

оригинальная статья  
УДК 902/904

## Лепешкинский комплекс бронз из могильника тагарской культуры Серебряково I в Мариинской лесостепи (по результатам анализа элементного состава металла)

Анна Сергеевна Савельева

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Россия, г. Кемерово; <https://orcid.org/0000-0002-4804-5932>;  
[antverpen@mail.ru](mailto:antverpen@mail.ru)

Поступила в редакцию 24.03.2021. Принята в печать 13.04.2021.

**Аннотация:** С целью выявления особенностей медно-бронзовых сплавов сопроводительного инвентаря из погребений лепешкинского этапа тагарской культуры был предпринят анализ элементного состава металла из склепов курганов 2, 12 и 16 (III–I вв. до н. э.) могильника Серебряково I в Кия-Чулымском междуречье. Состав образцов металла 72 предметов исследован методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. В ходе статистической обработки полученных данных выделены семь химико-металлургических и металлургических групп сплавов на медной основе. Сопоставление выявленных рецептур бронз с данными о типологии инвентаря различных категорий (ножи, чеканы, зеркала, оленные бляшки) показало отсутствие устойчивых корреляций типов сплавов с типами / вариантами изделий. По соотношению медно-бронзовых рецептур изученный металл лепешкинского этапа тагарской культуры из могильника Мариинской лесостепи согласуется с его относительной хронологической позицией между металлокомплексами сарагашенского и тесинского этапов тагарской культуры. Проанализированная коллекция демонстрирует тенденцию к снижению доли оловянистых бронз и к уменьшению средних концентраций лигатур олова. Исследование доказывает целесообразность применения археометаллургических данных как одного из признаков для определения относительной хронологической позиции погребальных комплексов тагарской культуры.

**Ключевые слова:** лепешкинский этап, медно-бронзовый инвентарь, типология, элементный состав, металлургические группы сплавов

**Цитирование:** Савельева А. С. Лепешкинский комплекс бронз из могильника тагарской культуры Серебряково I в Мариинской лесостепи (по результатам анализа элементного состава металла) // Вестник Кемеровского государственного университета. 2021. Т. 23. № 2. С. 405–414. DOI: <https://doi.org/10.21603/2078-8975-2021-23-2-405-414>

### Введение

Исследования традиций цветной металлообработки тагарской культуры к настоящему времени позволили сформулировать идеи об отличиях производственных стратегий ее носителей на различных этапах. Бронзы из хронологически дифференцированных комплексов демонстрируют разное соотношение медно-мышьяковых, мышьяковистых и оловянистых сплавов по материалам памятников Минусинских котловин и Мариинской лесостепи [1, с. 184, 187, 188–191; 2; 3, с. 95; 4, с. 121; 5; 6]. Несмотря на представительность опубликованных серий данных об элементном составе тагарских бронз [1; 2; 5; 6], все еще остаются отдельные аспекты развития металлургических традиций культуры, исследованные недостаточно. В их числе – металл из комплексов лепешкинского этапа, не изученный по материалам Мариинской лесостепи и нуждающийся в продолжении специальных исследований по материалам Минусинских котловин [7, с. 96]. Краткие сведения, которые возможно экстраполировать на изучаемый период, приводятся С. С. Миняевым. По его наблюдениям, на рубеже III–II вв. до н. э. в Минусинских котловинах происходила смена оловянистых бронз, характерных для IV–III вв. до н. э., мышьяковыми и оловянно-

мышьяковыми сплавами [8, с. 76]. В связи с актуальностью работ по изучению состава металла III–II вв. до н. э. предметом публикации выступает инвентарь из погребений лепешкинского этапа тагарской культуры курганного могильника Серебряково I в Мариинской лесостепи (Кия-Чулымское междуречье).

### Материалы

Могильник Серебряково I располагался в Тисульском районе Кемеровской области, в 6 км к северу-востоку от с. Серебряково и состоял из 17 курганов. Раскопки производились в 1969 г. экспедицией Кемеровского государственного педагогического института, возглавляемой А. И. Мартыновым [9]. Могильник полностью раскопан, результаты раскопок опубликованы [10]. Находки хранятся в Музее «Археология, этнография и экология Сибири» Кемеровского государственного университета (КМАЭЭ, ОФ-65/1-477, коллекция 61) [11, с. 48–51]. Период функционирования могильника датирован А. И. Мартыновым в пределах с V по I вв. до н. э. [12, рис. 20].

Склепы в курганах 2, 12 и 16 (могила 1) представлены значительным числом бронзовых предметов, относятся к числу наиболее поздних погребальных сооружений могильника и датируются специалистами от III в. до н. э. до II в. н. э. [9, с. 195; 10, с. 116; 12, с. 66; 13, табл. 63; 14, с. 131]. Анализ погребального инвентаря и конструкций склепов позволяет выделить следующие диагностирующие признаки: обособленное расположение курганов в составе могильника; обожжение погребальных камер; покрытие берестой бревен наката; большое число погребенных; вотивные формы сопроводительного инвентаря; проушные чеканы; строенные бляшки; предметы неизвестного назначения (ПНН); орнаментированные зеркала; сосуды со сливом. По материалам Мариинской лесостепи эти особенности погребальных комплексов характерны для заключительного этапа (III–II вв. до н. э.) тагарской культуры [15, с. 19] или для назаровского этапа позднетагарского времени III в. до н. э. [12, с. 81–85, 87]. По материалам Минусинских котловин рассматриваемые комплексы могильника Серебряково I соотносятся с погребениями лепешкинского этапа тагарской культуры III в. до н. э. [16], названного по опорному памятнику третьего этапа Минусинской Курганной культуры, выделенного С. А. Теплоуховым по материалам раскопок у деревни Лепешки [17, с. 48, 49]. Н. Ю. Кузьминым время рубежа III–II вв. до н. э. маркируется как начало более длительного и сложного по содержанию периода сосуществования позднетагарских / позднесарагашенских / лепешкинских и раннетесинских I этапа тесинской культуры памятников Минусинской, Сыдо-Ербинской и юга Чулымо-Енисейской котловин, завершившегося только в первой половине I в. до н. э. [18, с. 238, рис. 45]. В предлагаемой публикации материалы курганов 2, 12 и 16 (могила 1) датируются III–I вв. до н. э. и атрибутируются как лепешкинские. Более подробно о проблематике и разнообразии подходов к датировке и археологической характеристике лепешкинского этапа тагарской культуры см. в [16; 18, с. 73, 203; 19–21; 22, с. 7, 8; 23, с. 80; 24, с. 34, 38].

Ниже приводится краткое описание анализируемого предметного комплекса. Применяемая последовательность описания признаков – категория, тип, вариант – представляет собой систематизацию, основанную на подходах А. В. Субботина [13, с. 48–52], хотя и несколько упрощенную.

#### ▪ Категория: чеканы (миниатюрные, уменьшенные)

- ▶ Тип А: втульчатые
  - вариант 1: с четырехгранным в сечении бойком и плоским в сечении обушком: № 161 (рис. 1, 1)
  - вариант 2: с четырехгранным в сечении бойком и каннелированным или рубчатым обушком: № 24, № 93 (рис. 1, 2)
  - вариант 3: с линзовидным в сечении, каннелированным бойком и линзовидным в сечении обушком: № 36 (рис. 1, 8)

- вариант 4: с головой грифона под овальным в сечении, истонченным в нижней плоскости бойком: № 98 (рис. 1, 9)
  - ▶ Тип Б: втульчатые с укороченной втулкой
    - вариант 1: с круглыми в сечении бойком и обушком: № 30, № 126 (рис. 1, 10)
    - вариант 2: с четырехгранным в сечении бойком и круглым обушком: № 51 (рис. 1, 11)
    - вариант 3: с округлым в сечении бойком и плоским рубчатым обушком, расширяющимся к краю: № 32 (рис. 1, 12)
    - вариант 4: с четырехгранным в сечении бойком и круглым в сечении обушком: № 25, № 50 (рис. 1, 15)
  - ▶ Тип В: втульчатые с укороченной глухой втулкой
    - вариант 1: с каннелированными бойком и обушком: № 99 (рис. 1, 3)
  - ▶ Тип Г: проушные
    - вариант 1: с круглыми в сечении бойком и обушком: № 35 (рис. 1, 4)
  - Категория: втоки
    - ▶ Тип А: колоколовидной формы
      - вариант 1: с лопаточковидным основанием: № 294 (рис. 1, 6)
    - ▶ Тип Б: конусовидной формы
      - вариант 1: с трапезиевидным заovalенным основанием: № 322 (рис. 1, 7), № 139
      - вариант 2: с секировидным основанием: № 97 (рис. 1, 5)
  - Категория: кинжалы
    - вариант 1: с грибовым уплощенным навершием, плоской каннелированной рукояткой, сердцевидным перевернутым перекрестием и простым прямым – с ребром – лезвием: № 48 (рис. 1, 13)
    - вариант 2: с простым скобковым навершием, плоской каннелированной рукояткой, сосцевидным перекрестьем и простым прямым – с ребром – лезвием: № 38 (рис. 1, 14)
  - Категория: ножи (миниатюрные, уменьшенные)
    - ▶ Тип А: с прямой спинкой
      - вариант 1: с овальным навершием: № 18 (рис. 1, 20)
      - вариант 2: с овальным дырчатым навершием: № 39 (рис. 1, 21), № 64, 87, 190
      - вариант 3: с петьльчатым навершием: № 60 (рис. 1, 19)
    - ▶ Тип Б: дугообразнообушковые
      - вариант 1: с овальным навершием с намеченным отверстием: № 19 (рис. 1, 22)
    - ▶ Тип В: змейчатообушковые
      - вариант 1: с трапезиевидным навершием и овальным отверстием: № 53 (рис. 1, 18)
- Фрагментами представлены ножи № 28, 37, 40, 42, 61, 67, 70, 142, 149, 156, 164, 172.

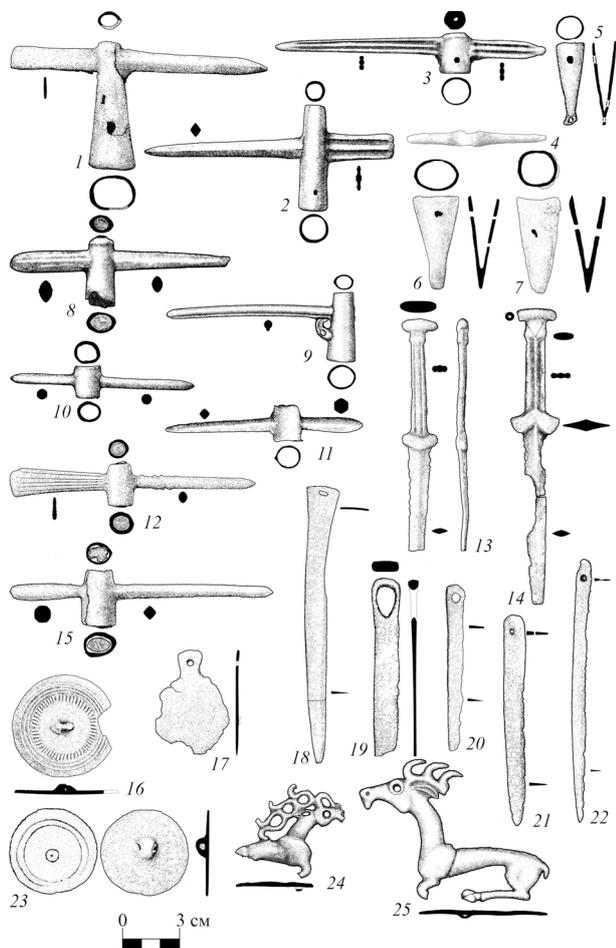


Рис. 1. Лепешкинский комплекс бронз из погребений могильника Серебряково I: 1 – № 161; 2 – № 93; 3 – № 99; 4 – № 35; 5 – № 97; 6 – № 294; 7 – № 322; 8 – № 36; 9 – № 98; 10 – № 126; 11 – № 51; 12 – № 32; 13 – № 48; 14 – № 38; 15 – № 50; 16 – № 41; 17 – № 14; 18 – № 53; 19 – № 60; 20 – № 18; 21 – № 39; 22 – № 19; 23 – № 73; 24 – № 109; 25 – № 138. Рисунки выполнены С. Н. Леонтьевым  
Fig. 1. Lepeshkinsky complex of bronzes from Serebryakovo I burial ground: 1 – No. 161; 2 – No. 93; 3 – No. 99; 4 – No. 35; 5 – No. 97; 6 – No. 294; 7 – No. 322; 8 – No. 36; 9 – No. 98; 10 – No. 126; 11 – No. 51; 12 – No. 32; 13 – No. 48; 14 – No. 38; 15 – No. 50; 16 – No. 41; 17 – No. 14; 18 – No. 53; 19 – No. 60; 20 – No. 18; 21 – No. 39; 22 – No. 19; 23 – No. 73; 24 – No. 109; 25 – No. 138. The drawings were made by S. N. Leontiev

▪ Категория: шилья

- ▶ Тип А: с четырехгранным острием
  - вариант 1: с круглой в сечении шейкой: № 52

▪ Категория: зеркала

- ▶ Тип А: дисковидные неорнаментированные
  - вариант 1: с овальной петелькой: № 27, 47, 55, 84, 90
  - вариант 2: с подпрямоугольной петелькой: № 66
  - вариант 3: с отверстием в центре: № 151

У дисковидных зеркал № 33, 76, 101, 147 петельки утрачены.

- ▶ Тип Б: дисковидные орнаментированные: № 41 (рис. 1, 16), № 73 (рис. 1, 23)

- ▶ Тип В: медалевидные: № 14 (рис. 1, 17)

▪ Категория: оленные бляшки (изображения оленей с подогнутыми под туловище ногами)

- ▶ Тип А: с S-видными отростками рогов: № 109 (рис. 1, 24)

- ▶ Тип Б: с рогами в виде отростков, помещенных на дуге: № 71, 138 (рис. 1, 25), № 140, 438

Оленные бляшки № 69 и № 100 сохранились в малоинформативных фрагментах.

Анализу элементного состава подвергнут также металл фрагментов ножного браслета № 57, гривен № 49, 196, 34, полусферической бляшки № 26, диадема № 31, 200, 21, штандарта № 54, ПНН № 184 и № 167.

Результаты

Методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой установлен элементный состав образцов металла 72 бронзовых предметов из курганов 2, 12, могилы 1 кургана 16 могильника Серебряково I (табл. 1). Анализ производился в Центре коллективного пользования ФИЦ УУХ СО РАН на спектрометре Thermo Scientific iCAP 6500 DUO LA (аналитик – канд. хим. наук, старший научный сотрудник Р. П. Колмыков). Данные о составе металла зеркал № 47, 101, 90, 14, 27, 33, 41 и 66 публиковались ранее [25, с. 46, табл. 1] и дублируются в табл. 1.

График распределения концентраций олова (рис. 2) позволяет наметить границу легирования меди оловом – 1,02 %. Металл 36 изделий содержит искусственные присадки олова, достигающие концентраций 10,5 % (зеркало № 90). График распределения концентраций мышьяка (рис. 3) позволяет наметить границу легирования меди мышьяком – 2,35 %. Мышьяком легирован металл 26 предметов. Металл с содержанием мышьяка более 0,75 %, но менее 2,35 % образует самостоятельную химическую группу мышьяковой меди.

Данные элементного состава позволяют выделить следующие группы сплавов:

1. «Чистая» медь (Cu): вток № 322.
2. Мышьяковая медь (Cu(As)): семь предметов.
3. Мышьяковистая бронза (Cu+As): 28 предметов, в том числе зеркало № 41 и чекан № 24 с повышенным содержанием железа; оленная бляшка № 69 с повышенным содержанием железа и золота; оленная бляшка № 138 с повышенным содержанием сурьмы и висмута; чекан № 32 с повышенным содержанием цинка.
4. Мышьяковисто-оловянистая бронза (Cu+As+Sn): четыре предмета (вток № 97, зеркало № 14, ножи № 39 и 142).
5. Оловянистая бронза (Cu+Sn): 28 предметов, в том числе семь предметов из сплавов на основе мышьяковой меди, включая нож № 61 с повышенным содержанием железа.

Табл. 1. Результаты анализа элементного состава бронз из погребений лепешкинского этапа тагарской культуры могильника Серебряково I, %

Tab. 1. Elemental composition of bronzes from the burials of Lepeshkinsky Stage of Tagar culture, Serebryakovo I burial ground, %

№	Предмет (курган)	Sn	As	Pb	Sb	Bi	Fe	Zn	Ni	Co	Au	Ag
100	бляшка оленная (16)	0,6	4	0,51	0,43	0,54	0,08	0,009	0,087	0,014	0,01	0,15
109	бляшка оленная (16)	0,21	4,9	0,05	0,083	0,06	0,12	0,004	0,03	0,004	0,008	0,036
138	бляшка оленная (16)	0,1	7,2	0,29	1,5	1,27	0,03	0,06	0,023	0,004	0,003	0,25
140	бляшка оленная (16)	8,1	0,46	0,56	0,05	0,017	0,09	0,05	0,1	0,015	0,0025	0,07
438	бляшка оленная (16)	0,42	3,66	0,041	0,101	0,028	0,750	0,011	0,086	0,015	0,006	0,076
69	бляшка оленная (2)	0,36	8,62	0,092	0,224	0,018	2,53	0,023	0,128	0,054	1,354	0,131
71	бляшка оленная (2)	6,94	0,95	0,025	0,076	0,031	0,153	0,015	0,063	0,007	0,007	0,088
26	бляшка полусферическая (12)	5,94	0,38	0,087	0,022	0,054	0,053	0,005	0,089	0,009	0,004	0,034
139	вток (16)	0,14	2,98	0,079	0,31	0,2	0,038	0,003	0,086	0,004	0,007	0,11
294	вток (16)	1,6	0,15	0,079	0,007	0,015	0,12	0,012	0,06	0,004	0,002	0,04
322	вток (16)	0,11	0,94	0,014	0,014	0,06	0,062	0,007	0,036	0,002	0,002	0,026
97	вток (16)	1,4	5,2	0,52	0,46	0,32	0,06	0,2	0,09	0,025	0,005	0,09
49	гривна (12)	5,00	0,472	0,052	0,063	0,052	0,891	0,04	0,135	0,018	0,005	0,048
196	гривна (16)	0,08	8,37	0,025	0,19	0,047	0,11	0,004	0,101	0,005	0,016	0,103
34	гривна (2)	8,35	0,601	0,015	0,072	0,04	0,794	0,006	0,101	0,011	0,008	0,094
31	диадема (12)	5,15	0,414	0,019	0,072	0,016	0,168	0,009	0,174	0,001	0,005	0,07
200	диадема (16)	0,51	2,42	0,084	0,145	0,059	0,354	0,011	0,127	0,02	0,011	0,098
21	диадема (2)	0,75	2,6	0,146	0,295	0,194	0,109	0,004	0,108	0,007	0,009	0,217
147	зеркало (16)	0,2	3,77	0,16	0,1	0,096	0,2	0,27	0,06	0,006	0,005	0,07
151	зеркало (16)	0,15	1,5	0,09	0,01	0,16	0,057	0,026	0,099	0,01	0,009	0,053
73	зеркало (16)	0,17	4,2	0,39	0,49	0,6	0,07	0,05	0,06	0,007	0,008	0,18
76	зеркало (16)	0,55	2,1	0,18	0,096	0,12	0,24	0,003	0,58	0,015	0,007	0,05
84	зеркало (16)	0,64	4,2	0,38	0,49	0,67	0,05	0,026	0,1	0,02	0,0095	0,13
55	зеркало (2)	5,7	0,5	0,06	0,08	0,07	0,047	0,088	0,11	0,012	0,005	0,06
47	зеркало (12)	6,417	1,456	0,063	0,065	0,252	0,212	0,139	0,497	0,146	0,008	0,056
101	зеркало (16)	0,63	1,5	0,29	0,12	0,08	0,35	0,012	0,084	0,015	0,008	0,09
90	зеркало (16)	0,13	10,5	0,15	0,15	0,77	0,38	0,024	0,1	0,025	0,015	0,09
14	зеркало (2)	1,3	1,95	0,63	0,57	0,22	0,027	0,12	0,15	0,015	0,005	0,14
27	зеркало (2)	0,098	1,3	0,12	0,1	0,21	0,055	0,09	0,09	0,011	0,008	0,07
33	зеркало (2)	3,04	2,16	0,47	0,1	0,17	0,047	0,1	0,19	0,023	0,007	0,08
41	зеркало (2)	0,074	8,6	0,2	0,05	0,21	1,44	0,63	0,14	0,024	0,007	0,14
66	зеркало (2)	0,2	1,35	0,19	0,036	0,094	0,045	0,05	0,127	0,005	0,004	0,09
38	кинжал (12)	0,49	1,56	0,08	0,122	0,132	0,095	0,375	0,105	0,005	0,007	0,074
48	кинжал (2)	0,7	1,3	0,087	0,05	0,7	0,049	0,23	0,09	0,008	0,003	0,08
28	нож (12)	1,75	0,936	0,049	0,28	0,126	0,848	0,613	0,172	0,034	0,006	0,052
37	нож (12)	0,61	2,44	0,062	0,159	0,161	0,105	0,004	0,102	0,006	0,007	0,101
39	нож (12)	2,00	2,74	0,131	0,415	0,115	0,145	0,169	0,134	0,013	0,25	0,102
40	нож (12)	0,81	1,62	0,07	0,332	0,104	0,87	0,004	0,204	0,055	0,007	0,079
42	нож (12)	5,76	0,307	0,075	0,049	0,025	0,22	0,025	0,147	0,016	0,005	0,206
142	нож (16)	1,3	1,7	0,12	0,13	0,35	0,04	0,06	0,17	0,014	0,007	0,13
149	нож (16)	2,11	0,63	0,11	0,15	0,95	0,063	0,022	0,098	0,006	0,005	0,05
156	нож (16)	7,4	0,4	0,19	0,038	0,01	0,07	0,03	0,075	0,01	0,002	0,08
164	нож (16)	1,1	1,53	0,19	0,18	0,15	0,26	0,014	0,13	0,027	0,009	0,09
172	нож (16)	3,6	0,48	0,16	0,024	0,02	0,1	0,3	0,08	0,008	0,004	0,05
190	нож (16)	3,68	0,549	0,077	0,067	0,435	0,111	0,007	0,138	0,027	0,008	0,046
60	нож (16)	2,98	1,1	0,075	0,24	0,07	0,08	0,01	0,14	0,006	0,005	0,16
61	нож (16)	3,3	1,5	0,15	0,23	0,089	1,7	0,008	0,18	0,04	0,002	0,08
64	нож (16)	0,06	2,36	0,045	0,056	0,074	0,13	0,038	0,038	0,007	0,005	0,04
70	нож (16)	6,3	0,59	0,08	0,045	0,19	0,046	0,005	0,09	0,008	0,011	0,04

№	Предмет (курган)	Sn	As	Pb	Sb	Bi	Fe	Zn	Ni	Co	Au	Ag
87	нож (16)	0,29	2,4	0,1	0,16	0,3	0,16	0,05	0,06	0,005	0,011	0,09
18	нож (2)	4,9	0,6	0,2	0,085	0,076	0,21	0,64	0,1	0,021	0,005	0,07
19	нож (2)	0,14	2,03	0,15	0,14	0,14	0,72	0,038	0,09	0,008	0,008	0,08
53	нож (2)	0,28	6,1	0,23	0,2	0,26	0,09	0,012	0,08	0,008	0,01	0,13
67	нож (2)	5,6	0,8	0,09	0,18	0,038	0,067	0,009	0,18	0,006	0,005	0,09
57	ножной браслет (2)	1,02	1,05	0,083	0,184	0,061	0,044	0,003	0,137	0,011	0,007	0,107
167	ПНН (16)	10,4	0,4	1,5	0,04	0,023	0,58	0,016	0,077	0,009	0,002	0,045
184	ПНН (16)	0,37	2,66	0,17	0,042	0,27	0,04	0,017	0,06	0,005	0,0025	0,07
36	чекан (12)	0,23	1,81	0,104	0,55	0,14	0,175	0,127	0,134	0,011	0,008	0,075
126	чекан (16)	2,5	1,3	0,2	0,17	0,21	0,17	0,2	0,16	0,013	0,007	0,09
161	чекан (16)	7,3	0,23	0,21	0,012	0,03	0,18	0,02	0,065	0,008	0,003	0,05
93	чекан (16)	0,41	5,4	0,55	0,13	0,69	0,25	0,016	0,1	0,02	0,006	0,08
98	чекан (16)	0,19	2,5	0,048	0,15	0,17	0,61	0,032	0,088	0,008	0,01	0,095
99	чекан (16)	0,4	7,6	0,2	0,52	0,45	0,19	0,003	0,087	0,007	0,012	0,15
24	чекан (2)	0,037	16,9	0,18	0,09	0,7	2,55	0,3	0,093	0,035	0,015	0,09
25	чекан (2)	4,4	1,21	1,6	0,14	0,24	0,1	0,22	0,16	0,03	0,007	0,1
30	чекан (2)	2,4	1,2	0,1	0,24	0,12	0,62	0,003	0,13	0,015	0,004	0,15
32	чекан (2)	0,25	3,2	0,09	0,19	0,043	0,08	1,00	0,72	0,3	0,009	0,087
35	чекан (2)	0,69	1,7	0,53	0,59	0,12	0,06	0,003	0,08	0,005	0,005	0,17
50	чекан (2)	3,9	0,77	0,12	0,07	0,07	0,01	0,42	0,14	0,011	0,006	0,06
51	чекан (2)	4,00	0,52	0,21	0,12	0,17	0,058	0,013	0,1	0,015	0,004	0,06
52	шило (2)	8,18	0,445	0,203	0,053	0,004	0,182	0,005	0,081	0,006	0,004	0,046
54	штандарт (12)	4,28	0,506	1,88	0,063	0,009	0,120	0,008	0,142	0,038	0,002	0,097

Прим.: номер предмета соответствует инвентарному, а также числовому обозначению в тексте. В основе металла всех образцов – медь.

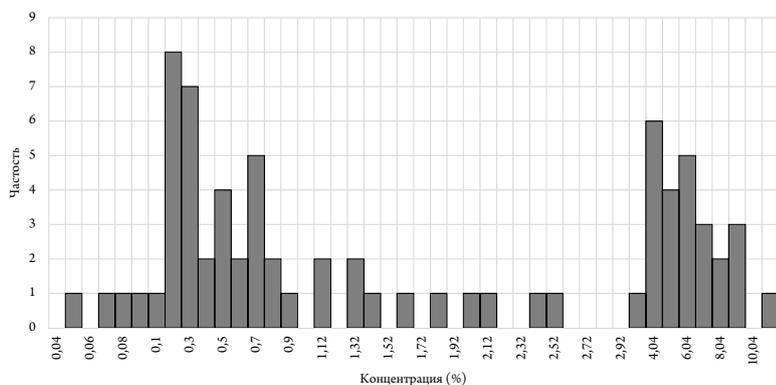


Рис. 2. Гистограмма распределения примесей олова в металле предметов из погребений лепешкинского этапа тагарской культуры могильника Серебряково I  
Fig. 2. Tin impurities in the metal artifacts from the burials of Lepeshkinsky Stage, Serebryakovo I

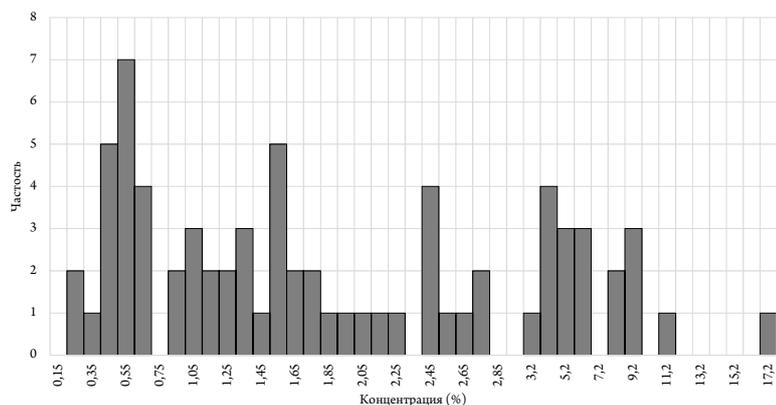


Рис. 3. Гистограмма распределения примесей мышьяка в металле предметов из погребений лепешкинского этапа тагарской культуры могильника Серебряково I  
Fig. 3. Arsenic impurities in the metal of artifacts from the burials of Lepeshkinsky Stage, Serebryakovo I

6. Оловянисто-мышьяковистая бронза (Cu+Sn+As): зеркало № 33.

7. Оловянисто-свинцовистая бронза (Cu+Sn+Pb): три предмета (ПНН № 167, штандарт № 54, чекан № 25).

Распределение групп сплавов (рецептур бронз) по категориям инвентаря отражено в табл. 2.

Пять из семи оленных бляшек – из мышьяковистой бронзы. Сопоставление рецептур бронз с типами изображений оленей показывает, что из четырех бляшек с рогами в виде отростков, помещенных на дуге (тип Б), по два экземпляра изготовлены из мышьяковистой (№ 138 и 438) и из оловянистой (№ 71 и 140) бронзы.

Для металла ножей характерна оловянистая бронза – из нее изготовлены 60 % предметов этой категории. Остальные экземпляры – из сплавов, легированных мышьяком, либо из мышьяковой меди. Ножи из разных сплавов принадлежат к одному варианту, равно как ножи разных типов изготовлены из сплава одной металлургической группы (например, ножи типа Б1, В1 и А2 – из мышьяковистой бронзы).

Два зеркала изготовлены из оловянистой бронзы, во всех остальных случаях сплавы легированы мышьяком либо представлены мышьяковой медью. Нами рассматривался вопрос о соотношении метрических, морфологических, хронологических и металлургических признаков для данной категории инвентаря [25]. Состав металла разновременных зеркал указывает на взаимосвязь диаметров и типов сплавов с принадлежностью предметов к определенному этапу тагарской культуры [25, с. 50]. В анализируемой коллекции зеркал преобладают изделия из сплавов меди с мышьяком.

В металле чеканов доля мышьяковистой бронзы составляет 46 %. В остальных случаях металла содержит лигатуру олова.

Сопоставление типов сплавов с типами / вариантами изделий из погребений лепешкинского этапа тагарской

культуры могильника Серебряково I позволяет заключить, что погребальный бронзовый инвентарь схожей морфологии может быть изготовлен из разных сплавов, равно как применяется одинаковый сплав при производстве предметов разных типов и категорий.

Вопрос о зависимости элементного состава от вида и предназначения изделия традиционно является одним из важнейших компонентов исследований древнего металла. Анализ историографии показывает – легирование оловом связывалось специалистами с требованиями к прочности изделий [26; 27]; присадка свинца – со снижением температуры плавления [26], с приданием вещам серовато-серебристого цвета [27]; комплексные лигатуры олова и свинца объяснялись улучшением литейных свойств металла уменьшенных копий предметов [4]. Так аргументировалась технологическая обусловленность тагарских рецептур – зависимость типов сплавов от внешнего вида изделия.

Попытка проследить связь типов вещей с типами сплавов, имевшая иные результаты, была предпринята С. С. Миняевым и М. П. Грязновым по материалам памятников тесинского этапа тагарской культуры. Их вывод был следующим: «среди рассматриваемых бронз не наблюдается зависимость типа сплава от характера изделия. Из мышьяковистых бронз, например, изготовлены различные предметы – пуговица, сбруйные кольца, ложечковидные наконечники ремней, пластина-пряжка» [28, с. 162]. Так демонстрировался приоритет хронологической принадлежности медно-бронзовых изделий (с соответствующим ей элементным составом металла) перед морфологическими характеристиками.

Возможно, выводы о положительной взаимосвязи рецептур бронз и предназначения изделий обусловлены выборкой источников, включавшей разновременные находки.

Табл. 2. Распределение рецептур бронз по категориям инвентаря из погребений лепешкинского этапа тагарской культуры могильника Серебряково I

Tab. 2. Bronze formulations by categories of items from the burials of Lepeshkinsky Stage, Serebryakovo I

Категория инвентаря	Cu	Cu(As)	Cu+As	Cu+As+Sn	Cu+Sn	Cu+Sn+As	Cu+Sn+Pb
Ножи (20)	–	1	5	2	12	–	–
Зеркала (14)	–	4	6	1	2	1	–
Чеканы (13)	–	–	7	–	5	–	1
Оленные бляшки (7)	–	–	5	–	2	–	–
Втоки (4)	1	–	1	1	1	–	–
Гривны (3)	–	–	1	–	2	–	–
Диадемы (3)	–	–	2	–	1	–	–
Кинжалы (2)	–	2	–	–	–	–	–
ПНН (2)	–	–	1	–	–	–	1
Полусферическая бляшка	–	–	–	–	1	–	–
Ножной браслет	–	–	–	–	1	–	–
Шило	–	–	–	–	1	–	–
Штандарт	–	–	–	–	–	–	1
Всего (72)	1	7	28	4	28	1	3

Прим.: после наименования категории в скобках указано количество проанализированных экземпляров.

Обращение к хронологически смешанным коллекциям тагарских бронз вело к заключениям о наличии связи по меньшей мере некоторых категорий изделий с определенным типом сплава. По всей видимости, отсюда истоки представлений о том, что в числе «чеканов нет ни одного, который был бы отлит из низкокачественной мышьяковистой бронзы» [29, с. 100] и «из металла с незначительным содержанием олова никогда не отливали чеканов» [29, с. 101], которые не подтверждаются современными аналитическими данными (табл. 2).

### Заключение

Соотношение рецептур сплавов медно-бронзовых изделий из погребений лепешкинского этапа тагарской культуры могильника Серебряково I показывает, что оловом легирована половина металла изученной выборки. По связанным с этим компонентом показателям – доле легированного оловом металла и средней концентрации оловянных лигатур – опубликованных данных достаточно для сравнения трех хронологически последовательных коллекций тагарского металла по материалам памятников Мариинской лесостепи (табл. 3).

По доле легированных оловом сплавов металл из погребений лепешкинского этапа тяготеет к металлокомплексу кургана Алчедат I тесинского этапа тагарской культуры [7]. Здесь меньше число бронзовых предметов, изготовленных с применением оловянных лигатур, по сравнению с коллекциями сарагашенского этапа [6], когда сплавы почти в полном объеме легировались оловом. По среднему количественному содержанию олова металлокомплекс лепешкинского этапа занимает промежуточную позицию между коллекциями сарагашенского и тесинского этапов. Он фиксирует снижение как концентраций оловянных лигатур, так и доли изделий из оловянистых бронз, по сравнению с сарагашенским этапом. В последующем оба этих показателя продолжают снижаться и достигнут минимальных для тагарских металлургических традиций значений на тесинском этапе.

Данные о бронзах из склепов лепешкинского этапа тагарской культуры по материалам могильника Серебряково I в Мариинской лесостепи позволяют говорить о чертах специфичности цветной металлургии в III–I вв.

### Литература

1. Хаврин С. В. Тагарские бронзы // Мировоззрение. Археология. Ритуал. Культура. СПб., 2000. С. 183–194.
2. Хаврин С. В. Металл эпохи поздней бронзы нижнетейской группы памятников (Торгажак – Арбан – Федоров улус) // Евразия сквозь века / отв. ред. И. Я. Фроянов, С. Н. Астахов. СПб.: Филол. фак. С.-Петербург. гос. ун-та, 2001. С. 117–125.
3. Хаврин С. В. Металлические изделия эпохи поздней бронзы – раннего железа из Аскизского района Хакасии // Александров С. В., Паульс Е. Д., Подольский М. А. Древности Аскизского района Хакасии. СПб., 2001. С. 94–99.
4. Хаврин С. В. Тагарские бронзы Ширинского района Хакасии // А. В. Сборник научных трудов в честь 60-летия А. В. Виноградова / науч. ред. С. В. Хаврин. СПб.: Культ-Информ-Пресс, 2007. С. 115–123.
5. Савельева А. С., Герман П. В. Бронзы из курганного могильника тагарской культуры Некрасово II (по материалам раскопок 1970 г.) // Вестник Томского государственного университета. История. 2015. № 6. С. 108–118. DOI: 10.17223/19988613/38/17

Табл. 3. Доли легированных оловом бронз и средние концентрации оловянных лигатур в медно-бронзовых сплавах сарагашенского, лепешкинского и тесинского этапов тагарской культуры (по материалам памятников Мариинской лесостепи), %  
Tab. 3. Shares of tin-alloyed bronzes and average concentrations of tin ligatures in copper-bronze alloys of the Saragashensky, Lepeshkinsky and Tesinsky Stages of the Tagar culture (on the base of materials from the sites of Mariinsk forest-steppe), %

Этап тагарской культуры	Памятник	Доля металла, легированного оловом	Средняя концентрация лигатуры олова
Сарагашенский	Серебряково I (146)	93	5,7
	Некрасово II (74)	91	5,3
Лепешкинский	Серебряково I (72)	50	4,4
Тесинский	Алчедат I (51)	32	2.8

Прим.: после названия памятника в скобках указано количество проанализированных образцов металла.

до н. э. Элементный состав изученных образцов металла дополняет основания для определения места рассматриваемой коллекции между металлокомплексами сарагашенского и тесинского этапов тагарской культуры. Проводимые исследования доказывают обоснованность использования археометаллургических данных как одного из признаков для определения относительной хронологии погребальных комплексов в рамках периодизации тагарской культуры.

**Конфликт интересов:** Автор заявил об отсутствии потенциальных конфликтов интересов в отношении исследования, авторства и / или публикации данной статьи.

**Финансирование:** Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № 0286-2021-0011 ЕГИСУ АААА-А21-121012090006-0 «Социокультурогенез и трансграничное взаимодействие древних и средневековых обществ в контактных зонах Западной и Средней Сибири».

6. Савельева А. С., Герман П. В., Боброва А. Ю. Бронзы кургана Алчедат I в контексте металлургии тесинского этапа тагарской культуры в Мариинской лесостепи // Вестник Кемеровского государственного университета. 2016. № 1. С. 39–48.
7. Хаврин С. В. Спектральный анализ бронзовых изделий скифского времени Саяно-Алтая и проблемы хронологии тагарской культуры // Археология Южной Сибири: Идеи, методы, открытия: сб. докл. Междунар. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения чл.-корр. Рос. акад. наук Сергея Владимировича Киселева. (Минусинск, 20–26 июня 2005 г.) Красноярск: КГПУ им. В. П. Астафьева, 2005. С. 96–97.
8. Миняев С. С. Производство бронзовых изделий у сюнну // Древние горняки и металлурги Сибири / отв. ред. Ю. Ф. Кирюшин. Барнаул: АГУ, 1983. С. 47–84.
9. Мартынов А. И. Раскопки Серебряковского курганного могильника // Археологические открытия. 1970. Т. 1969. С. 195–197.
10. Мартынов А. И., Бобров В. В. Серебряковский могильник. Кемерово, 1971. 132 с.
11. Каталог коллекций музея «Археология, этнография и экология Сибири» / сост. Н. А. Белоусова и др. Кемерово: Скиф, 2004. Вып. 1. 112 с.
12. Мартынов А. И. Лесостепная тагарская культура. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. 208 с.
13. Субботин А. В. Нелинейный характер развития тагарской культуры (по материалам монографически раскопанных могильников). СПб.: ЭлекСис, 2014. 154 с.
14. Герман П. В. Тагарский склеп с изделиями из золотой фольги в Мариинской лесостепи (материалы раскопок 1969 г.) // Вестник Томского государственного университета. История. 2016. № 4. С. 129–133. DOI: 10.17223/19988613/42/23
15. Бобров В. В. Тагарская культура в северной лесостепи // Terra Scythica: мат-лы Междунар. симпозиума. (Денисова пещера, 17–23 августа 2011 г.) Новосибирск: ИАЭТ СО РАН, 2011. С. 11–22.
16. Грязнов М. П., Завитухина М. П., Комарова М. Н., Миняев С. С., Пшеницына М. Н., Худяков Ю. С. Комплекс археологических памятников у горы Тепсей на Енисее. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. 167 с.
17. Теплоухов С. А. Опыт классификации древних металлических культур Минусинского края (в кратком изложении) // Материалы по этнографии. Л.: ГРМ, 1929. Т. IV. Вып. II. С. 41–62.
18. Кузьмин Н. Ю. Погребальные памятники хунно-сяньбийского времени в степях Среднего Енисея: Тесинская культура. СПб.: Айсинг, 2011. 456 с.
19. Кузьмин Н. Ю. Вопросы периодизации и хронологии тагарской культуры // Проблемы археологии степей Евразии. Кемерово, 1987. Ч. II. С. 68–71.
20. Кузьмин Н. Ю. К вопросу о формировании раннетесинских культурных традиций // Исторические чтения памяти М. П. Грязнова. Скифо-сибирская культурно-историческая общность. Раннее и позднее средневековье: тез. докл. (Омск, 6–10 апреля 1987 г.) Омск: ОмГУ, 1987. С. 112–116.
21. Кузьмин Н. Ю. Курганы элиты тагарского общества // Элитные курганы степей Евразии в скифо-сарматскую эпоху: мат-лы заседаний «круглого стола». (Санкт-Петербург, 22–24 декабря 1994 г.) СПб., 1994. С. 127–138.
22. Курочкин Г. Н., Субботин А. В. Скифы на юге Сибири: феномен тагарской культуры // Античная цивилизация и варварский мир: IV археологич. семинар. (Новочеркасск, 1 января – 31 декабря 1994 г.) Краснодар: КубГУ, 1994. С. 5–10.
23. Кузьмин Н. Ю. Возможности корреляции радиоуглеродных и археологических дат для памятников скифского и гунно-сарматского времени Саяно-Алтая // Археология, этнография и антропология Евразии. 2008. № 3. С. 77–87.
24. Савинов Д. Г. Памятники тагарской культуры могильной степи (по результатам археологических исследований 1986–1989 гг.). СПб.: ЭлекСис, 2012. 180 с.
25. Савельева А. С. Об элементном составе металла зеркал тагарской культуры // Ученые записки музея-заповедника «Томская Писаница». 2019. № 9. С. 40–52. DOI: 10.24411/2411-7838-2019-00005
26. Гришин Ю. С. Производство в тагарскую эпоху // Материалы и исследования по археологии СССР. 1960. № 90. С. 116–206.
27. Бобров В. В. Олень в скифо-сибирском искусстве звериного стиля (тагарская культура): автореф. дис. ... канд. ист. наук. Новосибирск, 1973. 28 с.
28. Миняев С. С., Грязнов М. П. Спектральный анализ бронз из погребений у горы Тепсей // Грязнов М. П., Завитухина М. П., Комарова М. Н., Миняев С. С., Пшеницына М. Н., Худяков Ю. С. Комплекс археологических памятников у горы Тепсей на Енисее. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 162.
29. Мартынов А. И., Богданова-Березовская И. В. Изделия из бронзы и бронзолитейное производство северо-западного района тагарской культуры // Из истории Западной Сибири / под. ред. В. Г. Мирзоева. Кемерово: Кн. изд-во, 1966. Вып. I. С. 66–104.

original article

## Lepeshkinsky Complex of Bronzes from Tagar Burial Site Serebryakovo I in the Mariinsk Forest-Steppe: the elemental composition of the metal

Anna S. Savelieva

Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Kemerovo; <https://orcid.org/0000-0002-4804-5932>; [antverpen@mail.ru](mailto:antverpen@mail.ru)

Received 24 Mar 2021. Accepted 13 Apr 2021.

**Abstract:** The present article introduces an elemental composition analysis of copper and bronze alloys from the burials of the Lepeshkinsky Stage of the Tagar culture, burial site Serebryakovo I in the Kiya-Chulym interfluvium. The research featured mounds 2, 12, and 16, which date back to 3–1 centuries B.C. The metal composition of 72 items was investigated by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP AES). The obtained data were subjected to statistical processing, which revealed seven chemical-metallurgical and metallurgical groups of copper-based alloys. The bronze alloys did not depend on the typology of the tools, i.e. knives, engravings, mirrors, deer plaques, etc. The results confirmed the dating of the Lepeshkinsky site between the Saragashensky and the Tesinsky Stages of the Tagar culture. The items revealed a tendency towards a decrease in the proportion of tin bronzes and average concentrations of tin ligatures. The study proved that archaeometallurgical data can help to determine the relative-chronological position of the Tagar culture burial complexes.

**Keywords:** Lepeshkinsky Stage, copper-bronze inventory, typology, elemental composition, metallurgical group of alloys

**Citation:** Savelieva A. S. Lepeshkinsky Complex of Bronzes from Tagar Burial Site Serebryakovo I in the Mariinsk Forest-Steppe: the elemental composition of the metal. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, 23(2): 405–414. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21603/2078-8975-2021-23-2-405-414>

**Conflict of interests:** The author declared no potential conflict of interests regarding the research, authorship, and / or publication of this article.

**Funding:** The research was part of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 0286-2021-0011 YGISU AAAA-A21-121012090006-0 "Sociocultural genesis and cross-border interaction of ancient and medieval societies in the contact zones of Western and Central Siberia".

### References

1. Khavrin S. V. Tagar bronzes. *Worldview. Archeology. Ritual. Culture*. St. Petersburg, 2000, 183–194. (In Russ.)
2. Khavrin S. V. Metal of the Late Bronze Age of the lower Teya group of monuments (Torgzhak – Arban – Fedorov ulus). *Eurasia through the ages*, eds. Froianov I. Ia., Astakhov S. N. St. Petersburg: Filol. fak. S.-Peterb. gos. un-ta, 2001, 117–125. (In Russ.)
3. Khavrin S. V. Metal products of the Late Bronze Age – Early Iron Age from the Askiz District of Khakassia. Aleksandrov S. V., Pauls E. D., Podolskiy M. L. *Antiquities of the Askiz region of Khakassia*. St. Petersburg, 2001, 94–99. (In Russ.)
4. Khavrin S. V. The Tagar bronzes of the Shirinsky district of the Republic of Khakassia. *A. V. Collection of scientific papers in honor of the 60th anniversary of A. V. Vinogradov*, eds. Khavrin S. V. St. Petersburg: Kult-Inform-Press, 2007, 115–123. (In Russ.)
5. Savelieva A. S., German P. V. Bronzes from the Tagar burial mound Nekrasovo II (research based on the data of excavations in 1970). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriya*, 2015, (6): 108–118. (In Russ.) DOI: 10.17223/19988613/38/17
6. Savelieva A. S., German P. V., Bobrova L. Yu. The Alchedat I barrow's bronzes and the Tesin Stage of the Tagar culture metallurgy in the Mariinsk forest-steppe. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, (1): 39–48. (In Russ.)
7. Khavrin S. V. Spectral analysis of bronze items of the Scythian time in Sayano-Altai and problems of the chronology of the Tagar culture. *Archaeology of South Siberia: Ideas, methods, discoveries*: Proc. Intern. Sci. Conf., dedicated 100th anniversary of the birth of Sergei Vladimirovich Kiselev, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Minusinsk, 20–26 Jun 2005. Krasnoyarsk: KGPU im. V. P. Astafieva, 2005, 96–97. (In Russ.)
8. Minyaev S. S. Hsiungnu bronze production. *Ancient ore-diggers and metallurgists of Siberia*, ed. Kiryushin Yu. F. Barnaul: AGU, 1983, 47–84. (In Russ.)
9. Martynov A. I. Excavations of Serebryakovo burial ground. *Arkheologicheskie otkrytiia*, 1970, 1969: 195–197. (In Russ.)
10. Martynov A. I., Bobrov V. V. *Serebryakovo burial ground*. Kemerovo, 1971, 132. (In Russ.)
11. *Catalog of the museum collections "Archeology, Ethnography, and Ecology of Siberia" of Kemerovo State University*, comps. Belousova N. A. and others. Kemerovo: Skif, 2004, iss. 1, 112. (In Russ.)

12. Martynov A. I. *Forest-steppe Tagar culture*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1979, 208. (In Russ.)
13. Subbotin A. V. *The nonlinear nature of the development of the Tagar culture (based on materials from monographically excavated burial grounds)*. St. Petersburg: ElekSis, 2014, 154. (In Russ.)
14. German P. V. Tagar burial vault with objects of golden foil in Mariinsk forest-steppe (materials from excavations of 1969). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istorija*, 2016, (4): 129–133. (In Russ.) DOI: 10.17223/19988613/42/23
15. Bobrov V. V. The Tagar culture in the northern forest-steppe. *Terra Scythica: Proc. Intern. Symposium, Denisova cave, 17–23 Aug 2011*. Novosibirsk: IAET SO RAN, 2011, 11–22. (In Russ.)
16. Gryaznov M. P., Zavitukhina M. P., Komarova M. N., Minyaev S. S., Pshenitsyna M. N., Khudyakov Yu. S. *Complex of archaeological sites by Tepsey mountain on the Yenisey River*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1979, 167. (In Russ.)
17. Teploukhov S. A. The experience of the classification of ancient metal cultures of the Minusinsk region (In summary). *Materials on the ethnography*. Leningrad: GRM, 1929, vol. IV, iss. II, 41–62. (In Russ.)
18. Kuzmin N. Iu. *Burial sites of Hunno-Xianbei Epoch in the steppes of Middle Yenisei: Tesin culture*. St. Petersburg: Aising, 2011, 456. (In Russ.)
19. Kuzmin N. Iu. The questions of periodization and chronology of the Tagar culture. *The problems of the archaeology of the Eurasian steppes*. Kemerovo, 1987, pt. II, 68–71. (In Russ.)
20. Kuzmin N. Iu. To the question of formation of Early Tesin cultural traditions. *Historical readings in memory of M. P. Gryaznov. Scythian-Siberian cultural and historical community. Early and Late Middle Ages: abstr.*, Omsk, 6–10 Apr 1987. Omsk: OmGU, 1987, 112–116. (In Russ.)
21. Kuzmin N. Iu. The elite mounds of Tagar society. *Elite mounds of Eurasian steppes at Scythian-Sarmatian Epoch: round table Proc.*, St. Petersburg, 22–24 Dec 1994. St. Petersburg, 1994, 127–138. (In Russ.)
22. Kurochkin G. N., Subbotin A. V. Scythians in the South Siberia: The phenomena of Tagar culture. *Ancient civilization and the barbarian world: IV archaeological workshop, Novochoerkassk, 1 Jan – 31 Dec 1994*. Krasnodar: KubGU, 1994, 5–10. (In Russ.)
23. Kuzmin N. Iu. The possibilities of correlation C-14 and archaeological dates for the sites of Scythian and Hunno-Sarmatian era in the Sayan-Altai region. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii*, 2008, (3): 77–87. (In Russ.)
24. Savinov D. G. *The sites of Tagar culture in the Grave Steppe (by the results of archaeological investigations at 1986–1989)*. St. Petersburg: ElekSis, 2012, 180. (In Russ.)
25. Savelieva A. S. On the elemental composition of the metal of Tagar mirrors. *Uchenye zapiski myzeia zapovednika "Tomskaja pisanitsa"*, 2019, (9): 40–52. (In Russ.) DOI: 10.24411/2411-7838-2019-00005
26. Grishin Iu. S. Production in the Tagar Era. *Materials and studies on the archaeology of USSR*, 1960, (90): 116–206. (In Russ.)
27. Bobrov V. V. *Deer in Scythian-Siberian animal style art (Tagar culture)*. Cand. Hist. Sci. Diss. Abstr. Novosibirsk, 1973, 28. (In Russ.)
28. Minyaev S. S., Gryaznov M. P. Spectral analyses of the bronzes from the grounds near the Tepsey Mountain. Gryaznov M. P., Zavitukhina M. P., Komarova M. N., Minyaev S. S., Pshenitsyna M. N., Khudyakov Yu. S. *Complex of archaeological sites by Tepsey mountain on the Yenisey River*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1979, 162. (In Russ.)
29. Martynov A. I., Bogdanova-Berezovskaia I. V. The bronze products and bronze industry in the north-western area of the Tagar culture. *From the history of the Western Siberia*, ed. Mirzoev V. G. Kemerovo: Kn. izd-vo, 1966, iss. I, 66–104. (In Russ.)