



БЛАГОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УРАНОВЫХ И РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

А. А. Поцелуев

Приведены данные по проявлению благороднометалльной минерализации в гидротермальных урановых и редкометалльных месторождениях Центральной Азии. Установлено, что высокие концентрации благородных металлов определяются тремя главными факторами: совмещением разноформационного и полихронного оруденения в пределах одних рудоконтролирующих структур; унаследованием высокой золотоносности рудовмещающих пород; комплексной металлоносностью рудообразующих флюидов глубинного (мантийного) происхождения.

Ключевые слова: благородные элементы, урановые и редкометалльные месторождения, Центральная Азия.

NOBLE ELEMENTS IN URANIUM AND RARE-METAL DEPOSITS OF CENTRAL ASIA

А. А. Potseluev

Data on noble element occurrences in hydrothermal uranium and rare-metal deposits of Central Asia are presented. It is found that the appearance of noble metal high concentrations is determined by three main factors such as an overlapping of diverse formational and polychronous mineralization within one and the same ore-controlling structures; inheritance of high gold mineralization of ore-hosting rocks; complex metal content of ore-forming fluids of deep-seated (mantle) origin.

Keywords: noble element, uranium and rare metal deposit, Central Asia.

Благородные металлы в высоких и промышленных концентрациях известны во многих урановых и редкометалльных месторождениях мира. При этом доля добываемых благородных металлов, например золота, из комплексных месторождений сопоставима с его добычей из собственно золоторудных месторождений. Классическими являются примеры сверхкрупных и гигантских золотоурановых месторождений Южной Африки (Витватерсранд), Австралии (Джабилука, Олимпик-Дам), Южной (район Сьерра-ди-Жакобина) и Северной (районы Клафф-Лейк и Биверлодж) Америки [14 и др.]. Не исключение и Россия и страны бывшего СССР. Комплексное оруденение обнаружено в ряде районов Алтае-Саянской (АССО) и Северо-Казахстанской (СКРП) областей (табл. 1, 2). Всестороннее исследование комплексных месторождений имеет важнейшее значение для теории рудообразования, позволяет выработать критерии прогнозирования новых нетрадиционных типов оруденения.

Основные результаты и их обсуждение

Выполненные исследования показывают, что появление высоких концентраций благородных металлов в рудах урановых месторождений обусловлено тремя основными факторами: 1) совмещение разноформационного и полихронного оруденения; 2) унаследование благородных металлов из рудовмещающих пород; 3) формирование оруденения из глубин-

ных комплексных с благородными металлами флюидов [11].

1. *Пространственное совмещение разноформационного и полихронного оруденения* отмечается на многих урановых месторождениях. Урановая минерализация, как правило, является более молодой по отношению к золоторудной, например, на месторождениях Акканбурлук, Викторское, Чаглинское, Маныбайское, Буденовское, Кедровое, Осинное. Более поздняя урановая минерализация отмечается и на золоторудном месторождении Васильковское [1, 7, 10, 12 и др.].

В СКРП высокие концентрации золота наблюдаются при совмещении на месторождениях урана и олова разноформационных типов метасоматитов и руд (эйситов и березитов, оловоносных грейзенов с халькофильной минерализацией, золото- и урановорудной минерализации) [12]. Так, высокая золотоносность (0,15 г/т) руд Шатского уранового месторождения обусловлена полигенным и полихронным характером оруденения. На это указывает сложный многостадийный характер рудно-метасоматического процесса и широкий геохимический спектр руд (U, Mo, Zr, Th, Sr, Ti, Zr, Cu, As, Sb). Высокие концентрации золота обнаружены в урановых рудах месторождений березитовой формации Чистопольского рудного узла (Акканбурлукское, Викторское). Процесс формирования оруденения был сложным, отмечается наложение эйситовой и березитовой метасоматических формаций.

2. *Высокое содержание благородных металлов в рудах месторождений, обусловленное их*



Таблица 1

Золотосодержащие урановорудные объекты Центральной Азии (с использованием данных [7, 8, 10 и др.]		Северо-Казахстанская провинция						Алтае-Саянская провинция	
		Месторождения							
Основные характеристики	Акканбурлук	Викторовское	Косачинное	Чаглинское	Шат-1	Маньбайское	Кедровое, Оленье	Усть-Уюкское, Онкажинское	
Основные минералы руд	Настуран, пирит, халькопирит, молибденит, арсенопирит, пирротин. Присутствуют графит, антраксолит	Браннерит, уранинит, настуран, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенопирит. Присутствуют самородный мышьяк, леллингит, никобальтин, никелин	Браннерит, коффеинит, настуран, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенопирит, магнетит. Присутствуют антраксолит, графит	Настуран, коффеинит, браннерит, урановые черны, молибденит, пирит, халькопирит, арсенопирит, марказит, гематит	Коффеинит, настуран. Присутствуют браннерит, молибденит, иордизит, аршиновит, циртолит, сульфиды	Настуран, коффеинит, молибденит, иордизит, аршиновит, пирротин, марказит, халькопирит, сфалерит. Присутствуют битум и графит	Коффеинит, настуран, пирит, марказит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит, молибденит. Отмечаются самородное золото, висмут. Присутствует углеродистое вещество битум	Урановые черны, умохоит, коффеинит, настуран, пирит, марказит, арсенопирит, галенит, халькопирит, блеклая руда, молибденит, леллингит, селениты, самородные – Pb, Cu, Au, Ag, As. Присутствует битум	
Благородно-металлическая минерализация	Au в рудах до 0,9 г/т. В ранних кварц-арсенопиритовых жилах до 9 г/т	Au в рудах до 0,11 г/т	Au в рудах до 0,33 г/т	Au в рудах до 2,2 г/т	Au в рудах до 0,33 г/т	Отмечаются попутные коффеинит-настуран-арсенидно-карбонатные с золотом жилы	Au в рудах до 5 г/т	Самородное Au и Ag (зерна до 5 мкм) выявлены в урановых рудах, в самородном As и битуме	
Взаимоотношение урановой и золотой минерализации	Кварц-арсенопиритовые с золотом жилы являются наименее ранними образованиями	Более поздняя полиметаллическая минерализация с As и Au	Унаследована высокая золотосодержательность рудовмещающих пород	Более ранняя кварц-золотосульфидная минерализация (Васильковское месторождение)	Не выяснено. Сложный по стадийный характер образования	Доурановорудные золотоносные березиты; порурановорудная комплексная Au-U-As минерализация	Золотая минерализация района более древняя по отношению к урановой, с перекрытием возростов	Единая U-Au-Ag-As минерализация	



Таблица 2

Редкометалльные грейзеновые месторождения Центральной Азии, содержащие благородные металлы

Основные характеристики	Северо-Казахстанская провинция		Алтае-Саянская провинция
	Месторождение		
	Сырымбет	Донецкое	Калгутинское
Геолого-структурная позиция, возраст оруденения	Рудные зоны приурочены к Володарской зоне глубинных разломов в области контакта интрузии гранит-порфиоров (γтD ₂₋₃) с песчано-сланцевыми образованиями шарыкской свиты	Расположено на западе Шатского поднятия в юго-западной части гранитного массива (γтD ₂₋₃), в области контакта с отложениями шарыкской свиты	В центральной части крупной очагово-купольной структуры, связано с одноименным массивом лейкократовых редкометалльных позднегерцинских гранитов. Оруденение 213–202 млн лет
Основные минералы руд	Касситерит, станнин, вольфрамит, висмутин, берилл, молибденит, галенит, сфалерит, золото, циркон, колумбит, и др. (свыше 70 минералов)	Касситерит, станнин, пирит, халькопирит, молибденит, висмутин, вольфрамит, колумбит, берилл, золото и др. (более 40 минералов)	Гюбнерит, вольфрамит, халькопирит, пирит, молибденит, сфалерит, тетраэдрит, эмплектит, айкинит, висмутин, шеелит, самородные – Cu, Bi, Au, Ag, C и др. (более 60 минералов)
Благороднометалльная минерализация (г/т)	Au (до 2,5), Ag (до 15,4), Pt (до 0,7), Pd (до 0,015), Ir (до 0,08), Rh (до 0,03)	Au (до 0,2)	Au _{ср} (до 0,51), Ag (до 41), Pt (до 4,1), Pd (до 0,70), Os (до 0,09), Rh (до 0,019)
Основные факторы появления благороднометалльной минерализации	Высокая «первичная» металлоносность пород шарыкской свиты		Комплексная металлоносность рудообразующего флюида

аномальным содержанием в рудовмещающих породах, выявлено и в СКРП, и в АССО. Как правило, это черносланцевые толщи, имеющие выраженную благородно-редкометалльно-халькофильную специализацию (кординская свита Кедровско-Вороговского района и шарыкская свита СКРП).

Так, в СКРП среди разновозрастных черносланцевых толщ выделяются породы шарыкской свиты протерозойского возраста, слагающие грабены длиной до 550 км. В этих структурах открыты многочисленные месторождения урана и олова (Акканбурлукское, Косачиное, Сырымбет, Донецкое, Чаглинское и др.). Высокие содержания золота и платиноидов, как правило, отмечаются в рудных зонах на тех участках, где они развиты в отложениях шарыкской свиты [6, 11 и др.].

На месторождениях в черных сланцах возможно выявление платиноидной минерализации, которая отмечается в породах и рудах других месторождений этих районов СКРП (Западный, Центральный) и АССО (Кедровско-Вороговский) [6 и др.].

3. *Формирование оруденения из глубинных комплексных с благородными металлами флюидов* обуславливает высокие концентрации благородных металлов в рудах и проявляется на ряде урановых (Маньбайское, Онкажинское, Усть-Уюкское) месторождений и на Калгутинском редкометалльном [5, 8, 10]. В этом случае формируется единая минеральная ассоциация основных рудообразующих и благороднометалльных минералов.

Принципиальное наличие таких флюидов подтверждается исследованием современной минерализации в зонах спрединга срединно-атлантических хребтов [2].

В составе таких руд отмечается присутствие разнообразных самородных минералов (золота, серебра, висмута, мышьяка, свинца, углерода), органических веществ, а также аномальные концентрации значительного количества элементов, характеризующихся различными геохимическими свойствами (As, Zn, Cu, Hg, Be, Co, Ni, Bi, Pb, Mo, Sb, Ag, Se, TR, Zr, Ti).

Особенность этих месторождений – молодой позднепалеозой-раннемезозойский возраст оруденения, значительно оторванный от времени формирования основных золоторудных и урановорудных месторождений СКРП и АССО.

Глубинные мантийные флюиды имеют слабо дифференцированный характер. В их составе отмечается высокое содержание разнообразных газовых компонентов, в том числе водорода и различных углеводородов (от метана до гексана). Во флюиде присутствуют металлы, определяющие промышленную ценность и геохимические особенности оруденения.

Изолированное влияние выделенных факторов можно проследить только в рамках отдельных рудных тел и, реже, месторождений. В рудных полях и узлах они проявляются комплексно.

Для рудных районов и узлов, включающих золотосодержащие урановые и редкометалльные месторождения, типично длительное многоэтапное и многостадийное развитие. Оно охватывает периоды продолжительностью от 70 до 490 млн лет [7, 9]. Сами рудные районы и узлы характеризуются комплексной минерацией (Чаглинский, Маньбайский, Кедровско-Вороговский).

Содержание благородных металлов значительно варьирует в различных частях месторож-



дений, в различных технологических типах руд и концентратах [3–5].

Выводы

Выполненные исследования показывают, что благороднометалльная минерализация широко распространена в рудах гидротермальных урановых и редкометалльных месторождений Центральной Азии. Появление высоких концентраций элементов определяется тремя главными факторами: совмещением разноформационного и полихронного оруденения в пределах одних рудоконтролирующих структур; унаследованием высокой золотоносности исходных рудовмещающих пород; металлоносностью рудообразующих флюидов глубинного (мантийного) происхождения. Изолированное влияние этих факторов можно проследить только в рамках отдельных рудных тел и реже месторождений, а в рудных полях и узлах они проявляются комплексно.

Весьма интересно проявление молодой (верхнепалеозойской – раннемезозойской) комплексной настуран-арсенопирит-золотокарбонатной минерализации на Маньбайском, Усть-Уюкском и Онкажинском месторождениях и формирование комплексного с благородными металлами редкометалльного оруденения Калгутинского месторождения. Очевидно, что минерагенический потенциал этого периода в плане выявления комплексных руд раскрыт далеко не в полной мере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жаркова, О. В.** О соотношении урановой и золотой минерализации на Васильковском месторождении [Текст] / О. В. Жаркова, Л. И. Лукин // *Материалы по геологии урановых месторождений: Информационный сборник.* – М.: ВИМС, 1981. – Вып. 70. – С. 98–104.
2. **Жмодик, С. М.** Золотоурановая ассоциация в гидротермальных системах Срединно-Атлантического хребта [Текст] / С. М. Жмодик, А. С. Жмодик, В. А. Акимцев // *Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах: матер. Всерос. конф. с иностранным участием, посвящ. 50-летию СО РАН и 80-летию Ф. П. Кренделева.* – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. – С. 138–139.
3. **Закономерности** формирования благороднометалльного оруденения в гидротермальных урановых и редкометалльных месторождениях Центральной Азии [Текст] / А. А. Поцелуев, Ю. С. Ананьев, В. Г. Житков, Д. И. Бабкин // *Вестн. РФФИ.* – 2013. – № 1(77), январь–март. – С. 21–26.
4. **Золото** в рудах редкометалльного месторождения Сырымбет (Северный Казахстан) [Текст] / А. А. Поцелуев, В. В. Перегудов, Д. И. Бабкин, Ю. С. Ананьев // *Изв. ТПУ.* – 2012. – Т. 321, № 1. – С. 41–45.
5. **Калгутинское** редкометалльное месторождение (Горный Алтай): магматизм и рудогенез [Текст] / А. А. Поцелуев, Л. П. Рихванов, А. Г. Владимиров [и др.]. – Томск: STT, 2008. – 226 с.
6. **Киселев, А. Ф.** Геохимия редкоземельных элементов и благородных металлов в черносланцевых формациях Северного Казахстана [Текст] / А. Ф. Киселев, А. А. Юшин // *Бассейны черносланцевой седиментации и связанные с ними полезные ископаемые: тез. докл. Междунар. симп. Т. II.* – Новосибирск: ОИГГиМ, 1991. – С. 77–78.
7. **Мельников, В. И.** Вещественный состав руд и последовательность минералообразования на золотых и урановых объектах заангарской части Енисейского кряжа [Текст] / В. И. Мельников // *Геология месторождений урана, редких и редкоземельных металлов.* – М.: ВИМС, 1992. – Вып. 133. – С. 49–59.
8. **Мельников, В. И.** Особенности минералогии гидротермального этапа в молассоидных осадочных толщах Онкажинского урановорудного месторождения в Тувинском прогибе [Текст] / В. И. Мельников, А. В. Варданянц // *Геология месторождений урана, редких и редкоземельных металлов.* – М.: ВИМС, 1987. – Вып. 108. – С. 82–90.
9. **Новожилов, Ю. И.** Типизация золоторудных месторождений складчатых областей миогеосинклинального типа [Текст] / Ю. И. Новожилов, А. М. Гаврилов // *Руды и металлы.* – 1995. – № 5. – С. 54–71.
10. **О новом** типе золотоурановой жильной минерализации (Аксу-Маньбайский рудный узел) [Текст] / Э. М. Спиридонов, Г. М. Широкова // *Материалы по геологии урановых месторождений: информационный сборник.* – М.: ВИМС, 1988. – Вып. 111. – С. 73–77.
11. **Поцелуев, А. А.** Закономерности формирования благороднометалльного оруденения в гидротермальных урановых и редкометалльных месторождениях (на примере Алтае-Саянской и Северо-Казахстанской областей): Автореф. дис. ... д. г.-м н. [Текст] / А. А. Поцелуев. – Томск, 2008. – 41 с.
12. **Поцелуев, А. А.** Редкие элементы и золото в месторождениях Северо-Казахстанской урановорудной провинции [Текст] / А. А. Поцелуев, Л. П. Рихванов, С. Л. Николаев // *Изв. ТПУ.* – 2001. – Т. 304, вып. 1. – С. 197–209.
13. **Редкие** элементы и золото в месторождениях олова Северо-Казахстанской рудной провинции [Текст] / А. А. Поцелуев, Л. П. Рихванов, С. Л. Николаев [и др.] // *Изв. вузов. Геология и разведка.* – 1997. – № 3. – С. 74–80.
14. **Сафонов, Ю. Г.** Золоторудные и золото-содержащие месторождения мира – генезис и металлогенический потенциал [Текст] / Ю. Г. Сафонов // *Геология рудных месторождений.* – 2003. – Т. 45, № 4. – С. 305–320.