

DOI: 10.17746/1563-0102.2016.44.1.093-103
 УДК 549.27+903.25-032.42

**В.В. Зайков^{1,2}, Л.Т. Яблонский³, П.К. Дашковский⁴,
 В.А. Котляров¹, Е.В. Зайкова¹, А.М. Юминов^{1,2}**

¹Институт минералогии УрО РАН

Ильменский заповедник, Миасс, 456317, Россия

E-mail: zaykov@mineralogy.ru; kotlyarov@mineralogy.ru; liza@mineralogy.ru; umin@mineralogy.ru

²Южно-Уральский государственный университет

пр. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия

³Институт археологии РАН

ул. Дм. Ульянова, 19, Москва, 117036, Россия

E-mail: yablonsky.leonid@yandex.ru

⁴Алтайский государственный университет

ул. Ленина, 61, Барнаул, 656049, Россия

E-mail: dashkovskiy@fpn.asu.ru

МИКРОВКЛЮЧЕНИЯ ПЛАТИНОИДОВ ГРУППЫ САМОРОДНОГО ОСМИЯ В ДРЕВНИХ ЗОЛОТЫХ ИЗДЕЛИЯХ СИБИРИ И УРАЛА*

В статье изложены результаты изучения древних золотых изделий Сибири и Урала с микровключениями платиноидов группы самородного осмия, аналогичными таковым в артефактах Ближнего Востока. Исследованы предметы из золота, найденные в царском кургане Аржан II (Тува), могильниках Ханкаринский Дол и Инской Дол (Алтай), Филипповка I и II (Южный Урал), относящихся к раннему железному веку. По морфологии и разнообразию состава включений установлено, что золото добывали в россыпях, локализованных вблизи золотоносных и платиноносных гипербазитовых поясов. Микровключения представлены твердыми растворами осмия, иридия, рутения. Их номенклатура определялась по соотношению указанных компонентов. На диаграммах составов микровключений в изделиях из уральских памятников их фигуративные точки образуют четыре тренда: основные – рутениевый и иридиево-осмиевый, второстепенные – осмиево-рутениевый и иридиево-рутениевый. Последний характерен для наноразмерных частиц, окружающих более крупные. Их появление объясняется воздействием золотого расплава на микровключения. При плавке золота раскаленный воздух, содержащийся в микропорах, мог вызывать окисление осмия с последующей ассимиляцией продуктов окисления расплавом. Данное обстоятельство следует учитывать при сопоставлении состава микровключений и минералов предполагаемых россыпных источников. Фигуративные точки для изделий из Сибири на диаграмме Os–Ru–Ir образуют в основном рутениевый тренд, установлены также осмиево-рутениевый и иридиево-осмиевый, а составы, соответствующие иридиево-рутениевому тренду, пока не выявлены, что может объясняться малым числом анализов. Присутствие микровключений осмия в древних золотых изделиях может служить одним из доказательств производства золотых изделий в местных ювелирных мастерских.

Ключевые слова: золото, платиноиды, осмий, микровключения, россыпи, скифская эпоха.

**V.V. Zaykov^{1,2}, L.T. Yablonsky³, P.K. Dashkovsky⁴,
 V.A. Kotlyarov¹, E.V. Zaykova¹, and A.M. Yuminov^{1,2}**

¹Institute of Mineralogy, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,

Ilmensky Reserve, Miass, 456317, Russia

E-mail: zaykov@mineralogy.ru; kotlyarov@mineralogy.ru; liza@mineralogy.ru; umin@mineralogy.ru

²South Ural State University,

Pr. Lenina 76, Chelyabinsk, 454080, Russia

*Исследование выполнено в рамках госзадания Минобрнауки РФ № 33.2644.2014 и поддержано РФФИ (проект № 15-05-00311).

³Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences,
Dm. Ulyanova 19, Moscow, 117036, Russia

E-mail: yablonsky.leonid@yandex.ru

⁴Altai State University,

Lenina 61, Barnaul, 656049, Russia

E-mail: dashkovskiy@fpn.asu.ru

PLATINOID MICROINCLUSIONS OF NATIVE OSMIUM GROUP IN ANCIENT GOLD ARTIFACTS FROM SIBERIA AND URALS AS A SOURCE OF GEOARCHAEOLOGICAL INFORMATION

The analysis of Early Iron Age gold jewelry from Hankarinsky Dol and Inskoy Dol in the Altai, Arzhan II royal mound in Tuva, and Filippovka I and II royal mounds in the Southern Urals, has detected platinoid inclusions similar to those in artifacts from the Near East. Their morphology and composition suggest that gold was mined from placer deposits located near the gold and platinum bearing ultramafic belts. Microinclusions consist of solid solutions of osmium, iridium, and ruthenium. Their nomenclature was evaluated by the proportion of these components. Triangular plots of microinclusions in artifacts from the Urals reveal four clusters: principal (ruthenium and iridium-osmium) and secondary (osmium-ruthenium and iridium-ruthenium), the latter relating to nanoscale particles surrounding larger ones. Their emergence is due to the impact of gold melt on microinclusions. During melting, heated air in micropores could cause oxidation of osmium with subsequent assimilation of oxidation products by melt. Micropores, 1–0.4 μ in size, were revealed in 5–10 %. This should be taken into account when comparing the composition of microinclusions and minerals from tentative placer sources. Artifacts from Siberia show a mostly ruthenium tendency. Osmium-ruthenium and iridium-osmium trends were also detected, but not the iridium-ruthenium trend, possibly due to small sample size relating to Siberia. The presence of PGE microinclusions in ancient gold artifacts may suggest that these were manufactured locally.

Keywords: Gold, platinoids, osmium, ancient gold jewelry, microinclusions, placers, ultramafic belts, gold melt, nomads, Scythian age.

Введение

В последние годы в древних золотых изделиях Урала и Сибири нами выявлены и исследованы микровключения минералов группы самородного осмия из семейства платиноидов, сопоставимые с аналогичными включениями в артефактах Ближнего Востока [Meeks, Tite, 1980; Уильямс, Огден, 1995, с. 14–15]. Ранее были описаны уральские находки, установленные до 2009 г. [Зайков, Зайкова, Котляров, 2010]. Новые материалы, существенно дополняющие опубликованные сведения [Благородные металлы..., 2012, с. 111–119], были получены в 2012–2013 гг. экспедициями Института археологии РАН (руководитель Л.Т. Яблонский) и Алтайского государственного университета (руководитель П.К. Дашковский).

Цель статьи – обобщение и систематизация накопленных данных в связи с их значением для геоархеологических реконструкций и определения типа разрабатывавшихся в древности месторождений золота. Основными объектами являлись предметы из золота, в значительном количестве обнаруженные в царском кургане Аржан II (Тува), могильниках Ханкаринский Дол и Инской Дол (Алтай), Филипповка I и II (Южный Урал). Все они относятся к раннему железному веку.

Микровключения представлены минералами группы осмия – твердыми растворами осмия, иридия, рутения [Геологический словарь, 1973, с. 49]. Их состав показан в табл. 1 и 2. Номера проб, приведенные

в тексте, соответствуют табличным. Номенклатура устанавливалась по соотношению указанных компонентов в кристаллохимических формулах [Harris, Cabri, 1991]. Минерал именовался по преобладающему элементу в кристаллохимической формуле, его разности – по подчиненным элементам (в порядке увеличения содержания) и примесям [Кобяшев, Никандров, 2007, с. 117]. Например: осмий рутениево-иридиевый с примесью платины – $\text{Os}_{0,42}\text{Ir}_{0,37}\text{Ru}_{0,17}\text{Pt}_{0,04}$; рутений осмиево-иридиевый – $\text{Ru}_{0,38}\text{Ir}_{0,31}\text{Os}_{0,27}$.

Генетически платиноиды связаны с ультраосновными породами – гипербазитами (уральский тип месторождений) и основными – базитами (норильский тип) [Годовиков, 1983, с. 23]. Набор платиноидов и особенно их соотношения различны в этих типах, преобладание осмия и рутения характерно именно для месторождений уральского типа. Они приурочены к глубинным разломам, вмещающим также месторождения золота. Включения минералов группы осмия могут быть индикатором связи источника данных платиноидов с массивами гипербазитов или формирующимися за их счет россыпями.

Методика проведения работ описана ранее [Зайков, Зайкова, Котляров, 2010]. Для корреляции золота с его источниками использована пробность, которая определяется как отношение содержания золота к сумме всех металлов (Au, Ag, Cu) и измеряется в промилле [Петровская, 1973, с. 94]. С некоторыми коррективами приняты следующие границы: 1000–920 – высокопробное, 920–800 – среднепроб-

Таблица 1. Состав микровключений платиноидов в золотых изделиях из курганов Южной Сибири

№ п/п	Могильник, курган	Изделие	Номер зерна	Кол-во анализов	Содержание, мас. %						Кристаллохимическая формула минерала	
					Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Fe		
1	Аржан II	Инкрустация железного меча	Ар-2-3-1	2	72,52	27,48	–	–	–	–	–	$Os_{0,73}Ir_{0,27}$
2	Ханкаринский Дол, кург. 15	Фольга обкладки гривны	Ха-15-1а	3	32,24	37,71	24,68	–	5,12	–	–	$Ru_{0,38}Ir_{0,31}Os_{0,27}Pt_{0,04}$
3			Ха-15-1б	3	42,12	46,71	10,68	–	–	–	–	$Ir_{0,43}Os_{0,39}Ru_{0,18}$
4		Апликация с головного убора	XD-15-2-1	4	59,03	1,94	37,14	–	–	–	–	$Ru_{0,53}Os_{0,44}Rh_{0,02}Ir_{0,01}$
5			XD-15-2-2	5	39,84	34,47	22,19	1,09	2,15	–	–	$Ru_{0,35}Os_{0,33}Ir_{0,28}Pt_{0,02}Rh_{0,02}$
6			Фольга с окантовки головного убора	Ха-15-6	1	17,28	82,17	–	–	–	–	–
7		Ха-15-7		1	35,75	30,17	30,24	–	3,03	–	–	$Ru_{0,45}Os_{0,29}Ir_{0,24}Pt_{0,02}$
8		Нашивка	Ха-15-8	1	45,71	39,83	9,65	–	4,41	–	–	$Os_{0,42}Ir_{0,37}Ru_{0,17}Pt_{0,04}$
9		Инской Дол, кург. 2	Фольга	ID-5	6	51,74	37,47	8,63	0,81	0,81	0,26	–
10	ID-8			1	51,92	38,76	7,86	0,39	–	–	–	$Os_{0,48}Ir_{0,36}Ru_{0,14}Rh_{0,01}$

Примечания: 1) предмет № 1 из раскопок К.В. Чугунова, № 2–10 – П.К. Дашковского; 2) анализы выполнены в Южно-Уральском центре коллективного пользования на электронном микроскопе РЭММА-202М (аналитик В.А. Котляров); 3) прочерк – содержание ниже предела чувствительности.

Таблица 2. Состав микровключений платиноидов в золотых изделиях из могильников Филипповка I и II

№ п/п	Могильник, курган	Изделие	Номер зерна	Кол-во анализов	Содержания, мас. %						Кристаллохимическая формула минерала	
					Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Fe		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Филипповка I, кург. 1	Нашивки	F-13-2	2	31,03	29,50	33,27	2,48	3,36	–	–	$Ru_{0,48}Os_{0,24}Ir_{0,22}Rh_{0,04}Pt_{0,02}$
2			F-13-2-1	4	54,25	39,01	5,18	0,45	0,54	0,29	–	$Os_{0,52}Ir_{0,37}Ru_{0,09}Fe_{0,01}Rh_{0,01}$
3			F-13-2-2	4	18,38	52,09	27,72	0,79	–	0,78	–	$Ru_{0,41}Ir_{0,41}Os_{0,15}Fe_{0,02}Rh_{0,01}$
4			F-13-2-3	2	31,52	25,87	39,84	1,58	0,70	0,04	–	$Ru_{0,55}Os_{0,23}Ir_{0,19}Rh_{0,02}Pt_{0,01}$
5			F-13-3	1	41,08	32,30	21,70	1,59	3,02	–	–	$Ru_{0,34}Os_{0,34}Ir_{0,27}Pt_{0,03}Rh_{0,02}$
6			F-13-3-1	3	33,56	17,33	46,88	1,81	0,11	–	–	$Ru_{0,62}Os_{0,24}Ir_{0,12}Rh_{0,02}$
7			F-13-3-4	4	39,50	17,76	40,44	1,77	0,26	–	–	$Ru_{0,56}Os_{0,28}Ir_{0,13}Rh_{0,02}$
8			F-13-3-5-1	2	56,33	21,80	21,04	0,57	–	–	–	$Os_{0,48}Ru_{0,33}Ir_{0,18}Rh_{0,01}$
9			F-13-3-5-2	1	2,26	62,05	33,99	0,54	1,15	–	–	$Ru_{0,49}Ir_{0,47}Os_{0,02}Pt_{0,01}Rh_{0,01}$
10			F-13-3-9	4	61,14	13,65	19,65	1,91	3,00	0,14	–	$Os_{0,52}Ru_{0,31}Ir_{0,11}Rh_{0,03}Pt_{0,03}$
11			F-13-5-1	2	9,725	46,05	43,07	1,16	–	–	–	$Ru_{0,58}Ir_{0,33}Os_{0,07}Rh_{0,02}$
12			F-13-5-2	2	9,83	6,84	79,70	0,60	0,76	–	–	$Ru_{0,89}Os_{0,06}Ir_{0,04}Rh_{0,01}$

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13			F-13-5-3	1	41,58	15,98	39,62	0,60	0,76	–	$Ru_{0,58}Os_{0,31}Ir_{0,12}Rh_{0,01}$
14			F-13-5-4	4	7,23	20,58	60,91	5,54	5,74	–	$Ru_{0,73}Ir_{0,13}Os_{0,05}Rh_{0,06}Pt_{0,03}$
15			F-13-8-1	1	30,22	28,36	39,46	0,84	0,22	0,68	$Ru_{0,55}Os_{0,23}Ir_{0,21}Rh_{0,01}$
16			F-13-8-2	1	7,09	34,31	57,49	0,49	0,02	0,24	$Ru_{0,72}Ir_{0,22}Os_{0,05}Rh_{0,01}Fe_{0,01}$
17			F-13-8-3	1	36,11	32,80	26,58	0,77	2,78	0,35	$Ru_{0,46}Os_{0,29}Ir_{0,26}Pt_{0,02}Rh_{0,01}Fe_{0,01}$
18			F-13-8-4	1	44,45	22,23	32,32	0,14	–	–	$Ru_{0,48}Os_{0,39}Ir_{0,17}$
19			F-13-8-5	1	34,51	48,43	16,40	–	–	–	$Ir_{0,42}Os_{0,31}Ru_{0,27}$
20			F-13-9-1	2	47,54	8,40	42,21	1,12	–	–	$Ru_{0,57}Os_{0,35}Ir_{0,06}Rh_{0,02}$
21			F-13-9-2	4	42,37	35,88	18,39	0,93	1,94	–	$Os_{0,38}Ir_{0,31}Ru_{0,30}Pt_{0,02}Rh_{0,01}$
22	Филлиповка I, кург. 4	Инкрустация железного меча	7-1	6	45,76	36,10	17,45	–	–	–	$Os_{0,40}Ir_{0,31}Ru_{0,29}$
23			7-2	10	34,54	29,30	27,66	–	8,06	–	$Ru_{0,42}Os_{0,28}Ir_{0,24}Pt_{0,06}$
24			7-3	7	35,28	29,20	27,63	–	7,36	–	$Ru_{0,42}Os_{0,29}Ir_{0,23}Pt_{0,06}$
25			7-4	1	57,58	14,82	27,02	–	–	–	$Os_{0,47}Ru_{0,41}Ir_{0,12}$
26			7-5	8	56,88	17,04	25,57	–	–	–	$Os_{0,47}Ru_{0,39}Ir_{0,14}$
27			7-6	7	55,07	8,97	35,42	–	–	–	$Ru_{0,51}Os_{0,42}Ir_{0,07}$
28			7-7	5	32,67	53,85	3,43	–	9,50	–	$Ir_{0,53}Os_{0,32}Pt_{0,09}Ru_{0,06}$
29			7-8	6	45,03	20,56	33,93	–	–	–	$Ru_{0,49}Os_{0,35}Ir_{0,16}$
30			7-9	7	37,23	29,91	26,88	–	5,58	–	$Ru_{0,41}Os_{0,30}Ir_{0,24}Pt_{0,05}$
31			7-10	5	35,12	58,52	2,26	–	3,63	–	$Ir_{0,57}Os_{0,35}Ru_{0,04}Pt_{0,04}$
32			7-11	5	56,53	10,16	32,78	–	–	–	$Ru_{0,48}Os_{0,44}Ir_{0,08}$
33			7-12	5	37,74	56,05	5,87	–	–	–	$Ir_{0,55}Os_{0,37}Ru_{0,08}$
34			7-13	3	79,45	12,64	7,58	–	–	–	$Os_{0,75}Ru_{0,13}Ir_{0,12}$
35			7-14	2	73,36	16,17	10,09	–	–	–	$Os_{0,68}Ru_{0,17}Ir_{0,15}$
36			7-15	3	72,60	16,83	10,29	–	–	–	$Os_{0,67}Ru_{0,18}Ir_{0,15}$
37			7-16	6	40,32	38,13	17,28	–	3,80	–	$Os_{0,35}Ir_{0,33}Ru_{0,29}Pt_{0,03}$
38			7-17	5	35,83	53,34	2,85	–	7,59	–	$Ir_{0,52}Os_{0,36}Ru_{0,05}Pt_{0,07}$
39			7-18	8	38,99	42,80	17,71	–	–	–	$Ir_{0,37}Os_{0,34}Ru_{0,29}$
40	Филлиповка II, кург. 1	Фольга	Ф13-103а-е	5	18,28	76,94	3,52	0,94	–	–	$Ir_{0,74}Os_{0,18}Ru_{0,06}Rh_{0,02}$
41			Ф13-103j, к	2	58,65	35,02	5,45	0,47	–	–	$Os_{0,56}Ir_{0,33}Ru_{0,10}Rh_{0,01}$
42			Ф13-73	5	38,92	50,23	2,39	1,40	4,86	–	$Ir_{0,50}Os_{0,39}Pt_{0,05}Ru_{0,03}Rh_{0,03}$

Примечания: 1) материал получен из коллекций Л.Т. Яблонского; 2) см. примеч. 2, 3 к табл. 1.

ное, 800–690 – низкопробное. Оптические исследования проведены В.В. Зайковым и А.М. Юминовым на микроскопе OLYMPUS, определение состава включений – на электронных микроскопах РЭММА-202М (аналитик В.А. Котляров, диаметр кратера 2 мкм) и JEOL JSM-7001F (аналитик Д.М. Галимов, диаметр кратера 0,5 мкм).

История вопроса

Первыми известными нам публикациями о включениях осмия в древних золотых изделиях являются статьи В. Янга и Ф. Уайтмо [Young, 1972; Whitmore, Young, 1973]. В них идет речь об артефактах Ближнего Востока и предполагается, что украшения сделаны из золота долины р. Пактол в Турции. Позднее Дж. Огден [Ogden, 1976, 1977] дал всесторонний обзор включений минералов семейства платиноидов в древних золотых изделиях. Автор пришел к заключению, что корреляция золота, из которого они изготовлены, с его источниками трудновыполнима. Следующей важной работой является статья Н. Микса и М. Тайта [Meeks, Tite, 1980], где охарактеризованы осмиевые минералы в артефактах Египта, Ура, Сирии, Палестины, Кипра, Крита и Лидии. Д. Уильямс и Дж. Огден [1995, с. 14–15], Н. Микс [Meeks, 2000] отметили включения этих минералов в древних изделиях из Греции. Данный вопрос применительно к золоту Малой Азии рассмотрел П. Крэддок [Craddock, 2000].

В 2008 г. началось изучение минералов группы осмия в древних золотых изделиях Урала [Зайков и др., 2008; Зайков, Зайкова, Котляров, 2010; Shemakhanskaya, Treister, Yablonsky, 2009]. Сделанный тогда В.В. Зайковым вывод о возможности выявления аналогичных микровключений в артефактах Сибири подтвердился последующими исследованиями [Дашковский, Юминов, 2012]. В 2013 г. А.М. Юминов и В.В. Зайков приступили к изучению осмиевых платиноидов в золотых изделиях из древних городов Гонур (Туркмения) и Фанагория (Северное Причерноморье). Расположение археологических памятников, в материалах которых выявлены золотые изделия с микровключениями минералов группы осмия, показано на рис. 1.

Общим выводом всех упомянутых исследователей является признание россыпей золота источником осмиевых минералов. Вклад уральских специалистов заключается в том, что показана приуроченность таких россыпей к массивам золотоносных гипербазитов [Благородные металлы..., 2012, с. 93–99]. Именно совместное россыпное происхождение является причиной присутствия платиноидов группы самородного осмия в виде микровключений в древних золотых изделиях. Вследствие тончайшей трещиноватости (спайности) и высокой хрупкости осмиевых минералов в россыпях происходит их измельчение; мельчайшие частицы с плотностью 20–23 г/см³ при производстве изделий тонут в расплаве золота, плотность которого 16 г/см³. В отличие от осмия, платина менее хрупка и потому образует в россыпях более крупные зерна и самородки, легко извлекавшиеся древними мастерами.

Таким образом, наличие в археологическом золоте микровключений платиноидов группы осмия оказывается устойчивой особенностью памятников, локализованных вблизи золотоносных и платиноносных гипербазитов. Последние являются принадлежностью офиолитовых зон складчатых систем [Платинометальное оруденение..., 2001, с. 124–142; Геологический словарь..., 1973, с. 61], вмещающих месторождения золота и платиноидов. Такие структуры известны в России, в т.ч. на Алтае, Урале, Кавказе. К югу от Кавказа гипербазиты отмечены в Севано-Акеринской зоне Закавказья [Магакьян, 1974, с. 81–91]. Их продолжением на запад являются гипербазитовые пояса Турции, а на восток – Ирана.

Микровключения платиноидов в золотых изделиях Южной Сибири

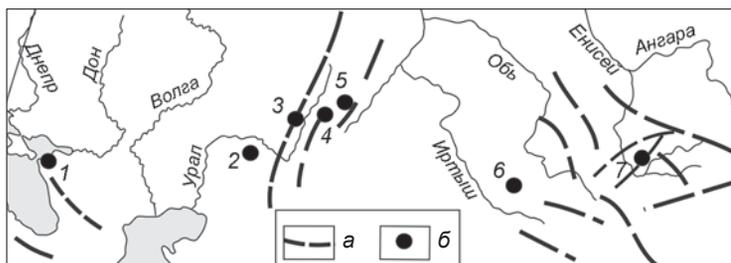
Из девяти археологических памятников Южной Сибири, в находках с которых был изучен состав золота, микровключения минералов группы осмия выявлены в материалах трех: царского кургана Аржан II (Тува), могильников Ханкаринский Дол и Инской Дол (Алтай) (см. табл. 1), относящихся к раннему железному веку.

Царский курган Аржан II (Тува). Под каменной насыпью, по периметру которой располагалась кре-

Рис. 1. Схема расположения археологических памятников с золотыми изделиями, содержащими микровключения минералов группы осмия, в Центральной Евразии.

а – гипербазитовые пояса и офиолитовые зоны;
б – археологические памятники.

1 – Фанагория; 2 – Филипповка; 3 – Переволочан I и Яковлевка II; 4 – Магнитный; 5 – Кичигино I; 6 – Ханкаринский Дол и Инской Дол; 7 – Аржан.



пида, вскрыто захоронение двух представителей высшей знати. Памятник датируется второй половиной VII в. до н.э. Вещи из кургана демонстрируют четыре манеры исполнения [Чугунов, 2011]. Наиболее многочисленны тиражированные бляшки в виде профилей хищников семейства кошачьих и кабанов, портупейные обоймы и пряжки кинжала и акинака, ворворки поясного набора. Вторая группа включает бляшки головных уборов, представляющие изображения лошадей, баранов и оленей. Фигуры вырезаны из плоских листов металла.

Микронзондовый анализ показал, что изделия изготавливались из самородного золота средней пробы. В золотой инкрустации железного меча (состав, мас. %: Au – 89,72–92,21, Ag – 7,08–9,01, Cu – 0,67–0,89) обнаружено микровключение осмия иридиевого – зерно Ар-2-3-1 размером 7×10 мкм, угловатой формы, слабоокатанное, с сетью трещин.

Могильник Ханкаринский Дол (Алтай). Он расположен в Чинетском археологическом микрорайоне. При раскопках кург. 15 найдены предметы из золота: обкладка гривны, зооморфные аппликации, нашивка и окантовка из фольги от женского головного убора, восьмеркообразная проволочная серьга [Дашковский, Юминов, 2012]. Курган относится к пазырыкской культуре и датирован по признакам погребального обряда и инвентаря IV – началом III в. до н.э. [Dashkovskiy, Usova, 2011]. Золотые изделия имеют состав (мас. %): Au – 69,50–72,05, Ag – 23,94–26,25, Cu – 2,85–4,26.

При исследовании золотой фольги в пяти изделиях было выявлено семь включений платиноидов размером от 2 до 10 мкм. Они имеют удлиненную, близкую к линзовидной форму. По атомному соотношению Os, Ru, Ir, Rh в кристаллохимических формулах (см. табл. 1) выделяются три минерала:

- 1) осмий рутениево-иридиевый (Ха-15-8);
- 2) рутений, две разности – иридиево-осмиевый с примесью платины и родия (XD-15-2-1, XD-15-2-2, Ха-15-7) и осмиево-иридиевый с платиной (Ха-15-1а);
- 3) иридий, также две разности – осмиевый (Ха-15-6) и рутениево-осмиевый (Ха-15-1б).

В пробе Хп-19 обнаружены включения кислородных медисто-железистых соединений. Они имеют размер 20–250 мкм, овальную, треугольную и дугообразную форму, подвержены растрескиванию. Величина мелких блоков находится в пределах 10–60 мкм. Судя по примеси Si, P, Ca, они могли возникнуть как технический продукт при воздействии расплава золота на сульфиды железа и меди, присутствовавшие в россыпи. Такие соединения образуются и при воздействии медного расплава на оксиды железа в процессе выплавки меди – легирующей добавки к золоту.

Могильник Инской Дол (Алтай). Он также располагается в Чинетском археологическом микрорайоне.

По признакам погребального обряда и инвентаря памятник датирован IV – началом III в. до н.э. [Дашковский, 2014]. В кург. 2 зафиксирована деревянная конструкция в виде перекрытия из плах. Рядом с погребенным находились керамический сосуд, железный нож, деревянная гривна, покрытая золотой фольгой, сильно корродированный железный предмет и многочисленные фрагменты золотой фольги от головного убора.

В золотой фольге (состав, мас. %: Au – 57–60, Ag – 36–39, Cu – 3) присутствуют овальные микровключения платиноидов размером от первых микрометров до 80×120 мкм. Среди них установлен осмий иридиево-рутениевый (ID-5, ID-8).

Микровключения платиноидов в золотых изделиях Южного Урала

В археологических материалах степной и лесостепной зон региона микровключения платиноидов группы осмия обнаружены в золотых изделиях из семи памятников раннесакского, савроматского и раннесарматского времени (VII–IV вв. до н.э.): Кичигина I, Большого Климовского, Магнитного, Яковлевского II, Переволочанского I, Филипповки I и II [Яблонский, Рукавишников, Шемаханская, 2011; Яблонский, 2013а, с. 83–110; 2013б]. Наиболее ранние находки из могильников Степное и Ушкаттинский датируются эпохой бронзы [Благородные металлы..., 2012, с. 145, 153–154]. Большинство курганов с «осмийсодержащими» артефактами относится к раннему железному веку, а наиболее поздние – к раннему Средневековью (Магнитный, ювелирная мастерская Уфа II).

Наибольшее количество микровключений минералов группы осмия (42 экз.) обнаружено в золотых изделиях из Филипповских могильников. Они встречаются в золоте двух интервалов пробы – 650 и 980 ‰.

Могильник Филипповка I. В кург. 1 (раскопки Л.Т. Яблонского 2013 г.) найдены многочисленные нашивные золотые бляшки, содержащие микровключения минералов группы осмия. Размер последних варьирует от нескольких до 100 микрон. Вмещающее золото имеет состав (мас. %): Au – 93–95, Ag – 3, Cu – 1–2. По соотношению атомов Os, Ru, Ir в кристаллохимических формулах (см. табл. 2) выделяются три минерала:

- 1) осмий, две разности – рутениево-иридиевый (F-13-2-1, F-13-9-2) и иридиево-рутениевый (F-13-3-5-1, F-13-3-9), в ряде случаев в незначительных количествах (1–3 ат. %) присутствуют родий и платина;
- 2) рутений, тоже две разности – иридиево-осмиевый (резко преобладающий, F-13-2, F-13-2-3, F-13-3, F-13-3-1, F-13-3-4, F-13-5-2, F-13-5-3, F-13-8-1, F-13-8-3, F-13-8-4, F-13-9-1) и осмиево-иридиевый

(F-13-2-2, F-13-5-1, F-13-3-5-2, F-13-5-4, F-13-8-2), примесями также являются родий и платина.

3) иридий рутениево-осмиевый (F-13-8-5).

В золотой инкрустации железного меча из кург. 4 (раскопки Л.Т. Яблонского 2006 г.) обнаружено 18 включений минералов группы осмия [Благородные металлы..., 2012, с. 111–117]. Вмещающее золото имеет состав (мас. %): Au – 98, Ag – 1, Cu – 1. Форма микровключений удлиненная, треугольная и округлая, размер 40–200 мкм. Часть зерен раздроблена, а часть расщеплена по спайности. Выделяются следующие минералы:

1) осмий рутениево-иридиевый (7-1, 7-16);

2) рутений иридиево-осмиевый, иногда с примесью платины (7-2, 7-3, 7-6, 7-8, 7-9, 7-11);

3) иридий рутениево-осмиевый, содержащий платину (7-7, 7-10, 7-12, 7-17, 7-18).

К этому нужно добавить сведения М.С. Шемаханской о темных точечных включениях, похожих на платиноиды, на поверхности 11 предметов из кург. 4 [Трейстер, Шемаханская, Яблонский, 2012].

Могильник Филипповка II. Он расположен в 11 км к юго-западу от Филипповки I. Исследовано золото предметов из центральной погребальной камеры № 2 в кург. 1 (раскопки Л.Т. Яблонского). В золотой фольге Ф13-103 (состав, мас. %: Au – 74,58, Ag – 22,86, Cu – 2,12) найдены два включения: одно размером 50 × 110 мкм, соответствующее иридию рутениево-осмиевому, второе длиной 5 мкм – осмию рутениево-иридиевому. Золотая фольга Ф13-73 (состав, мас. %: Au – 65,66, Ag – 30,57, Cu – 3,37) содержит зерно иридия рутениево-осмиевого 10 × 15 мкм.

Обсуждение результатов

Состав микровключений минералов группы осмия. На диаграмме составов микровключений в золоте уральских изделий (рис. 2) их фигуративные точки распределены по всему полю, причем выделяются четыре основных тренда. Рутениевый (Ru) располагается в центре, имея субвертикальное положение от основания (Os–Ir) к рутениевой вершине; иридиево-осмиевый (Ir–Os) – в правой части и ориентирован в направлении от иридиевой к осмиевой вершине параллельно основанию (Os–Ir). Эти два тренда объединяют большинство фигуративных точек и отвечают составам минералов осмия из месторождений платиноидов, генетически связанных с гипербазитами [Tolstykh et al., 2002; Uysal et al., 2009; Агафонов и др., 2005, с. 88–90].

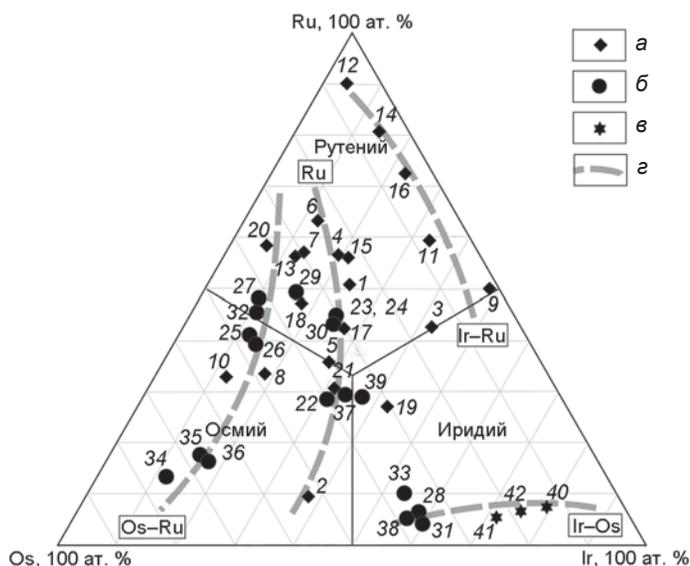


Рис. 2. Диаграмма составов микровключений платиноидов в золотых изделиях из Филипповских могильников. а – Филипповка I, кург. 1; б – Филипповка I, кург. 4; в – Филипповка II, кург. 1; г – тренды составов микровключений группы осмия. Цифры – порядковые номера включений в табл. 2.

Иридиево-рутениевый тренд в правой части диаграммы характерен для наноразмерных частиц (1–3 мкм и менее), которые окружают более крупные микровключения. В них зафиксировано уменьшение количества осмия и возрастание содержания иридия и рутения. Данные по физическим и химическим свойствам осмия указывают на то, что изменение состава может быть вызвано окислительными процессами [Краткая химическая энциклопедия..., 1964, с. 791–795]. Известен факт окисления мелко раздробленных частиц осмия при нагревании. Реальность такого явления для исследованных случаев подтверждается наличием микропор размером 0,1–0,4 мкм, количество которых в изделиях составляет 5–10 %. При плавке золота раскаленный воздух, содержащийся в микропорах, мог вызывать окисление осмия с последующей ассимиляцией продуктов окисления расплавом. Подтверждением тому, возможно, является повышенное содержание осмия (2 мас. %) в золоте, вмещающем раздробленные микровключения. Появление мельчайших частиц по периферии более крупных микровключений могло быть обусловлено двумя основными причинами: механическими деформациями зерен осмия при изготовлении золотой фольги и растрескиванием (десквамацией) их в расплаве золота. Поскольку в первом случае состав микровключений оставался бы неизменным, то более реален второй вариант – десквамация, которая сопровождалась уменьшением содержания осмия в отторгнутых частицах.

Осмиево-рутениевый тренд располагается в левой части диаграммы в направлении от Os к Ru. В него по-

падает существенная часть микровключений с низким содержанием иридия.

Фигуративные точки составов микровключений в золоте сибирских изделий на диаграмме (рис. 3) сосредоточены вблизи рутениевого тренда, зерно XD-15-2-2 в золоте нашивки из могильника Ханкаринский Дол тяготеет к осмиево-рутениевому тренду (рис. 3, 5), а Ха-15-6 – к иридиево-осмиевому (рис. 3, 8). Налицо ситуация, аналогичная и для уральских находок. Пока не установлены составы, принадлежащие иридиево-рутениевому тренду, но это может быть обусловлено малым числом анализов.

Корреляция наличия микровключений минералов группы осмия и состава золотых изделий показана на рис. 4. Гистограммы составлены шагом 12 и 24 % и отражают разнообразие использованного металла. Золото изделий из Ханкаринского Дола и Инского Дола, содержащее включения платиноидов, имеет пробность 560 и 770 ‰. Золотые предметы из Аржана изготовлены из металла, соответствующего

диапазонам 715–790 и 860–920 ‰, микровключения установлены в золоте из второго интервала. Золотые изделия из Филипповских могильников соответствуют диапазонам 620–760 и 790–980 ‰, минералы осмия обнаружены в золоте пробностью 650 и 980 ‰.

Источники минералов группы осмия в древних золотых изделиях. Ранее было показано, что источником золота для изделий, содержащих включения минералов группы осмия, являются россыпные месторождения геологических структур с гипербазитами [Зайков, Зайкова, Котляров, 2010]. В них совмещены месторождения хромитов с примесью платиноидов и золото-кварцевые жилы в лиственитах (пирит-слюдисто-кварцевых породах, образовавшихся по гипербазитам) [Благородные металлы..., 2012, с. 96–102]. Сформировавшиеся россыпные залежи составляют порядка четверти от общего количества россыпей, имеющих другие источники, в т.ч. месторождения золота в гранитах и углеродистых породах. О разнообразии россыпеобразующих формаций свидетельствуют вариации состава золота, установленные при изучении древних изделий (рис. 4).

В Алтае-Саянском регионе курганы, содержащие золотые изделия с включениями минералов осмиевой группы (рис. 5), расположены вблизи золото-

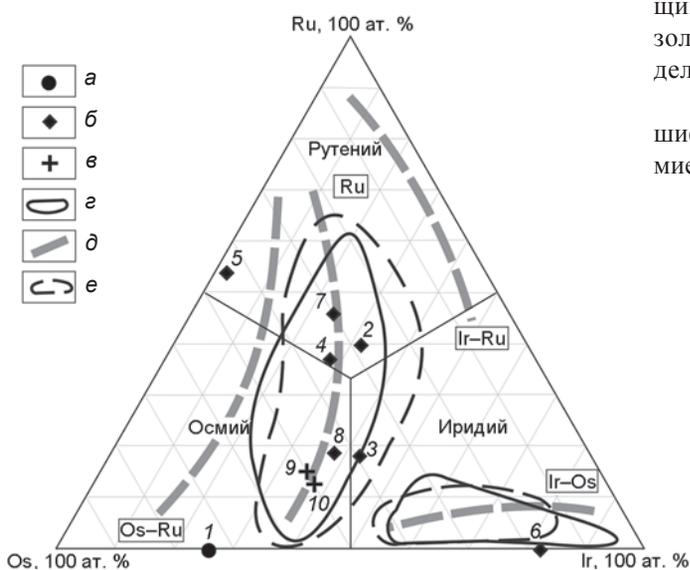


Рис. 3. Диаграмма составов микровключений платиноидов в золотых изделиях из археологических памятников и минералов группы осмия из месторождений Сибири и Урала.

а – Аржан II; б – Ханкаринский Дол, кург. 15; в – Инской Дол, кург. 2; г – поля составов минералов группы осмия из месторождений золота и платиноидов Сибири; д – тренды составов микровключений платиноидов в золотых изделиях из Филипповских могильников; е – поля составов минералов группы осмия из россыпных месторождений золота и платиноидов Урала. Цифры – порядковые номера включений в табл. 1.

Археологические памятники; коллекции; тип и кол-во анализов	Пробность, ‰						J
	500	600	700	800	900	1000	
Аржан II, IV, Эрмитаж; РСМА, 25							10 0
Филипповка I-II, ИА РАН; РСМА, 127							10 5 3 0
Ханкаринский Дол + Инской Дол, АлтГУ; РСМА, 47							10 0

Рис. 4. Сравнительная диаграмма пробности «осмийсодержащего» археологического золота Алтая и Урала. Хронология: Аржан II и IV – VII в. до н.э.; Филипповка I и II – V–IV вв. до н.э.; Ханкаринский Дол и Инской Дол – IV – начало III в. до н.э. Звездочкой обозначена позиция включений минералов группы осмия в золотых изделиях; J – частота встречаемости; РСМА – рентгеноспектральный микроанализ (выполнен на приборе РЭММА-202М В.А. Котляровым).

носных россыпей [Щербаков, Рослякова, 2000]. Царский курган Аржан II находится в непосредственной близости от Хемчикско-Куртушибинского разлома с массивами гипербазитов. Эта структура вмещает четыре золотороссыпных района с платиноидами группы осмия: Алгиякский, Каа-Хемский, Эйлиг-Хемский и р. Золотой. Наиболее детально исследован состав минералов группы осмия из россыпей р. Золотой и ручья Неожиданного в Каа-Хемском районе [Толстых, Кривенко, Поспелова, 1997; Агафонов и др., 2005, с. 114–118, 122–139]. Большинство из них имеет состав, соответствующий рутениевому тренду.

Могильники Ханкаринский Дол и Инской Дол располагаются на продолжении зоны Теректигского разлома, также вмещающего гипербазиты. В 150 км к востоку от памятников выявлено Каянчинское проявление хромитов с платиноидной минерализацией в виде вкрапленности самородного осмия размером до 0,5 мм [Гусев, Кукоева, 2011]. Западнее этого участка по рекам Карам, Ерусалим, Баранча распространены россыпи золота, содержащие минералы осмия. На Южном Урале также фиксируется приуроченность элитных курганов к россыпным источникам. Филипповский могильник располагается к юго-западу от зоны Главного Уральско-го разлома, вмещающего месторождения золота разных генетических типов. Среди них установлено 15 россыпей, содержащих примесь минералов осмиевой группы в количестве 1–8 % относительно золота. Таким образом, распространение древних изделий из золота с микровключениями минералов группы осмия и в Сибири, и на Урале обнаруживает прямую связь с наличием россыпей, содержащих золото и платиноиды. Все такие россыпи приурочены к глубинным разломам с массивами гипербазитов.

Проблема местных ювелирных мастерских и культурные связи регионов. Большинство рассмотренных золотых изделий выполнены в «скифском зверином стиле». Часть из них была импортной и изготовлена в мастерских Средней Азии и Ближнего Востока. Вместе с тем на примере уральских драгоценностей можно предполагать и существование местного производства.

Многие высокохудожественные золотые изделия из могильников Южного Приуралья выполнены в традициях ахеменидского искусства [Трейстер, 2012]. Однако на ряде предметов искажены важные

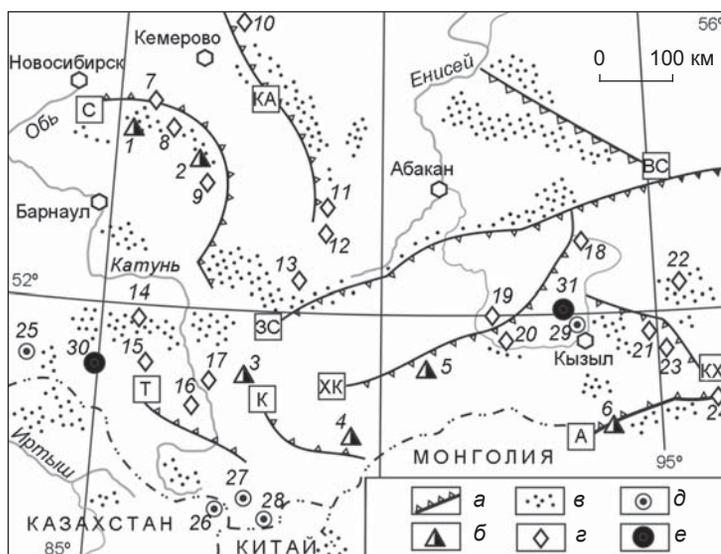


Рис. 5. Схема расположения археологических памятников с золотыми изделиями, золотороссыпей и мест обнаружения минералов группы осмия в Алтае-Саянском регионе (составлена с использованием данных Ю.Г. Щербакова и Н.В. Росляковой [2000]).

а – орографические зоны с телами «осмийсодержащих» гипербазитов: С – Салаирская, КА – Кузнецко-Алатауская, ЗС – Западно-Саянская, ВС – Восточно-Саянская, Т – Теректигская, К – Курайская, ХК – Хемчикско-Куртушибинская, КХ – Каа-Хемская, А – Агардагская; б – коренные проявления платиноидов: 1 – Тогул-Сунгайское, 2 – Уксунайское, 3 – Кыркылинское, 4 – Узун-Оюкское, 5 – Копсекское, 6 – Агардагское; в – участки развития россыпей золота; з – пункты, где выявлены минералы группы осмия в россыпях: 7 – Таловская, 8 – Суенга, 9 – Иониха и Иродов Лог, 10 – Кельбес, 11 – Ортон, 12 – Балькса, 13 – Туенза, 14 – Николаевка и Светлая, 15 – Каянча, 16 – Карам, 17 – Аксагская, 18 – Алгияк и Черная, 19 – Золотая, 20 – Сектир и Серлиг, 21 – Неожиданный, 22 – Харал, 23 – Кундус, 24 – Эми; д – археологические памятники, по которым опубликованы сведения о составе золота: 25 – Бугры, 26 – Берельский, 27 – Яломан, 28 – Ак-Алаха, Кальджин, Кунгуртас, 29 – Догээ Бары; е – археологические памятники, в золотых изделиях из которых установлены микровключения осмия: 30 – Инской Дол и Ханкаринский Дол, 31 – Аржан II.

для классических ахеменидских произведений детали – налицо примитивизм в исполнении. К этому можно добавить, что золотая фольга, покрывающая фигурки оленей из кург. I Филипповки I, изготовлена примитивным способом, а это было по силам кочевническим мастерам [Яблонский, Рукавишников, Шемаханская, 2011].

Кроме того, трудно представить, что добытое на Урале золото сперва «путешествовало» в мастерские ахеменидских сатрапий, а потом вернулось обратно в виде изделий, которые сохранились в курганах. Ведь наряду с «осмийсодержащими» россыпями Урала в различных местностях существовало еще много других источников золота, связанных с коренными и россыпными месторождениями, не содержащими платиноиды, – они известны на Кавказе, в Украине, Карпатах, Турции и Иране. Поэтому гораздо более вероятно, что уральские золотые предметы с включениями минералов осмиевой группы сделаны из золота местных «гипербазитовых» россыпей,

а значит, вблизи курганов соответствующего времени существовали ювелирные мастерские. На Урале они могли располагаться в районе Филипповских и Переволочанских могильников, и их обнаружение становится актуальной задачей.

Культурные связи регионов отражались в заимствовании технологий добычи металла и изготовления украшений. На обширных пространствах Евразии, в т.ч. на Урале и в Сибири, использование золота началось с разработки россыпей. Достоверно установлено наличие золотых украшений в уральских археологических памятниках бронзового века (Степное, Ушкати́нский), причем золото содержит микровключения минералов группы осмия. С этого времени на Урале и в Сибири сходной оказывается стилистика звериного стиля в золотых изделиях [Переводчикова, 2007; Рукавишника, Яблонский, 2008], типологии вооружения и снаряжения лошади [Шульга, 2007]. Данные палеоантропологии также поддерживают представления о разносторонних связях уральского и алтае-саянского населения в I тыс. до н.э. [Чикишева, 2012, с. 55–80; Яблонский, 2013в].

Выводы

1. Получены данные о распространении микровключений минералов группы осмия в древних золотых изделиях из археологических памятников Тувы (царский курган Аржан II) и Алтая (могильники Ханкаринский Дол и Инской Дол). Источником этих минералов являются золотые россыпи с платиноидами, приуроченные к гипербазитам глубинных разломов.

2. Исследованы микровключения платиноидов, выявленные в последнее время в золотых изделиях из Филипповских могильников на Южном Урале. По составу большинство из них соответствует минералам группы осмия уральских россыпных месторождений, также связанных с гипербазитами.

3. Установлены следы воздействия золотого расплава на морфологию и состав микровключений минералов группы осмия. Оно выражается в появлении по периферии более крупных включений ореола наноразмерных частиц, обедненных осмием. Это обстоятельство следует учитывать при сопоставлении состава микровключений и минералов предполагаемых россыпных источников.

4. Присутствие микровключений платиноидов группы осмия в древних золотых изделиях может служить одним из доказательств производства последних в местных ювелирных мастерских. Для подтверждения такой возможности необходимо выявить изотопно-геохимические отличия платиноидов из разных регионов.

Благодарности

Авторы благодарят за предоставление образцов и выполнение анализов А.Д. Таирова, К.В. Чугунова, О.В. Халыпину, О.В. Аникееву, И.А. Блинова, Д.М. Галимова и О.Л. Бусловскую.

Список литературы

Агафонов Л.В., Лхамсурэн Ж., Кужугет К.С., Ой-дуп Ч.К. Платиноносность ультрамафит-мафитов Монголии и Тувы. – Уланбаатар: Монгол. гос. ун-т науки и технологий, 2005. – 224 с.

Благородные металлы в рудах и древних золотых изделиях Южного Урала / В.В. Зайков, А.Д. Таиров, Е.В. Зайкова, В.А. Котляров, Л.Т. Яблонский. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – 232 с.

Геологический словарь / ред. К.Н. Паффенгольц. – М.: Недра, 1973. – Т. 2. – 456 с.

Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1983. – 647 с.

Гусев А.И., Кукоева М.А. Платина и платиноиды в офиолитах Салаира, Алтая и Горной Шории // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 11. – С. 20–23.

Дашковский П.К. Инской дол – новый памятник скифо-сакского периода в Западном Алтае // Древние культуры Монголии и Байкальской Сибири: мат-лы V Междунар. науч. конф. Кызыл, 15–19 сент. 2014 г.: в 2 ч. – Кызыл, 2014. – С. 207–210.

Дашковский П.К., Юминов А.М. Включения минералов платиновой группы в золотых изделиях из могильника Ханкаринский Дол (Алтай) // Вестн. НГУ. Сер.: История, филология. – 2012. – Т. 11. – Вып. 7: Археология и этнография. – С. 50–55.

Зайков В.В., Зайкова Е.В., Котляров В.А. «Осмиевый след» по минеральным включениям в древних золотых изделиях // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2010. – № 1. – С. 37–43.

Зайков В.В., Таиров А.Д., Юминов А.М., Чурин Е.И., Котляров В.А. Состав золотых изделий из курганов Южного Урала // Ранние кочевники Волго-Уральского региона. – Оренбург: Оренбург. гос. пед. ун-т, 2008. – С. 46–49.

Кобяшев Ю.С., Никандров С.Н. Минералы Урала. – Екатеринбург: Квадрат, 2007. – 312 с.

Краткая химическая энциклопедия. – М.: Сов. энцикл., 1964. – Т. 3. – 1112 с.

Магакьян И.Г. Металлогения. – М.: Недра, 1974. – 304 с.

Переводчикова Е.В. Филипповка и Алтай (по материалам золотых предметов из I Филипповского кургана) // Каменная скульптура и мелкая пластика древних и средневековых народов Евразии. – Барнаул: Азбука, 2007. – С. 31–39.

Петровская Н.В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 345 с.

Платинотальное орудение в геологических комплексах Урала / К.К. Золоев, Ю.А. Волченко, В.А. Коротева, И.А. Малахов, А.Н. Мардиросьян, В.Н. Хрыпов. – Екатеринбург: Департамент природных ресурсов, 2001. – 199 с.

Рукавишника И.В., Яблонский Л.Т. Костяные изделия в зверином стиле из могильника Филипповка 1 //

Проблемы современной археологии: сб. памяти В.А. Башилова / ред. М.Г. Мошкова. – М.: Таус, 2008. – С. 199–238. – (МИА; № 10).

Толстых Н.Д., Кривенко А.П., Поспелова Л.Н. Необычные соединения иридия, осмия и рутения с селеном, теллуром и мышьяком из россыпей р. Золотой (Западный Саян) // Зап. Рос. минералог. об-ва. – 1997. – Ч. СХХVI, вып. 6. – С. 23–34.

Трейстер М.Ю. Ахеменидские импорты в Южном Приуралье: Хронология. Динамика. Состав. Интерпретация // Влияния ахеменидской культуры в Южном Приуралье (V–III вв. до н.э.). – М.: Таус, 2012. – Т. I. – С. 268–281.

Трейстер М.Ю., Шемаханская М.С., Яблонский Л.Т. Комплексы с предметами ахеменидского круга могильника Филипповка-I // Влияния ахеменидской культуры в Южном Приуралье (V–III вв. до н.э.). – М.: Таус, 2012. – Т. 2. – С. 84–162.

Уильямс Д., Огден Дж. Греческое золото. Ювелирное искусство классической эпохи. V–IV века до н.э. – СПб.: Славия, 1995. – 272 с.

Чикишева Т.А. Динамика антропологической дифференциации населения юга Западной Сибири в эпоху неолита – раннего железа. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2012. – 468 с.

Чугунов К.В. Искусство Аржана-2: стилистика, композиция, иконография, орнаментальные мотивы // Европейская сарматия. – СПб.: Гос. Эрмитаж, 2011. – С. 39–61.

Шульга П.И. Вооружение на Алтае в VI–III вв. до н.э. // Вооружение савроматов: региональная типология и хронология. – Челябинск: Изд-во Юж.-Урал. гос. ун-та, 2007. – С. 142–156.

Щербаков Ю.Г., Рослякова Н.В. Состав золотых изделий, источники металлов и способы их обработки // Феномен Алтайской мумии. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2000. – С. 179–187.

Яблонский Л.Т. Золото сарматских вождей: Элитный некрополь Филипповка I (по материалам раскопок 2004–2009 гг.): каталог коллекции. – М.: ИА РАН, 2013а. – Кн. 1. – 231 с.

Яблонский Л.Т. Курган-святилище могильника Филипповка 2, роль и место животных в погребальном обряде // Археология восточно-европейских степей. – Саратов: Саратов. гос. ун-т, 2013б. – Вып. 10. – С. 305–311.

Яблонский Л.Т. Об экологических обстоятельствах формирования антропологического типа восточных европеоидов // Человек в окружающей среде: этапы взаимодействия: тез. V Междунар. конф. «Алексеевские чтения» памяти академиков Т.И. Алексеевой и В.П. Алексеева. – М., 2013в. – С. 113.

Яблонский Л.Т., Рукавишников И.В., Шемаханская М.С. «Золотой» меч из царского кургана № 4 могильника Филипповка I // ВДИ. – 2011. – № 4. – С. 219–250.

Craddock P.T. The Platinum Group Element Inclusion // Ramage A., Craddock P. King Croesus' Gold: Excavations at

Sardis and the History of Gold Refining. – Cambridge, MA: Harvard Univ. Art Museums, in association with the British Museum Press, 2000. – P. 238–244. – (Archaeological Exploration of Sardis; N 11).

Dashkovskiy P.K., Usova I.A. Pazyryk burial at Khankarinsky dol in the Northwestern Altai // Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia. – 2011. – N 3. – P. 78–84.

Harris D., Cabri L. Nomenclature of platinum-group-element alloys: review and revision // Can. Min. – 1991. – Vol. 29. – P. 231–237.

Meeks N.D. Scanning Electron Microscopy of the Refractory Remains and the Gold // Ramage A., Craddock P. King Croesus' Gold: Excavations at Sardis and the History of Gold Refining. – Cambridge, MA: Harvard Univ. Art Museums, in association with the British Museum Press, 2000. – P. 99–156. – (Archaeological Exploration of Sardis; N 11).

Meeks N.D., Tite M.S. The Analysis of Platinum-Group Element Inclusion in Gold Antiquities // J. of Archaeol. Sci. – 1980. – Vol. 7, N 3. – P. 267–275.

Ogden J.M. The So-called Platinum Inclusion in Egyptian Goldwork // J. of Egyptian Archaeology. – 1976. – Vol. 62. – P. 138–144.

Ogden J.M. Platinum Group Inclusions in Ancient Gold Artifacts // J. of the Historical Metallurgical Soc. – 1977. – Vol. 11, N 2. – P. 53–72.

Shemakhanskaya M., Treister M., Yablonsky L. The technique of gold inlaid decoration in the 5th–4th centuries BC: silver and iron finds from the earlier Sarmatian barrows of Filippovka, Southern Urals // Archeo Sciences. – 2009. – N 33. – P. 211–220.

Tolstykh N., Krivenko A., Sidorov E., Laajoki K., Podlipsky M. Ore mineralogy of PGM placers in Siberia and the Russian Far East // Ore geology reviews. – 2002. – Vol. 20. – P. 1–25.

Uysal I., Tarkian M., Sadiklar M., Zaccarini F., Meisel T., Garuti G., Heidrich S. Petrology of Al- and Cr-rich ophiolitic chromitites from the Muğla, SW Turkey: implications from composition of chromite, solid inclusions of platinum-group mineral, silicate, and base-metal mineral, and Os-isotope geochemistry // Contrib. Mineral. Petrol. – 2009. – Vol. 158, iss. 5. – P. 659–674.

Whitmore F.E., Young W.J. Application of the Laser Microprobe and Electron Microprobe in the Analysis of Platiniridium Inclusions in Gold // Application of Science in Examination of Works of Art / ed. W.J. Young. – Boston: Museum of Fine Arts, 1973. – P. 88–95.

Young W.J. The Fabulous Gold of the Pactolus Valley // Bull. of Boston Museum of Fine Arts. – 1972. – Vol. LXX, N 359. – P. 5–13.

Материал поступил в редколлегию 06.08.14 г.