

43. Чекваидзе В.Б., Исакович И.З., Миляев С.А. и др. // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 1999. – № 6. – С. 62-67.
44. Нарсеев В.А. // Руды и металлы. – 1998. – № 5. – С. 70-75.
45. Савицкий А.В., Былинская Л.В., Зайцев В.С. // Доклады РАН. – 1999. – Т. 365. – № 5. – С. 674-676.
46. Жабин А.Г. // Отечественная геология. – 1997. – № 6. – С. 35-40.
47. Кучеренко И.В. // Геохимические критерии прогнозной оценки оруденения. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 104-109.
48. Кучеренко И.В. // Проблемы геодинамики и минерализации южной Сибири. – Томск: Томск. госуд. ун-т, 2000. – С. 33-43.
49. Кучеренко И.В. // Известия АН СССР. Серия геологич. – 1989. – № 6. – С. 90-102.
50. Вилор Н.В., Лепин В.С., Станевич А.М. и др. // Доклады АН СССР. – 1991. – Т. 318. – № 2. – С. 396-400.
51. Макрыгина В.А., Развозжаева Э.А., Мартихаева Д.Х. // Геохимия. – 1991. – № 3. – С. 358-369.
52. Кучеренко И.В. // Известия АН СССР. Серия геологич. – 1990. – № 10. – С. 78-91.
53. Кучеренко И.В. // Петрография на рубеже XXI века. Итоги и перспективы: Материалы 2 Всероссийского петрографического совещания, г. Сыктывкар, июнь 2000 г. – Т. 3. – Сыктывкар: Ин-т геологии Коми научного центра УрО РАН, 2000. – С. 199-203.

ESOTERMAL ORE DEPOSITION CONCEPTION IN GOLD ORE REGIONS OF SOUTH SIBERIA FOLDED STRUCTURES

I.V. Kucherenko

The material, genetic and geologic criterions of the similarity and distinctions between gold deposits originated in carbon - bearing schist series and non - schist substratum are discussed. Magmatogene mesothermal origin of both aggregates of deposits are proved.

УДК 553.495:553.411

РЕДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ЗОЛОТО В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ УРАНОВОРУДНОЙ ПРОВИНЦИИ

Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Николаев С.Л.

Впервые приведена информация об уровнях накопления редких элементов и золота в урановорудных месторождениях провинции. Раскрыты причины образования высоких концентраций элементов на ряде объектов. Аномальные содержания редкоземельных элементов, главным образом легких лантаноидов, характерны для руд месторождений, локализующихся в лейкогранитах и эпиплейцитах интрузивных комплексов девонского возраста. Наибольшие содержания средних и тяжелых лантаноидов отмечаются в рудах тех месторождений, где отсутствует явная связь с интрузивными комплексами. Высокие содержания золота (0,п г/т) выявлены в рудах 7 месторождений и участков, что обусловлено двумя главными факторами: совмещением разноформационного и полихронного золотого и уранового оруденения в пределах одних рудоконтролирующих структур и высокой золотоносностью (0,п – п,0 г/т) доломит-углеродистых сланцев шарыкской свиты (R₂sh). Сделан вывод о высоких перспективах выявления в провинции месторождений богатых комплексных золото-уран-редкометалльных с платиноидами руд.

ВВЕДЕНИЕ

Северо-Казахстанская урановорудная провинция (СКУРП) занимает северную часть Кокшетау-Северо-Тянь-Шаньского ураноносного пояса и объединяет более 50 урановых месторождений. Высокие перспективы ураноносности провинции были определены уже в 1950-е годы. С момента открытия первых месторождений в провинции проведены значительные объёмы геологических, геофизических, геохимических и других исследований, пробурена сверхглубокая скважина СГ-1, давшая уникальную геологическую информацию.

В провинции наряду с месторождениями урана выявлены и разведаны промышленные

эндогенные месторождения олова, золота, урана, вольфрама, метаморфогенные месторождения алмазов, россыпи олова, титана и циркония, а также ряд проявлений других полезных ископаемых, создающих в целом уран-золото-редкометалльный металлогенический профиль провинции.

Формирование месторождений провинции происходило в различных геодинамических обстановках и на разных этапах развития региона. Нередко разнотипные месторождения пространственно и геологически совмещены в пределах одних рудных узлов и полей, что обуславливает в ряде случаев полигенный, полихронный и комплексный характер оруденения.

Особенности геологического строения СКУРП позволяют прогнозировать здесь высокие перспективы рудоносности зон региональных структурно-стратиграфических несогласий, с которыми в Австралии, Канаде и других районах мира связаны крупнейшие месторождения богатых комплексных золото-уран-редкометалльных руд [1,2,3]. Однако, в связи с узковедомственным подходом, многие месторождения не получили комплексной оценки на широкий круг элементов, в том числе и золото.

Также необходимо учитывать то обстоятельство, что для территории провинции характерно широкое развитие кор выветривания. Это значительно ограничивает возможности проведения поверхностных литогеохимических исследований и выдвигает на первый план постановку комплексных геохимических исследований на разведываемых и эксплуатируемых месторождениях, которые вскрыты горными и буровыми работами. Полученный таким образом материал является весьма ценным для построения моделей формирования рудных месторождений, оценки металлогенических особенностей провинции, выработки прогнозно-поисковых критериев слабопроявленного и глубокозалегающего оруденения.

Нами были проведены исследования уровней накопления редкоземельных, некоторых редких элементов и золота в рудах и рудовмещающих породах более чем на 30 месторождениях урана, олова, золота и других полезных ископаемых провинции. В исследованиях также принимали участие В.В. Ветров и Л.Э. Федорина. В основу работы положены результаты инструментального нейтронно-активационного анализа, выполненного на базе исследовательского ядерного реактора в лаборатории ядерно-геохимических исследований Томского политехнического университета (зав. лабораторией Е.Г. Вертман, аналитик А.Ф. Судыко). Контрольные анализы проводились в лабораториях ПГО «Степгеология» (Республика Казахстан), ПГО «Березовгеология», Кольского филиала РАН. Результаты изучения оловорудных месторождений СКУРП опубликованы ранее [4].

СТРУКТУРНО – ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СКУРП

СКУРП в геотектоническом плане отвечает Кокшетаускому докембрийскому срединному массиву и его каледонскому геосинклинально-складчатому обрамлению, которые, в свою очередь, являются фрагментами юго-западной ветви каледонид Урало-Монгольского подвижного пояса. Западной границей провинции является Тургайский прогиб, на юге она скрыта под верхнепалеозойскими отложениями Тенизской впадины, на севере плавно погружается под мезокайнозойский чехол Западно-Сибирской низменности, восточной границей служит Селетинский прогиб.

Тектоническое строение СКУРП определяется, главным образом, развитием двух типов региональных блоковых структур, характеризующихся резко различной плотностью в соответствии с наличием или отсутствием гранитизированного фундамента: разуплотнённых гранитизированных полигональных блока и плотных, преимущественно линейно-складчатых межблоковых зон. Первые отвечают структурам, имеющим преимущественное воздымание с широким проявлением процессов гранитизации, вторые – складчатым зонам на месте рифто-геосинклинальных структур (рис. 1).

В развитии Кокшетауского срединного массива и, следовательно, СКУРП выделяются четыре главных этапа, на которых формировались характерные структурно-формационные комплексы (СФК).

Первый, докембрийский этап связан с зарождением и длительной эволюцией гранито-гнейсовых куполов, формированием кристаллического фундамента и осадочного чехла древней платформы. Для СФК этого типа характерна высокая степень метаморфизма и гранитизации с образованием структур типа гранито-гнейсовых куполов. Метаморфические и магматические образования этого этапа характеризуются преимущественно редкометалльной геохимической специализацией. Вместе с тем, существенного редкометалльного оруденения в связи

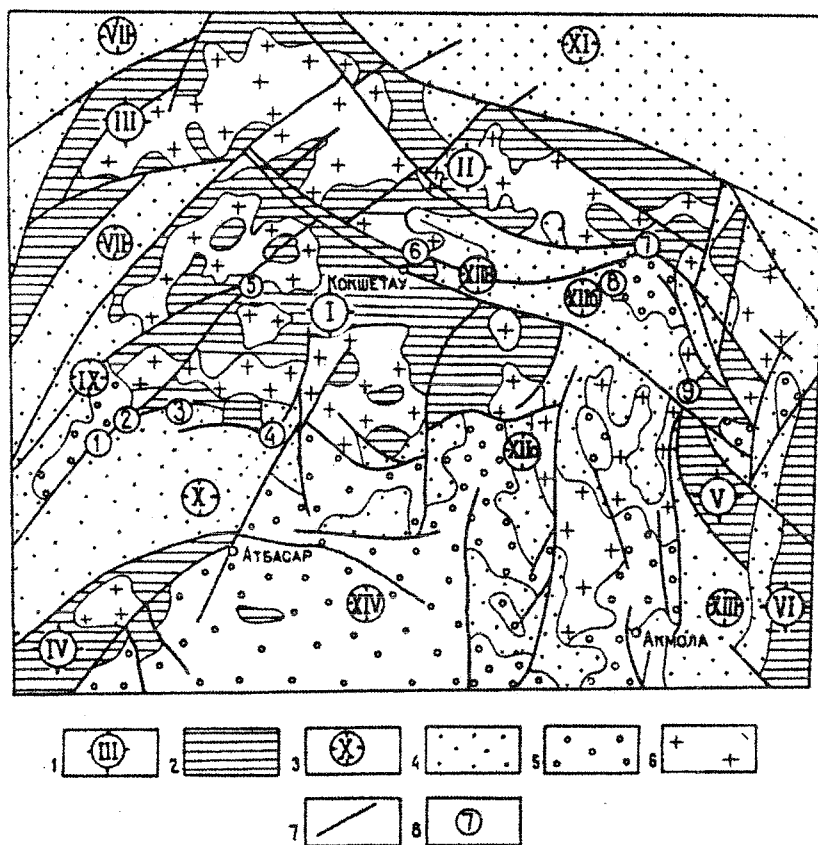


Рис. 1. Тектоническая структура Северо-Казхастанской урановорудной провинции:

1 – поднятия: I – Кокшетауское, II – Заградовско-Шатское, III – Дмитриевское, IV – Джаркайнагашское, V – Ешкиольмесское, VI – Ерментаусский антиклинорий; 2 – выступы докембрийского и нижнепалеозойского фундамента; 3 – прогибы: VII – М-кушинский, VIII – Марьевский, IX – Стерлитамак – Шарыкский, X – Калмыккольский, XI – Петропавловский, XII – Восточно – Кокшетауский (блоки: XIIа – Степнякский, XIIб – Коксенгирсорский, XIIв – Азатский), XIII – Селетинский, XIV – Тенизская впадина; 4 – прогибы, выполненные ордовик–силурийскими отложениями; 5 – каменноугольно-пермские образования; 6 – каледонские гранитоиды; 7 – основные разломы; 8 – урановорудные узлы (номера в малых кружках): 1 – Ишимский, 2 – Шокпак – Камышовый, 3 – Чистопольский, 4 – Балкашинский, 5 – Грачевский, 6 – Чаглинский, 7 – Шатский, 8 – Коксенгирский, 9 – Аксу – Маньбайский

с данным этапом не выявлено, хотя предпосылки имеются [6].

В течение второго, раннекембрийского-раннесилурийского этапа неоднородный Кокчетавский срединный массив обособился внутри каледонской складчатой системы как устойчивый блок земной коры. В это время в обрамлении массива развиваются рифтогенные прогибы с характерными щелочно-ультрамафитовыми, гипербазитовыми интрузиями и офиолитовыми комплексами.

В позднесилурийско-девонское время вся область вовлекается в процессы континентального орогенеза, в ходе которых формируются главным образом континентальные (вулканогенно-осадочные) фации с присущей им резкой фациальной изменчивостью. Магматические и осадочно-вулканогенные образования второго и третьего этапов характеризуются сидерохалькофильной специализацией.

Третий этап развития обусловлен процессами тектоно-магматической активизации в позднем палеозое и раннем мезозое в связи с эволюцией смежных герцинских – Тургай – Средне-Тяньшаньской и Чингиз-Тарбагайской зон. На этом этапе происходило чередование стадий стабилизации и активизации тектонического режима. Стабилизационные верхнепалеозойские СФК сложены исключительно осадочными формациями. В мезозойскую стадию

формировались СФК тафrogenных впадин с присущими им угленосными молассоидными континентальными отложениями, которые нередко сопряжены с контрастно-дифференцированными образованиями трахибазальтриолитовой формации.

Ведущими урановорудными формациями СКУРП являются формации в низкотемпературных метасоматитах (урановая, фосфор-урановая в эйситах и урановая, молибден-урановая в эйситах и березитах). Эндеогенное урановое оруденение приурочено к структурно-металлогеническим зонам, выделяемым в контурах рифтогенных зон деструкции земной коры. В целом на территории провинции выделяется четыре основные металлогенические зоны [1], соответствующие рангу рудных районов, которые объединяют 9 основных рудных узлов (рис. 1).

Проведёнными исследованиями охвачены 20 урановых месторождений и участков восьми рудных узлов всех основных урановорудных зон провинции: Ишимско-Балкашинской, Бурлукской (Володарской), Чаглинско-Маньбайской и Кубасадырской (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изученные урановорудные месторождения различных рудных узлов и зон значительно отличаются по уровням накопления и характеру распределения редких (Sc, Hf, Ta), редкоземельных (La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu) элементов и золота (табл. 1, рис. 2).

Суммарное содержание изученных редкоземельных элементов (ΣTR) в рудах большинства месторождений значительно превосходит их среднее содержание в земной коре (кларк). Исключение составляют ряд месторождений Ишимско-Балкашинской урановорудной зоны (Камышовое, Акканбурлукское, Дергачёвское, Восток, Ольгинское), которые в основном относятся к березитовой формации. По величине ΣTR урановорудные зоны в порядке возрастания выстраиваются в ряд: Ишимско-Балкашинская - Бурлукская (Володарская) - Чаглинско-Маньбайская - Кубасадырская. Максимальное содержание ΣTR отмечается в рудах Агашского месторождения, залегающего в лейкократовых гранитах одноимённого массива (γD_{1-2}), и в рудах Кубасадырского и Приречного месторождений, залегающих в щелочных интрузивно-вулканогенных образованиях Ишимского массива ($\epsilon \tau \Pi D_3$).

С увеличением ΣTR в рудах месторождений закономерно изменяется соотношение лёгких, средних и тяжёлых лантаноидов. Общая сумма редкоземельных элементов возрастает в основном за счёт увеличения лёгких лантаноидов (La, Ce), при этом увеличиваются отношения La/Yb и La/Lu (рис. 2).

Соотношение лёгких и средних лантаноидов (La/Yb, Ce/Yb) в месторождениях меняется весьма значительно как в большую, так и в меньшую сторону относительно их отношений в земной коре. Вместе с тем, как видно на диаграммах, величина кларковых отношений элементов делит общую выборку месторождений на две разновеликие группы, из которых большая группа (12 месторождений и участков) характеризуется смещением отношения в сторону лёгких лантаноидов.

В соотношении лёгких и тяжёлых лантаноидов (La/Lu) отмечается обратная зависимость. Подавляющее большинство изученных объектов (15 из 20) отличаются смещением отношений в сторону тяжёлых лантаноидов (уменьшение La/Lu) относительно отношения их содержаний в земной коре. Причём это отношение минимально в рудах месторождений Ишимско-Балкашинской зоны, которые характеризуются минимальным содержанием ΣTR .

По отношению Sc к Ta все месторождения сдвинуты в сторону Ta относительно отношений кларков элементов. Также все без исключения изученные месторождения характеризуются высокими надкларковыми содержаниями Hf. Всё это указывает на высокую степень геохимического родства урана с редкими и редкоземельными элементами при формировании гидротермальных урановых месторождений провинции.

Высокие содержания золота ($> 0,05$ г/т) выявлены в рудах семи месторождений и участков различных рудных зон и узлов. Анализ материалов показывает, что появление высоких концентраций золота обусловлено двумя факторами. Во-первых, высокие концентрации золота выявляются в рудах уран-березитовой формации (Акканбурлукское, Викторовское месторождения) или при совмещении ураноносных эйситов и березитов (Шатское, Чаглинское месторождения). Вторым фактором, определяющим высокую золотоносность руд, является локализация оруденения (эйситовой или березитовой формации) в золотоносных углеродисто-кремнистых сланцах шарыкской свиты (R_{2Sh}).

Вместе с тем, есть характерные особенности в распределении редких, редкоземельных

Таблица 1

Содержание редких элементов и золота в рудах урановых месторождений
СКУРП

Sc		La		Ce		Sm		Eu		Yb		Lu		Hf		Ta		Au	
\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V
1. Ишимско – Балкашинская урановорудная зона																			
1.1. Шокпак – Камышовый рудный узел																			
Ураноносные эйситы в красноцветных молассоидах (D ₁₋₂)																			
1. Месторождение Шокпак																			
11	57	23	10	66	40	3,6	63	3,5	65	3,1	30	2,2	24	7,0	29	<0,5		-	
2. Камышовое месторождение																			
14	25	9,8	49	<30		<3		1,8	30	<0,5		<0,5		14	110	1,8	75	-	
1.2. Чистопольский рудный узел																			
Ураноносные березиты:																			
- в сланцах шарыкской (R _{2sh}) и андреевской свит (R _{3an})																			
3. Акканбурлукское месторождение																			
14	40	<7		<30		<3		3,0	75	8,5	77	2,3	71	120	90	2,7	97	0,18	120
- в красноцветных молассоидах (D ₁₋₂)																			
4. Викторовское месторождение																			
10	20	100	160	<30		<3		1,3	37	0,5	58	2,0	39	6,3	71	0,9	85	0,05	93
1.3. Балкашинский рудный узел																			
Ураноносные березиты																			
в сланцах ефимовской свиты (Pt _{ef})																			
5. Дергачевское месторождение																			
10	74	<7		<30		<3		2,8	160	4,9	107	2,7	42	85	86	4,6	140	-	
в терригенных отложениях (O ₂₋₃) и эффузивах (D ₂₋₃)																			
6. Месторождение Восток																			
19	40	<7		32	68	<3		1,7	34	<0,5		<0,5		15	74	3,2	110	-	
в кислых эффузивах (D ₂₋₃)																			
7. Ольгинское месторождение																			
3	96	<7		<30		<3		3,0	110	8,9	90	3,3	33	74	106	4,4	85	-	
2. Бурлукская (Володарская) урановорудная зона																			
2.1. Грачевский рудный узел																			
Ураноносные эйситы																			
в гранитах Легаевского массива (γD ₁₋₂)																			
8. Грачевское месторождение																			
23	68	90	120	<30		<3		2,9	129	9,7	150	1,9	100	8,0	69	1,0	55	-	
9. Косачинское месторождение																			
в зоне контакта порфириров (C ₁₋₂) и сланцев шарыкской свиты (R _{2sh})																			
9.1. Центральный участок																			
23	120	31	63	91	190	7,1	50	1,7	66	2,1	55	2,9	61	20	100	0,9	87	0,20	150
в сланцах шарыкской свиты (R _{2sh})																			
9.2. Участок Сартубек																			
3,5	60	11	98	120	290	18	200	0,8	85	1,4	61	0,5	66	18	110	0,7	54	0,16	92
в вулканогенно-терригенных отложениях (O ₃ -S ₁)																			
9.3. Кутузовский участок																			
17	24	30	69	93	92	20	168	1,7	65	2,9	29	1,3	300	17	130	1,3	36	-	
в песчанно-сланцевых отложениях (R _{3an})																			
9.4. Болотный участок																			
9,4	29	120	85	<30		<3		2,7	33	0,8	83	2,2	55	23	55	1,3	190	-	

Sc		La		Ce		Sm		Eu		Yb		Lu		Hf		Ta		Au	
\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V	\bar{x}	V
9.5. Западный участок																			
5,3	73	110	115	<30		<3		0,9	64	<0,5		1,7	103	10	140	0,6	58	-	
3. Чаглинско – Маньбайская урановорудная зона																			
3.1. Чаглинский рудный узел																			
Ураноносные эйситы в кварцитах и сланцах шарыкской свиты (R_{2sh})																			
10. Чаглинское месторождение																			
20	106	24	38	34	85	15	140	1,8	30	3,9	210	0,6	110	12	58	0,7	35	0,30	170
3.2. Шатский рудный узел																			
11. Шатское месторождение																			
Совмещены ураноносные эйситы и березиты в вулканитах (O_2)																			
16	90	<7		44	72	<3		2,7	66	0,5	110	<0,5		4,9	79	0,6	64	0,15	97
12. Агашское месторождение																			
Ураноносные эйситы в лейкократовых гранитах (γD_{1-2})																			
11	25	130	100	200	140	<3		2,0	36	1,1	47	1,4	88	17	84	1,1	47	-	
3.3. Коксенгирский рудный узел																			
Ураноносные эйситы в известняках тастыкольского горизонта (O_3^1)																			
13. Заозерное месторождение																			
4,7	38	9,2	90	72	88	16	100	0,9	48	15	77	3,0	80	19	64	0,6	24	-	
14. Тастыкольское месторождение																			
9,2	80	12	74	44	140	9,0	170	1,1	44	11	150	2,8	150	24	100	0,6	29	-	
4. Кубасадырская структурно – металлогеническая зона																			
4.1. Кубасадырский рудный узел																			
Ураноносные эйситы в эпилейцитах Ишимского массива ($\epsilon_{тл} D_3$)																			
15. Месторождение Кубасадыр																			
16	32	100	68	180	66	<3		2,6	43	2,0	144	<0,5		86	90	1,0	74	-	
16. Месторождение Приречное																			
3,8	180	90	61	160	140	<3		2,8	44	1,0	49	<0,5		39	100	1,2	49	-	
Среднее содержание элементов в земной коре [5]																			
30		16		33		3,5		1,1		2,2		0,3		3		1			0,003

Примечание: \bar{x} - среднее содержание элемента, г/т;

V - коэффициент вариации, %

Прочерк – содержание Au <0,05 г/т

элементов и золота в месторождениях отдельных урановорудных зон и районов, которые обусловлены их геологическими и минерогеническими особенностями.

Ишимско-Балкашинская урановорудная зона объединяет 7 изученных месторождений трёх различных рудных узлов (Шокпак-Камышовый, Чистопольский, Балкашинский). Месторождения этой зоны в большинстве своём характеризуются наименьшими (субкларковыми) концентрациями ΣTR , за исключением месторождений, локализующихся в красноцветных молассоидах орогенных депрессионных структур (Шокпак, Викторовское). Соотношение лёгких (La) и тяжёлых лантаноидов (Lu) в рудах месторождений максимально смещено в сторону тяжёлых элементов, что выражается минимальной величиной La/Lu (рис. 2).

В рудах месторождений **Чистопольского рудного узла** (Акканбурлукское, Викторовское) выявлены высокие концентрации золота, в среднем до 0,18 г/т (табл. 1). Оруденение в пределах узла связано с березитовой формацией. По данным [1] в рудах также отмечаются повышенные концентрации Ti, As, Zn, Cu, Pb, Hg. Процесс формирования оруденения был сложным, отмечается наложение эйситовой и березитовой метасоматических формаций.

Высокие концентрации золота в рудах Акканбурлукского месторождения, по нашему мнению, связаны с углеродисто-кремнистыми сланцами шарыкской свиты (R_{2sh}), которые в пределах рудного узла повсеместно катаклазированы и содержат большое количество тел гранитоидов.

Высокая золотоносность руд Викторовского месторождения обусловлена совмещением

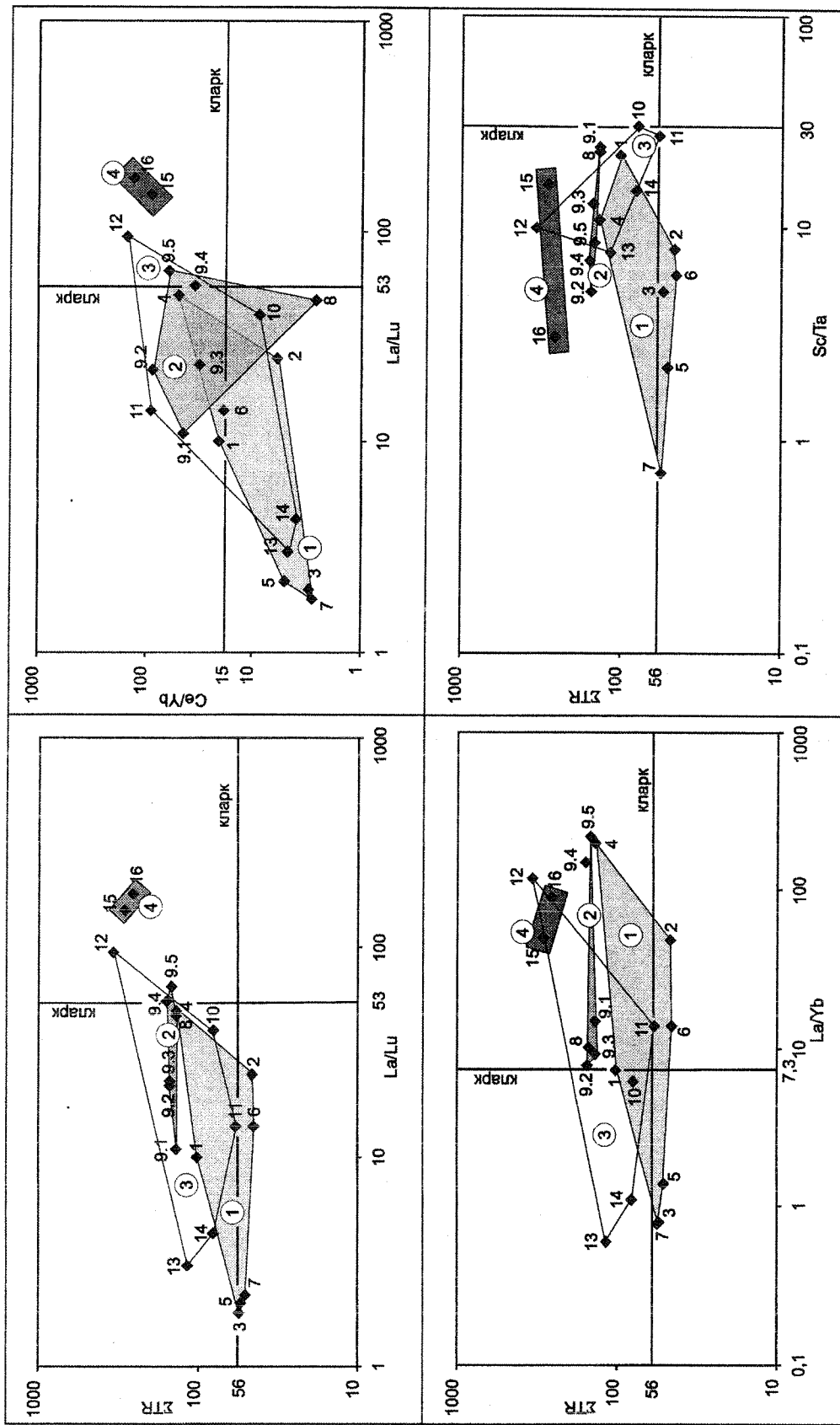


Рис.2. Положение урановорудных зон (районов) и месторождений на диаграммах соотношений суммы изученных редкоземельных элементов (ΣTR) и отношений La/Lu , La/Yb , Sc/Ta .

* Цифрами обозначены номера месторождений и рудных зон (в кружках) в соответствии с табл.1.

Кларк - линиями на диаграммах обозначены средние содержания элементов и их отношений в земной коре [5]

разнотипных процессов, что подтверждается выявлением в той же геологической обстановке (в красноцветных малассоидах) гидротермального золотого оруденения в березитах (Литвиновское рудопроявление).

Перспективы золотоносности урановых месторождений Ишимско-Балкашинской зоны можно оценить как весьма высокие, особенно в случае наложения процессов березитизации на отложения шарыкской свиты. Нашими исследованиями не охвачены месторождения Ишимского рудного узла, где так же можно ожидать высокие содержания Au, на что указывает наличие самородного Ag в рудах Центрального месторождения [1].

Месторождения Ишимско-Балкашинской рудной зоны характеризуются максимальными уровнями накопления Hf (до 85 – 120 г/т в рудах Дергачёвского и Акканбурлукского месторождений) и Ta (до 3,2 – 4,6 г/т – Балкашинский рудный узел). Рудовмещающие структуры Балкашинского рудного узла были мобильны в заключительные стадии орогенеза [1], для которого характерно проявление специализированного редкометального магматизма [6], что и наложило свой отпечаток на геохимический спектр урановых месторождений.

Бурлукская (Володарская) урановорудная зона включает в себя крупнейший в провинции **Грачёвский рудный узел**. Геотектоническая позиция узла определяется его размещением в северо-западной части Кокшетауского массива и приуроченностью к области регионального структурно-стратиграфического несогласия между кристаллическим докембрийским основанием и палеозоидами наложенного Шарыкского прогиба. Крупнейшими месторождениями узла являются Косачиное и Грачёвское. Руды месторождений характеризуются стабильно высокими содержаниями редкоземельных элементов (ΣTR) при высоких вариациях отношений лантаноидов (рис. 2).

Отмечается общее смещение относительно кларковых отношений в сторону тяжёлых (La/Lu) и лёгких (La/Yb) элементов. На Косачинном месторождении в рудах, локализующихся в сланцах шарыкской свиты, выявлены высокие содержания золота (среднее до 0,2 г/т).

Наиболее детальные исследования были выполнены в пределах Косачиное месторождения, где изучено оруденение на 5 участках и получены уникальные геолого-геохимические материалы по всему разрезу рудовмещающих отложений по сверхглубокой скважине СГ-1 (табл. 2).

Таблица 2

Среднее содержание редких элементов и золота в геологических образованиях Косачиное месторождения по данным изучения керна скважины СГ-1, г/т

Геологические образования, интервал по керну скважины	Sc	La	Ce	Sm	Eu	Yb	Lu	Hf	Ta	Au
Диабазовые порфириды (βC_{1-2}), 18 – 2465 м	47	5,6	19	2,5	1,5	2,6	0,6	0,3	2,7	<0,05
Эйситы, развитые по диабазовым порфиридам, 2465 – 2522 м	24	14	21	3,1	2,2	2,7	0,8	4,2	1,0	<0,05
Тоналиты (γS), 2522 – 2746 м	18	20	33	3,9	1,5	2,9	0,8	5,5	0,8	<0,05
Скарны, развитые по отложениям шарыкской свиты, 2746 – 2929 м	13	16	47	6,2	1,7	3,1	1,0	6,0	0,8	0,10
Кварциты и кварц-углеродистые сланцы шарыкской свиты, 2929 – 3152 м	3	2,2	6,1	0,7	1,1	0,4	0,4	0,8	0,3	0,30

Анализ данных по СГ-1 показывает, что вскрытые на глубине рудоносные эйситы, развитые по диабазовым порфиридам, по своим геохимическим характеристикам соответствуют рудам Центрального участка (в районе которого была заложена скважина) и весьма близки к тоналитам, которые, возможно, в данном случае играли роль флюидопроводника.

Обращает на себя внимание высокая золотоносность отложений шарыкской свиты. Среднее содержание золота в них достигает 0,3 г/т. Вместе с тем, эти отложения весьма неоднородны и максимальные содержания золота (до 3,6 г/т) отмечаются в пиритсодержащих углеродистых сланцах чёрного цвета. В скарнах, развитых на контакте с тоналитами, среднее содержание золота заметно ниже (0,1 г/т). Однако, в пределах рудного поля известно рудопроявление Лесное, где выявлены золотоносные скарны с сульфидной минерализацией, развитые по породам шарыкской свиты.

Всё это является убедительным доказательством высокой первичной золотоносности отложений шарыкской свиты, которая в свою очередь являлась источником золота при формировании в её отложениях более позднего эндогенного оруденения. Это подтверждается и материалами исследования оловорудных месторождений провинции [4].

На отдельных участках Косачинового месторождения выявлены высокие содержания редкоземельных элементов (Ce, Sm, Lu). В отдельных пробах Центрального участка содержания этих элементов в несколько раз превосходят осреднённые значения. В этих пробах также выявлены аномально высокие концентрации Sc (до 150 г/т), Hf (до 93 г/т), Sb (до 12 г/т), Zr (до 400 г/т), Nb (до 140 г/т), Y (до 60 г/т).

В связи с уникальностью геохимического спектра, руды отдельных локальных тел Косачинового месторождения были использованы как природная структурообразующая добавка для получения высокотемпературной керамики с оригинальными управляемыми свойствами [7, 8, 9]. Это открывает новые перспективы использования сырья и позволяет ставить вопрос о комплексном редкометалльно-редкоземельном характере урановых руд Косачинового и некоторых других месторождений СКУРП [10].

Есть и другие данные, указывающие на высокое содержание редких и редкоземельных элементов в рудах месторождений Грачёвского рудного узла. Так в рудах Грачёвского месторождения отмечаются повышенные содержания редкоземельных элементов цериевой группы (до 0,1 – 0,2 %), а также Li, Sc, Zr, Sn, F, Be, Nb, особенно вблизи контакта гранитов с известняками шарыкской свиты, где резко увеличивается содержание P_2O_5 до 2,5 – 27 % [1].

Высокой редкометальностью характеризуются также вмещающие оруденение Грачевского месторождения граниты Легаевского массива (γD_{1-2}). Анализ отдельных проб гранитоидов массива показывает высокие концентрации La (180 г/т), Ce (310 г/т), Sm (60 г/т), Tb (11 г/т), Yb (52 г/т), Lu (7,4 г/т).

Чаглинско-Маньбайская урановорудная зона включает в себя 6 рудных узлов, из которых проведенными исследованиями охвачены 5 месторождений Чаглинского, Шатского и Коксенгирского рудных узлов. Помимо урана рассматриваемая зона включает в себя крупнейшее в Казахстане Васильковское золоторудное месторождение, мелкое полиметаллическое месторождение Берёзовское, рудопроявления олова и железа, циркон-титан-магнетит-ильменитовые россыпи.

По средним характеристикам редкометалльно-редкоземельного спектра месторождения Чаглинско-Маньбайской урановорудной зоны занимают промежуточное положение между месторождениями Ишимско-Балашинской и Бурлукско-Володарской урановорудных зон (рис. 2). Резко выделяется Агашское месторождение по высокому содержанию редких элементов (ΣTR), что обусловлено формированием оруденения в лейкократовых гранитах (γD_{1-2}). По величине La/Lu основная группа месторождений (кроме Агашского) смещена в сторону тяжелых лантаноидов относительно кларковых отношений элементов.

В пределах Чаглинского рудного узла изучено одноимённое месторождение. По концентрации и соотношению редких и редкоземельных элементов Чаглинское месторождение имеет субкларковые характеристики. Яркой отличительной особенностью месторождения является высокая золотоносность урановых руд (в среднем 0,3 г/т, до 2,2 г/т по отдельным пробам). По данным [1] в отдельных залежах месторождения содержание золота составляет 0,6–0,8 г/т.

Высокая золотоносность Чаглинского месторождения объясняется рядом факторов. В пределах рудного узла располагается крупное Васильковское месторождение золота, относящееся к формации золотоносных березитов. Урановое оруденение рудного узла, по данным свинцово-изотопных исследований, полихронное, сформировавшееся в интервале от 420 до 250 – 270 млн. лет [1]. Отмечается совмещение разнотипных гидротермально-метасоматических изменений (эйситизация, березитизация, глинисто-гидрослюдистые изменения), различной геохимической специализации (урановорудные, золоторудные) как в пределах урановорудных зон, так и на Васильковском месторождении.

Так, проведенными радиографическими исследованиями [11] установлен постберезитовый (постзолоторудный) характер урановой минерализации на Васильковском месторождении, которая связана с развитием различных форм гематита (по пириту и в виде тонкой сети прожилок), что позволяет сделать вывод о наложении ураноносных эйситов на золоторудные березиты.

С другой стороны, важным обстоятельством является то, что руды Чаглинского месторождения залегают в пределах шарыкской свиты, высокая золотоносность которой фиксируется на всех изученных объектах.

Шатский рудный узел объединяет три урановорудных месторождения и ряд рудопроявлений, относящихся к Карашатской подзоне, в состав которой также входят месторождения золотополиметаллической формации (Айчобак, Жаналык, Матсор). В пределах Шатского рудного узла изучены урановые месторождения Шатское и Агашское, значительно отличающиеся друг от друга по геолого-структурной позиции и геохимическому спектру руд.

Руды Шатского месторождения локализованы в андезитобазальтовых порфиритах и туфах среднего ордовика. Имея субкларковые характеристики содержаний и отношений редких и редкоземельных элементов, месторождение занимает соответствующее положение на диаграммах (рис. 2). Вместе с тем, руды Шатского месторождения характеризуются высокой золотоносностью (0,15 г/т). Это, по нашему мнению, обусловлено полигенным и полихронным характером оруденения, что и объясняет сложный многостадийный характер рудно-метасоматического процесса и широкий геохимический спектр руд (U, Mo, Zr, Th, Sr, Ti, Zr, Cu, As, Sb, [1]). Близкий геохимический спектр руд выявлен нами на золотополиметаллическом месторождении Жаналык, где содержание золота достигает 6,3 г/т при средних концентрациях 1,1 г/т.

Руды Агашского месторождения залегают в лейкократовых гранитах одноимённого массива (γD_{1-2}). Наряду с высоким содержанием изученных редкоземельных элементов (табл. 1, рис. 2), в рудах отмечается [1] высокое содержание Zr (380 г/т), Y и Nb ($n \cdot 100$ г/т). Высокие концентрации редких и редкоземельных элементов в рудах объясняются металлогенической специализацией гранитоидных комплексов Казахстана лейкократовой серии [6].

В состав **Коксенгирского рудного узла** входит 6 месторождений, из которых изучены наиболее крупные Заозерное и Тастыкольское. Оба месторождения относятся к генетически уникальной фосфор-урановой субформации, контролируемой гидротермально-метасоматическими изменениями типа эйситизации. Оруденение представлено преимущественно субпластовыми линзообразными залежами, локализованными в известняках тастыкольского горизонта (O_3^1). Руды характеризуются повышенными концентрациями редкоземельных элементов (ΣTR , рис. 2) с выраженным смещением в сторону средних (La/Yb) и тяжёлых (La/Lu) лантаноидов относительно их кларковых соотношений. Наряду с редкоземельными элементами в рудах месторождений отмечаются высокие содержания Th (до 0,2 %), Zr (до 0,8 %), Sr (до 0,32 %), Ti и Mn [12]. В рудах этих месторождений не выявлено повышенных концентраций золота.

В состав Чаглинско-Маньбайской урановорудной зоны также входит **Аксу-Маньбайский рудный узел**, объединяющий ряд месторождений и рудопроявлений урана. Помимо этого, в пределах рудного узла проявлены золоторудные месторождения (Аксу и др.) в березитах (кварц-золоторудная формация) и проявления скарново-магнетитовой минерализации. При этом установлено [1], что молибден-урановое оруденение является наложенным по отношению к минерализации кварц-золоторудной формации. Вместе с тем, на Маньбайском урановорудном месторождении установлено присутствие самородного золота в пострудных арсенидно-карбонатных жилах [1].

Проведенные нами радиогеохимические исследования на золоторудном месторождении Аксу показывают, что в золоторудных березитах происходит значительное перераспределение и увеличение концентрации урана и особенно тория. Таким образом, более раннее проявление золоторудного процесса в пределах рудного узла могло создать геохимические предпосылки для проявления более позднего урановорудного процесса, который в свою очередь завершился формированием пострудных золотосодержащих минеральных ассоциаций.

Кубасадырская структурно-металлогеническая зона имеет в своем составе одноименный рудный узел, представленный двумя месторождениями – Кубасадыр и Приречное. Месторождения приурочены к ультращелочным породам (эпилейцитам) Ишимского интрузивного массива ($\epsilon T D_3$). По данным [13] урановое оруденение относится к формации ураноносных эйситов. Вместе с тем, сам массив является сложным по составу многофазным плутоновулканом, щелочные породы которого испытали многократное постмагматическое преобразование (от ранних к более поздним): нефелинизация, цеолитизация, микроклинизация, биотитизация, мусковитизация, карбонатизация [14]. В результате чего в составе пород массива отме-

чается обильная акцессорная минерализация, содержащая редкие и редкоземельные элементы: циркон, монацит, эшинит, анатаз, лейкоксен, торит и др. [14].

Все это определило высокие концентрации редкоземельных элементов (ΣTR) в рудах урановых месторождений Кубасадыр и Приречное, которые сопоставимы с характеристиками руд Агашского месторождения (рис. 2). Соотношение лантаноидов (La/Lu, La/Yb), значительно смещено в сторону легких элементов относительно их кларковых характеристик. Руды этих месторождений также характеризуются наиболее высокими содержаниями Hf, сопоставимыми лишь с рудами Акканбурлукского, Дергачевского и Ольгинского месторождений Ишимско-Балкашинской урановорудной зоны (табл. 1).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Многие гидротермальные урановые месторождения Северо-Казахстанской урановорудной провинции характеризуются высоким содержанием редкоземельных, редких элементов и золота.

Преимущественно накапливаются легкие лантаноиды (La, Ce). Среди редких элементов преобладает Hf. Максимальные концентрации редкоземельных элементов, которые обусловлены, главным образом, легкими лантаноидами, характерны для руд месторождений, локализующихся в лейкогранитах и эпилейцитах интрузивных комплексов девонского возраста (Агашское, Кубасадырское и Приречное месторождения). В то же время наибольшие содержания средних (Sm, Eu, Yb) и тяжелых (Lu) лантаноидов отмечаются в рудах тех месторождений, где отсутствует явная связь с интрузивными комплексами, - Акканбурлукского, Косачино, Заозерного, Тастыкольского и др.

Распределение редкоземельных элементов в рудах месторождений неоднородно. Так, при детальном исследовании, проводимых на Косачинном месторождении, выявлены локальные участки высоких концентраций Ce, Sm, Lu, а также Sc, Hf, Zr, Nb, Y, что позволило использовать их в качестве структурообразующей добавки для получения высокотемпературной керамики с оригинальными свойствами.

Выявлены высокие содержания Au в рудах 7 урановых месторождений и участков (месторождения - Акканбурлукское, Викторовское, Чаглинское, Шатское, участки Центральный и Сартубек Косачино месторождения). Причины повышенной золотоносности определяются двумя главными факторами.

Во-первых, это совмещение в пределах рудоконтролирующих структур рудных полей и узлов разностадийной золото- и урановорудной минерализации. Причем отмечается как наложение более поздней урановорудной минерализации на золоторудную (Васильковское золоторудное и Маныбайское урановорудное месторождения), так и проявления более поздней по отношению к урановому оруденению золотой минерализации (Маныбайское урановорудное месторождение);

Во-вторых, это высокая золотоносность доломит-углеродистых сланцев шарыкской свиты (R_{2Sh}). Высокое содержание золота в рудоносных зонах в связи с отложениями шарыкской свиты фиксируется как на урановорудных (Акканбурлукское и Чаглинское, участки Центральный и Сартубек), так и на оловорудных (Донецкое, Сырымбет) месторождениях. Высокая золотоносность отложений шарыкской свиты вне рудных тел установлена также по данным анализа керн сверхглубокой скважины СГ-1, пройденной в пределах Косачино месторождения.

Отложения шарыкской свиты слагают грабены, приуроченные к рифтовым зонам, длина которых достигает 550 км [15]. Свита резко несогласно залегает на метаморфитах кууспекской свиты нижнего рифея и повсеместно характеризуется повышенным содержанием Pb, Zn, Cu, As. Формирование свиты происходило в относительно спокойном тектоническом режиме в платформенных условиях [15].

Необходимо отметить, что выполненные исследования [16, 17] разновозрастных черносланцевых толщ Северного Казахстана позволили выявить в них также наряду с золотом и редкоземельными элементами высокие содержания платиноидов (Pt, Pd, Rh, Os). Все это позволяет прогнозировать высокие перспективы выявления в связи с отложениями шарыкской свиты богатых комплексных золото-уран-редкометалльных с платиноидами руд, аналоги которых известны в Китае, Австралии, Канаде и других районах мира [18, 19].

Таким образом, проведенные исследования показывают, что многие урановые месторождения СКУРП по составу являются комплексными уран-золото-редкометалльными место-

рождениями. В свое время эти месторождения оценивались только как урановые или комплексные с фосфором или молибденом [1]. Изучение золота и редких элементов требует постановки специализированных работ. В качестве важнейшего литолого-стратиграфического критерия выявления богатых комплексных золото-уран-редкометалльных с платиноидами руд провинции следует рассматривать отложения шарыкской свиты, высокая золотоносность которой устанавливается и прослеживается на значительном протяжении в связи с изучением различных по составу и генезису рудных месторождений.

В подготовке материалов к опубликованию большую помощь оказали П.И. Ляпунов и И.Н. Найбауэр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Урановые месторождения Казахстана (эндогенные) / Н.Н. Петров, В.Г. Языков, Б.Р. Берикболов и др. – Алматы: Ғылым, 2000. – 532 с.
2. Бойцов В.Е., Пилепенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов / Под ред. Л.В. Оганесяна. – М: НИИ-Природа, 1999. – 220 с.
3. Касымов М.А., Токмачева С.Г., Хайбуллин Р.Р., Ярославцева Н.С. Стратиграфия докембрия Казахстана // Геология и металлогения Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 344 с.
4. 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: Геология и разведка, 1997, №3, с. 74-80.
5. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: её состав и эволюция: Пер с англ. – М.: Мир, 1988. – 384 с.
6. Редкометалльное оруденение Казахстана / Г.Н. Щерба, А.В. Кудряшов, Н.П. Сенчило и др. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 224 с.
7. Рихванов Л.П., Поцелуев А.А., Николаев С.Л. и др. Использование бедных уран-редкоземельных руд Северного Казахстана в качестве природной структурообразующей добавки (ПСД) для получения высокотемпературной керамики // Материалы Международн. конф. «Минеральные ресурсы – важнейший фактор интеграции Республики Казахстан в систему мировой экономики» - Алматы, 1993. – С. 137 – 138.
8. Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Советов В.М., Добрикова Г.В. Использование природных соединений редкометалльных элементов для производства высокотемпературной керамики // Материалы Международн. конф. «Редкоземельные металлы: переработки сырья, производство соединений и материалов на их основе» – Красноярск: Изд-во ИХХМП СО РАН, 1995. – С. 198 – 200.
9. Гузеев В.В., Рихванов Л.П., Добрикова Г.В., Поцелуев А.А. Образование игольчатой и пластинчатой структуры керамики на основе нитрида алюминия // Стекло и керамика. – 1997. – № 8. – С. 18 – 21.
10. Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Николаев С.Л., Наумов С.С. О комплексном характере урановых руд и редкометалльных месторождений Северо-Казахстанской рудной провинции // Материалы Международн. конф. «Минеральные ресурсы – важнейший фактор интеграции Республики Казахстан в систему мировой экономики» - Алматы, 1993. – С. 169 – 171.
11. Федорина Л.Э., Поцелуев А.А., Волостнов Д.В. Радиогеохимия золоторудных березитов и вмещающих пород Васильковского месторождения // Радиографические методы исследования в радиогеохимии и смежных областях: Тез. докл. 3-го Всесоюз. совещания, 11 – 15 июня 1991 г. Томск [Редкол.: В.П. Ковалёв (отв. ред.)]. – Новосибирск: Изд. ОИГГМ СО АН СССР, 1991. – С. 21 – 23.
12. Ашихмин А.А. Типизация и некоторые особенности геологического положения урановых месторождений в Северном Казахстане // Материалы по геологии урановых месторождений. – М., 1977. – Вып. 46. – С. 88 – 98.
13. Основные черты геологии Северо-Казахстанской урановорудной провинции (СКУРП): Пояснительная записка к Атласу СКУРП / С.С. Наумов, С.Л. Николаев, В.И. Пигульский и др. – М., 1989. – 165 с.
14. Лебедев-Зиновьев А.А. Ишимский массив щелочных пород // Труды ВИМСа. – М.: Не-дра, 1969. – Вып. 15. – 264 с.
15. Геология Северного Казахстана: (стратиграфия) / Под ред. А.А. Абдулина, М.А. Аб-

дулкабировой, Л.В. Булыго и др. – Алма-Ата: Недра, 1987. – 224с.

16. Мауленов А.М. Формационно-фациальный анализ углеродистых толщ Северного Казахстана в связи с их золотоносностью // Тезисы докладов Международного симпозиума «Бассейны черносланцевой седиментации и связанные с ними полезные ископаемые», 5-9 августа 1991 г., г. Новосибирск [Отв. ред. А.Э. Конторович и др.].- Новосибирск: ОИГГМ СО АН СССР, 1991.- С. 95-96.

17. Киселев А.Ф., Юшин А.А. Геохимия редкоземельных элементов и благородных металлов в черносланцевых формациях Северного Казахстана // Тезисы докладов Международного симпозиума «Бассейны черносланцевой седиментации и связанные с ними полезные ископаемые», 5-9 августа 1991 г., Новосибирск [Отв. ред. А.Э. Конторович и др.].- Новосибирск: ОИГГМ СО АН СССР, 1991. - С. 77-78.

18. Коробейников А.Ф. Нетрадиционные комплексные золото-платиноидные месторождения складчатых поясов.– Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1999.- 237с.

19. Рихванов Л.П., Поцелуев А.А., Коробейников А.Ф. и др. О необходимости комплексного изучения месторождений полезных ископаемых (на примере Мо-W месторождений Алтая и углей Кузбасса) // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России « III века горно-геологической службы России», - Томск: 2000, Т. II, с. 113-116.

RARE ELEMENTS AND GOLD IN DEPOSITS NORTH-KAZAKHSTAN URANIUM PROVINCE

A.A. Potzeluev, L.P. Rikhvanov, S.L. Nikolaev

The information on levels of accumulation of rare elements and gold in uranium deposits of a province for the first time presented. The reasons of formation of high concentrations of elements on a number of objects are uncovered. The abnormal contents of rare earths, mainly if mild lanthanoids, are characteristics for ores of deposits localized in leucogranites and epileucite of intrusive complexes of Devonian age. The greatest contents of mean and heavy lanthanoids are marked in ores of those deposits, where there is an obvious connection with intrusive complexes. The high contents of gold (0,n ppm) are detected in ores 7 deposits and sites, that is conditioned by two controlling factors: by overlapping various formation and polychronic golden and uranic mineralization within the limits of one ore-control of structures and high gold content (0,n – n,0 ppm) dolomite-carbon shales sharskoy of suite. Is drawn a conclusion about high outlooks of detection in province of deposits rich complex gold-uranium-rare metals with noble metals of ores.

УДК 553.3/.4 : 550.84.

ПОКАЗАТЕЛИ НЕОДНОРОДНОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКОГО СПЕКТРА КАК КРИТЕРИИ РУДОНОСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛЕЙ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

Поцелуев А.А., Гаврилов Р.Ю.

В процессе дифференциального перемещения вещества происходит изменение общего характера геохимического спектра геологических образований. Этот процесс отражается на увеличении показателей дисперсии (ДГС) и вариации (ВГС) геохимического спектра, которые рассчитываются по нормированному содержанию всех проанализированных элементов. Их статистическая устойчивость определяется количеством проанализированных химических элементов. Область воздействия показателей ДГС и ВГС, полученных по выборочным данным, соответствует размеру геологического пространства, охваченного выборочным опробованием. Область воздействия показателей, оцененных по единичной пробе, определяется ее геометрией. На примере редкометальных месторождений показано значительное увеличение ДГС и ВГС в направлении от пород к метасоматитам и рудам. Изучение ДГС и ВГС позволяет осуществлять геометрическое моделирование их пространственной изменчивости, получать качественно новую информацию о характере и структуре геохимического поля. Показатели неоднородности геохимического спектра геологических образований могут быть получены и использованы в качестве кри-