

Форум «Нефть. Газ. Геология. Экология»

Администрация Томской области  
Министерство природных ресурсов и экологии РФ  
Федеральное агентство по образованию РФ  
Территориальное управление по недропользованию Томской области  
ОАО Томский Международный Деловой Центр «Технопарк»  
Институт химии нефти СО РАН  
ГОУ ВПО Томский государственный университет  
ГОУ ВПО Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет  
Институт геологии и нефтегазового дела  
Ядерный университет НАК «Казатомпром»

**VI Сибирский форум недропользователей и предприятий  
ТЭК «Нефть, газ, геология, экология» - 2010**

**Нефть. Газ. Геология. Экология: современное состояние,  
проблемы, новейшие разработки,  
перспективные исследования**

Материалы круглых столов

Издательство ТПУ  
Томск – 2010

**ПОЛИХРОННОСТЬ ОТЛОЖЕНИЯ, РАЗНОФОРМЕННОСТЬ  
ВЫДЕЛЕНИЯ, РАЗНООБРАЗИЕ УРОВНЕЙ НАХОЖДЕНИЯ  
МЕТАЛЛОВ И ПОЛИГЕННОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ.**

*Ю.В. Индукаев*

*Томский Государственный университет,*

*г. Томск, Россия,*

*E-mail: [elits@mail2000.ru](mailto:elits@mail2000.ru)*

Анализ вещественного состава, истории формирования и генетических особенностей месторождений, разных по происхождению показывает, что в большинстве случаев они характеризуются полигенностью и полихронностью. Кроме того, в пределах одного и того же месторождения отложение одного и того же металла осуществляется неоднократно, меняются формы его проявления, размерность частиц (от макроскопического до наноуровня), руды приобретают комплексный характер. Подобное неоднократно рассматривалось на примере месторождений скарновых формаций [11,12,13] и, отчасти других генетических типов [9,10,11,14].

В данном случае многие перечисленные проблемы попытаемся рассмотреть на примере некоторых месторождений разных по своей природе происхождения. В этом отношении весьма интересными являются месторождения Au, платиноидов и некоторых других. Тем более что в настоящее время, благодаря более точным методам исследования руд (и пород) месторождений удается вскрыть многие тонкости распределения металлов в рудных телах. Микрозондовое сканирование, фотоэлектронная спектроскопия, мессбауэровская спектроскопия и другие методы изучения минералов руд (и пород) позволяют вскрыть полихронность, полигенность, полиформенность и разную размерность частиц отложенных металлов. В связи с этим устанавливается, что источником многих металлов (например, Au, платина и др.) могут быть не только классические (традиционные) объекты (в частности магматические для Pt), но и нетрадиционные (железистые кварциты, черносланцевые формации и др.).

При этом, использование нетрадиционных источников минерального сырья (например, черносланцевых формаций) показывает, что сейчас необходимы новые подходы к изучению природного вещества. В настоящее время важно не только установить минеральный состав и текстурно-структурные особенности руд, а также изоморфные примеси в минералах, но и рассмотреть дисперсные формы вхождения металлов вплоть до (наноуровня). В настоящее время это позволяют сделать нанотехнологии. Последние предусматривают новые подходы к решению научных проблем в геохимии, минералогии, петрографии и других геологических науках. Исходя из этого, изучение наноструктур в последние го-

ды становится ведущим направлением в минералого-геохимических дисциплинах [8].

По мере того как в практику исследований вовлекаются более точные и более чувствительные методы физического, химического характера, позволяющие все глубже проникать в “тайны” строения природного вещества, уточняются сферы и закономерности распределения химических элементов в природе, в частности и на “наноуровне”.

В этом отношении весьма показательными являются благородные металлы, редкие и рассеянные элементы. Они благодаря современным методам исследования устанавливаются во многих месторождениях, руды которых представлены каким-либо ведущим распространенным элементом с большим кларком (например, Fe). Сейчас становится очевидным, что в таких месторождениях один и тот же элемент проявляется в различной форме и на различном размерном уровне.

Частности, рассмотрим поведение благородных металлов в месторождениях Fe Курской магнитной аномалии, расположенных в пределах докембрийского фундамента Воронежского кристаллического массива. Здесь находится около 60 месторождений железа, ряд из них являются супергигантами [19]. Две трети разведанных запасов железных руд России сосредоточено в 5 месторождениях (Михайловском, Лебединском, Стойлинском, Стойло-Лебединском, Коробковском), которые обрабатываются 3 ГОКаами, обеспечивая 53 процента добываемой в России железной руды.

Для наших целей важным является то, что в составе железистых кварцитов (в объеме курской серии), докембрийской коры выветривания и гигантских по объему (свыше 1,2 млрд. т) промпродуктов (отвалов) горнорудных предприятий содержатся благородные металлы (Au и платиноиды). Все названные объекты являются крупномасштабными нетрадиционными источниками селективной и попутной добычи благородных металлов [19].

В данном регионе, толщи курской серии (нижнего коремья) образуют две зоны, сложные по морфологии и внутреннему строению. Они имеют значительную протяженность (свыше 400 км) и Северо-Западное простирание.

Данные зоны пространственно сопряжены с Белгородско-Михайловским и Орловско-Тимским зеленокаменными поясами позднеархейского заложения.

Первая – западная зона включает в себя Михайловский железорудный район, а вторая – восточная – Старооскольский, охватывающий одно из крупнейших месторождений КМА-Лебединское.

На примере этих месторождений можно проследить полигенность, полихронность и другие особенности распределения благороднометалльной минерализации в регионе. Так в частности, в пределах Михайловского рудного района выделяются различные типы природных образований, разработка которых при-

возможной селективной попутной отработки могут дать благородные металлы. Прежде всего, это рассеянная крайне бедная минерализация в составе пластовых тел железистых кварцитов ( $Au=0,01 - 0,1$  г/т; платиноидов до  $0,05$  г/т) [19]. Наряду с этим, выделяется наиболее крупномасштабный по запасам и ресурсам стратиформный золото-платинометалльный метаморфогенно-метасоматический тип образований. Он приурочен к сульфидизированным контактовым зонам железистых кварцитов с углеродистыми сланцами ( $Au - 0,25 - 4,83$  г/т;  $Pd - 0,58 - 0,77$  г/т;  $Pt - 0,12 - 0,30$  г/т)/ Данные зоны имеют протяженность до  $5500$  м, при мощности от  $3 - 6$  до  $10$  м.

Следующим весьма интересным является гидротермально-метасоматический тип. Он представлен локальными секущими и субсогласными жилами и линзами калишпат-апатит-карбонат-кварцево-пиритовых и кварц-гематитовых метасоматитов. (нередко с баритом). Эти образования содержат  $Au$  от  $0,54$  до  $6,18$  г/т (иногда до  $21,0$  г/т) и элементы платиновой группы –  $0,3 - 0,5$  г/т. Кроме рассмотренных типов в месторождениях распространен гипергено-метасоматический, проявляющийся в виде разномасштабных золото-палладий содержащих жил и линз (мартит, кварц и другого состава). В последних содержание  $Au$  от  $0,64$  до  $4,3$  г/т (иногда  $41,7$  г/т) и элементов платиновой группы (ЭПГ) до  $1,0$  г/т. В залежах богатых мартитовых руд платиноиды устанавливаются в количестве до  $0,2$  г/т, а  $Au$  до  $0,53$  г/т.

В так называемой фосфоритовой “плите”, мощностью  $0,1 - 1,0$  м из девонских отложений, перекрывающей богатые мартитовые руды выявлено редкометалльно-благородно-металльное ( $Pd - 1,7$  г/т;  $Ag$  до  $540$  г/т,  $Au$  до  $0,53$  г/т;  $U - 12,2 - 23,6$  г/т;  $P3Э - 556,3$  г/т) оруденение.

Выделенные типы благородно-металльной минерализации в известной мере характерны и для большинства железорудных месторождений старооскольского рудного района (Лебединское, Южно-Коробковское, Стойлинское и др.).

При сравнительно невысоком выходе сульфидного концентрата (от  $1, 26$  до  $5,26$  %) на его долю приходится  $30 - 80\%$   $Pt$  и  $Pd$  и около  $55\%$   $Au$ .

Высокие концентрации  $Au$  и платиноидов установлены в отдельных разновидностях сульфидов: в пирите ( $Pt - 0,02 - 0,38\%$ ;  $Au - 0,02 - 0,62\%$ ;  $Ag - 0,01 - 0,09\%$ ;  $Pd - 0,01 - 0,19\%$ ); пирротине ( $Pd - 0,01 - 0,12\%$ ;  $Pt - 0,01 - 0,44\%$ ;  $Au - 0,09 - 0,5\%$ ;  $Ag - 0,01 - 0,11\%$ ); халькопирите ( $Pd - 0,01 - 0,11$ ;  $Pt - 0,07 - 0,39\%$ ;  $Au - 0,02 - 0,27\%$ ); галените ( $Pd$  до  $0,43\%$ ;  $Pt - 0,31 - 0,37\%$ ;  $Au - 0,06 - 0,22\%$ ;  $Ag - 0,06 - 0,42\%$ ); теллуриде висмута ( $Pt - 1,28$ ;  $Au - 0,27\%$ ); в борните ( $Pt$  до  $0,14\%$ ); теннантите ( $Pt - 0,08\%$ ); арсенопирите ( $Pt - 0,18\%$ ); кобальтине ( $Pt - 0,23\%$ ).

Наряду с присутствием  $Au$ ,  $Pt$  и других платиноидов в сульфидах в виде изоморфной примеси, широко развиты собственные минеральные виды этих элементов. Так в различных типах железистых кварцитов устанавливается:

сперрилит, рутениридосмин, самородный осмий, платитридосмин, платоосмиридий, золото самородное, содержащее изоморфные примеси Ag, Cu; самородный рутений, минералы ряда осмий, рутений, иридий, минералы ряда рутений, платина, родий; минералы ряда рутений, иридий, осмий, платина; прассоит, мончеит; золото-серебрянный сплав, петцит, гессит; цумоит, креннерит, маккинстриит, хедмит и др.

Таким образом, пример рассмотрения железорудных месторождений КМА, далеких в своем развитии от классических собственных месторождений Au и платиноидов, наглядно показывает, что полигенные рудные поля могут выступать в качестве “нетрадиционных” источников добычи данных металлов. При этом они могут рассматриваться в качестве уникальных крупномасштабных источников золото-платино добычи. Кроме этого, из приведенного анализа можно увидеть многоформенность и разноразмерность частиц проявления благородных металлов, полигенность и полихронность формирования разнообразных типов рудных тел, их содержащих.

В многочисленных эндогенных собственных месторождениях золота разного генезиса также можно наблюдать многоформенность и разнообразие размерности частиц благородных металлов. Так в частности, для Au характерны такие формы: 1) в виде самородного золота; 2) минералов золота; 3) в рассеянном виде. Последняя форма особенно характерна сернистым (сульфиды, сульфосоли), теллуристым, селенистым, мышьяковистым, сурьмянистым, висмутовым и другим соединениям. Особенно сложной и многообразной является третья форма. Например, рассеянное золото в сульфидах одними исследователями считалось присутствующим в виде субмикроскопического или коллоидального размера частиц, другими – входящим в кристаллическую решетку в виде изоморфной примеси.

Последняя форма является наиболее распространенной, уступая в количественном отношении только минеральным формам. Н.В. Петровская [18] выделяет понятие “тонкодисперсное золото” к которому она относит частицы (но не атомы Au) размером от долей микрона до 10 микрон. Эту форму она считает универсально распространенной.

В настоящее время используют понятие “невидимое золото”. Микроскопическими исследованиями установлено, что “невидимое золото” широко распространено в сульфидах (и других минералах) как собственно золоторудных, так и колчеданных, меднопорфировых, медно-никелевых и в других месторождениях. Так во многих мезотермальных месторождениях золото-сульфидных прожилково-вкрапленных руд с ограниченным развитием кварцевых жил, невидимое золото преобладает [5].

Таким образом, понятие “невидимое” золото включает тонкодисперсное золото, не выявляемое оптическими методами, коллоидальное, кластерное и хи-

мически связанное золото в сульфидах (сульфосолях) и других минералах. В месторождениях невидимая форма золота связана в пирите, пирротине, арсенопирите и др. Важным является то, что присутствие невидимого Au в сульфидах придает рудам, так называемые “упорные” свойства, затрудняя извлечение из них золота.

Представление о рудах с так называемым “упорным” золотом можно получить при знакомстве с материалами по рудным телам конкретных месторождений. В этом отношении показательными являются месторождения золото-сульфидных вкрапленных руд (Майское, Центральная Чукотка, Мало-Тарынское, Якутия, Денлин-Крик и др.) [2,3,5]. Данные рудные поля известны в различных по возрасту металлогенических провинциях (от докембрия до плиоцена). Месторождения располагаются в терригенных и терригенно-карбонатных углеродсодержащих толщах в зонах глубинных разломов. Морфология рудных тел месторождений субсогласная, линзовидная, лентовидная, иногда седловидная или сложная, представленная различными сочетаниями перечисленных форм. Например, в условиях Майского месторождения сульфидное оруденение непрерывно прослеживается без существенного изменения своего состава и содержания Au на глубину (более 1 км). Вкрапленные руды характеризуются высоким Au – Ag отношением (до 10:1 и выше) и относительно равномерным распределением Au (коэффициент вариации > 60 %). Тонкодисперсное Au, главным образом, присутствует в виде включений в мышьяковистом пирите (As – 1 – 7 %) и арсенопирите (Sb – 0,001 – 0,1 %). Содержание этих сульфидов в рудах изменяется от 5 – 15 % (в среднем 8 – 10 %). Для рудных тел характерно присутствие антимонита, с которым иногда ассоциирует относительно крупное позднее золото. Золотоносные сульфиды образуют мелкую и тонкую вкрапленность в зонах дробления и расланцевания терригенных и терригенно-карбонатных пород. В рудах постоянно устанавливается высокая корреляционная связь (коэффициент корреляции > 0,7) Au и As.

Пробность “упорного” Au, заключенного в сульфидах (по расчетным данным) близка к 1000 [10]. Типоморфный и наиболее золотоносный рудный минерал – игольчатый арсенопирит содержит в среднем > 300 г/т Au. Так, например, арсенопирит руд Майского месторождения содержит в среднем 690 г/т золота.

Однако, в рудах большинства других месторождений, преобладает золото-содержащий пирит, имеющий зональное строение зерен (и метакристаллов). Среднее содержание Au в этом пирите составляет 30 – 60 г/т. Микронное сканирование пирита Майского месторождения [5] показывает, что высокое содержание As приурочено к периферии его метакристаллов и зерен. По существу эта зона образует как бы тонкую кайму [17] как и в рудах Карлинского типа [1]. По данным фотоэлектронной спектроскопии, именно к этим узким каймам (1 – 4 микрона) метакристаллов в рудах Карлина приурочены высокие содержания на-

ночастиц золота и сурьмы.

По данным Мессбауэровской спектроскопии в рудных телах большинства золото-сульфидных руд Au находится в арсенопирите в виде химически связанного в его структуре или в металлическом состоянии, с размерами частиц 2 нанометра [6].

Оруденение в углеродосодержащих карбонатных и терригенно-вулканогенно-карбонатных толщах нередко относят к месторождениям “карлинского” типа. Это делается по наименованию наиболее детально изученного их представителя, расположенного в штате Невада (США) [1,4,16].

Изучение руд этого месторождения показывает, что залежи образовались в результате замещения карбонатных минералов, слагающих тонкополосчатые слои в углеродосодержащих доломитах. В ранние стадии минерализации карбонаты выщелачивались гидротермальными растворами и замещались кварцем, глинистыми минералами (от 20 до 60 % в массе руды) и пиритом (0,7 – 10 %). В продуктивную стадию кристаллизовалось золото (на 90 % тонкодисперсное, размером не более 0,2 мкм), киноварь, реальгар, аурипигмент, антимонит, самородный мышьяк. Стадия закончилась формированием баритовых жил и выделением в них галенита, сфалерита, халькопирита, теннантита, сульфоантимонитов Ag, иорданита. Эти жилы локализуются в разрывных нарушениях субмеридионального, отчасти северо-западного простирания, а также вдоль контактов даек и в межпластовых трещинах. Они не содержат Au. Углерод в доломитах присутствует в долях процента, однако, он выполняет локализующую роль. При этом установлено [1,6] что Au частично осаждалось, а частично связывалось первоначально в золотоорганические соединения. Околорудные метасоматиты образуют зоны окварцованных и аргиллизированных пород, содержащих также новообразованный кальцит. Температура – в начале рудообразования 175 – 200°С, поднялась к концу выделения сульфидов до 300° С.

Весьма сложными являются формы нахождения Au и других металлов в месторождениях, локализованных в породных комплексах черносланцевой формации. Примером является Суздальское месторождение Восточного Казахстана, расположенное в углеродисто-терригенной толще. В данном случае можно увидеть полигенность золоторудной минерализации и сложности форм ее проявления [15]. Руды относятся к золото-сульфидному типу, с содержанием сульфидов от 0,5 до 10 – 15 %. Оруденение на месторождении носит вкрапленный, гнездово-прожилковый и стратифицированный характер.

Первый тип руд на месторождении представлен углеродисто-известковистыми биокластитами и углеродистыми песчано-алевропелитовыми породами флишоидно-турбидитового строения с полосчатым распределением сульфидов. Последние, имеют различную концентрацию и размерность в прослоях разного гранулометрического состава. Рудные минералы в них представ-

лены дисперсными глобулярными и сфероидальными выделениями пирита и звездчатыми и тонкоигольчатыми выделениями арсенопирита, равномерно рассеянными в массе олигомиктовых кварц-полевошпатовых песчаников и алевролитов. Au в них даже при достаточно высоких содержаниях (до 40 г/т), ни под обычным микроскопом, ни на сканирующем электронном микроскопе не обнаруживается и относится к типу “invisible” [15].

Золото концентрируется преимущественно в арсенопирите (до 0,53 вес %) и менее в пирите (от первых до десятков граммов на тонну). Тонкодисперсные агрегаты пирита и арсенопирита встречаются в прослоях известковистых биокластитов в углеродистых сланцах.

Второй тип руд представлен брекчиями конседиментационной и тектонической природы. В этом случае обломки в них представлены органогенными и хемогенными известняками алевропелитами и сложены рудами первого типа, цемент-углеродисто-кварц-слюдисто-карбонатный.

Третий тип руд по существу представлен интенсивно прокварцованными брекчиями с гнездово-вкрапленными выделениями сульфидов более крупнозернистого строения.

В брекчиевых рудах отмечаются пирит, часто пентагондодекаэдрического облика, плоско-таблитчатый арсенопирит, марказит, пирротин, реже халькопирит, железистый сфалерит (Fe до 13 вес %), блеклые руды (As – Sb), рутил. Золото в этих рудах находится в свободной форме, его субмикроскопические выделения встречаются в кварце, карбонате, арсенопирите, пирите, пирротине. Часто это золото ассоциирует с никелином, ульманнитом и виллиамитом. На месторождении проявлена поздняя сурьмяно-кварц-карбонатная минерализация жильного типа.

Таким образом, на рассматриваемом месторождении отчетливо выявляется: стратиформная минерализация, продукты гидротермальной деятельности и образования локальных процессов динамотермального метаморфизма. Это позволяет считать данное месторождение полигенным (полихронным). Руды подобного типа характерны для таких месторождений Сибири, как Наталкинское, Майское, Олимпиадинское, Сухой Лог, Нежданинское и другие, залегающие в черносланцевых толщах. Наряду с этим следует отметить, что Суздальское месторождение можно рассматривать как близкий аналог оруденения Карлинского типа [15]. При этом следует учитывать и то, что между этими месторождениями есть и отличия.

Исходя из приведенных данных и учета опубликованных источников [5, 7,9,10,14,15,19] можно отметить, что тонкодисперсное состояние металлов является преобладающим и играет исключительно важную роль в процессах формирования аномально высоких концентраций золота, элементов платиновой группы и других. При этом присутствие Au и других металлов устанавливается бла-

годаря точным современным методам. В случае анализа вещества черносланцевых формаций присутствие металлов можно обнаруживать химико-аналитическими методами. В данном случае металлы фиксируются не только в составе минеральных форм проявления, но и в пределах растворимого и нерастворимого “пробного” вещества, в том числе и органического. Вероятнее всего, в этом случае благородные металлы и другие элементы находятся на наноуровне (в виде наноразмерных частиц). В составе черносланцевых формаций благородные, редкие, редкоземельные, радиоактивные металлы приурочены к слоям, обогащенным органическим веществом, к глобулярным отложениям сульфидов (пирита и т.д.), к слоистости или сланцеватости пород [7,11]. Здесь металлы образуют сложные минеральные комплексы, представленные: самородными металлами, металлическими твердыми растворами и интерметаллическими соединениями (природными сплавами), сульфидами, арсенидами, сульфарсенидами, селенидами, теллуридами, висмутидами, антимонидами и другими. Наряду с этим здесь обнаруживаются многие новые минералы [7]. Причем в данном случае возможно присутствие металлов в связи с биофильными элементами (Se, Te, As, P, B, Sr и т.д.). Это позволяет утверждать, что в данных системах важную роль играли соединения металлов с органическим веществом.

В настоящее время к металлоорганическим соединениям (МОС) относят комплексы разнообразных органических групп, свойства которых зависят от типа связи металлы-углерод. В частности это зависит от характера связи элемента (или металла) с органической частью молекулы. Особенно это касается так называемых переходных металлов (элементы семейства Fe, Cu и др., а также платиноидов), которые могут достраивать свою предвнешнюю электронную оболочку до устойчивой 18-электронной, что оказывает сильное влияние на характер их разнообразных связей.

Наблюдаемую в “черносланцевых рудах” обширную элементную (и минеральную) ассоциацию, находящуюся в “пылевидной”, рассеянной (дисперсной) формах можно объяснить только на уровне “нанообъектов”. При этом важную роль играла связь разнообразных металлов с органическим веществом.

В настоящее время становится очевидным, что наночастицы играют определяющую роль в формировании основного и сопутствующего оруденения при становлении магматических комплексов. Известно, что по современным представлениям магматический расплав можно представить как ионно-электронную жидкость, состоящую из капель (металлы, сплавы, интерметаллы и т.д.) электронного расплава. Механизм мобилизации (экстракции) из расплава “капель” электронной жидкости в исходной наноразмерности вовлекается в формирование сопутствующей рудной минерализации. Примером являются магматические комплексы Среднего и Южного Тянь-Шаня, характеризующиеся сопутствующей нетрадиционной платиновой и Ag – Au минерализацией [20]. В этом случае

наноструктуры металлов (платиновой группы и Au – Ag сплавов и других) позволяют использовать их для решения многих геохимических проблем. В частности, проблему об источнике рудного вещества, о геохимической и металлогенической специализации магматических комплексов, об общей рудоносности и сопутствующей минерализации.

Таким образом, изучение полигенности, полихронности, разноформенности и различной размерности частиц металлов в рудах месторождений имеет как теоретическое, так и практическое значение. Присутствие, например, невидимого золота в сульфидах руд месторождений придает им “упорные” свойства, затрудняя извлечение из них Au и исключая обычно используемое цианидное выщелачивание. В связи с этим данные по распределению “невидимого” (дисперсного золота и других металлов) в рудах и отдельных минералах имеют большую ценность для разработки рациональных схем их обогащения.

Исходя из этого, возникает так называемая проблема “невидимого золота”. Это имеет большое значение в связи с тем, что во многих странах мира известны месторождения (вкрапленных, черносланцевых и других типов минерализации), руды которых обладают “упорными” свойствами (золота). Подобные месторождения характеризуются большими запасами и безусловно в недалеком будущем они будут являться потенциально главными источниками производства металлов.

#### *Литература:*

1. Arehard G.B., Chrysailis S.L., Kesler S.E. Gold and arsenic iron sulfides from Sediment-hosted disseminated gold deposits// Econ. Geol. 1993.V. 88. P. 171 – 196.
2. Theodor T. G., Kotlyar B.B., Senger D.A. et. al. Applied geochemistry; Geology and Mineralogy of the Northernmost Carlin trend Nevada. Economic Geology. 2003. V. 98. N 2. P. 287 – 316.
3. Акимов Г.Ю., Крючков А.В., Крылова Т.Л. и др. Тарынское месторождение жильно-вкрапленных руд – новый тип золотого оруденения в Верхне-Индигирском районе Якутии // Докл. Акад. Наук. 2004. Т. 397. N 3. С. 363 – 368.
4. Бакулин Ю.И. Буряк В.И., Пересторонин А.Я. – Карлинский тип золотого оруденения: закономерности размещения, генезис, геологические основы прогнозирования и оценки. Хабаровск. Изд-во ДВИМСА. 2001. 160 с.
5. Волков А.В. Особенности поисковой модели суперкрупных вкрапленных Au-As-Sb месторождений с “невидимым” упорным золотом // Проблемы геологической и минералогической корреляции в сопредельных районах России, Китая и Монголии. Труды VII международного симпозиума. Чита.

- 22-24 мая 2007. Изд-во Зап. ГГПУ, 2007. С.74 – 78.
6. Генкин А.Д. Золотоносный арсенопирит из золоторудных месторождений: внутреннее строение зерен, состав, механизм роста и состояние золота // Геология рудных месторождений. 1998.Т. 40. №6. С. 551 – 557.
  7. Гурская Л.И. Платинометальное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб. - Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. - С 208.
  8. Жмодик С.М., Миронов А.Г., Аношин Г.Н., Михлин Ю.Л., Таусон В.Л. и др. Наночастицы в геологических процессах рассеяния и концентрации благородных и редких элементов // Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах. Улан-Удэ. Изд-во БНЦ СО РАН. 2007. С. 15 – 17
  9. Индукаев Ю.В. Геодинамические обстановки и системы и некоторые особенности формирования платиноидного оруденения // Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах. Улан-Удэ. Изд-во БНЦ СО РАН. 2007. С. 20 – 23.
  10. Индукаев Ю.В. Металлогеническая специализация, геодинамические обстановки и некоторые закономерности формирования скарновых месторождений Алтае-Саянской складчатой области//Скарны, их генезис и рудоносность(Fe, Cu, Au, W, Sn). Екатеринбург. Ин-т геологии и геохимии. Ур.О. РАН . 2005. С.40 – 47
  11. Индукаев Ю.В. Металлогения и генетическое своеобразие черносланцевых формаций и их место в эволюции земной коры//Проблемы геологии и геохимии Юга Сибири. – Томск: Томский университет, 2000. С.54 – 59
  12. Индукаев Ю.В. Полигенность и полихронность оруденения в структурно-формационных зонах Алтае-Саянской складчатой области. // Вопросы геологии Сибири. Вып. 3. Томск, 1995. С. 129 – 137.
  13. Индукаев Ю.В. Рудные формации контактово-метасоматических месторождений Алтае-Саянской области. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1980. Т. 1 – 320 с.; Т. 2 – 298 с.
  14. Индукаев Ю.В. Рудообразующие системы и геодинамические режимы формирования платинового оруденения. // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 5. Материалы всероссийской научной конференции. Томск. ЦНТИ. 2005. Т. II. С. 247 – 251.
  15. Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Борисенко А.С., Наумов Е.А. Полигенная золоторудная минерализация в углеродисто-терригенных толщах Восточного Казахстана (Суздальское месторождение)//Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах. Улан Удэ. Изд-во БНЦ СО РАН.2007. С 28 – 31.
  16. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. М.: Недра, 1988. 286 с.

17. Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. М. ЦНИИГРИ. 1999. 180 с.
18. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Недра. 1973. 350 с.
19. Чернышев Н.М. Геохимия и минералогия благородных металлов в железорудных месторождениях КМА (Центральная Россия) // Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах. Улан Удэ. Изд-во БНЦ СО РАН. 2007. С. 93 – 96.
20. Юсупов Р.Г., Рафиков Я.М., Ахмедшаев А.Ш., Игамбердиев Э.Э. Геохимические наноминеральные парагенезисы благороднометального оруденения Среднего и Южного Тянь-Шаня // Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах. Улан-Удэ. Изд-во БНЦ СО РАН. 2007. С. 106 – 108