ПРОБЛЕМЫ АРХЕОЛОГИИ

УДК 902, 903-03
DOI 10.17223/19988613/36/15

А.С. Савельева

ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛ ТАГАРСКОЙ КУЛЬТУРЫ: ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТАВА СПЛАВОВ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ С 1860-х ПО 1950-е гг.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ научного проекта № 15-06-02325 А.

Прослеживается история исследований бронзовых и медных изделий тагарской археологической культуры методами химического анализа. Излагаются результаты работ химиков второй половины XIX в. по изучению элементного состава сплавов на медной основе с территории Минусинских котловин эпохи раннего железа. Приводятся результаты химических анализов тагарского цветного металла, полученные советскими учеными до начала массовых спектральных анализов 1960-х гг. Описаны организационные и методические составляющие аналитических работ по изучению состава древнего металла в 1860-е – 1950-е гг.
Ключевые слова: историография; тагарская культура; бронза; химический анализ; элементный состав.

Первые анализы состава археологического металла были проведены во второй половине XVIII в. Тогда же трудами немецкого химика М.Г. Клапрота заложены основы метода химического анализа. К концу XIX в. были проанализированы сотни бронзовых и медных изделий, в их числе римские, греческие, египетские, германские, а также предметы с территории России. Сибирские древности, вовлеченные в аналитические работы, первоначально были единичны. Исследования археологических памятников Минусинских котловин, осознание их места в истории Южной Сибири эпохи раннего железа, изучение особенностей ее материальной культуры, фиксируемых наиболее ярким образом по бронзовому инвентарю, обусловили зарождение и сохранение научного интереса к тагарскому металлу. Первые результаты исследований состава сибирских и тагарских бронз, полученные еще до начала массовых спектральных анализов 1960-х гг., составляют отдельную страницу в историографии тагарской археологической культуры.

Первые результаты химических анализов металла с территории распространения памятников тагарской культуры. К составу древнего металла с территории распространения памятников тагарской археологической культуры одним из первых обратился русский химик *Генрих Вильгельм Струве* (1822–1908) [1–3]. В 1850 г. он защитил на звание магистра химии диссертацию «Рассуждение об определении веса атома некоторых простых тел» в Петербургском университете. В 1853 г. вышла его книга «Химические таблицы для вычисления количественных разложений» [4. С. 20, 21]. В 1866 г. в 9-м томе Бюллетеня Императорской Академии наук Г.В. Струве опубликовал результаты химических исследований нескольких бронзовых вещей, произведенных им по просьбе В.В. Радлова [5. С. 15]. Впоследствии эти данные неоднократно цитировались, поэтому они хорошо известны также по трудам Н. Попова (1873) [6], Д.А. Клеменца (1886) [7] и др. По всей видимости, анализы были произведены Г.В. Струве в период работы пробирером в лаборатории Горного департамента в Петербурге (1849 – 1867/1869 гг.) [4, 8].

С целью узнать, случайна ли разница в составе бронзовых сплавов Алтая и Енисейской степи «или она зависит от степени познаний в деле отливки металла» [5. С. 15], Г.В. Струве произвел химический анализ четырех ножей из Абаканской долины (табл. 1). Были определены процентные содержания по трем элементам: медь (от 88,67 до 99%), олово (от 0,32 до 10,1%) и железо (от 0,05 до 0,34%) [Там же]. При сравнении этих результатов анализа Енисейских материалов с известными ему данными по Алтайским бронзам Г.В. Струве заключил, что в сплавах изделий, требовавших крепости, входило 10% олова, в металл же украшений прибавлялся свинец, благодаря этому сплав легче плавился и поддавался обработке [7. С. 54; 5. С. 16]. Основываясь на исследованиях химика, В.В. Радлов полагал, что «народы древнейшего медного периода, населявшие Алтай и Саянский хребет, обладали в деле сплава металлов опытностью и познаниями» [5. С. 16].

Исследования для В.В. Радлова производил и другой специалист – *Федор Федорович Бейльштейн* (1838–1907) – профессор химии, заведующий химической лабораторией Петербургского технологического института, пионер в изучении кавказской нефти [9. С. 21]. В 1888 г. Ф.Ф. Бейльштейн был избран ординарным академиком физико-математического отделения Академии наук по специальности «технологии и химии, приспособленные к искусствам и ремеслам» [10. С. 4]. На одном из публикуемых В.В. Радловым бронзовых ножей Ф.Ф. Бейльштейном был выявлен белый металлический слой, состоящий из олова [11. С. 8].

В 1869 г. вышла немецкоязычная публикация результатов аналитических работ барона *Эрнста Фрай-*

херрна фон Бибры (1806–1878). Всего немецким естествоиспытателем было произведено более 250 анализов древних медных, железных и серебряных предметов различного происхождения [2. С. 22]. В числе проанализированных Э.Ф. фон Биброй изделий из Сибири – обломки орудия, трубочки, палочки и пряжка (табл. 1). В сплавах выявлены примеси сурьмы (до 0,1%), никеля (до 1,2%), железа (до 0,72%) и свинца (до 1,02%), в трех вещах – от 2,93 до 10,15% цинка и во всех – от 2,94 до 4,96% олова [12. С. 39–40].

В период с 1877 по 1879 г. одиннадцать бронзовых и медных предметов из Енисейской губернии были проанализированы Химико-технической комиссией при Комитете Антропологической выставки. Химический анализ выполнялся Д.А. Поржезинским, П.А. Григорьевым и А.А. Карцевым. Вещи происходили из коллекции М.К. Сидорова, принадлежавшей Комитету Антропологической выставки, один кельт был предоставлен для анализа Ю.Д. Филимоновым [13. С. 201]. Результаты работы Комиссии докладывались 13 апреля 1879 г. на седьмом заседании первой сессии Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии *Иваном Павловичем Архиповым* (1839–1898) – профессором, специалистом по технологии красящих веществ. С 1867 г. он заведовал химическим отделением, а в 1881–1883 гг. возглавлял Императорское московское техническое училище. С 1874 г. И.П. Архипов состоял профессором кафедры технологии и технической химии Московского университета [14. С. 100].

Химический анализ енисейских находок производился на восемь элементов (медь, олово, свинец, железо, цинк, серебро, золото, сера). Исследованы были топор, украшение, два наконечника копья, кинжал, два кельта, три ножа и зеркало (табл. 1). При описании результатов химического анализа И.П. Архипов указывал на умышленный или случайный характер примесей к меди. Первые позволяют называть сплав «несомненной бронзой», а вторые «не оказывают существенного влияния на качества и свойства меди». Итогом описания состава енисейского металла стала условная группировка сплавов. «Почти из чистой меди» оказались изготовлены топор и украшение (содержит 0,48% олова и 0,19% свинца). «Из сплава, содержащего весьма небольшое количество олова», меньшее, чем в «употребляемых в настоящее время», изготовлены два наконечника копья, кинжал и кельт (в них от 1,07 до 3,23% олова). В разрезе этот сплав имел красный цвет. Из бронзы, «сходной по составу с некоторыми сплавами, употребляемыми в настоящее время», изготовлены три ножа (в них от 12,09 до 13,46% олова и от 0,41 до 5,03% свинца). Из сплава, состав которого «совершенно соответствует тому назначению, которое имела вещь», изготовлено зеркало (в нем 22,45% олова, следы железа и 2,76% серебра). В разрезе этот сплав имел белый цвет. Исключительным оказался состав кельта с Абакана: в его сплаве (единственном из всех сибирских предметов) – 4,6% цинка [13. С. 198, 201].

В 1883 г. бронзы Минусинского края исследовались горным инженером, преподавателем Горного института *Дмитрием Александровичем Сабанеевым* [15. С. 140; 1. С. 71], автором «Французско-русского словаря главнейших терминов и выражений по горно-заводскому делу и соприкасающимся к нему наукам» [16].

Являясь одним из инициаторов создания Комиссии по производству химико-технических анализов древних бронз Императорского русского археологического общества [17], в числе прочих, Д.А. Сабанеев проанализировал 29 вещей из коллекции И.А. Лопатина. В статье 1951 г. «К вопросу о составе древних бронз Казахстана» все результаты, полученные Д.А. Сабанеевым, были интерпретированы С.С. Черниковым [15. С. 151–158]. В публикации 1960 г. Ю.С. Гришин впервые соотнес девять ножей, кельт и топор, проанализированные Д.А. Сабанеевым, с тагарской археологической культурой (табл. 2) [18. С. 204–205].

Д.А. Сабанеевым определены в сплавах процентные содержания меди (от 67,9 до 98,9%), олова (от 0,1 до 11,6%), свинца (до 1%), серебра (до 0,05%), железа (до 0,2%), следы золота, серы и сурьмы. Судить о достоверности показателей по лигатуре цинка затруднительно. Ю.С. Гришин отмечал, что результаты анализа этих же вещей, произведенного в лаборатории Государственной академии истории материальной культуры (ГАИМК), показали отсутствие цинка [Там же. С. 143].

Почти на 400 результатов анализа бронз, опубликованных к тому времени, опирался в своих трудах В.М. Флоринский. Он и сам инициировал проведение химических исследований. Так, для определения состава бронзы из Томского археологического музея в лаборатории Томского университета семь анализов были выполнены профессором Ф.К. Крюгером [19. С. 374].

Ординарный профессор Императорского Томского университета *Фридрих Карлович Крюгер* (1862–1936) с 1895 по 1912 г. заведовал кафедрой медицинской химии. Он читал лекции, вел практические занятия, проводил редкие медико-химические анализы, являлся редактором Известий Императорского Томского университета, участвовал в работе Общества естествоиспытателей и врачей [20. С. 140]. В числе проделанных им анализов археологических экспонатов – нож из Ачинского округа и два ножа из Мариинского округа (№ 3281, 3217 и 3231) (табл. 1). Определены два элемента – медь и олово. В находках выявлены 15; 1,5 и 24% олова соответственно [19. С. 374].

Таким образом, во второй половине XIX в. были опубликованы результаты химических анализов по меньшей мере 32 медных и бронзовых археологических находок, имевших преимущественно случайное происхождение с территории, отнесенной позже к ареалу тагарской археологической культуры. За исключением полученных Д.А. Сабанеевым данных, культур-

но-хронологическая принадлежность исследованного металла археологами не устанавливалась.

Организационные основы аналитических работ второй половины XIX в. Вторая половина XIX в. примечательна не только первыми химическими анализами археологического металла с территории Сибири, но и как период попыток оформления организационных и теоретических основ приложения химии к археологии.

По всей видимости, одним из первых тому примеров может послужить работа упоминавшейся Химико-технической комиссии при Комитете Антропологической выставки. В ходе подготовки к незаурядному для науки того времени мероприятию Комитет возложил на себя, помимо прочего, разрешение вопроса «о химическом исследовании древних бронз и других металлических предметов, находимых при раскопках курганов, могил, городищ и других остатков жизни древних народов в различных местностях России и ее окраинах» [13. С. 197]. С этой целью в 1877 г. и была учреждена особая Химико-техническая комиссия. Программа ее деятельности предполагала: «Чтобы выбор предметов для исследований производился археологами, и чтобы исследованиям подвергались бронзы, не только найденные при раскопках производившихся Членами Комитета, но что желательно было бы иметь анализы бронз из других замечательных раскопок, чтобы впоследствии из полученных результатов мог бы составиться материал, пригодный для обобщений и выводов» [Там же]. С 1877 по 1879 г. членами Химико-технической комиссии были проанализированы 85 древних бронзовых и медных предметов, в том числе из раскопок А.П. Богданова, А.С. Уварова, В.Г. Тизенгаузена и Ю.Д. Филимонова.

В 1881 г. была учреждена известная Комиссия по производству химико-технических анализов древних бронз из числа членов Императорского археологического общества под председательством Л.К. Ивановского [17. С. I]. Ею декларировалось, что приложение химии должно являться драгоценным пособием и даже иногда единственным источником для доисторической археологии; изучение состава бронз дает указания на степень развития народов и направления торговых путей. Задачами анализов объявлялись установление качественного и количественного состава изделий, мест добычи «материала», приемов, способов и мест приготовления изделий, выяснение случайного или осознанного происхождения пропорций составных частей сплавов [Там же. С. I–II]. Анализ бронз Сибири выделялся в четвертую группу (из пяти) в порядке работ Комиссии [Там же. С. III].

Значимость проведения химических анализов к концу XIX в. сознавалась в достаточной мере. В этот начальный период зарождения историко-металлургических исследований основными критериями «выборок» для проведения анализов служили признаки территориальной принадлежности находок. Это соответствовало уровню археологической науки в целом, когда представления о хронологии и культурной атрибуции комплексов только начинали формироваться. В.М. Флоринским аспекты приложения химии к археологии формулировались так: по изделиям из бронзы, «взятым из разных стран света, можно видеть и сравнивать не только типы и формы предметов, но также их химический состав, чем осязательно определяется географическое распространение культурных течений от народа к народу, уясняется заимствование металлургической техники от более древних центров цивилизации для последующих. В этом отношении особенно важную услугу археологии оказала химия, определяя качественный и количественный состав древних бронз» [19. С. 372].

Методические основы аналитических работ второй половины XIX в. Аналитические методы в России складывались в рамках производственных и контрольных работ в аптекарских лабораториях, при изготовлении металлических денег, в ходе пробирного анализа руд и металлов. В XIX в. состав археологического металла устанавливался методами «мокрого» химического анализа, реже применялись электролитические методы [2. С. 23–26; 3. С. 53]. Определения сводились к получению данных о составе металла опытным путем – с помощью пробирок, колб, точных весов и растворов осуществлялось последовательное химическое разложение. Выявление состава вещества производилось по образованию нерастворимого в воде осадка, выделению газа или изменению цвета раствора. Различный набор определяемых элементов указывает на отличия практической стороны «химических разложений» и позволяет проследить ее эволюцию. Так, Г.В. Струве (1866) выполнены определения всего трех элементов, а Д.А. Сабанеевым (1883) – одиннадцати. При этом заметны не только закономерные хронологические, но и качественные различия в отечественной и зарубежной науке – определения немецкого химика Э.Ф. фон Бибры включали 12 элементов еще в 1869 г.

1840–1880-е гг. историками науки отмечены как период быстрого развития естественнонаучных знаний и активного их воздействия на смежные разделы гуманитарных наук в университетском образовании и в исследовательской деятельности [21. С. 131]. К этому следует добавить, что «внедрение» естественнонаучных методов в область гуманитарного знания в России происходило хронологически последовательно их освоению в сфере производственного применения. Например, в Барнаульской лаборатории при Главном управлении Алтайского округа анализы полезных ископаемых «мокрым» путем начались в 1850 г., а с 1860-х гг. отчеты об аналитических работах лаборатории начали публиковаться в научных технических журналах [22. С. I–II].

Результаты анализов приводились в процентах до сотых, реже до тысячных долей, и охватывали данные по содержанию в веществе различных оксидов, сульфидов

и отдельных элементов, в основном серы, фосфора, железа, свинца, меди, цинка, серебра, висмута, сурьмы, мышьяка и кальция. Известны и примеры апробирования археологических находок, например в 1861 г. в Барнаульской химической лаборатории был проанализирован кинжал из «чудских» копей [23. С. 133].

Таблица 1

Результаты химических анализов металла с территории распространения памятников тагарской культуры, произведенных в XIX в., %

№	Предмет	Происхождение	Cu	Sn	Zn	Pb	Ag	Fe	Ni	Sb	Аналитик	Источник
1	Нож	Долина Абакана	99	0,32				0,34			Г.В. Струве	Попов, 1873, с. 139
2	Нож	Долина Абакана	90,2	9,64				0,05			Г.В. Струве	Попов, 1873, с. 139
3	Нож	Долина Абакана	88,67	10,1				0,28			Г.В. Струве	Попов, 1873, с. 139
4	Нож	Долина Абакана	93	6,35				0,18			Г.В. Струве	Попов, 1873, с. 139
5	Орудие	Долина Енисея	94,95	4,96		Сл.		Сл.	Сл.	0,09	Э.Ф. фон Бибра	Ивановский, 1884, с. 39
6	Трубочка	Долина Енисея	85,6	4,71	9	Сл.		Сл.	1,2	0,03	Э.Ф. фон Бибра	Ивановский, 1884, с. 39
7	Палочка	Долина Енисея	84,9	3,5	10,15	1,02		0,2	0,23	Сл.	Э.Ф. фон Бибра	Ивановский, 1884, с. 39
8	Нож	Ачинский округ	85	15							Ф.К. Крюгер	Флоринский, 1898, с. 374
9	Нож	Мариинский округ	98,5	1,5							Ф.К. Крюгер	Флоринский, 1898, с. 374
10	Нож	Мариинский округ	76	24							Ф.К. Крюгер	Флоринский, 1898, с. 374
11	Топор	Енисейская губерния	99,2								Д.А. Поржезинский	Архипов, 1880, с. 201
12	Зеркало	р. Уса, Енисейская губерния	75,23	22,45			2,76	Сл.			Д.А. Поржезинский	Архипов, 1880, с. 201
13	Кельт	Долина Абакана	84,45	11,8	4,6						Д.А. Поржезинский	Архипов, 1880, с. 201
14	Наконечник копья	Енисейская губерния	98,82	1,07							А.А. Карцев	Архипов, 1880, с. 201
15	Кинжал	Енисейская губерния	98,16	2,23							А.А. Карцев	Архипов, 1880, с. 201
16	Кельт	Енисейская губерния	97,19	2,53							А.А. Карцев	Архипов, 1880, с. 201
17	Наконечник копья	Енисейская губерния	96,62	3,23							А.А. Карцев	Архипов, 1880, с. 201
18	Нож	Енисейская губерния	87,19	12,09		0,41					П.А. Григорьев	Архипов, 1880, с. 201
19	Нож	селение Коя, Енисейская губерния	85,5	13,46		0,69					П.А. Григорьев	Архипов, 1880, с. 201
20	Нож	Енисейская губерния	82,31	12,16		5,03					П.А. Григорьев	Архипов, 1880, с. 201
21	Украшение	Енисейская губерния	99,05	0,18		0,19					П.А. Григорьев	Архипов, 1880, с. 201

Примечание. Здесь и далее: Сл. – следы.

Таблица 2

Результаты химических анализов металла тагарской культуры, произведенных в 1880-е – 1950-е гг., %

№	Предмет	Происхождение	Cu	Sn	Zn	Pb	Au	Ag	Fe	Ni	Sb	Аналитик	Источник
1	Кельт	Большой Телек, Минусинский округ	91,2	4	4	1		Сл.	Сл.			Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
2	Топор	Минусинский округ	97,4	1,6		0,1					Сл.	Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
3	Кинжал	д. Седельникова, Красноярский округ	98,5	0,1	1,2	Сл.	Сл.	0,05	0,1		Сл.	Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
4	Кинжал	д. Татарская, Красноярский округ	98	0,4	0,7	0,6	Сл.	0,01	0,1			Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
5	Кинжал	д. Побережки, Ачинский округ	98,9	1,5		Сл.		Сл.	0,05		Сл.	Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
6	Кинжал	д. Седельникова, Минусинский округ	67,9	1,9		0,4	сл.	сл.	0,2		сл.	Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
7	Кинжал	д. Быскар, Красноярский округ	95,7	1,9	1,3	0,4		сл.	сл.			Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
8	Кинжал	д. Янова, Минусинский округ	93,9	5		0,4			Сл.			Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
9	Кинжал	д. Тесь, Минусинский округ	91,9	7,4		0,5		0,02	Сл.			Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
10	Кинжал	д. Кильская, Минусинский округ	88,1	10,1	0,8	0,4		Сл.	0,05			Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
11	Кинжал	окрестности Красноярска	87,4	11,6	0,8	0,2		Сл.				Д.А. Сабанеев	Черников, 1951, таблица IV; Гришин, 1960, приложение V
12	Наконечник стрелы	Минусинский округ	86,35	13,63					Сл.	0,15		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
13	Шило	Минусинский округ	87,01	12,4	Сл.				0,07	0,53		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
14	Шило	Минусинский округ	88,49	11,23	Сл.				0,04	0,23		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
15	Долото	Минусинский округ	89,03	9,41		1,2		Сл.	0,02	0,36		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
16	Нож	Минусинский округ	91,53	7,82					0,17	0,19		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
17	Шило	Минусинский округ	91,6	7,19		Сл.			0,1	1,07		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
18	Наконечник стрелы	Минусинский округ	92,01	7,78		Сл.			Сл.	0,12		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
19	Нож	Минусинский округ	92,73	6,84		Сл.			0,03	0,4		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V

Продолжение табл. 2

№	Предмет	Происхождение	Cu	Sn	Zn	Pb	Au	Ag	Fe	Ni	Sb	Аналитик	Источник
20	Нож	Нижний Абакан, раскопки В.В. Радлова	93,28	6,42		Сл.			0,17	0,15		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
21	Нож	Минусинский округ	94,28	4,58		0,42			Сл.	0,18		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
22	Нож	Минусинский округ	95,13	3,62					0,94	0,22		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
23	Кельт	Неизв.	95,52	4,32					0,08			Л.И. Каштанов	Гришин, 1960, приложение V
24	Серп	Минусинский округ	95,89	2,75		0,41			0,06	0,64		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
25	Серп	Минусинский округ	97,07	2,16		0,28			Сл.	0,24		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
26	Нож	Минусинский округ	97,08	1,82		Сл.	0,5		0,3	0		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
27	Кельт	Минусинский округ	97,11	2,53					Сл.	0,14		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
28	Серп	Минусинский округ	97,62	1,59		0,45			0,27	0,1		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
29	Нож	Минусинский округ	97,67	2,73					0,1	0,4		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
30	Наконечник стрелы	Минусинский округ	97,97	Сл.			Сл.		0,23			Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
31	Нож	Минусинский округ	98,18	0,24					Сл.	1,08		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
32	Нож	Неизв.	98,3	1,33		0,5			0,09			Л.И. Каштанов	Гришин, 1960, приложение V
33	Нож	Ачинский округ, раскопки Проскурякова	98,33	1,51					0,11	0,11		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
34	Наконечник стрелы	Минусинский округ	98,48	1,28					0,12	0,2		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
35	Нож	Минусинский округ	98,61	1,7					0,09			Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
36	Нож	Минусинский округ	95,65	0,66		0,35			0,15	0,25		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
37	Нож	Красноярский округ, раскопки Проскурякова	98,9	0,81					0,21	0,11		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
38	Нож	Минусинский округ	99,69						Сл.	0,25		Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
39	Нож	Минусинский округ	99,93	0,29		0,13			0,02			Л.И. Каштанов	Каштанов, 1951, таблица 11; Гришин, 1960, приложение V
40	Долото	Минусинск	95,4		3,25	0,78			0,49			А.В. Королев	Королев, 1954, таблица 1; Гришин, 1960, приложение V
41	Нож	Неизв.	92	7,24		0,76						А.В. Королев	Гришин, 1960, приложение V

Таким образом, во второй половине XIX в. были получены первые представления о составе сплавов на медной основе с территории Сибири. Определяемый набор элементов (в основном медь, олово и железо) сказывался на формировавшейся картине древней металлургии, включавшей изделия из меди и оловянной бронзы. Основной контингент аналитиков был представлен профессорско-преподавательским составом Санкт-Петербурга, Москвы и Томска. В процессе накопления знаний о составе древнего металла сегодня трудно переоценить значение инициатив проведения химического анализа, исходивших от В.В. Радлова и В.М. Флоринского.

Трудности аналитического направления в первой половине XX в. Первая половина XX в., пожалуй, – самое противоречивое время в истории исследований тагарского цветного металла. На протяжении длительного времени тагарские вещи (хотя бы в качестве случайных находок) больше не выступали объектом аналитических работ. Первая четверть двадцатого века вообще демонстрирует почти полное отсутствие публикаций с результатами анализов. Новых энтузиастов не появлялось. Однако именно в этот период началось оформление археологического знания о культуре Минусинских котловин эпохи раннего железа: в 1923 г. С.А. Теплоухов выделил тагарскую культуру, назвав ее минусинской курганной, а в 1929 г. С.В. Киселев предложил назвать культуру собственно тагарской. Потребовалось еще целое десятилетие, чтобы металлургия бронзы тагарской археологической культуры и ее металл выступили предметом исследования археологов.

Причины такого положения дел с химией тагарского металла кроются в процессах, протекавших в целом в естественнонаучной составляющей археологии того времени. Сложные переплетения положительных и отрицательных тенденций ее развития в 1930-е гг. не позволяют оценивать их однозначно.

В 1933 г. немецкими физиками и металлургами В. Виттером и Й. Винклером были опубликованы первые результаты спектрального анализа археологического металла [1. С. 72]. Однако вплоть до работ И.Р. Селимханова (в 1950-е гг.) в России в основном применялся качественный спектральный анализ [Там же].

В 1933 г. под руководством академика И.И. Мещанинова начала работу особая комиссия металлов при ГАИМК. В ее задачи входили: «…проработка геологических данных о месторождениях, изучение письменных источников о рудных разработках, выявление этих разработок, изучение техники древних горных работ и металлообработки, выявление районов изготовления металлов и сплавов, историко-химическое изучение археологических материалов» [Там же]. Однако прежде всего комиссию «интересовали золото и олово. Медь отодвигалась на второй план» [Там же. С. 71].

Несмотря на синхронность с первыми опытами по применению спектрального анализа и попытки организационного упорядочения аналитических работ усилиями структурных подразделений ГАИМК в виде сначала Института археологической технологии (1919), а затем Лаборатории исторической технологии (1931), 1930-е гг. следует все же признать временем спада естественнонаучных исследований. Эта мысль была высказана Б.А. Колчиным и Я.А. Шером со следующей аргументацией: «Большое количество белых пятен на археологической карте России отвлекало внимание археологов от камеральных и кабинетных исследований. Небывалый дотоле в России подъем в области геологии, физики и химии требовал от естественников сосредоточения внимания на своих работах. Их связь с археологией слабела» [24. С. 84].

Следует, однако, признать, что в рассматриваемый период резко выделяется научная деятельность *Георгия Петровича Сосновского* (1899–1941). В качестве научно-технического сотрудника музея Приенисейского края он принимал участие в археологических разведках под руководством Г. фон Мергарта (1920). Тогда были скопированы петроглифы на плитах могильника Туран, на скалах Тепсей, раскопаны два тагарских кургана близ улуса Откина, плавильная печь у Тагарского озера [25. С. 146–147]. Два кургана тагарского времени были раскопаны им в 1927 г. уже в качестве аспиранта Антропологического института при МГУ [25. С. 149]. В течение своей профессиональной деятельности археолог Г.П. Сосновский разрабатывал проблему древнейших производств, вопросы истории добычи и использования олова, распространения производства бронзовых орудий и оружия в Сибири [Там же. С. 152].

В 1940 г. в пятом выпуске «Кратких сообщений о докладах и полевых исследованиях Института истории материальной культуры» вышла статья А.А. Иессена и Г.П. Сосновского «К истории использования олова в Приенисейском крае». Ученые поставили вопрос об источниках снабжения Минусинского края оловом. Выбор региона был обусловлен тем, что в эпоху бронзы, «продолжавшейся в местных условиях исторического развития почти до начала нашей эры <…>, район Минусинска дает наибольшую для всей территории СССР (за исключением Кавказа) концентрацию находок бронзовых изделий» [26. С. 45].

Авторами был предпринят анализ 63 металлических изделий из Приенисейского края (к сожалению, данные анализов в их статье не приводятся). Результаты позволили сделать вывод о том, что VIII–III вв. до н.э. – время наибольшего расцвета бронзовой индустрии на Енисее, когда функционировали три очага металлургии и производства бронзы – «Северный (в районе Ангары, Чуны и т.д.), Минусинский и Верхнеенисейский (Тувинский)» [Там же. С. 46]. В статье не используется термин «тагарская культура». Однако это первая публикация, в которой дается качественная

характеристика минусинской металлургии бронзы в раннем железном веке.

Аналитические работы по исследованию тагарских бронз в 1950-е гг. В 1951 г. в статье «Химический состав древних цветных сплавов на территории СССР» Л.И. Каштанов привел результаты анализов бронз. Образцы были предоставлены Историческим музеем МГУ [27. С. 134]. Химик, профессор Московского инженерно-экономического института *Леонтий Иванович Каштанов* применял в возглавляемой им научной группе количественный химический (мокрый) анализ [3. С. 56]. Вещи имели происхождение с территории Минусинского округа (25 образцов), из Красноярского и Ачинского округов (раскопки П.С. Проскурякова), с Нижнего Абакана (раскопки В.В. Радлова) (см. табл. 2). Химически были определены концентрации меди (от 86,35 до 99,93%), олова (до 13,63%), железа (до 9,92%), никеля (до 1,08%), свинца (до 6,35%), золота (в двух образцах), серебра (в двух образцах), цинка (в четырех образцах). Полученные данные позволили Л.И. Каштанову заключить: «Выплавка меди стояла у западносибирской народности на высоком уровне, медь отличается очень малым содержанием примесей» [27. С. 126]. Характерной особенностью состава проанализированных вещей стало содержание никеля, которое «в некоторых случаях столь значительно, что не может быть отнесено за счет примесей из руды. По-видимому, никель в сплавы добавлялся искусственно» [Там же. С. 133–134]. Приведенные в статье концентрации никеля от 0 до 1,08%, на наш взгляд, вполне соответствуют характеристикам естественных элементов-примесей – средний показатель содержания никеля по выборке составляет всего 0,256%. Однако в двух случаях процент никеля немного превышает единицу – в составе медного ножа и шила из оловянистой бронзы (1,08 и 1,07% соответственно). Это допущение об искусственном легировании меди никелем, по всей видимости, следует считать одним из первых шагов на пути к выделению металлургической группы никелистых бронз в последующих историко-металлургических исследованиях 1970–1980-х гг. Е.Н. Черных и Н.Ф. Сергеевой.

Проанализированные химиком бронзы позже были соотнесены археологами с тагарской археологической культурой. Ю.С. Гришин отнес к ней 28 предметов, исследованных Л.И. Каштановым [18. С. 204–205]. О тагарской принадлежности большей части проанализированной коллекции упоминали И.В. Богданова-Березовская и Я.И. Сунчугашев [28. С. 115; 29. С. 11].

В 1960-е гг. работы Л.И. Каштанова получили отрицательную оценку. Специалисты указывали на использование данных разнохарактерных, неполных и даже ошибочных химических анализов, выполненных лабораторией, не связанной с археологической практикой [30. С. 114–116; 1. С. 74].

В 1954 г. А.В. Королев в статье «О ранней культуре обработки металлов в России» привел результаты химического анализа топора из Красноярского округа и долота из района Минусинска [Там же. С. 35]. В статье вещи датированы II–I тыс. до н.э. и квалифицированы как медные [31. С. 34]. Для топора определено содержание меди (97,5%), для долота – медь (95,4%), железо (0,49%), цинк (3,25%) и свинец (0,78%). Ю.С. Гришин использовал данные по сплаву долота в составе таблиц химических анализов тагарских бронзовых изделий [18. С. 205], в том же контексте им использованы неопубликованные А.В. Королевым данные по составу бронзового ножа, содержащего 7,24% олова и 0,76% свинца [Там же. С. 204] (см. табл. 2). О том, что эти вещи происходят из Минусинского музея, упоминала И.В. Богданова-Березовская [28. С. 115].

Статьи Л.И. Каштанова и А.В. Королева завершали период публикаций химиков о «древностях из металла», исследованных методами химического анализа и требовавших дополнительной работы археологов по идентификации проанализированных вещей и их культурно-хронологической атрибуции.

К настоящему времени опубликовано около тысячи результатов анализа элементного состава изделий из сплавов на медной основе тагарской археологической культуры. Начальный период становления источниковой базы по тагарскому металлу приходится на вторую половину XIX в. Тогда авторами публикаций зачастую выступали собственно аналитики и химики по роду профессиональной деятельности (Г.В. Струве, Д.А. Сабанеев, И.П. Архипов). Постепенно формировалось понимание значения анализа состава древнего металла. В 1960-е гг. указания на сибирские корни проанализированных вещей позволили археологам соотнести часть результатов с тагарской археологической культурой.

Первая половина XX в. была весьма неоднозначным временем в истории историко-металлургических исследований в отечественной археологии. Замедление темпов аналитических работ сочеталось с первыми опытами по спектральному анализу, с работой Комиссии по металлам (1933–1935). Именно в этот период были проведены первые исследования по выявлению взаимосвязей типа «металл – руда» применительно к вопросу об источниках олова в древности. В 1940 г. А.А. Иессеном и Г.П. Сосновским период с VIII по III в. до н.э. назван временем расцвета бронзовой индустрии на Енисее.

В 1950-е гг. ключевыми событиями стали организация Лаборатории археологической технологии в Ленинградском отделении Института археологии АН СССР (1955) [32, 33] и выделение Лаборатории естественнонаучных методов из состава камеральной лаборатории в Институте археологии АН СССР (1967) [34]. К 1968 г. в стране действовали 8 лабораторий спектрального анализа [24. С. 91]. Доступность результатов работы коллег, возможность обращения к имевшейся в стране приборной базе обеспечили высокую степень интегрированности получаемых ре-

зультатов в культурно-хронологические построения, зарождалась практика аналитических приложений к типолого-морфологическим исследованиям. Складывались и унифицировались основные приемы описания полученных данных по элементному составу металла.

С 1960-х гг. следует говорить не просто о переходе от химического к количественному спектральному анализу. Новый метод позволил выявить в тагарских сплавах компонент мышьяка, ранее не фиксировавшийся аналитиками. Наступал новый период в истории изучения сплавов на медной основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Черных Е.Н.* Изучение истории древнейшей металлургии в СССР за 50 лет // Краткие сообщения Института археологии. М. : Наука, 1969. Вып. 118. С. 69–83.
2. *Селимханов И.Р.* Разгаданные секреты древней бронзы. М. : Наука, 1970. 80 с.
3. *Дураков И.А.* Возникновение «аналитического» направления изучения цветного металла в российской археологии // Восток–Запад: исторический и культурологический аспекты : материалы регион. науч.-практич. конф. Новосибирск : Изд-во НГПУ, 2010. С. 51–60.
4. *Муравьева И.Б.* Химик и горный инженер: о дарственной надписи Г.В. Струве на книге из библиотеки Н.А. Перетца // Материалы научной конференции, посвященной 185-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). СПб. : Изд-во СПбГТИ (ТУ), 2013. С. 20–23.
5. *Радлов В.В.* Сибирские древности: Из путевых записок по Сибири. СПб., 1896. 70 с.
6. *Попов Н.* О чудских городках и чудских копях в Минусинском крае // Известия Сибирского отдела Императорского Русского географического общества. Иркутск, 1873. Т. IV, № 3. С. 132–143.
7. *Клеменц Д.А.* Древности Минусинского музея. 1886. 185 с.
8. *Абалакин В.К. [и др]*. Династия астрономов из рода Струве // Немцы в России: три века научного сотрудничества. СПб., 2003. С. 251–265.
9. *Арбузов А.Е.* Краткий очерк развития органической химии в России. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1948. 224 с.
10. *Щербинина О.В.* История преподавания химии и устройство химических лабораторий в Санкт-Петербургском технологическом институте // XXII Менделеевская конференция молодых ученых. СПб., 2012. С. 3–5.
11. *Радлов В.В.* Сибирские древности. СПб., 1888. Т. 1, Вып. 1. 60 с.
12. *Ивановский Л.К.* Свод анализов древних бронзовых вещей, произведенных различными учеными раньше начала работ Комиссии // Труды Комиссии по производству химико-технических анализов древних бронз. СПб., 1884. С. 27–56.
13. *Архипов И.П.* Об анализах бронзовых доисторических предметов // Антропологическая выставка 1879 года. М., 1880. Т. 3, ч. 1, вып. 1–3. С. 197–203.
14. *Фадеев Г.Н., Ермолаева В.И., Двуличанская Н.Н.* Химики МГУ и МГТУ (МВТУ): 175 лет сотрудничества // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2005. Т. 46, № 2. С. 99–103.
15. *Черников С.С.* К вопросу о составе древних бронз Казахстана // Советская археология. М. ; Л., 1951. Вып. XV. С. 140–162.
16. *Сабанеев Д.А.* Французско-русский словарь главнейших терминов и выражений по горно-заводскому делу и соприкасающимся к нему наукам. СПб. : Типография Императорской Академии наук, 1897. 224 с.
17. *Извлечение* из протоколов Комиссии по производству химико-технических анализов древних бронз // Труды Комиссии по производству химико-технических анализов древних бронз. СПб., 1884. С. I–IV.
18. *Гришин Ю.С.* Производство в тагарскую эпоху // Материалы и исследования по археологии СССР. М., 1960. № 90. С. 116–207.
19. *Флоринский В.М.* Первобытные славяне по памятникам их доисторической жизни. Томск, 1898. Ч. II. Вып. 2.
20. *Некрылов С.А.* К 145-летию со дня рождения ординарного профессора по кафедре медицинской химии Императорского Томского университета Фридриха Карловича Крюгера // Сибирский медицинский журнал. 2007. № 2. С. 140.
21. *Лебедев Г.С.* История отечественной археологии. 1700–1917 гг. СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 1992. 464 с.
22. *Мамонтов В.Н.* Анализы полезных ископаемых Алтайского округа, произведенные в Барнаульской Лаборатории с 1884 по 1905 год. Барнаул : Типолитография Главного управления Алтайского округа, 1907. 52 с.
23. *Фролов Я.В.* О двух серебряных сосудах из Барнаульского музея, найденных на Гурьевском заводе в 1857 г. // «Музей и наука» : материалы науч.-практ. семинара, посвящ. 25-летию музея «Археология, этнография и экология Сибири» Кемеровского государственного университета. Кемерово, 2002. С. 131–135.
24. *Колчин Б.А., Шер Я.А.* Некоторые итоги применения естественнонаучных методов в археологии // Краткие сообщения Института археологии. М. : Наука, 1969. Вып. 118. С. 83–100.
25. *Китова Л.Ю.* Георгий Петрович Сосновский // Российская археология. 2010. № 3. С. 146–153.
26. *Иессен А.А., Сосновский Г.П.* К истории использования олова в Приенисейском крае // Краткие сообщения о докладах и полевых исследованиях Института истории материальной культуры. М. ; Л., 1940. Вып. 5. С. 45–47.
27. *Каштанов Л.И.* Химический состав древних цветных сплавов на территории СССР // Труды Моск. инж.-эконом. ин-та им. С. Орджоникидзе. М., 1951. Вып. 1. С. 101–135.
28. *Богданова-Березовская И.В.* Химический состав металлических предметов из Минусинской котловины // Новые методы в археологических исследованиях. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1963. С. 115–159.
29. *Сунчугашев Я.И.* Древнейшие рудники и памятники ранней металлургии в Хакасско-Минусинской котловине. М., 1975. 174 с.
30. *Акопова М.К., Пазухин В.А., Чижов В.А.* Могли ли древние мастера выплавлять алюминиевую бронзу? // Краткие сообщения Института археологии. 1963. Вып. 93. С. 114–116.
31. *Королев А.В.* О ранней культуре обработки металлов в России // Труды по истории техники. М., 1954. Вып. VII. С. 33–50.
32. *Шер Я.А.* Лаборатория археологической технологии ЛО ИА при С.И. Руденко и после него // Радиоуглерод в археологических и палеоэкологических исследованиях : материалы конф., посвящ. 50-летию радиоуглеродной лаборатории ИИМК РАН. СПб. : ИИМК РАН, 2007. С. 25–34.
33. *Егорьков А.Н.* Спектральный анализ археологического материала в ИИМК РАН // Академическая археология на берегах Невы (от РАИМК до ИИМК РАН, 1919–2014 гг.). СПб. : ДМИТРИЙ БУЛАНИН, 2013. С. 280–291.
34. *Черных Е.Н.* Лаборатории естественнонаучных методов 50 лет // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. М. : Ин-т археологии РАН, 2009. Вып. 1. С. 6–24.

Savelieva Anna S. Institute of Human Ecology SB RAS (Kemerovo, Russian Federation). E-mail: antverpen@mail.ru

NON-FERROUS METAL OF THE TAGAR CULTURE: THE HISTORY OF STUDIES OF THE COMPOSITION OF COPPER-BASED ALLOYS IN THE 1860s – 1950s.

Keywords: historiography; the Tagar culture; bronze; chemical analysis; elemental composition.

The paper focuses on the history of the studies of the chemical composition of bronze and copper products of the Tagar archaeological culture in the period from the 1860s to the 1950s. G.V. Struve was one of those who received the first results and published the information about the composition of the knives from the Minusinsk hollow. Materials for chemical analysis were provided to him by V.V. Radlov, the initiator of that analysis. Chemical analyses of archaeological metal, a part of which was later attributed by archaeologists to the Tagar culture, were also conducted in the XIXth century by the chemists F.F. Beilstein, E.F. von Bibr, D.A. Porzhezinski, P.A. Grigoriev, A.A. Kartsev, D.A. Sabaneyev and F.K. Kruger. They were mainly professors of chemistry at universities of Moscow, St. Petersburg and Tomsk. The attempts to organize planning of analytical work on metal study on the territory of Russia in general and Siberia in particular testify to the appearance of the first theoretical basis of application data on the elemental composition of bronzes in historical constructions of the XIXth century. The first organizations of this kind were Chemical-technical commission of the Anthropological exhibition Committee, established in 1877, and the Commission on conduction of chemical-technical analyses of ancient bronzes of the Imperial archaeological society, founded in 1881. Chemical analyses of ancient metal during the mentioned period were carried out by the "wet" method, successive chemical decomposition. Significant difficulties in the ancient metal study in Russia occurred in the first quarter of the XXth century. The crisis phenomena, associated with the methodological gap between the world and Russian sciences and coincided with the beginning of the source base growth represented by a large number of archaeological finds, were overcome by G.P. Sosnovski and due to the discovery of the Tagar culture. A significant proportion of implements of this culture were made from bronze and copper. The final approach to the study of the elemental composition of ancient bronzes by chemical analysis appeared in the 1950s. Analytical work by the chemists L.P. Kashtanov and A.V. Korolev were the last examples of general Siberian metal research. The 1960s are marked by the introduction of mass-spectrum analyses and the appearance of a separate subject study of archaeology dealing with the elemental composition of non-ferrous metals of the Tagar culture.

REFERENCES

1. Chernykh, E.N. (1969) Izuchenie istorii drevneyshey metallurgii v SSSR za 50 let [The study of the history of ancient metallurgy in the USSR for 50 years]. In: *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii* [Brief notes of the Institute for Archeology]. Issue 118. Moscow: Nauka. pp. 69-83.
2. Selimkhanov, I.R. (1970) *Razgadannye sekrety drevney bronzy* [Deciphered secrets of ancient bronze]. Moscow: Nauka.
3. Durakov, I.A. (2010) Vozniknovenie "analiticheskogo" napravleniya izucheniya tsvetnogo metalla v rossiyskoy arkheologii [The emergence of "analytical" trend in the study of nonferrous metals in the Russian archeology]. *Vostok-Zapad: istoricheskiy i kul'turologicheskiy aspekty* [East-West: historical and cultural aspects]. Proc. of the Regional Research Conference. Novosibirsk: Novosibirsk State Pedagogical University. pp. 51-60.
4. Muraveva, I.B. (2013) Khimik i gornyy inzhener: o darstvennoy nadpisi G.V. Struve na knige iz biblioteki N.A. Perettsa [The chemist and mining engineer: a dedicatory inscription of G.V. Struve on the book from the library of the N.A. Peretz]. *Proc. of the Research Conference dedicated to the 185-th anniversary of St. Petersburg State Technological Institute*. St. Petersburg: SPbGTI (TU). pp. 20-23.
5. Radlov, V.V. (1896) *Sibirskie drevnosti: Iz putevykh zapisok po Sibiri* [Siberian Antiquity: From the Siberian travel notes]. St. Petersburg.
6. Popov, N. (1873) O chudskikh gorodkakh i chudskikh kopyakh v Minusinskom krae [On Chud towns and mines in Minusinsk region]. *Izvestiya Sibirskogo otdela Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva*. Vol. IV. 3. pp. 132-143.
7. Klements, D.A. (1886) *Drevnosti Minusinskogo muzeya* [Antiquities of Minusinsk museum]. Tomsk: Sibirskaya Gazeta.
8. Abalakin, V.K. et al. (2003) Dinastiya astronomov iz roda Struve [The Struve: the dynasty of astronomers]. In: Smagin, G.I. (ed.) *Nemtsy v Rossii: tri veka nauchnogo sotrudnichestva* [The Germans in Russia: three centuries of scientific cooperation]. St. Petersburg: RAS. pp. 251-265.
9. Arbuzov, A.E. (1948) *Kratkiy ocherk razvitiya organicheskoy khimii v Rossii* [A brief sketch of the development of organic chemistry in Russia]. Moscow, Leningrad: USSR AS.
10. Shcherbinina, O.V. (2012) Istoriya prepodavaniya khimii i ustroystvo khimicheskikh laboratoriy v Sankt-Peterburgskom tekhnologicheskom institute [The history of teaching chemistry and chemical laboratories at St. Petersburg Institute of Technology]. *Proc. of the 12th Mendeleev Conference of Young Researchers*. St. Petersburg. pp. 3-5.
11. Radlov, V.V. (1888) *Sibirskie drevnosti* [Siberian antiquity]. Vol. 1. St. Petersburg.
12. Ivanovskiy, L.K. (1884) Svod analizov drevnikh bronzovykh veshchey, proizvedennykh razlichnymi uchenymi ran'she nachala rabot Komissii [The summary of analysis of ancient bronze items by various scientists before the start of work of the Commission]. In: *Trudy Komissii po proizvodstvu khimiko-tekhnicheskikh analizov drevnikh bronz* [Proceedings of the Commission for the production of chemical-technical analysis of ancient bronzes]. St. Petersburg. pp. 27-56.
13. Arkhipov, I.P. (1880) Ob analizakh bronzovykh doistoricheskikh predmetov [On the analysis of prehistoric bronze objects]. In: *Antropologicheskaya vystavka 1879 goda* [Anthropological exhibition in 1879]. Vol. 3. Issue 1–3. Moscow: Tipographiya Lavrova. pp. 197-203.
14. Fadeev, G.N., Ermolaeva, V.I. & Dvulichanskaya, N.N. (2005) Chemists of moscow state university and N.E. Bauman Moscow State Technical University: 175 years of collaboration. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2. Khimiya*. 46 (2). pp. 99-103. (In Russian).
15. Chernikov, S.S. (1951) K voprosu o sostave drevnikh bronz Kazakhstana [On the composition of the ancient bronzes of Kazakhstan]. In: *Sovetskaya arkheologiya* [Soviet Archeology]. Moscow, Leningrad: USSR AS. pp. 140-162.
16. Sabaneev, D.A. (1897) *Frantsuzsko-russkiy slovar' glavneyshikh terminov i vyrazheniy po gorno-zavodskomu delu i soprikasayushchimsya k nemu naukam* [The French-Russian Dictionary of the most important terms and phrases for mining and factory and contiguous sciences]. St. Petersburg: The Emperor Academy of Sciences.
17. Anon. (1884) Izvlechenie iz protokolov Komissii po proizvodstvu khimiko-tekhnicheskikh analizov drevnikh bronz [An extract from the minutes of the Commission for the production of chemical-technical analysis of ancient bronzes]. In: Ivanovsky, L.K. (ed.) *Trudy Komissii po proizvodstvu khimiko-tekhnicheskikh analizov drevnikh bronz* [Proceedings of the Commission for the production of chemical-technical analysis of ancient bronzes]. St. Petersburg. pp. I–IV.
18. Grishin, Yu.S. (1960) Proizvodstvo v tagarskuyu epokhu [Production in Tagar era]. *Materialy i issledovaniya po arkheologii SSSR*. 90. pp. 116-207.
19. Florinsky, V.M. (1898) *Pervobytnye slavyane po pamyatnikam ikh doistoricheskoy zhizni* [The Primitive Slavs in monuments of prehistoric life]. Part 2. Issue 2. Tomsk.
20. Nekrylov, S.A. (2007) K 145-letiyu so dnya rozhdeniya ordinarnogo professora po kafedre meditsinskoy khimii Imperatorskogo Tomskogo universiteta Fridrikha Karlovicha Kryugera [To the 145th anniversary of Professor Friedrich Karlovic Kruger, the Department of Medicinal Chemistry of the Imperial Tomsk University]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal – Siberian Journal of Medicine*. 2. pp. 140.
21. Lebedev, G.S. (1992) *Istoriya otechestvennoy arkheologii. 1700–1917 gg.* [The history of national archeology. 1700–1917]. St. Petersburg: St. Petersburg University.
22. Mamontov, V.N. (1907) *Analizy poleznykh iskopaemykh Altayskogo okruga, proizvedennye v Barnaul'skoy Laboratorii s 1884 po 1905 god* [The analyses of mineral resources of Altai Region, from the Barnaul laboratory, 1884 to 1905]. Barnaul: The Main Administration of Altai Territory.
23. Frolov, Ya.V. (2002) [About the two silver vessels of the Barnaul museum found on Gurievsk plant in 1857]. *Muzey i nauka* [The Museum and Science]. Proc. of the Research Seminar devoted to the 25th anniversary of the Museum of Archeology, Ethnography and Ecology of Siberia of Kemerovo State University. Kemerovo: Kemerovo State University. pp. 131-135. (In Russian).

24. Kolchin, B.A. & Sher, Ya.A. (1969) Nekotorye itogi primeneniya estestvennonauchnykh metodov v arkheologii [Some results of the use of natural methods in archeology]. In: *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii* [Brief notes of the Institute for Archeology]. Issue 118. Moscow: Nauka. pp. 83-100.
25. Kitova, L.Yu. (2010) Georgiy Petrovich Sosnovskiy [Georgy Sosnovsky]. *Rossiyskaya arkheologiya – Russian Archeology*. 3. pp. 146-153.
26. Iessen, A.A. & Sosnovskiy, G.P. (1940) K istorii ispol'zovaniya olova v Prieniseyskom krae [On the history of the use of tin in the Yenisei province]. In: *Kratkie soobshcheniya o dokladakh i polevykh issledovaniyakh Instituta istorii material'noy kul'tury* [Brief reports and field studies of the Institute of History of Material Culture]. Issue 5. Moscow, Leningrad: USSR AS. pp. 45-47.
27. Kashtanov, L.I. (1951) Khimicheskiy sostav drevnikh tsvetnykh splavov na territorii SSSR [The chemical composition of ancient non-ferrous alloys in the USSR]. In: *Trudy Moskovskogo inzhenerno-ekonomicheskogo institutes im. S. Ordzhonikidze* [Proc. of Moscow Engineering and Economical Institute named after S. Ordzhonikidze]. Issue 1. Moscow. pp. 101-135.
28. Bogdanova-Berezovskaya, I.V. (1963) Khimicheskiy sostav metallicheskikh predmetov iz Minusinskoy kotloviny [The chemical composition of metallic objects from Minusinsk depression]. In: Rudenko, S.I. (ed.) *Novye metody v arkheologicheskikh issledovaniyakh* [New methods in archeology]. Moscow, Leningrad: USSR AS. pp. 115-159.
29. Sunchugashev, Ya.I. (1975) *Drevneyshie rudniki i pamyatniki ranney metallurgii v Khakassko-Minusinskoy kotlovine* [The most ancient monuments of the early mines and metallurgy in Khakass-Minusinsk Basin]. Moscow: Nauka.
30. Akopova, M.K., Pazukhin, V.A. & Chizhov, V.A. (1963) Mogli li drevnie mastera vyplavlyat' alyuminievuyu bronzu? [Could ancient masters smelt aluminum bronze?]. In: *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii* [Brief reports of the Institute of Archaeology]. Issue 93. Moscow. pp. 114-116.inin
31. Korolev, A.V. (1954) O ranney kul'ture obrabotki metallov v Rossii [On the early culture of metal processing in Russia]. In: *Trudy po istorii tekhniki* [Proceedings on the history of technology]. Issue VII. Moscow: USSR AS. pp. 33-50.
32. Sher, Ya.A. (2007) [The Laboratory of Archaeological Technology of the Leningrad Branch of the Institute for Archeology under S.I. Rudenko and after him]. *Radiouglerod v arkheologicheskikh i paleoekologicheskikh issledovaniyakh* [Radiocarbon in archaeological and paleoecological studies]. Proc. of the Conference devoted to the 50th anniversary of the Radio-Carbon Laboratory of the Institute of the Matrial Culture History. St. Petersburg: IHMC RAS. pp. 25-34. (In Russian).
33. Egor'kov, A.N. (2013) Spektral'nyy analiz arkheologicheskogo materiala v IIMK RAN [Spectral analysis of archaeological material in the IHMC RAS]. In: Nosov, E.N. (ed.) *Akademicheskaya arkheologiya na beregakh Nevy (ot RAIMK do IIMK RAN, 1919–2014 gg.)* [Academic archeology on the banks of the Neva (from RAIMK to IHMC, 1919–2014)]. St. Ptersburg: DMITRIY BULANIN. pp. 280-291.
34. Chernykh, E.N. (2009) Laboratorii estestvennonauchnykh metodov 50 let [50 years to the Laboratory of Natural Methods]. In: Chernykh, E.N. (ed.) *Analiticheskie issledovaniya laboratorii estestvennonauchnykh metodov* [Analytical research of the Laboratory of Natural Methods]. Issue 1. Moscow: Institute for Archeology RAS. pp. 6-24.