

*С. Н. Райков, Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук (г. Минск);*  
*М. В. Бельков, Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, заместитель директора по научной работе, кандидат физико-математических наук (г. Минск);*  
*И. В. Магалинский, Национальный Полоцкий историко-культурный музей-заповедник, старший научный сотрудник (г. Полоцк)*

### **Предварительные результаты исследования химического состава изделий из цветных металлов X-XVII вв. из Полоцка**

Большое значение для изучения древнего ювелирного ремесла и определения особенностей техники и технологии полоцких ремесленников имеет исследование химического состава изделий из цветных металлов X-XVII вв. В настоящее время научные изыскания в области древней металлургии направлены на решение таких главных задач, как выделение специальных геохимических групп, которые маркируют источники поступления металла, и выделение металлургических групп, которые определяют типы металлов и их сплавов [1].

Выделение источников поступления металлов на определенную территорию в средневековье на основе изучения элементов-примесей не представляется возможным. Это связано с технологическими особенностями ювелирного ремесла. Чаще всего, в качестве сырья ремесленники использовали не только и не столько «чистый» металл, сколько металлический лом и иное разнохарактерное сырье. Это постепенно приводило к нивелировке рудного компонента металлов. В связи с этим основной задачей стало изучение металлургических групп. Под этим термином понимается совокупность изделий, металл которых легирован однородной примесью или группой примесей [2].

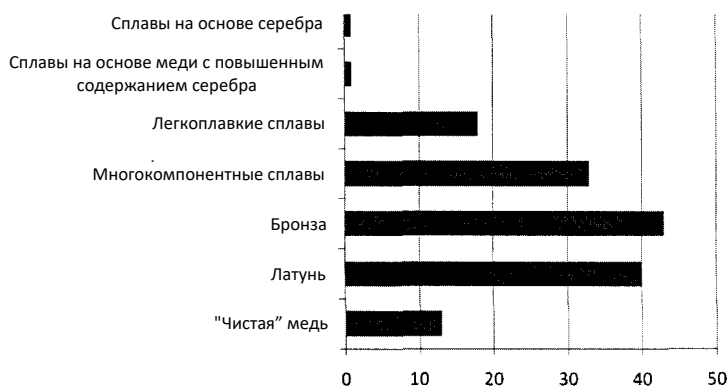
Наиболее вероятно, что компоненты, которые образовывали сплавы, древние ювелиры сознательно вводили в состав металла, что придавало ему новые свойства. Легирующий компонент считается искусственным, когда его концентрация в сплаве превышает определенную границу. Установление этой границы является достаточно сложным и неоднозначным процессом. Это объясняется тем, что любые примеси, которые содержатся в сплаве даже в высоких концентрациях, могут иметь естественное, природное происхождение. Часть исследователей в своих работах используют условную величину 1% в качестве границы искусственного легирования [3; 4, с. 128]. Считается, что, начиная с 1%, примеси к меди, олову, свинцу и цинку приводят к заметному изменению свой-

ств металла. Именно такая концентрация легирующих примесей может быть использована для разделения металлов на «чистые» и сплавы.

Для установления типов сплавов, к которым относятся полоцкие артефакты, будем использовать типологическую схему, предложенную Й. Ридерером и доработанную российскими исследователями Н. В. Ениосовой, Р. А. Митяном и Т. Г. Сарачевой [4, с. 128, 131].

Изучение химического состава металла проводили в Институте физики им. Б. И. Степанова под руководством доктора физико-математических наук С. Н. Райкова по методу лазерного спектрального анализа. Основными преимуществами такого метода является: 1) экспрессный анализ в условиях практически неразрушающего контроля; 2) отсутствие или минимальная предварительная подготовка пробы; 3) высокая локальность и возможность установления элементного состава микроколичества вещества и др.

Для изучения химического состава изделий ювелирного ремесла X-XVII вв. было исследовано 149 предметов, которые относятся к разным типологическим и хронологическим группам. Для сравнения результатов спектрального анализа полоцких артефактов мы используем данные некоторых белорусских памятников (Витебск, Новогрудок, Волковыск), а также материалы приграничных территорий (города Латвии, Новгород, Псков и др.) [1; 5, с. 169—170; 4, с. 165-166; 6; 7; 8; 9]. Все исследованные артефакты мы относим к двум хронологическим группам, относящимся к следующим периодам: конец X-XIII/XIV вв. и XIV-XVII вв. В полоцкой выборке наибольшим количеством артефактов представлены сплавы на основе меди - 130 предметов («чистая» медь, латунь, бронза, многокомпонентные сплавы). Из сплава на основе олова состоят 8 предметов, на основе свинца - 10. Один предмет изготовлен из сплава на основе серебра (см. рисунок).



Химический состав изделий из цветных металлов X-XVII вв., найденных на территории Полоцка

«Чистая» медь (Cu) в полоцкой коллекции представлена 13 предметами, что составляет 8,72% от общего количества исследованных артефактов. Шесть изделий датированы XI-XIII вв. (ушко котла, бубенчик, инструменты, заготовки), семь проб относятся к периоду XIV-XVII вв. (сырьевой металл). Пик употребления «чистой» меди в мастерских Северо-Западной Руси приходится на XII-XIV вв. Число в 8,72% соответствует таким памятникам, как Торопец, Серенск, Москва и поселения Московской области [4, табл. 3.1]. Достаточно ровное распределение изделий из «чистой» меди среди материалов XI-XIII вв. и XIV-XVII вв. свидетельствует про доступ полоцких мастеров к источникам чистого металла на протяжении всего исследуемого периода.

**Латунь.** Медно-цинковые сплавы в полоцкой выборке составляют 26,84% (40 предметов). Двухкомпонентные латуни (CuZn) представлены 8 предметами со средней (7-15%) и высокой (более 15%) концентрацией цинка. Изделия XI-XIII вв. представлены тремя артефактами (фибула, перстни), еще пять предметов были обнаружены во время изучения ювелирной мастерской начала XVII в. (сырьевой металл, булавки «пус йеппи»). Сырьевой металл из мастерской XVII в. выделяется высокой концентрацией цинка (от 16,09% до 19,46%). В коллекции археологических находок из Полоцка количественно преобладают свинцовые латуни (CuZnPb), которые кроме меди и цинка содержат в составе примеси свинца (31 экз.). Наибольшее количество артефактов датировано X-XIII вв. (26 экз.). Концентрация цинка в предметах варьирует от 2,97% до 25,71%. Изделия с низким содержанием цинка (1 - 7-8%) представлены шестью артефактами. Однако в выборке преобладают предметы со средней (7-15%) и высокой концентрацией цинка - 15 и 4 экз. соответственно. Содержание свинца варьирует от 1,45% до 7,10%. Изделия XIV-XVII вв. представлены шестью предметами со средним (5 экз.) и высоким (1 экз.) содержанием цинка. Рыболовный крючок XVII в. изготовлен из медно-цинкового сплава с примесями олова. Содержание цинка в предмете - 3,62%, олова - 1,63%.

Таким образом, на территории Полоцка широкое распространение получили двухкомпонентные и свинцовые медно-цинковые сплавы. Высокая концентрация летучего цинка является показателем относительной чистоты металлического сырья, которое использовали для изготовления изделий. Полоцк относится к кругу памятников, в металле которых количественно преобладают латуни. В X-XV вв. зона распространения медно-цинковых сплавов охватывает северные, в основном Северо-Западные земли Руси, где их общий объем составляет более 70% [10]. По общему количеству латунных сплавов Полоцк можно поставить в один ряд с такими территориями, как Новгород, Швеция, памятники Белозерского края, Псков [1; 4, с. 133]. Высокая концентрация цинка в сплавах характерна для памятников Скандинавии, Прибалтики и Пскова (до 28%) [4, с. 134; 6; 8].

**Бронза.** Широкое распространение на территории Полоцка получили изделия из бронзы - металлического сплава на основе меди с включениями свинца, олова или цинка. Бронзовых предметов в выборке - 43 экз. (28,86%). Подобная концентрация бронзовых сплавов характерна для многих городов Руси (Псков, Тиверск, памятники Южной Руси и др.) [4, с. 136].

Основное количество артефактов изготовлено из оловянно-свинцовой бронзы (CuSnPb) - 35 экз. 33 предмета датированы XI-XIII вв. Концентрация олова варьирует от 1,08% до 25,47%, а свинца - от 1,12% до 8,17%. Большая часть предметов относится к сплавам с низким и средним содержанием олова - 32 экз. Только один артефакт выделяется значительным количеством Sn - 25,47%. Это лировидная пряжка XI-XII вв. Использование низкооловянистых бронз является характерной чертой цветной металлообработки Серенска [3]. В новгородских бронзах концентрация олова не превышает 5%, а наибольшее распространение получил сплав с 1%-ным содержанием олова [4, с. 140]. В материалах Пскова и Торопца также преобладают низкооловянные бронзы, однако встречаются артефакты со средней и высокой концентрацией олова [1, 9]. По мнению исследователей, сплавы с большим содержанием олова мастера получали в результате смешивания металлического лома, не понимая сущности процесса [4, с. 143].

Оловянные (2 экз.), свинцовые (3 экз.) и оловянно-цинковые (3 экз.) бронзы не являются типичными для полоцких древностей. Свинцовые и оловянно-цинковые бронзы в целом не характерны для древностей Северо-Западной Руси и Прибалтики. Наибольшее распространение на данной территории получили оловянно-свинцовые и оловянные бронзы [4, с. 142]. Большая концентрация этих сплавов на племенной территории вятичей позволила А. А. Коновалову выделить отдельную «вятичскую» зону распространения сплавов в X-XV вв. [11, с. 49]. Малое количество свинцовой бронзы («грязная» медь) в полоцкой выборке является косвенным свидетельством использования местными ремесленниками относительно чистого металла, который в минимальной степени был загрязнен свинцом. Оловянно-цинковая бронза также не является характерным сплавом для Полоцка. Концентрация цинка в изделиях из этого сплава, датировка которых укладывается в рамки XI-XIV вв., не превышает 3%.

**Многокомпонентные сплавы,** которые кроме меди содержат в своем составе в разных концентрациях олово, цинк и свинец, занимают значительное место в металлообработке многих регионов Европы и Востока. К данной группе сплавов в полоцкой выборке относятся 33 предмета (22,15% от общего количества). Подобный процент изделий из многокомпонентных сплавов характерен для таких памятников, как Волковыск, Новогрудок, Владимир, Псков, Швеция, Залохтове и др. [4, табл. 3.6].

В полоцкой коллекции данная группа сплавов представлена многокомпонентными латунями (CuZnPbSn, Zn > Sn) и многокомпонентными бронзами

(CuSnPbZn, Sn > Zn). В выборке количественно преобладают многокомпонентные латуни - 22 экз. Все предметы датированы в рамках X-XIII вв. Концентрация цинка в предметах варьирует от 2,49% до 24,44%, при этом преобладают изделия со средним (8,47-12,00%) и высоким содержанием цинка (20,17-24,44%) - 12 и 2 экз. соответственно. Изделия с низкой концентрацией Zn (от 3,04% до 5,87%) представлены 8 экз. Содержание свинца варьирует от 1,02% до 11,18%, однако преобладают предметы с низкой концентрацией Pb (до 5,94%). Концентрация олова в полоцких многокомпонентных латунях не превышает 4,32%. В одном предмете (обломок котла) Sn = 10%. Многокомпонентные латуни часто встречаются в материалах исследований археологических памятников Северо-Западной Руси, Прибалтики, Швеции и др. В Прибалтике и Швеции преобладают изделия со средней и высокой концентрацией цинка (10-30%). На памятниках Северо-Западной Руси (Гнёздово) наиболее часто встречаются сплавы с низким содержанием цинка (до 10 %) [4, с. 147; 6]. Количественное преобладание в полоцких материалах металлических сплавов со средней и высокой концентрацией цинка свидетельствует о доступе полоцких ремесленников к источникам чистого металла.

Многокомпонентная бронза в выборке представлена 11 экз. (X-XIII стст. - 6 экз., XIV-XVII стст. - 5 экз.). Среди находок особый интерес представляют два слитка. Один предмет (XI-XII стст.) из раскопок 2006 г. на Заполоцком посаде содержит 14,3% олова, другой артефакт (X-XI стст.) с полоцкого селища содержит 14,56% свинца. Концентрация других элементов не превышает 6%. У остальных предметов X-XIII вв. концентрация олова варьирует от 5,94% до 22,00%, свинца - от 5,96% до 26,19%, цинка - от 1,08% до 5,96%. Изделия XIV-XVII вв. отличаются низким и средним содержанием всех примесей в сплаве. В целом многокомпонентные бронзы получили наибольшее распространение на юге Руси. Использование данного сплава для производства изделий из цветных металлов исследователи объясняют ограниченным доступом местных ремесленников к источникам чистого металла, что вынуждало ювелиров использовать в качестве сырья металлический лом [4, с. 147].

Кроме «чистой» меди, латуни, бронзы и многокомпонентных сплавов в полоцкой выборке зафиксирован один предмет (криновидная подвеска), изготовленный из сплава на основе меди с большим содержанием серебра (Ag = 21,65%).

Изделия из легкоплавких сплавов на основе олова и свинца представлены в незначительном количестве - 18 экз., что составляет 12,1% от общего числа исследованных предметов. Восемь артефактов относятся к сплавам на основе олова. Семь предметов датированы X-XIII вв. Из «чистого» олова изготовлен только один предмет - монетовидная подвеска с изображением равноконечного креста XII-XIII вв. Сплав олова с медью и свинцом - 3 экз. Концентрация меди в предметах не превышает 5%. Содержание свинца варьирует от 1,5% до

15%. Тремя артефактами представлен сплав олова с медью (концентрация Си не превышает 2%). Один предмет изготовлен из сплава на основе олова со свинцом (подвеска с растительным орнаментом XII-XIII вв.). Концентрация свинца в предмете составляет 31,25%. Сплавы на основе свинца представлены 10 экз. «Чистый» свинец использовался в качестве основного сырья для изготовления пяти предметов (грузиков) XI-XIII вв. Сплав свинца с оловом являлся материалом для изготовления кистеня XI-XIII вв. (содержание олова - 2,08%). Тремя предметами XI-XVI вв. в выборке представлены артефакты из сплава свинца с оловом и медью. Концентрация меди в них варьирует от 1,29% до 3%, олова - от 1,45% до 2%. Еще один предмет изготовлен из сплава свинца с оловом и цинком. Изделие датировано XII-XIII вв., концентрация цинка в нем составляет 1,09%, олова - 1,12%.

Плохая сохранность изделий из легкоплавких сплавов в культурном слое не позволяет реально оценить масштабы использования данного сырья в ювелирном ремесле. По мнению Г. В. Штыхова, полоцкие ювелиры в XII-XIII вв. активно использовали сплавы на основе олова для производства дешевых имитаций дорогих серебряных украшений. Этот тезис подтверждается находкой оловянного выплеска из литейной формы, а также отдельных артефактов, которые были сделаны со сплава на основе олова [12, с. 197; 13].

Из Полоцка также происходит «галгофский» крест-тельник XVII в., который был изготовлен из сплава на основе серебра с примесями меди (Cu = 28,94%).

Таким образом, на территории Полоцка широкое распространение получили медно-цинковые и бронзовые сплавы, которые вместе составляют 55,7% выборки. Древние полоцкие латуни выделяются относительно высокой концентрацией в сплавах цинка, что является свидетельством доступа полоцких ремесленников к источникам чистого металла на протяжении X-XVII вв. Наличие в коллекции значительного количества латуней позволяет относить Полоцк к группе памятников прибалтийской зоны, в металле которых преобладают медно-цинковые сплавы. Среди бронзовых сплавов в полоцкой коллекции широко представлены низкооловянные бронзы, которые являются характерной чертой цветной металлообработки Северо-Западной и Северо-Восточной Руси. Многокомпонентные латуни и бронзы - свидетельства использования ремесленниками для производства изделий из цветных металлов металлического лома и иного разнохарактерного сырья. Незначительная доля легкоплавких сплавов в выборке не отражает реального масштаба использования данных металлов в ювелирном производстве.

## Литература

1. Королёва, Э. В. Результаты спектрального анализа ювелирных изделий средневекового Пскова / Э. В. Королёва // Археологическое изучение Пскова. Раскопки в древней части Среднего города (1967-1991 гг.). - Псков : ГП «Невельская типография», 1996. - Т. 1, вып. 3. - С. 229-300.

2. Королёва, Э. В. Ювелирное ремесло средневекового Пскова / Э. В. Королёва // Труды VI Междунар. конгр. славянской археологии. - М. : Наука, 1998. - Т. 2 : Славянский средневековый город. - С. 169-179.
3. Зайцева, И. Е. Цветной металл вятичей в XII-XIII веках (сравнительно-исторический анализ городских и сельских материалов) / И. Е. Зайцева, Т. Г. Сарачева // Русь в XIII веке : Древности темного времени / отв. ред. Н. А. Макаров, А. В. Чернецов. - М.: Наука, 2003. - С. 290-303.
4. Енисова, Н. В. Химический состав ювелирного сырья эпохи средневековья и пути его поступления на территорию Древней Руси / Н. В. Енисова, Р. А. Митоян, Т. Г. Сарачева // Цветные и драгоценные металлы и их сплавы на территории Восточной Европы в эпоху средневековья. - М.: Вост, лит., 2008. - С. 107-188.
5. Бубенько, Т. С. Средневековый Витебск : Посад-Нижний замок (X - первая половина XIV в.) / Т. С. Бубенько. - Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2004. - 276 с.
6. Daiga, J. Kresaino metālu Homiskais sastāvs Latvijā / J. Daiga // Archeologija un Etnografija. - Rīga : Zinātne, 1962. - Т. IV. - Р. 47-65.
7. Коновалов, А. А. Цветной металл (медь и сплавы) в изделиях Новгорода X-XV вв. / А. А. Коновалов // Цветные и драгоценные металлы и их сплавы на территории Восточной Европы в эпоху средневековья. - М.: Вост, лит., 2008. - С. 7-106.
8. Королёва, Э. В. Технологические традиции в ювелирном деле Средневекового Пскова (этнический аспект) / Э. В. Королёва // Славяне, финно-угры, скандинавы, волжские булгары. - СПб. : ИПК «Вести», 2000. - С. 126-134.
9. Фоянков, Д. И. Цветной металл Торопца (типология и технология) / Д. И. Фоянков // Советская археология. - 1991. - № 2. - С. 217-231.
10. Енисова, Н. В. Латуни средневекового Новгорода / Н. В. Енисова, Р. А. Митоян, Т. Г. Сарачева // Новгород и Новгородская земля. История и археология. - Новгород : Новгородский гос. объединенный музей-заповедник, 2000. - Вып. 14. - С. 99-111.
11. Коновалов, А. А. Цветной металл (медь и сплавы) в изделиях Новгорода X-XV вв. / А. А. Коновалов // Цветные и драгоценные металлы и их сплавы на территории Восточной Европы в эпоху средневековья. - М. : Вост, лит., 2008. - С. 7-106.
12. Митрофанов, А. Г. Древний Полоцк (по археологическим данным) / А. Г. Митрофанов, Г. В. Штыхов, В. Р. Тарасенко // ААНД ДНУ «Інстытут гісторыі» НАН Беларусі - № 124.
13. Наумов, Д. В. Химическое и структурное исследование некоторых предметов из Полоцка XII-XIII стст. / Д. В. Наумов // Белорусские древности. Доклады к конференции по археологии Белоруссии (январь-февраль 1968 г.). - Минск : Отпечатано на ротапринте Фундамент, библиотеки им. В. Г. Белинского АН БССР, 1968. - С. 298-306.

## Рэзюмэ

*С. Н. Райкоў, М. В. Бялькоў, І. У. Магалінскі*

### **Папярэднія вынікі даследавання хімічнага складу вырабаў з каляровых металаў X-XVII стст. з Полацка**

У артыкуле прадстаўлены папярэднія вынікі даследавання хімічнага складу 149 вырабаў з каляровых металаў X-XVII стст. з Полацка. Аўтары прыходзяць да высновы, што на тэрыторыі горада шырокае распаўсюджванне атрымалі медна-цынкавыя і бронзавыя сплавы, якія складаюць 55,7% выбаркі. Старажытныя полацкія латуні вылучаюцца высокай канцэнтрацыяй у сплавах цынку, што з'яўляецца сведчаннем доступу полацкіх рамеснікаў да крыніц чыстага металу. Наяўнасць у калекцыі значнай колькасці латуней дазваляе адносіць Полацк да групы помнікаў прыбалтыйскай зоны, у метале якіх пераважаюць медна-цынкавыя сплавы.

## Summary

*S. N. Raikov, M. V. Belkov, I. V. Mahalinski*

### **Preliminary results of the research of chemical composition of the artifacts from non-ferrous metals date to X-XVII centuries from Polotsk**

In this article the authors describe preliminary results of the research of chemical composition of 149 artifacts from non-ferrous metals from the territory of Polotsk (these products date to X-XVII centuries). The authors conclude that copper-zinc and bronze alloys, which make 55,7% of sampling, were widespread in Polotsk. Ancient brasses contain a high concentration of zinc, and this is the evidence of the fact that local craftsmen used pure metals. The presence in the collection of considerable amount of brasses gives the opportunity to refer Polotsk to the group of monuments of Baltic zone where prevail copper-zinc alloys.