

УДК 553.45:550.84

ЗОЛОТО В РУДАХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЫРЫМБЕТ (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)

А.А. Поцелуев, В.В. Перегудов*, Д.И. Бабкин, Ю.С. Ананьев

Томский политехнический университет

E-mail: PoceluevAA@ignd.tpu.ru

*ТОО «КРИЦ-НТК» г. Степногорск, Казахстан

E-mail: pereval1946@mail.ru

В рудах Сырымбетского редкометалльного месторождения (Северо-Казахстанская складчатая область) изучены формы нахождения и характер распределения золота. Повышенные концентрации золота до 0,2 г/т выявлены в первичных рудах, локализованных как в породах шарыкской свиты, так и в гранитах. По размеру выделяются две формы золота: тонкое пылевидное (<200 меш) и крупное в основном 0,3...0,5 до 1 мм. Максимальные концентрации золота (41,3 г/т) отмечаются в темно-серых глинах, развитых по углеродистым сланцам. Минералогическими исследованиями золото выявлено в оловосодержащих гравиконцентрах. Установлены факторы, определяющие появление высоких концентраций благородных металлов.

Ключевые слова:

Золото, олово, формы нахождения золота, редкометалльные месторождения.

Key words:

Gold, stannum, modes of occurrence gold, rare metals deposits.

Введение

Высокие концентрации благородных металлов выявлены во многих редкометалльных месторождениях Сибири, Монголии, Казахстана, Узбекистана. В последние годы все более пристальное внимание обращается на нетрадиционные источники благородных металлов. Определяется это в первую очередь совершенствованием технологии и перспективой их попутного извлечения в условиях роста спроса и цен на них.

Комплексное изучение состава руд месторождений на основе количественных инструментальных методов является основой новых фундаментальных знаний об условиях рудообразования.

Изучением условий формирования редкометалльных месторождений занимались многие ученые и специалисты. Вместе с тем в последнее время появилось много новых данных, показывающих, что эти типично литофильные образования имеют в своем составе некогерентные элементы, характерные для более глубоких мантийных образований.

В составе месторождений редких металлов встречаются участки, зоны с высоким содержанием благородных металлов. Для их выявления и оценки требуются новые методические подходы, необходима разработка критериев их поиска, в основе которых лежат отчетливые представления о роли различных геологических процессов в накоплении благородных и редких элементов и об их источниках.

Важными являются знания о формах нахождения и характере распределения благородных и редких металлов. Они являются основой при решении технологических вопросов комплексной переработки руд.

В редкометалльных грейзеновых месторождениях наряду с ограниченным перечнем основных

промышленно ценных металлов (W, Sn, Mo, Li), как правило, отмечаются высокие концентрации значительного количества других элементов, характеризующихся контрастными отличиями в геохимических свойствах. Не являются исключением и благородные металлы, высокие концентрации которых выявлены в рудах грейзеновых месторождений России (Депутатское, Джидинское, Калгутинское, Лазовский рудный узел и др.), Казахстана (Донецкое, Сырымбет) [1–5]. Ресурсы благородных металлов в грейзеновых месторождениях могут быть весьма значительны.

Появление высоких концентраций благородных металлов может быть обусловлено как высокой золотоносностью рудомещающих пород, так и привнесом благородных металлов глубинными металлоносными флюидами.

Выявление и всестороннее исследование комплексных с благородными металлами месторождений имеет важнейшее значение для теории рудообразования, позволяет выработать критерии прогнозирования новых нетрадиционных типов оруденения. Исторически многие эти месторождения изначально оценивались как монометалльные и, только впоследствии выявлялся их комплексный характер.

Очевидно, что доля попутно извлекаемых из комплексных месторождений благородных металлов будет возрастать и далее. Это обусловлено в первую очередь тем, что основные запасы и ресурсы различных полезных ископаемых сосредоточены в основном в крупных и уникальных месторождениях. Эти объекты характеризуются комплексным минералогическим и химическим составом руд и здесь на долговременной основе могут реализовываться сложные многоэтапные схемы извлечения широкого спектра попутных ценных компонентов.

Выявление и всестороннее исследование комплексных месторождений имеет важнейшее значение для теории рудообразования, позволяет выработать критерии прогнозирования новых нетрадиционных типов оруденения.

Основные результаты исследований и их обсуждение

Месторождение Сырымбет располагается в пределах Центрального рудного района Северо-Казахстанской рудной провинции (СКРП), характеризующегося распространением значительных по масштабам месторождений урана, золота и редких металлов. Оловорудные зоны месторождения приурочены к Володарской зоне глубинных разломов в области северо-западного контакта Сырымбетской интрузии гранит-порфиров ($\gamma\pi D_{2-3}$) с песчано-сланцевыми и карбонатными образованиями шарыкской свиты [6, 7]. Рудное поле представляет собой вытянутый в северо-восточном направлении блок размером 2 на 9 км, рис. 1.

Промышленное оруденение прослежено по простирацию на 3000 м, при средней мощности 100 м. Оруденение распространено до глубины 820 м. Выделяется три структурно-морфологических типа рудных тел: 1 – линейные штокверки; 2 – минерализованные купола; 3 – жилообразные тела.

В центральной части месторождения выделяется основная рудная зона месторождения в форме линейного штокверка, границы которого определяются по результатам опробования. Мощность зоны достигает 200...250 м. Зона включает 65 % запасов олова при бортовом содержании 0,2 % [6].

На месторождении выделяют два основных технологических типа руд – гипогенный и гипергенный. Среди первичных руд по минеральному составу различают касситеритовый и станнин-касситеритовый, содержание олова в них достигает 1 % и более при среднем значении 0,312 %. Гипергенные руды развиты в коре выветривания, которая развита в пределах всего месторождения и имеет среднюю мощность 50 м, достигая в отдельных участках 100 м. Содержание олова в коре выветривания колеблется от 0,199 до 2,335 % и в среднем составляет 0,377 %, что несколько выше, чем в первичных рудах.

Генезис месторождения сложный, полигенный. Первичные высокие концентрации металлов фиксируются в отложениях шарыкской свиты, значительный привнос и перераспределение металлов отмечается в участках скарнирования. Формирование промышленного оруденения связывается с более поздним многостадийным гидротермальным этапом (ранние редкометалльно-грейзеновые и более поздние сульфидные стадии), в процессе которого происходил привнос многих компонентов и, очевидно, регенерация (унаследование) некоторых металлов (в том числе благородных) из отложений шарыкской свиты [2, 6, 7]. В процессе гипергенеза произошло обогащение кор выветривания рядом

устойчивых минералов (цирконом, золотом и др.) и выносом многих элементов, входящих в состав сульфидов.

Помимо основного промышленного минерала касситерита в рудах установлено свыше 70 минералов – станнин, вольфрамит, висмутин, берилл, молибденит, халькопирит, пирит, галенит, сфалерит, золото, магнетит, циркон, рутил, колумбит, ксенотим, монацит, флюорит, цоизит, топаз и др. [2, 5, 6].

В рудах месторождения наряду с оловом отмечаются высокие концентрации ниобия, скандия, вольфрама, висмута, меди, цинка, цезия, бериллия, титана, циркония, золота, серебра, платиноидов (платина, палладий, иридий, родий) ванадия, редких земель. Содержание многих элементов значительно варьирует в различных частях месторождения и технологических типах руд. Максимальным содержанием большинства элементов (Sn, W, Bi, Cu, Pb, As, F, S) характеризуется Центральная часть месторождения. Редкие и редкоземельные элементы распределены более равномерно.

В рудах коры выветривания практически по всем участкам отмечается заметное уменьшение содержания Sn, Bi, Cu, Zn, F и соответственно S. Но при этом значительно возрастает концентрация W, Pb, Nb, Sc и всех без исключения лантаноидов.

В касситерите отмечаются высокие содержания тантала, гафния, скандия и иттербия. Весьма контрастно отличаются первичные руды месторождения, локализованные в гранитах и в осадочных породах шарыкской свиты. Руды в шарыкской свите характеризуются более высокими содержаниями редкоземельных элементов, Sc, Sb и Au.

Различными исследователями в рудах месторождения выявлены высокие содержания Au, Ag и платиноидов [1, 2, 7, 9–12]. Проведенными нами исследованиями [2] повышенные концентрации золота до 0,2 г/т выявлены в первичных рудах, локализованных как в породах шарыкской свиты, так и в гранитах. При этом в первом случае содержание золота выше и это объясняется первичной золотосодержащей черносланцевых толщ шарыкской свиты. Высокие концентрации золота (0,13 г/т) выявлены С.А. Солтаном и А.И. Кузовенко в первичных рудах Центрального участка месторождения [13].

Более высокие концентрации золота – 1,95 и 2,5 г/т определены Б.Л. Доброцветовым и Н.И. Антиповым в двух технологических пробах, отобранных соответственно из отвала шурфа № 25 на Юго-Западном участке месторождения и в карьере № 2 на Центральном участке и исследованных в «ГИНЦВЕТМЕТ» (г. Москва). Содержание золота в этих технологических пробах колеблется от 0,6 до 11 г/т и от 2 до 18 г/т соответственно [11].

Позднее (в 2001 г.), также в технологической пробе, отобранной в карьере № 2 на Центральном участке специалистами КРИЦ «НТК» (г. Степногорск) было определено повышенное содержание золота (среднее 10,4 г/т при колебаниях от 2,1 до 41,3) и серебра (среднее 8,2 г/т при вариации от 4,9

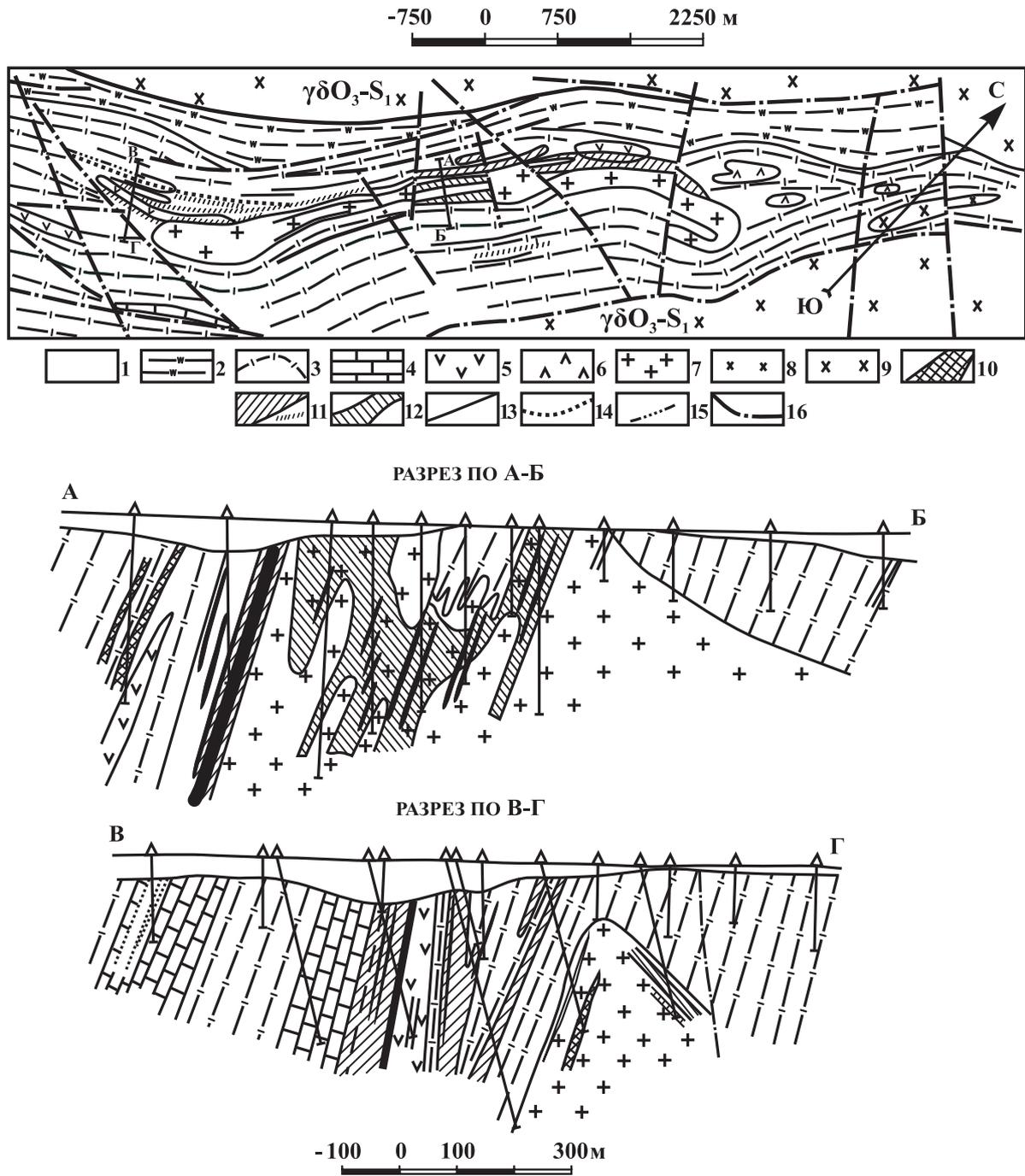


Рис. 1. Месторождение Сырымбет [8]: 1) рыхлые отложения; 2) кварцитовые песчаники; 3) серицит-кварцевые микросланцы, филлитовые сланцы; 4) известняки; 5) базальты, андезиты; 6) дациты; 7) гранит-порфиры; 8) габбро-диориты, диориты; 9) гранодиориты, граниты; 10) скарноиды; 11-13) оловорудные тела: 11) линейные штокверки, 12) минерализованные купола, 13) жилы; 14,15) оруденение: 14) полиметаллическое, 15) серебряное; 16) разломы

до 15,4). Очевидно, что данные технологические пробы характеризуют руды в коре выветривания.

В работе [14] указывается на высокое содержание золота и платиноидов на месторождении, которое не ограничивается «ореалом рудовмещающих скарнов, а захватывает и углеродистые сланцы надскарновой зоны». Содержания элементов составляют (г/т): золота – 0,01...0,16; платины –

0,1...0,7; палладия – 0,005...0,015; иридия до 0,08; родия – до 0,03. Авторы подчеркивают, что «в зонах развития чистых грейзеновых минеральных ассоциаций аномальные значения содержаний благородных металлов отсутствуют». Но намечается «общая приуроченность аномальных значений благородных металлов к скарново-рудной зоне в целом и углеродистым сланцам вблизи нее».

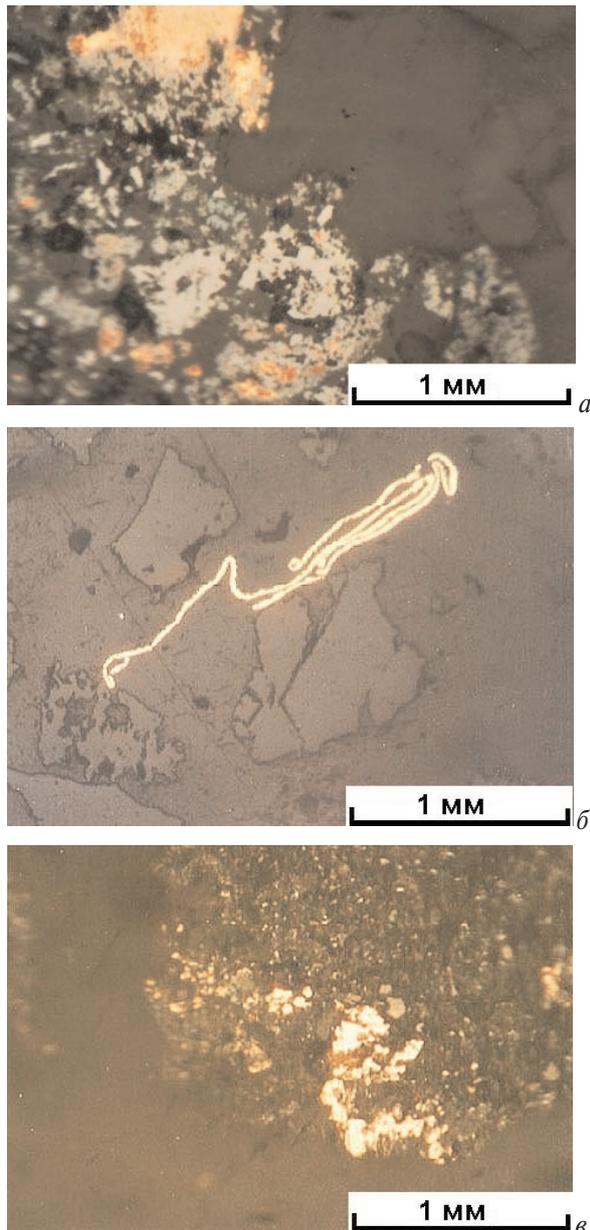


Рис. 2. Золото месторождения Сырымбет: а) тонкозернистые сростания с гидроксидами железа; б) нитевидное среди зерен кварца; в) в мелкозернистом песчанике. Аншлифы. (Фото Б.Л. Доброцветова, ГИН-ЦВЕТМЕТ, г. Москва)

Минералогическими исследованиями золото выявлено в сростании с самородным висмутом и теллуридами висмута, а также в кайме самородного висмута по арсенипириту. Размер золотин составляет от 8 до 12 мкм и мельче. Пробность золота 895...904 ‰, основными примесями являются серебро (8,5...9,7 %) и медь (0,02...0,015 %). Микродифракционным анализом, установлено, что золото обнаруживается в продуктах жизнедеятельности бактерий (единичных и целых колоний) [7].

При исследовании технологических проб, отобранных в коре выветривания, также выявлено самородное золото, которое сложно выделить в чи-

стом виде, так как оно находится в «рубашке» глинистых частиц, гидроокислов железа, органических «пленках» и в сростках с кварцем [11, 12], рис. 2.

По размеру выделяются две формы золота: тонкое пылевидное (<200 мез) и крупное в основном 0,3...0,5 до 1 мм. Чистые зерна золота выделяются только после специальной пробоподготовки (отжиг, отмучивание и др.). Микрорентгеноспектральным анализом установлено, что «золото является практически чистым. Оно не содержит серебра и меди» [11]. Из этого можно заключить, что золото в коре выветривания очищается от примесей.

Все эти данные указывают на то, что в коре выветривания золото освобождается от сульфидов, очищается от примесей, увеличивается размер золотинок. Это происходит под комплексным воздействием химических и бактериологических процессов. При этом в разы происходит увеличение содержания золота. Максимальное обогащение следует ожидать на участках развития рудных зон в черносланцевых породах шарыкской свиты. Установлено (табл.), что максимальные концентрации золота (41,3 г/т) отмечаются в темно-серых глинах, развитых по углеродистым сланцам.

В технологических пробах встречено золото и в обломках мелкозернистого песчаника (рис. 2), что, очевидно, связано с «первичным» накоплением золота в породах шарыкской свиты.

Исследование технологических проб в «ГИН-ЦВЕТМЕТ» показало, что по разработанной многоступенчатой технологической схеме, возможно, получать раздельно товарный концентрат с содержанием олова 7,63...7,91 % (извлечение соответственно 63...44 %) и товарный концентрат золота с содержанием 824...1309 г/т (извлечение соответственно 23...54 %) [10]. Это позволяет наметить способы попутного извлечения Au и, возможно, Ag на разных этапах технологической цепочки переработки руд и концентратов.

Таблица. Содержание благородных металлов в различных фракциях технологической пробы руд (масса 8 т) коры выветривания месторождения Сырымбет, г/т

Фракция	Au	Ag
Белая глина	4,8	6,8
Охристые глины ярко бурого цвета	4,3	4,5
Рыхлый материал (смесь белых и охристых глин)	2,1	4,9
Крепкие гематит-гетитовые стяжения («сахарики»)	4,0	5,4
Серые, темно-серые глины (по сланцам шарыкской свиты)	41,3	12
Крепкие кварцитовидные черные обломки (окварцованные углеродистые сланцы шарыкской свиты)	5,6	15,4
Среднее содержание (в %) других элементов и их соединений (20 штучных проб): Sn – 0,462; Nb ₂ O ₅ – 0,02; Ti – 0,1...0,8; Pb – 0,15...0,3; Sc – 0,01; W – 0,08; Zr – 0,03; Bi – 0,025		

Пробирный анализ выполнен в химической лаборатории рудника «Аксу» (Акмолинская область, Казахстан).

Выводы

В рудах Сырымбетского редкометалльного месторождения (Северо-Казахстанская складчатая область) изучены характер распределения и формы нахождения золота. Размер золотин составляет от 8 до 12 мкм и мельче. По размеру выделяются две формы золота: тонкое пылевидное (<200 меш) и крупное в основном 0,3...0,5 до 1 мм.

В первичных рудах золото установлено в сростании с самородным висмутом и теллуридами висмута, а также в кайме самородного висмута по арсенопириту. Пробы золота составляет 895...904 ‰, основными примесями являются серебро (8,5...9,7 %) и медь (0,02...0,015 %). В зоне окисления золото является практически чистым и не содержит серебра и меди.

Установлена сложная, полигенная природа высоких концентраций золота. Первичные высокие концентрации металла фиксируются в отложениях рудовмещающей шарыкской свиты, значительный привнос и перераспределение золота отмечается

в участках скарнирования. Формирование промышленного оловянного оруденения связывается с более поздним многостадийным гидротермальным этапом (ранние редкометалльно-грейзеновые и более поздние сульфидные стадии), в процессе которого происходил привнос многих компонентов и, очевидно, регенерация (унаследование) некоторых металлов (в том числе золота) из отложенной шарыкской свиты. В процессе гипергенеза произошло дополнительное обогащение зоны окисления золотом и другими устойчивыми минералами (цирконом).

Данные об условиях локализации, формах нахождения и принципиальных технологических возможностях извлечения золота из руд редкометалльного месторождения Сырымбет создают предпосылки значительного увеличения сырьевой базы благородных металлов Северо-Казахстанской рудной провинции.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 10–05–00115.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Николаев С.Л., Наумов С.С. О комплексном характере урановых руд и редкометалльных месторождений Северо-Казахстанской рудной провинции // Минеральные ресурсы – важнейший фактор интеграции Республики Казахстан в систему мировой экономики: Матер. Междунар. конф. – Алматы, 1993. – С. 169–171.
2. Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Николаев С.Л., Зорин Ю.М. Редкие элементы и золото в месторождениях олова Северо-Казахстанской рудной провинции // Известия вузов. Сер. Геология и разведка. – 1997. – № 3. – С. 74–80.
3. Дементьев В.Е., Гудков С.С., Николаев Ю.Л. Перспективы вовлечения в промышленную эксплуатацию вторичных запасов благородных металлов на базе лежалых хвостов Джидинского вольфрам-молибденового комбината // Состояние и перспективы развития минерально-сырьевого и горнодобывающего комплекса Республики Бурятия: Матер. конф. – 1–2 апреля 1999 г. – Улан-Уде: БНЦ СО РАН, 1999. – С. 127–130.
4. Холмогоров А.И. Золото-редкометалльные грейзены глубоких горизонтов Депутатского оловорудного узла // Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология: Тез. III Всеросс. симп. с международным участием. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – С. 228–230.
5. Кузнецов В.М., Жигалов С.В. Золотоносность Лазовского оловорудного узла // Золото северного обрамления Пацифика. Международный горно-геологический форум: Тез. докл. Всеколымской горно-геологической конф., посвященной 80-летию Первой Колымской экспедиции Ю.А. Билибина (Магадан, 10–14 сентября). – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. – С. 83–84.
6. Губайдуллин Ф.Г., Лаумулин Т.М., Баймуллин Б.А. Олово Казахстана // Минералогия и перспективы развития минерально-сырьевой базы Казахстана. – Алматы: Гылым, 2000. – 238 с.
7. Кузовенко А.И. Геологическое строение и особенности формирования месторождения олова Сырымбет в Северном Казахстане: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Алматы, 2004. – 144 с.
8. Даукеев С.Ж. Минералогия Казахстана // Геология и полезные ископаемые Казахстана. – Алматы: КазИМС, 1996. – Кн. 2. – 40 с.
9. Киселева, Г.Д. Некоторые особенности процесса минералообразования на месторождении Викторовское (Северный Казахстан) // Геология месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М.: ВИМС. – 1987. – Вып. 106. – С. 90–100.
10. Антипов Н.И., Шамин А.А., Тарасов А.В. Экологически безопасная технология обогащения руды месторождения «Сырымбет» // Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов России в XXI веке: Тез. докл. Междунар. симп. – 5–9 октября 1998 г., Москва. – М.: Изд-во ВИМС МПР, 1998. – С. 241–243.
11. Доброцветов Б.Л., Антипов Н.И. Физико-химические исследования технологических проб руды месторождения «Сырымбет» // Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов России в XXI веке. Тез. докл. Междунар. симп. – 5–9 октября 1998 г., Москва. – М.: Изд-во ВИМС МПР, 1998. – С. 325–327.
12. Перегудов В.В. Платиноиды в углеродсодержащих породах Северного Казахстана // Геология и охрана недр. – 2004. – № 2 (11). – С. 34–38.
13. Элементы примеси в месторождениях Казахстана: справочник / под ред. А.А. Абдулина. – Алматы: ИАЦ ГЭПР РК, 1999. – Т. 1 – 268 с., Т. 2 – 160 с.
14. Фукс В.З., Былинская Л.В., Григорьев Г.А. О платиноносности Северного Казахстана // Платина России. – 1995. – Т. 2. – Кн. 2. – С. 188–192.

Поступила 26.04.2012 г.