

В. С. ПОПОВ

К ГЕОХИМИИ ЗОЛОТА В ВЕРХНЕЮРСКОЙ ГАЛОГЕННОЙ ФОРМАЦИИ ЮГА СРЕДНЕЙ АЗИИ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 10 IV 1975)

Проделана огромная работа по определению золота в морской воде и разрабатываются методы его извлечения из морской воды (¹, ²). Однако золото в галогенных отложениях, формирующихся при концентрировании морской воды, до последнего времени практически оставалось не изученным. Первые сведения по этому вопросу опубликованы И. и В. Ноддак в 1931 г. (³). Они из-за низкой чувствительности метода применяемого анализа не обнаружили золота в исследованных образцах карналлита, каинита, каменной соли и гипса. Новые данные по небольшому числу определений золота в солях появились в печати только в 1974 г. (⁴, ⁵).

В настоящем сообщении приведены результаты изучения распределения золота в различных породах, слагающих верхнеюрские галогенные отложения юга Средней Азии, и в подстилающих их известняках. Изучаемые галогенные отложения по классификации Н. М. Страхова (⁶) относятся к галогенной формации, образовавшейся во внутриконтинентальном солеродном морском водоеме, который занимал ряд соединяющихся между собой тектонических впадин (⁷).

Отбор проб солей на анализы был произведен из керна следующих структур и площадей: Танапчи, скв. № 3; Санглак, скв. № 1; Ялгызкак, скв. № 125; Северная Курганча, скв. № 10; Шурбулак, скв. № 1; Даланская, скв. № 2; Баянгара, скв. № 3 — в Южно-Таджикской впадине; Пачкамар, скв. № 1; Гумбулак, скв. № 19; Кокмийар, скв. № 102; Кугитангская, скв. № 99; Ходжаикаш, скв. №№ 30 и 34; Карабиль, скв. №№ 108, 112, 123, 127; Карлюк, скв. № 207 — в мегантиклинали юго-западных отрогов Гиссарского хребта; Зеварды, скв. № 13; Култак, скв. № 25; Карабай, скв. № 1 — в Бешкентском прогибе; Кандым, скв. № 23; Узун-Шор, скв. № 4; Шады, скв. № 1 — на Чарджоуской ступени; Донгузсырт, скв. №№ 2Д, 3Д — в Репетекско-Келифской зоне поднятия; Каракель, скв. № 1 — в Северо-Карабильско-Даулетабадском прогибе.

Всего было проанализировано на золото более 120 проб: 69 проб каменной и калийных солей (табл. 1) и 52 пробы несолевых пород (табл. 2). Золото определялось спектро-химическим методом в лабораториях института. Чувствительность метода 1 мг/т или $1 \cdot 10^{-7}\%$, ошибка менее 10%. Треть проб подверглась внутреннему контролю, 30% проб проанализированы в Центральной лаборатории Министерства геологии УзССР более высокочувствительным (10^{-8} — $10^{-9}\%$) нейтронно-активационным методом. Для большинства проб сходимость удовлетворительная. Следует отметить, что спектро-химическим анализом золото в ряде проб не обнаружено. Однако по данным нейтронно-активационного анализа оно постоянно присутствует во всех изученных породах в количестве $n \cdot 10^{-8}\%$. Так, например, содержание его в галите не опускается ниже $0,6 \cdot 10^{-8}\%$, а в ангидрите $0,4 \cdot 10^{-8}\%$. Поэтому пробы, в которых спектро-химическим методом золото не обнаружено, также учитывались при определении средних содержаний элемента в породах. При этом принималось его минимальное содержание, установленное для этого типа пород более высокочувствительным методом анализа.

Таблица 1

Содержание золота в солях (J_3^{km+t})

Породы	Содержание основных компонентов, вес. %					Содержание Au, 10 ⁻⁷ %
	н.о. в воде	галит	сильвин	карналлит	MgCl ₂	
Каменная соль	0,04—4,14	88,84—99,99	0,08—2,91	—	0,004—0,94	0,6—5,0
	0,7 (38)	96,44 (40)	0,47 (40)		0,056 (31)	1,22 (39) 13,6 (1)
Каменная соль глинистая	5,39—48,14	44,89—88,66	0,15—0,92	—	0,004—0,235	0,6—7,0
	16,94 (13)	82,04 (13)	0,51 (8)		0,091 (12)	2,15 (13)
Каменная соль с сильвином	—	89,60 (1)	6,38 (1)	1,246 (1)	—	0,6 (1)
Каменная соль глинистая с сильвином	8,62—10,73	79,19—80,20	6,38—6,59	1,029—1,371	—	1,0—1,4
	9,68 (2)	79,7 (2)	6,49 (2)	1,2 (2)		1,2 (2)
Сильвинит	0,17—3,58	29,41—84,21	9,67—70,45	0,03—1,79	—	ср. 1,65 (56)
	2,02 (6)	48,76 (6)	44,64 (6)	0,63 (6)		1,0—4,0
Сильвинит глинистый	5,29—9,52	51,04—59,35	27,17—41,72	0,83—1,1	—	1,7 (6)
	7,4 (2)	55,19 (2)	34,44 (2)	0,96 (2)		0,6—0,8
Сильвинсодер- жащий кар- наллит	0,26—5,07	0,1—29,5	14,72—22,98	72,69—79,82	—	0,7 (2)
	1,48 (5)	12,13 (5)	12,4 (5)	75,58 (5)		ср. 1,42 (8)
						1,2—5,4
						3,1 (5)

Примечание. Здесь и в табл. 2 над чертой — пределы содержаний, под чертой — среднее, в скобках — число проб.

Наименьшее среднее содержание золота установлено в известняках, подстилающих галогенную формацию, причем оно в 4—12 раз меньше, чем в известняках других регионов (⁴, ⁸). Породы галогенной формации по содержанию золота располагаются в следующий ряд: ангидриты-ангидрито-известняки — каменная соль — калийные соли, т. е. содержание элемента возрастает в породах, образующихся на более высоких степенях осолодения солеродного бассейна. Содержание золота в ангидритах находится на уровне его среднего содержания в осадочных породах (⁹), в карналлитах — в три раза выше. В сильвините происходит 400-кратное, а в карналлите почти 800-кратное концентрирование золота по сравнению с его содержанием в морской воде (¹, ¹⁰). Это дает основание отнести золото к группе галофильных элементов (⁶), осаждающихся в солеродном бассейне из растворов. Сделанный вывод согласуется с современным представлением о том, что большая часть золота находится в морской воде в растворенном состоянии (¹, ¹¹). Обращает на себя внимание то, что каменная соль, обогащенная водонерастворимым остатком, почти вдвое богаче золотом, чем ее чистые разновидности. Связано это с привнесом золота в солеродный бассейн водами континентального стока. На их значительное поступление в солеродный бассейн указывает соотношение постоянных компонентов в солях. Кроме того, в свете новых данных о высокой миграционной способности золота в зоне гипергенеза и природных водах (¹²), следует особо подчеркнуть, что область устойчивого воздымания, расположенная к северо-востоку от солеродного бассейна, характеризуется повышенной золотоносностью. В связи с этим небезынтересными являются данные о поведении золота в современном геохимическом процессе. Например, влияние выноса золота реками Сибири с золотоносного материка четко прослеживается по его повышенным содержаниям в морской воде и донных осадках Тихоокеанского побережья (¹, ¹¹). Неравномерность рас-

Таблица 2

Содержание золота в известняках, ангидрито-известняках, ангидритах и алевролитах

Породы	Возраст	Содержание основных компонентов, вес. %				Содержание Au, 10 ⁻⁷ %
		н.о. в HCl	кальцит	доломит	CaSO ₄	
Битуминозные глинистые известняки депрессионной фации	J ₃ ^{ox}	5,08–50,78	32,4–88,61	0,92–47,83	0,12–0,11	0,6–1,0
		24,38(9)	56,22(9)	8,99(8)	0,21(9)	0,69(9)
Известняки рифовые	»	0,68–1,16	96,47–97,57	0,63(1)	0,19–0,22	0,6–1,0
		0,92(2)	97,02(2)		0,20(2)	0,8(2)
Известняки шельфовые	»	1,41–9,02	73,36–97,09	2,49–8,79	0,03–4,35	0,6–1,0
		12,12(3)	84,77(3)	5,64(2)	2,09(3)	0,73(3)
Ангидрито-известняки (пелитоморфные известняки с порфиробластами ангидрита)	J ₃ ^{km}	0,79–4,0	60,11–96,49	0,33–19,9	0,27–25,03	0,4–3,0
		2,22(10)	78,19(10)	4,62(10)	13,33(10)	1,24(10)
Глинистый карбонат (прослой среди ангидритов)	»	45,45	7,66	30,51	0,36	2,0(1)
Глинистый карбонат с включениями ангидрита	»	32,47	47,17	0,92	6,97	0,2(1)
Ангидриты	»					0,4–3,0
						1,15(20)
Гипс-ангидриты	»					0,4–2,0
						0,93(3)
Алевролиты	Cr ₁					1,0–1,0
						1,0(3)

пределения золота в галогенных отложениях отражает характер его распределения в морской воде (¹³).

Различия в содержании золота в каменной соли верхнеюрской галогенной формации Средней Азии и Русской платформы (⁴), очевидно, не случайны. Некоторые исследователи (¹⁴) считают, что содержание золота в подземных водах не зависит от их химического состава. Однако состав рассолов соленодных водоемов, в частности содержание в них брома, по-видимому, будет значительно влиять на процесс концентрирования золота, так как прочность бромидного комплекса золота значительно больше (¹⁵). В настоящее время установлено, что хлориды галогенных формаций могут содержать или нормальные, или пониженные и реже повышенные количества брома. Соли верхнеюрской галогенной формации Средней Азии выделяются низкими содержаниями брома. Представляется интересным изучение золота в породах галогенных формаций других регионов, и в первую очередь кембрийской соленосной формации Сибирской платформы, характеризующейся повышенным содержанием брома. Необходимо также сравнительное изучение распределения золота в галогенных отложениях, формирующихся в различных палеогеографических и палеотектонических условиях.

Среднеазиатский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья
Ташкент

Поступило
7 IV 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. П. Виноградов, Введение в геохимию океана, М., «Наука», 1967.
- ² Д. Л. Мери, Минеральные богатства океана, М., «Прогресс», 1969.
- ³ О. Е. Звягинцев, Геохимия золота, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1941.
- ⁴ Н. М. Никитич, А. П. Ясырев, Геохимия, № 8 (1974).
- ⁵ В. С. Попов, Тез. докл. симп.: Минералогия и геохимия золота, ч. 2, Владивосток, 1974.
- ⁶ Н. Н. Страхов, Основы теории литогенеза, т. 3, М., Изд-во АН СССР, 1962.
- ⁷ В. С. Попов, Литол. и полезн. ископ., № 1 (1968).
- ⁸ К. Х. Вольф, Дж. В. Чилингар, Ф. У. Билес, В кн. Карбонатные породы, т. 2, М., «Мир», 1971.
- ⁹ А. П. Виноградов, Геохимия, № 7 (1962).
- ¹⁰ Е. Д. Гольдберг, В сб. Геохимия литогенеза, М., ИЛ, 1963.
- ¹¹ Г. В. Нестеренко, Б. А. Воронников, Тез. докл. симп. Минералогия и геохимия золота, ч. 2, Владивосток, 1974.
- ¹² П. А. Удодов, С. Л. Шварцев, Н. М. Рассказов, Докл. I Международн. геохимич. конгр., т. 4, кн. 2, М., 1971.
- ¹³ А. И. Рябинин, А. С. Романов и др., Геохимия, № 1 (1974).
- ¹⁴ А. М. Черняев, Л. Е. Черняева и др., Геохимия, № 4 (1969).
- ¹⁵ А. Д. Миллер, Э. И. Фишер, Геохимия, № 3 (1974).