирит-кварцевая	Полисульфидно-кварцевая	Ау-адуляр-кварцевая	Антимонит-пирит-кальцитовая	Киноварь-кварц-диккитовая		
Чармитау Ау-сульфидно-кварцевый	Шеелит-Ау-кварцевая	Пирит-Арсенопиритовая	Полисульфидная с теллуридами	Галенит-сфалеритовая с электрумом	Кварц-кальцит-антимонитовая	Кварц-кальцит-флюоритовая		
Кочбулак Ау-сульфидно-кварцевый	Вольфрамат-кварцевая	Ау-пирит-Кварцевая	Ау-сульфидно-теллуридная	Сфалерит-галенитовая с Ау и Ag	Кальцит-антимонитовая	Кварц-барит-карбонатная		
Къзылалма Ау-кварцевый	Шеелит-молибденитовая	Ау-пирит-Арсенопиритовая	Ау-теллуридно-полиметаллическая	Электрум-селенидно-полисульфидная	?	Барит-флюорит-киноварная		
Парагезизис	Ау-W	Ау-As	Ау-Te	Ау-Ag	Ау-Sb	Ау-Hg		
Ведущие наноминералы	Вольфрамит, гюбнерит, молибденит, касситерит, тунгстенит	Пентландит, герсдорфит, леллингит, никелин, кобальтин, виоларит	Тетрадимит, калаверит, пеццит, цумоит, жозенит, алтаит, гессит, колорадоит, квачулит	Полибэзит, пираргирит, стефанит, алларгентум, сервелит, науманнит	Джемсонит, цинкениит, бурнонит, овихнит, диафорит, эвкайрит	Акташит, ливингстонит, гетчелит, гаухаит, круксит, хакит		
Соединения золота	Au <sub>2</sub> Ag, Au <sub>6</sub> Ag	AuAsS, FeAuS (?)	AuTe <sub>2</sub> , Au <sub>3</sub> Bi, Au <sub>6</sub> Ag, Au <sub>3</sub> Ag	AuAg, Au <sub>2</sub> Ag <sub>3</sub> , AuAg <sub>3</sub>	AuSb <sub>2</sub> , AuAg, Au <sub>6</sub> Ag	Au <sub>2</sub> Hg <sub>3</sub> , AuAg, Au <sub>6</sub> Ag		
Индикаторы	W, Mo, Sn, Pd	As, Ni, Co, Pd	Te, Bi, Se, Sb, As, Pb, Zn, Cu, Pd	Ag, Se, Sb, As, Cu, Pb, Pd, Pt	Sb, Pb, Ag, Se	Hg, Tl, As, Se		

Таким образом, наногеохимический и наноминералогический подход обеспечивает использование для классификации, поиска, оценки масштабности и уровня эрозионного среза золоторудных месторождений прямых и однозначных наногеохимических индикаторов – Те, Se, Вi, Sb, As, Hg, образующих закономерные, типоморфные наноансамбли и микропарагенезисы с золотом, являющегося естественным нанообъектом.

### Список литературы

*Конеев Р.И.* Естественные нанотехнологии: наногеохимия и наноминералогия процессов рудообразования // Наногеохимия золота. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 42-47.

*Конеев Р.И., Халматов Р.А., Мун Ю.С., Жуков А.В., Косов В.А.* Наногеохимия руд золотых и золото-серебряных месторождений Узбекистана // Наногеохимия золота. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 92-100.

*Конеев Р.И.* Периодичность и самоподобие минерально-геохимические систем в золоторудных месторождениях Узбекистана // Синергетика геосистем. М.: ИГЕМ, 2007. № 3. С. 42-46.

*Конеев Р.И.* Наноминералогия золота эпитеpmальных месторождений Чаткало-Кураминского региона. СПб: Дельта, 2006. 218 с.

*Конеев Р.И.* Систематизация золоторудных месторождений Узбекистана на основе микроминеральных парагенезисов // Руды и металлы, 2003. № 3. С. 20-28.

*Нанотехнология* в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. М.: Мир, 2002. 292 с.

*Томсон И.Н., Полякова О.П.* Минералого-геохимические индикаторы крупных рудных месторождений // Советская геология, 1985. № 3. С. 38-43.

*Рундквист Д.В.* Фактор времени при формировании гидротермальных месторождений // Геология рудных месторождений, 1997. № 1. С. 11-24.

RMS DPI 2008-3-31-0

### ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ТИТАНОВЫХ РОССЫПЕЙ В РОССИИ

**Махлаев Л.В.<sup>1</sup> ([lev@geo.komisc.ru](mailto:lev@geo.komisc.ru)), Войтеховский Ю.Л.<sup>2</sup> ([woyt@geoksc.apatity.ru](mailto:woyt@geoksc.apatity.ru)),**

**Голубева И.И.<sup>1</sup> ([petr@geo.komisc.ru](mailto:petr@geo.komisc.ru))**

<sup>1</sup>*Сыктывкарское отделение. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН*

<sup>2</sup>*Кольское отделение. Геологический институт КНЦ РАН*

THE PROSPECT IS OPENING SEA-SIDE OF TITANIC PLACER IN RUSSIA

**Makhlaev L.V.<sup>1</sup>, Voytekhovsky Yu.L.<sup>2</sup>, Golubeva I.I.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Syktvykar Branch. Institute of Geology of the Komi Science Centre, Ural Division of RAS*

<sup>2</sup>*Kola Branch. Geological Institute, Kola Science Centre of RAS*

Титан играет исключительную роль в современной промышленности. Его потребление стремительно растет, поскольку уникальные свойства этого металла сделали его незаменимым конструкционным материалом, среди которых он делит третье место с магнием, уступая лишь алюминию и железу. Объемы производства и потребления титана определяют научно-промышленный уровень развития государств. На первый взгляд, все обстоит отлично: Россия входит в лидеры, обеспечивая треть потребностей мирового рынка титана и изделий из него. Однако при этом мы не разрабатываем ни одного собственного месторождения – все производство титана основывается на переработке импортных рудных концентратов, что ставит Россию в полную зависимость от внешних факторов.

При этом по официальным запасам титановых руд наша страна относится к вполне обеспеченным, однако структура российских запасов принципиально отлична от мировой. У нас главными учтенными рудами являются титаномагнетит и лейкоксен, сосредоточенные в коренных