

**Тверской
государственный
объединенный
музей**

**ООО «Тверской научно-
исследовательский
историко-археологический
и реставрационный Центр»**

ТВЕРСКОЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ СБОРНИК



**МАТЕРИАЛЫ
II ТВЕРСКОЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
И 5-го ЗАСЕДАНИЯ НАУЧНОГО СЕМИНАРА
«ТВЕРСКАЯ ЗЕМЛЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕРРИТОРИИ
В ДРЕВНОСТИ»**

Том II

Тверь 2001

О.М. Олейников

ТВЕРСКИЕ СТЕКЛЯННЫЕ БРАСЛЕТЫ (СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ)

На сегодняшний день на территории Древней Руси отсутствуют находки, связанные с производством стекла: производственные печи, тигли, инструменты, полуфабрикаты, запасы сырья [1].

У сторонников существования древнерусского стеклоделия осталось в доказательство своей теории только убеждение в уникальности химического состава древнерусских стеклянных браслетов и в том, что древнерусские стеклоделы изобрели свинцовый хрусталь [2, с.212, 264; 3, с.214; 4, с.195]. Западно-европейские мастера не знали рецепта этого стекла до 1685 г., когда англичанин Дж. Равенскрофт, добавляя окись свинца (до 15%) в стекло, сваренное с использованием поташа, получил стекло высокого качества, которое осталось непревзойденным в течение последующих 100 лет [3, с.222].

Настоящая статья посвящена сравнительному анализу химических составов стеклянных браслетов, найденных в г. Твери и в других городах Древней Руси¹.

Работа сделана на основе разделения браслетов по классу и цвету стекла и по хронологическим периодам.

Цветовая гамма стеклянных браслетов городов Древней Руси примерно одинакова (рис.1) [4, с.106, 130, 137, 156, 158, 160, 161, 166, 167, 169, 170, 171]. Небольшие отличия, связанные с выборкой, условиями залегания в культурном слое, субъективными особенностями исследователей и чаще всего с их априорными представлениями, выступали главными доказательствами существования собственного производства стекла в исследуемом городе.

При этом количество работ по этому вопросу увеличивается даже на уровне диссертаций.

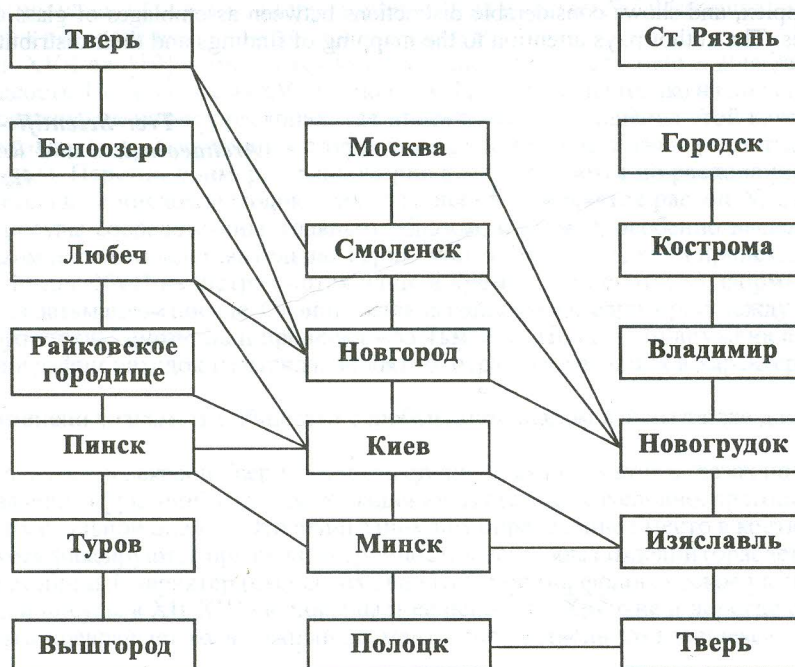


Рис. 1. Сопряженность цветовых гамм стеклянных браслетов городов Древней Руси по опубликованным данным

Наши исследования основаны на простом факте: если стеклянные браслеты определенного химического класса изготавливались в одном центре и из одного сырья и оттуда распространялись во все города Византии, Восточной и Центральной Европы, то стекла одного цвета, класса и одного хронологического периода во всех городах должны

¹ Исследование проведено при поддержке РГНФ, проект 98-01-000-77.

были иметь одинаковые химические составы — одинаковое количественное соотношение основных стеклообразующих элементов и одинаковые гео- или геобиохимические характеристики сырьевых материалов — песка, красителей, щелочесодержащих минералов, свинца.

В составе стекла можно выделить антропогенный и геохимический факторы. Интерпретация состава стекла имеет целью выявление в нем закономерностей, позволяющих определить, в первую очередь, время и место изготовления стеклянной массы, а также какие компоненты применялись и в какой среде (окислительной или восстановительной) производилась варка.

Глубокое изучение химического состава стекла позволяет решить многие проблемы и загадки древнего стеклоделия. Существует множество аналитических программ, которые позволяют определить не только состав шихты, но и какие минералы присутствуют в шихте и из каких геохимических провинций они происходят.

Основные принципы интерпретации химического состава стекла базируются на специфических свойствах стекла как искусственного минерала:

- 1) древнее стекло в своем составе отражает (наследует) химические особенности исходных материалов;
- 2) в процессе стекловарения соотношения основных стеклообразующих компонентов остается более или менее постоянным;
- 3) выбор конкретного вида стеклообразующего сырья, технологических добавок и приемов обработки стекла определялся традицией и достигнутым уровнем стеклоделия как ремесла [3, с.185].

Большую помощь в интерпретации могут оказать элементы-примеси, которые являются индикаторами определенных разновидностей сырья, — как стеклообразующих, так и технологических добавок. Следует отметить однако, что интерпретация элементов примесей не всегда однозначна и пользоваться ею нужно с большой осторожностью и только с учетом других признаков состава.

К сравнительному анализу химических составов различных вещей обращались многие ученые. А.П. Виноградов определил, что в различных «биогеохимических провинциях» почвы различаются по содержанию минеральных компонентов [5, с.59-84]. Под «биогеохимическими провинциями» он подразумевает «области на земле разной величины, тесно связанные с геохимическими провинциями и отличающиеся более или менее одинаковой концентрацией в среде одним, отличным от соседних областей уровнем одного или нескольких химических элементов (нормальным, избыточным или недостаточным), с чем связана характерная биологическая реакция флоры и фауны данной области» [6, с.15].

Между почвой и стеклом можно предполагать тесную связь, непрерывную цепочку передвижения элементов по схеме: почва — растение — зола — стекло. Стекло получает свои компоненты из песка и золы. Зола представляет собой минеральную, негорючую часть тех веществ, которые накапливали в себе растения из почвы. Поэтому формулу А.П. Виноградова «химический состав организма хранит признаки своего происхождения» [5, с.84] можно было бы перефразировать и распространить на древние и средневековые стекла, сказав, что состав древнего стекла несет в себе отпечаток состава почвы района, в котором оно было изготовлено².

Можно предположить, что географическая карта минерального состава почв будет служить руководством для определения мест производства древних и средневековых стекол.

С развитием науки с помощью корреляционных таблиц и более точного определения количественного состава химических микроэлементов древнего стекла можно будет определить, к какой части шихты относится тот или иной редкий элемент, что даст более точную геохимическую характеристику изучаемого стекла.

Главным препятствием при сравнительном анализе химических составов древних и средневековых стекол является отсутствие или крайне малое количество исследований состава стекол из основных мест его производства. Еще В.Э.С. Тернер на III Международном Конгрессе по стеклу в Венеции в 1953 г. в докладе о современных методах технического изучения древних стекол заявил, что «мы мало или ничего не знаем, к сожалению, о составах микенских, сирийских, позднеегипетских, известных под названием «иудейских», византийских и персидских или мерovingских, венецианских, богемских, германских и французских стекол» [7, р.10]. Это высказывание верно и сейчас.

Но сбор данных продолжается, и приоритет по данному вопросу остается за исследователями России. Сейчас сделано около 20000 количественных анализов древних стекол, часть из которых позволяет определить не только класс стекла, но и его геохимические особенности.

Так, произведенные количественные анализы стеклянных браслетов XI-XIV вв., найденных на территории Древней Руси, показали, что они состоят из стекол классов: **Pb-K-Si-O** — 75%; **Pb-Si-O** — 20%; на все остальные классы стекол приходится до 5%.

Такое соотношение примерно постоянно для городов Северо-Западной и Северо-Восточной Руси. Мы разделили стеклянные браслеты по периодам: XII в.; 1-я треть XIII в.; 2-я и 3-я трети XIII в.; XIV в.

В каждом периоде сделано разделение браслетов по цвету: коричневый, зеленый, фиолетовый, синий, желтый. Каждый цвет делился по красителям (**Cu, Mn, Fe, Co, Sn** и др.) и по химическому классу стекла.

Получается очень дробное членение стеклянных браслетов на группы, с которыми удобно работать.

Форма не бралась в расчет, потому что каждый браслет индивидуален, и ему или нет аналога ни в одном городе, или возможность нахождения подобного крайне мала. Если делить браслеты по сечению дрота, то окажется, что во всех городах Древней Руси формы сечения стеклянных браслетов в пределах доверительных интервалов очень схожи. Этот вывод в принципе не противоречит опубликованным материалам по данному вопросу [4, с.103-166].

² Возможность экспорта сырья (песок, зола) для производства стекла в других геохимических провинциях, на мой взгляд, исключена, тем более, что свидетельства этого отсутствуют.

Сейчас произведено несколько сот анализов по данной схеме. Выборка небольшая, поэтому выводы – не окончательные.

В привлекаемых к исследованию материалах из городов Древней Руси (Великий Новгород, Торжок, Тверь, Торопец, Рязань, Москва, Смоленск, Киев, Владимир, Серенск) химический состав групп стеклянных браслетов, разделенных по вышеописанной схеме, одинаков, что говорит о едином центре производства (в пределах класса), в котором использовалось сырье с одинаковыми геохимическими характеристиками (табл.1, 2).

Таблица 1. Количественные характеристики химических составов стеклянных браслетов³ синего цвета из городов Древней Руси

Период	XIV век					Начало XIII века		
Место нахождения*	Тверь-97-1	Новг.-97-1	Торжок-97-1	Москва-97-1	Смоленск-1	Рязань-75-1	Тверь-97-2	Новг.-97-2
РБ**	10	10	10	10	10	10	10	10
К**	8	8	8	8	8	8	8	8
Na	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,9
Ca	0,3	0,2	0,5	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3
Mg	0,1	0,1	0,07	0,2	0,2	0,05	0,07	0,05
Al	0,2	0,5	0,5	0,7	0,5	0,05	0,07	0,07
Ti	0,1	0,1	0,1	0,07	0,1	0,05	0,05	0,05
Zn	0,1	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,007	0,007
Ni	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002
Mn	0,02	0,03	0,2	0,05	0,03	0,5	0,03	0,07
V	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002
Cu	2	2	1	1	1	1	1	0,5
Sn	0,02	0,05	0,05	0,003	0,05	0,05	0,002	0,001
Ag	0,005	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
Bi	0,002	-	-	0,0001	Сл.	0,002	Сл.	0,0007
Be	-	-	-	0,0001	-	0,0001	Сл.	Сл.
Sb	0,003	0,005	0,003	0,005	Сл.	0,005	Сл.	0,005
Li	-	-	-	-	-	-	-	-
As	-	-	-	0,02	Сл.	-	-	-
Fe	0,5	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
P	0,07	0,07	0,007	0,1	0,07	0,07	0,07	0,07
B	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,007	0,005	0,005
Cr	0,003	0,007	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002
Ga	0,0005	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005
Mo	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002
Sr	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
Zr	0,005	0,01	0,02	0,007	0,007	Сл.	Сл.	0,005
Ba	-	0,01	0,007	0,02	0,01	Сл.	Сл.	0,003
La	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Y	-	-	-	Сл.	Сл.	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-

Во всех таблицах:

* Указан шифр по картотеке автора статьи. Нов., Новг., Новгор. – Великий Новгород; Смол. – Смоленск, Т – Тверь.

** Погрешность $\pm 10\%$.

Сл. – содержание элемента меньше четвертой степени процента.

³ Во всех таблицах в данной статье приведено содержание элементов в весовых процентах. Спектральный анализ произведен в Институте геохимии, минералогии, петрографии и кристаллографии РАН.

Таблица 2. Количественные характеристики химических составов стеклянных браслетов желтого цвета из городов Древней Руси

Период	XIV век					Начало XIII века			
Место нахождения*	Нов.-96-237	Тверь-95-12	Торжок-80	Смол.-82-14	Москва-1	Владимир-1	Рязань-15	Тверь-46	Новгор.-96
РБ**	10	9	10	10	10	10	10	7	10
К**	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Na	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Ca	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5
Mg	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,5	0,05	0,8	0,1
Al	0,2	0,1	0,7	0,7	0,7	0,5	0,25	0,5	0,5
Ti	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,07	0,2	0,07
Zn	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,05	0,01
Ni	0,001	0,005	0,005	0,002	0,005	0,005	0,002	0,007	0,005
Mn	0,2	0,02	0,02	0,07	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02
V	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001
Cu	0,07	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,05	1	0,03
Sn	0,002	0,02	0,002	0,005	0,002	0,005	0,002	0,05	0,02
Ag	0,0005	0,0005	0,0005	0,0007	0,0005	0,0007	0,0003	0,002	0,002
Bi	-	-	-	-	-	-	-	Сл.	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	0,0001	-	-	-	-	-	0,005	0,003	0,005
Li	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02
Fe	0,3	0,5	0,7	0,7	0,8	1	0,3	0,5	0,1
P	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
B	0,002	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,005
Cr	0,003	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,002	0,02	0,005
Ga	Сл.	0,0005	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	0,0003	0,0003
Mo	0,001	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003
Sr	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,007
Zr	0,02	0,007	0,02	0,02	0,02	0,02	0,005	0,005	0,003
Ba	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	0,02	0,005
La	Сл.	0,005	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-

В таблицах 3-11 приведены химические составы тверских стеклянных браслетов XIII-XIV вв. из раскопок экспедиции Тверского государственного объединенного музея. Определены геохимические характеристики сырья (из-за малой выборки данные предварительные). Так, например, для производства **Pb-K-Si-O** стекол использовали свинцовый минерал с примесью **Zn, Ag, Cu, Sn**, песок с примесью **Ca, Mg, Al, Ti, Fe, P, B, Ga, Mn, Zr, Ba, La, Y, Cu, Ag, V**, красители: бронза с примесью **Sn, Ag, Bi, Sb, Li**, железо с примесью **Co, Mn, Ni**, марганец с примесью **Fe, P, Ba, Co, Ni, Cu**. В качестве щелочесодержащего минерала использовалась высококалийная зола с примесью **Cr, V, P, Mo, Sr**. Для производства **Pb-Si-O** стекол использовали песок с примесью **Ca, Mg, Ni, Al, Fe, P, B, Ga, Mn, Zr, Ba, La, Y, Cu, Ag, V**, красители: бронза с примесью **Sn, Ag, Bi, Sb, Li**, железо с примесью **Ni, Mo**.

Произведенные количественные анализы стеклянных браслетов XIII-XIV вв. из Твери показали, что они состоят из стекол классов **Pb-K-Si-O** – 77,3%; **Pb-Si-O** – 21,3%; **Pb-Si-(K)-O** – 1,4%.

Стеклянные браслеты из золисто-кремнеземного стекла (**Na-K-Ca-Mg-Si-O** и **Na-Ca-(K-Mg)-Si-O**) в Твери пока не обнаружены.

Чтобы выявить динамику поступления стеклянных браслетов каждого класса на тверской рынок, мы разделили их изучение на периоды: 1-я пол. XIII в.; 2-я пол. XIII в.; XIV в. Находки датированы авторами раскопок в Твери В.А. Лапшиным и О.М. Олейниковым на основе дендротат, определенных Н.Б. Черных.

В каждом периоде класс стекла делился по красителям и по цвету на группы.

Сейчас обработано 90 стеклянных браслетов из раскопок кремля г. Твери (раскопы № 11, 14). Планируется продолжить изучение стеклянных браслетов из других раскопок. Поэтому приведенные ниже результаты носят предварительный характер.

Таблица 3. Химический состав тверских стеклянных браслетов
XIII-XIV вв. желтого цвета

Класс стекла – Pb-Si-O

без добавления красителя

с добавлением
Cu-Sn

Цвет	Желтый полупрозрачный	Желтый прозрачный	Желтый прозрачный	Желтый прозрачный	Желтый полупрозрачный
Период	XIV в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	XIV в.
Шифр*	T-95-11	T-95-42	T-95-43	T-95-44	T-95-14
РБ**	40	40	40	40	40
K	-	-	-	-	-
Na	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5
Ca	0,2	0,1	0,1	0,07	0,5
Mg	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07
Al	0,5	0,2	0,5	0,5	0,7
Ti	0,07	0,05	0,05	0,03	0,07
Zn	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Ni	0,002	0,01	0,007	0,005	0,01
Mn	0,01	0,01	0,007	0,01	0,02
V	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
Cu	0,05	0,007	0,03	0,05	0,2
Sn	0,005	0,02	0,003	0,003	0,5
Ag	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
Bi	0,001	-	-	-	-
Be	0,0001	-	-	-	0,0001
Sb	0,003	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-
As	0,02	-	-	-	0,02
Fe	0,3	0,3	0,2	0,3	0,7
P	0,03	-	-	-	0,05
B	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003
Cr	0,002	0,003	0,002	0,002	0,01
Ga	0,0005	0,0003	-	-	0,0005
Mo	-	-	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-
Zr	0,01	0,007	0,005	-	0,02
Ba	0,01	0,005	0,007	-	0,01
La	0,005	0,005	-	-	0,005
Y	0,001	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-

Таблица 4. Химический состав тверских стеклянных браслетов
XIII-XIV вв. зеленого цвета

Класс стекла – Pb-Si-O

с добавлением

Cu

Cu-Sn

Fe-Sn

Цвет	Зеленый п/прозрачный	Зеленый прозрачный	Зеленый прозрачный	Зеленый прозрачный	Зеленый п/прозрачный	Зеленый п/прозрачный	Зеленый прозрачный	Зеленый прозрачный	Темно-зеленый непрозрачный
Период	XIV в.	XIV в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	XIV в.	XIV в.	XIV в.
Шифр*	T-95-1	T-95-2	T-95-51	T-95-53	T-95-57	T-95-58	T-95-9	T-95-10	T-95-8
Pb**	40	40	40	40	40	40	40	40	40
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3
Ca	0,2	0,2	0,2	0,2	0,05	0,02	0,5	0,05	0,07
Mg	0,1	0,07	0,07	0,05	0,03	0,05	0,07	0,05	0,07
Al	0,5	0,3	0,5	0,5	0,05	0,05	1	0,07	0,2
Ti	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,1	0,05	0,07
Zn	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007	0,005	0,005	0,005
Ni	0,005	0,02	0,002	0,05	0,01	0,002	0,01	0,002	0,05
Mn	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
V	0,001	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,002	0,0007	0,0007
Cu	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	1	1,5	1	0,02
Sn	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,5	0,5	0,2
Ag	0,01	0,003	0,01	0,005	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
Bi	0,07	0,0008	0,001	0,002	0,002	0,0007	0,002	0,001	0,001
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	0,003	0,002	-	-	-	0,005	0,005	0,003	-
Li	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-
Fe	0,5	0,3	0,3	0,7	0,2	0,2	0,7	0,3	1,5
P	0,05	0,03	0,07	-	-	0,05	0,05	0,05	0,07
B	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,005	0,001	0,002
Cr	0,002	0,002	0,002	0,007	0,002	0,007	0,005	0,007	0,005
Ga	0,0005	0,0003	0,0003	-	0,0005	0,0005	0,0007	0,0007	0,0005
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002
Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zr	-	0,01	-	0,01	-	-	0,02	-	0,007
Ba	-	0,007	0,007	0,007	-	-	0,01	-	-
La	0,005	0,005	-	0,005	-	-	0,007	0,005	-
Y	-	0,001	-	-	-	-	0,001	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Сокращения:

п/прозрачный – полупрозрачный

Таблица 5. Химический состав тверских стеклянных браслетов
XIII-XIV вв. коричневого цвета

Класс стекла

Pb-Si-O

Pb-(K)-Si-O

с добавлением

Cu-Sn

Fe

Fe-Cu

Цвет	Коричневый непрозрачный	Коричневый прозрачный	Коричневый непрозрачный
Период	кон. XIII в.	кон. XIII в.	кон. XIII в.
Шифр*	T-95-63	T-95-64	T-95-62
РЬ**	более 40	более 40	более 40
K	-	-	1,8
Na	0,2	0,2	0,3
Ca	0,1	0,07	0,07
Mg	0,07	0,1	0,05
Al	0,2	0,5	0,1
Ti	0,03	0,03	0,03
Zn	0,005	0,007	0,005
Ni	0,005	0,007	0,03
Mn	0,02	0,02	0,02
V	0,0007	0,0007	0,0007
Cu	0,5	0,03	0,1
Sn	0,1	0,002	0,02
Ag	0,02	0,007	0,002
Bi	0,03	0,007	-
Be	0,0001	0,0001	-
Sb	0,05	-	-
Li	-	-	-
As	0,1	-	-
Fe	0,7	1,5	2,5
P	0,05	0,05	0,07
B	0,002	0,002	0,001
Cr	0,007	0,002	0,002
Ga	0,0005	0,0005	0,0005
Mo	-	0,0001	0,0002
Sr	-	-	-
Zr	-	-	0,005
Ba	-	-	-
La	-	0,005	0,005
Y	-	-	-
Co	-	-	-
Sc	-	-	-

Таблица 6. Химический состав тверских стеклянных браслетов
XIII-XIV вв. желтого цвета

Класс стекла Pb-K-Si-O

без добавления красителя

с добавлением

Цвет	Желтый прозрачный	Желтый прозрачный	Желтый прозрачный	Желтый прозрачный	Желтый прозрачный	Желтый прозрачный
Период	XIV в.	XIV в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.
Шифр*	T-95-12	T-95-13	T-95-41	T-95-45	T-95-47	T-95-48
Pb**	9	9	9	7	12	5
K**	8	8	8	8	8	8
Na	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,3
Ca	0,5	1,5	0,5	0,2	0,2	0,3
Mg	0,1	0,5	0,1	0,07	0,07	0,07
Al	0,1	0,7	0,5	0,1	0,05	0,1
Ti	0,1	0,2	0,07	0,05	0,07	0,07
Zn	0,005	0,005	0,01	0,01	0,02	0,007
Ni	0,005	0,003	0,005	0,002	0,002	0,001
Mn	0,02	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03
V	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Cu	0,005	0,02	0,03	0,007	0,007	0,003
Sn	0,02	0,02	0,02	0,03	0,002	0,01
Ag	0,0005	0,0003	0,002	0,0003	0,0007	0,0003
Bi	-	-	-	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	0,005	0,003	-	-
Li	-	-	-	-	-	-
As	-	-	0,02	-	0,02	-
Fe	0,5	0,7	0,3	0,5	0,3	0,5
P	0,07	0,07	0,07	0,07	0,1	0,07
B	0,005	0,005	0,005	0,003	0,007	0,001
Cr	0,005	0,01	0,005	0,002	0,005	0,02
Ga	0,0005	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0003
Mo	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002	0,0005
Sr	0,02	0,02	0,007	0,01	0,01	-
Zr	0,007	0,02	0,003	-	0,003	0,005
Ba	0,005	0,02	0,005	-	-	-
La	0,005	0,005	-	-	0,005	-
Y	-	0,002	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-

Cu-Fe	Cu	Sn
Желтый с зеленым оттенком прозрачный	Желтый с зеленым оттенком прозрачный	Желтый прозрачный
Период	сер. XIII в.	сер. XIII в.
Шифр*	T-95-15	T-95-16
T-95-15	10	12
T-95-16	8	8
сер. XIII в.	0,5	0,5
сер. XIII в.	1,5	1
сер. XIII в.	0,5	0,3
сер. XIII в.	0,7	0,5
сер. XIII в.	0,2	0,1
сер. XIII в.	0,005	0,007
сер. XIII в.	0,007	0,005
сер. XIII в.	0,05	0,05
сер. XIII в.	0,002	0,002
сер. XIII в.	0,2	0,5
сер. XIII в.	0,03	0,03
сер. XIII в.	0,0007	0,002
сер. XIII в.	-	-
сер. XIII в.	-	-
сер. XIII в.	-	-
сер. XIII в.	-	-
сер. XIII в.	0,02	-
сер. XIII в.	1	1,5
сер. XIII в.	0,07	0,07
сер. XIII в.	0,005	0,003
сер. XIII в.	0,007	0,01
сер. XIII в.	0,0005	0,0005
сер. XIII в.	0,001	0,002
сер. XIII в.	0,02	0,01
сер. XIII в.	0,02	0,01
сер. XIII в.	0,02	0,01
сер. XIII в.	0,005	-
сер. XIII в.	0,002	-
сер. XIII в.	-	-
сер. XIII в.	-	-
сер. XIII в.	-	-

Таблица 7. Химический состав тверских стеклянных браслетов XIII-XIV вв. зеленого цвета

Класс стекла Pb-K-Si-O

с добавлением

Fe-Cu-Sn			Fe-Cu-Sn-Mn		Fe-Cu-Mn		Fe-Cu		Fe	Cu-Sn-Mn	Cu
Цвет	Зеленый непрозрач.	Зеленый непрозрач.	Зеленый прозрачный	Зеленый непрозрачный	Зеленый прозрачный	Зеленый непрозрачный	Зеленый прозрачный	Зеленый полупроз.	Св.-зелен. прозрачный	Зеленый полупроз.	Зеленый прозрачный
Период	XIV в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	XIV в.	XIV в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	XIV в.	сер. XIII в.
Шифр*	T-95-4	T-95-54	T-95-56	T-95-59	T-95-3	T-95-5	T-95-52	T-95-6	T-95-55		
Pb**	10	9	10	8	10	10	7	13	9		
K**	8	8	8	8	8	8	8	8	8		
Na	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	1	0,5		
Ca	0,2	0,7	0,3	0,7	1,5	1	1	0,7	0,1		
Mg	0,07	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,05		
Al	0,05	0,7	0,2	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,05		
Ti	0,07	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,03		
Zn	0,007	0,007	0,005	0,01	0,02	0,01	0,005	0,01	0,02		
Ni	0,02	0,005	0,007	0,005	0,003	0,005	0,005	0,007	0,002		
Mn	0,02	0,05	0,2	0,7	0,03	0,02	0,05	0,1	0,03		
V	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		
Cu	5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,05	0,7	1		
Sn	2,5	0,1	0,2	0,02	0,05	0,01	0,005	0,1	0,01		
Ag	0,01	0,0002	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,0005	0,002	0,002		
Bi	0,005	-	0,0007	-	-	-	-	0,002	0,002		
Be	-	-	-	0,0001	-	-	-	-	-		
Sb	0,007	-	0,003	-	-	-	-	0,003	0,033		
Li	-	-	-	-	-	-	-	0,003	-		
As	0,03	-	-	-	0,02	-	-	-	-		
Fe	1	7	1	2,5	1,5	2,5	2,5	0,7	0,5		
P	0,07	-	0,07	0,07	0,07	0,1	0,1	0,05	0,07		
B	0,005	0,002	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003		
Cr	0,002	0,002	0,003	0,007	0,003	0,002	0,005	0,005	0,007		
Ga	0,0003	-	0,0003	0,0005	0,0005	-	0,0005	0,0005	0,0005		
Mo	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001		
Sr	-	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,007		
Zr	-	0,007	0,02	0,02	0,007	0,007	0,01	0,01	-		
Ba	-	0,01	0,005	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	-		
La	-	-	-	0,005	-	0,005	-	0,005	-		
Y	-	-	-	0,0003	-	0,001	-	-	-		
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Сокращения:

непрозрач. – непрозрачный;

полупроз. – полупрозрачный;

Св.-зелен. – светло-зеленый

Таблица 8. Химический состав тверских стеклянных браслетов
XIII-XIV вв. синего цвета

Класс стекла Pb-K-Si-O

с добавлением

Cu

Mn-Cu-Sn

Цвет	Голубой прозрачный	Св.-голубой прозрачный	Св.-голубой прозрачный	Синий полупрозрач.	Синий полупрозрач.	Синий прозрачный	Синий прозрачный	Синий прозрачный
Период	XIV в.	XIV в.	XIV в.	XIV в.	XIV в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.
Шифр*	T-95-32	T-95-33	T-95-37	T-95-39	T-95-40	T-95-74	T-95-76	T-95-75
Pb**	9	9	8	10	10	9	12	12
K**	8	8	8	8	8	8	8	8
Na	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5
Ca	0,3	0,5	0,1	0,7	0,1	0,2	0,3	0,5
Mg	0,1	0,07	0,07	0,1	0,05	0,05	0,07	0,2
Al	0,2	0,1	0,07	0,5	0,05	0,05	0,07	0,5
Ti	0,1	0,07	0,05	0,1	0,07	0,07	0,07	0,1
Zn	0,1	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03	0,05	0,005
Ni	0,002	0,003	0,005	0,005	0,002	0,005	0,005	0,003
Mn	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	2,6
V	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Cu	1,5	0,7	0,7	1,6	0,7	1	1	0,7
Sn	0,02	0,05	0,07	0,05	0,02	0,05	0,03	0,1
Ag	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002
Bi	0,002	0,003	0,0006	-	-	0,0007	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	0,0001
Sb	0,003	-	0,003	0,005	-	0,003	0,003	-
Li	-	-	0,003	-	-	-	-	-
As	-	-	0,02	-	-	-	-	0,02
Fe	0,5	0,2	0,3	0,5	0,5	0,1	0,2	0,7
P	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,07	0,1
B	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,007
Cr	0,003	0,002	0,007	0,007	0,01	0,01	0,01	0,007
Ga	0,0005	0,00005	0,0003	0,0003	0,0005	0,0005	0,0003	0,0005
Mo	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
Sr	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Zr	0,005	0,005	0,003	0,01	-	-	0,003	0,02
Ba	-	0,005	-	0,01	-	-	-	0,03
La	-	-	-	-	-	-	-	-
Y	-	-	-	-	-	-	-	0,0006
Co	-	-	-	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-

Сокращения:

Св. – светло;

полупрозрач. – полупрозрачный

Таблица 9. Химический состав тверских стеклянных браслетов
XIII-XIV вв. синего цвета

Класс стекла Pb-K-Si-O

с добавлением

Cu-Mn

Cu-Sn

Mn-Cu-Co

Цвет	Св.-голубой прозрачный	Синий прозрачный	Синий прозрачный	Синий полупрозрач.	Синий прозрачный	Синий прозрачный	Синий полупрозрач.	Голубой прозрачный	Синий полупрозрач.
Период	XIV в.	XIV в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	XIV в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.
Шифр*	T-95-31	T-95-36	T-95-70	T-95-73	T-95-77	T-95-78	T-95-38	T-95-72	T-95-71
Pb**	9	9	13	10	13	10	9	10	7
K**	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Na	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7
Ca	1,5	0,3	0,5	0,3	0,2	0,2	1,6	0,3	0,3
Mg	0,2	0,07	0,2	0,07	0,07	0,05	0,2	0,07	0,07
Al	0,5	0,2	0,5	0,07	0,07	0,05	0,7	0,07	0,07
Ti	0,07	0,05	0,2	0,1	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05
Zn	0,07	0,01	0,01	0,005	0,01	0,007	0,03	0,007	0,01
Ni	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,005	0,003	0,05
Mn	0,1	0,3	2,6	2,6	1	0,5	0,02	0,03	1,6
V	0,002	0,002	0,02	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002
Cu	1	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	1	1	0,7
Sn	0,02	0,01	0,02	0,02	0,003	0,02	0,3	0,3	0,02
Ag	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
Bi	0,002	0,002	0,0006	0,0006	0,001	0,002	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	0,007	-	0,01	-	0,005	-	0,005
Li	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-
Fe	0,5	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,7
P	0,3	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,3	0,07	0,07
B	0,005	0,005	0,007	0,005	0,007	0,005	0,005	0,005	0,003
Cr	0,002	0,01	0,005	0,005	0,02	0,005	0,007	0,003	0,005
Ca	0,00004	0,0003	0,0005	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0005	0,00004
Mo	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002
Sr	0,02	-	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Zr	0,005	0,003	0,007	0,01	-	0,005	-	-	-
Ba	0,03	0,007	0,03	0,007	0,005	0,007	0,01	-	0,005
La	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y	-	-	0,0006	0,0006	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002
Sc	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-

Сокращения:

Св. - светло;

полупрозрач. - полупрозрачный

Таблица 10. Химический состав тверских стеклянных браслетов
XIII-XIV вв. коричневого цвета

Класс стекла Pb-K-Si-O

с добавлением

Cu							Cu-Sn		Fe			Fe-Cu
Цвет	Коричн. прозрач.	Коричн. прозрач.	Коричн. прозрач.	Коричн. прозрач.	Коричн. непрозр.	Коричн. непрозр.	Коричн. непрозр.		Коричн. непрозр.	Коричн. непрозр.	Коричн. прозрачный	Т.-коричн. непрозр.
Период	XIV в.	XIV в.	XIV в.	XIV в.	XIV в.	XIV в.	XIV в.		кон. XIII в.	кон. XIII в.	кон. XIII в.	кон. XIII в.
Шифр*	T-95-21	T-95-22	T-95-23	T-95-24	T-95-25	T-95-26	T-95-27		T-95-60	T-95-61	T-95-65	T-95-84a
Pb**	10	10	12	10	13	14	14		10	8	13	8
K**	8	8	8	8	8	8	8		8	8	8	8
Na	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,7	0,3	0,7
Ca	1,5	0,2	1	0,3	0,5	0,7	0,3		0,5	1	0,5	0,7
Mg	0,3	0,07	0,3	0,07	0,07	0,1	0,7		0,2	0,3	0,2	0,2
Al	0,7	0,07	0,5	0,07	0,1	0,3	0,1		0,5	0,7	0,5	0,5
Ti	0,2	0,07	0,2	0,7	0,1	0,2	0,2		0,07	0,2	0,2	0,07
Zn	0,02	0,007	0,005	0,02	0,01	0,005	0,005		0,01	0,01	0,07	0,007
Ni	0,007	0,007	0,05	0,002	0,005	0,007	0,01		0,005	0,002	0,03	0,003
Mn	0,02	0,01	0,02	0,001	0,03	0,02	0,07		0,07	0,1	0,1	0,03
V	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		0,001	0,002	0,001	0,001
Cu	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2		0,01	0,01	0,05	0,2
Sn	0,01	0,02	0,03	0,02	0,005	0,02	0,2		0,05	0,02	0,03	0,007
Ag	0,002	0,001	0,0007	0,005	0,001	0,001	0,001		0,0003	0,0002	0,0005	0,0007
Bi	-	-	0,0007	-	-	-	0,0007		-	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-		0,0001	0,0001	-	-
Sb	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	0,003
Li	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
As	-	-	-	0,02	-	0,02	-		0,02	0,02	-	-
Fe	0,5	0,3	0,7	0,5	0,7	0,3	0,7		2,5	3,5	2,5	8
P	0,07	0,07	0,07	0,05	0,1	0,05	0,07		0,07	0,07	0,07	-
B	0,005	0,002	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003		0,005	0,003	0,005	0,003
Cr	0,005	0,005	0,005	0,003	0,007	0,003	0,005		0,002	0,007	0,003	0,001
Ga	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0003		0,0005	0,0005	0,0003	0,0005
Mo	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001		0,002	0,002	0,002	0,002
Sr	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01		0,007	0,02	0,01	0,02
Zr	0,005	-	0,01	0,005	0,005	0,003	0,007		0,01	0,01	0,01	0,007
Ba	0,007	-	0,02	-	0,005	0,007	-		0,01	0,02	0,01	0,01
La	-	0,005	-	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005	-	0,005	-
Y	0,001	-	0,001	-	-	-	-		-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-

Сокращения:

коричн. – коричневый;
прозрач. – прозрачный;
непрозр. – непрозрачный;
Т. – темно

Таблица 11. Химический состав тверских стеклянных браслетов XIII-XIV вв. фиолетового цвета

Класс стекла Pb-K-Si-O

с добавлением Mn

Цвет	Т.-фиолет. прозрачный	Фиолетовый прозрачный	Фиолетовый прозрачный	Фиолетовый прозрачный	Т.-фиолет. полупроз.	Т.-фиолет. полупроз.	Т.-фиолет. прозрачный	Фиолетовый прозрачный	Фиолетовый прозрачный	Т.-фиолет. прозрачный
Период	XIV в.	XIV в.	XIV в.	кон. XIII в.	кон. XIII в.	кон. XIII в.	кон. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.	сер. XIII в.
Шифр*	T-95-28	T-95-29	T-95-30	T-95-66	T-95-67	T-95-69	T-95-68	T-95-846	T-95-85	T-95-86
Pb**	10	12	10	8	13	10	7	8	9	8
K**	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Na	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,3	0,7	0,5	0,5
Ca	0,5	0,7	0,3	0,5	0,3	0,5	0,1	0,7	0,2	0,1
Mg	0,07	0,2	0,05	0,2	0,07	0,2	0,05	0,1	0,05	0,07
Al	0,2	0,5	0,07	0,5	0,1	0,7	0,05	0,7	0,05	0,07
Ti	0,07	0,2	0,05	0,1	0,1	0,1	0,07	0,1	0,05	0,07
Zn	0,005	0,007	0,005	0,01	0,03	0,007	0,005	0,007	0,005	0,01
Ni	0,005	0,005	0,007	0,007	0,005	0,002	0,002	0,007	0,005	0,003
Mn	2,5	2,5	1,8	4	4	2,5	1,6	4	1,6	2,6
V	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003
Cu	0,05	0,03	0,007	0,02	0,07	0,07	0,02	0,03	0,02	0,01
Sn	0,02	0,002	0,07	0,002	0,005	0,002	0,005	0,003	0,005	0,003
Ag	0,002	0,0003	0,0007	0,0003	0,0005	0,0007	0,0005	0,0005	0,0005	0,0002
Bi	-	0,0007	-	-	-	-	-	-	-	-
Be	0,0001	0,0001	-	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	0,003	-	-	-	0,003	-	0,003
Li	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-
Fe	0,5	0,8	0,3	0,5	0,3	0,2	0,2	0,5	0,2	0,3
P	0,07	0,07	0,05	0,07	0,1	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
B	0,002	0,002	0,003	0,003	0,01	0,005	0,005	0,002	0,003	0,002
Cr	0,007	0,005	0,003	0,01	0,003	0,01	0,002	0,007	0,005	0,007
Ga	0,00005	0,0003	0,00005	0,0003	0,0003	0,0005	0,0003	0,0003	0,0003	0,00004
Mo	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Sr	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Zr	-	0,01	-	0,01	0,01	0,02	-	0,01	-	-
Ba	0,007	0,05	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,05	0,01	0,02
La	0,005	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-
Y	-	0,001	-	0,0005	0,0005	0,0005	-	0,001	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

В первый период (1-я пол. XIII в.) в Тверь привозили стеклянные браслеты, изготовленные из стекла: **Pb-K-Si-O** – 77,4%; **Pb-Si-O** – 22,6%.

Во второй период (2-я пол. XIII в.) процентное соотношение классов стекол браслетов здесь было: **Pb-K-Si-O** – 72,7%; **Pb-Si-O** – 18,2%; **Pb-(K)-Si-O** – 9,1%.

В XIV в. в Твери процентное соотношение классов стекол браслетов по 33 образцам следующее: **Pb-K-Si-O** – 78,8%; **Pb-Si-O** – 21,2%.

Как видно из этих таблиц, процентное соотношение классов стекол браслетов, обнаруженных в культурном слое Твери, на протяжении двух веков в основном не изменялось. Это косвенно может говорить о едином центре производства (или нескольких, лежащих по пути следования торгового каравана), где собирался набор одного и того же товара, предназначенного для торговли в Восточной Европе, на протяжении довольно длительного времени. О масштабах этого производства можно судить по нахождению огромного количества предметов из стекол данных классов в Западной и Восточной Европе, пик которого приходится на XIII в.

Можно предположить, что стеклянные браслеты производились из привозного сырья в центре, приближенном к месту сбыта. Но тогда многоцветные стеклянные браслеты изготавливались бы из стекол различных химических классов или типов, что хорошо видно на примере западно-европейских стеклянных полихромных предметов, где орнамент или рисунок часто наносился из стекла другого класса, чем основная масса предмета [8, р.73].

Произведенные анализы разноцветных нитей и рисунков на поверхности или внутри стеклянного браслета показали их однотипность с основной массой стекла браслета. Следовательно, все браслеты изготовлены в центре производства стекла данного класса.

В качестве свинцового минерала в исследуемых стеклах, по всей видимости, использовали или галенит — PbS , или церусит — $PbCO_3$, или англезит — $PbSO_4$, или сурик — Pb_3O_4 . В разных месторождениях этих руд вместе со свинцом могут быть медь, серебро, ртуть, золото, кадмий, висмут, сурьма, селен, индий, германий и др. [9, с.472].

Химическая формула получения свинцового стекла из основного карбоната свинца следующая: $PbCO_3 + SiO_2 = PbO \cdot SiO_2 + CO_2$.

Карбонатные породы свинца невелики по масштабам, но содержат богатые руды. Месторождения таких руд, открытые еще в древности, есть в Италии (Фениче - Капонне), на Балканском полуострове (Трепча, Касандра, Олимбия, Мадан), в Малой Азии (Дурсунбей, Балья - Маден).

В Египте свинец был известен еще в додинастический период. Там имеются большие месторождения свинцовых руд, одна из которых («свинцовый блеск»), напоминающая по внешнему виду металл, и использовалась для выработки металлического свинца. В египетских рудах содержится до 55% металлического свинца, небольшое количество серебра, микропримеси которого встречаются во всех т.н. «древнерусских» стеклах.

В Древнем Египте соединение свинца и сурьмы применялось как желтая краска для окрашивания стекла. Месторождения свинца есть в Сирии [10, с.374; 11, р.103].

Приводимый в XII веке Теофилом рецепт бесщелочного свинцового стекла, известного под названием «иудейского», т.е. позднеегипетского, возможно, как раз и показывает, как из галенита и песка получается стекло. В опубликованном переводе говорится о «блестящем свинце», который подвергался обжигу в тигле до порошкообразного состояния [12, с.231]. Но свинец при нагревании образует поверхностную оксидную пленку, которая предохраняет его от дальнейшего окисления. Обжигая же «свинцовый блеск», который очень похож на металлический свинец, получаем окись свинца, которую можно использовать и для выработки металлического свинца, и для выработки свинцового стекла, т.н. «иудейского».

Встает вопрос — где этот центр производства свинцовых стекол находился? С 50-х гг. XX в. общепринято, что браслеты из калиево-свинцового и свинцового стекла с их разновидностями изготавливались исключительно в городах Древней Руси. Подобное стекло найдено и за пределами Руси, в первую очередь на Севере и Северо-Востоке, в районе Печоры. В небольшом количестве т.н. «древнерусские» стеклянные украшения обнаружены в Прибалтике и Польше [3, с.215].

Но все исследователи упускают из вида, что приведенные выше данные по распространению «древнерусских» стеклянных украшений точно ложатся на район интенсивного изучения химического состава древних и средневековых стекол (около 20000 анализов). На всю остальную территорию приходится несколько десятков анализов, при этом стекла средневековых Сирии, Палестины, Египта, Западной Европы и Византии практически не изучались.

Поэтому и появилась версия о существовании и уникальности древнерусского стеклоделия, хотя никаких доказательств наличия такового на территории Руси до сих пор не обнаружено.

Чтобы понять, откуда поступало стекло в Древнюю Русь, мы решили выявить все известные стекла, в состав которых входил свинец и калийсодержащий минерал, похожий на тот, который вводили в шихту калиево-свинцового стекла.

Вне территории б. СССР сведения о свинце, впервые примененном в стеклоделии, нам известны из анализов древнеегипетских глазурей эпохи 22-й династии [13, р.706; 14, р.23]. Свинцовая глазурь была известна также в Месопотамии еще по крайней мере в 600 г. до н.э.

На территории б. СССР свинцовые стекла, сваренные на золе, обнаружены на памятниках трипольской, ямной и кобанской культур, на урартских и на первых греческих поселениях Северного Причерноморья, на сарматских и меотских памятниках, на римских поселениях. Подобные стекла обнаружены в Южной Аравии, Узбекистане, в Приморье, Новосибирской и Амурской областях, в Коми и на многих средневековых памятниках Восточной Европы. В сер. XIV в. стекла, сваренные из смеси золы, песка и окиси свинца, исчезают [15, с.2-124, №№ 3, 24, 62, 65, 72, 91, 102, 135, 138, 144, 159, 171, 174, 466, 563, 643, 665, 705, 769, 812, 823, 846, 879, 885, 887, 926, 927, 987, 1023, 1048, 1061, 1078, 1085, 1110, 1123, 1128, 1143, 1148, 1149, 1176, 1178, 1181, 1195, 1199, 1201, 1204, 1208, 1211, 1214, 1232, 1261, 1264, 1266, 1273, 1288, 1290, 1295, 1322, 1349, 1361, 1363, 1411, 1417 и др.].

Калиево-свинцовое стекло, по мнению некоторых исследователей, является чисто русским изобретением. Самое трудное здесь — объяснить причину попадания окиси калия в состав свинцового стекла.

В качестве калийсодержащего минерала в средневековом стеклоделии могли использовать или естественный природный минерал в виде соли (калия нитрат, калия карбонат, калия сульфат), или золу растений с высоким содержанием калия (зола соломы) [16, р.93], или «золистую соль», которая получается из золы растений путем выщелачивания и выпаривания. Процесс получения последней требует больших энергозатрат. При этом непонятна будет причина этого нововведения, поскольку на протяжении 5 тысячелетий во многих странах мира варили стекло из золы, и всех это устраивало.

Естественный калийсодержащий минерал, такой как селитра (нитрат калия) добывали на Синайском полуострове еще в Древнем Египте. Ее применяли вместе с содой для мумификации [10, с.410].

Для того чтобы выяснить, какое калийсодержащее вещество использовали в средневековом стеклоделии для получения свинцового стекла, необходимо в первую очередь исследовать калиевые стекла ($K_2O \cdot SiO_2$) и проследить эволюцию состава свинцово - калиевого стекла.

Самые древние калийсодержащие стекла появились на памятниках белозерской культуры – по всему Северному Кавказу, в могилах на Алтае (Пазырык), в Восточной Сибири и Забайкалье в погребениях хунну, во Вьетнаме и Индии (II в. до н.э. – II в. н.э.), в Узбекистане на памятниках II–V вв. н.э. [15, №№ 39, 40, 184, 533, 534, 542, 545, 572, 577, 593–595, 658, 662, 917, 919; 17, s.148; 18, p.25, № 417].

Из анализа химического состава калийсодержащих стекол XI в. до н.э. – V в. н.э. видно, что здесь в качестве щелочей применялась высококалиевая зола с минимальным содержанием натрия. Больше всего этот состав похож на золу камыша или ячменной соломы [16, p.93; 18, p.25, № 417]. При этом отмечено, что поташ больше накапливается в растениях не на побережье моря, а в континентальных районах с пресной проточной водой.

Рассмотрим возможность применения «золистой соли» в т.н. «древнерусских» стеклах.

Произведенные количественные анализы этой соли (точнее, смеси солей и щелочей) из золы растений средней полосы России, где, по мнению многих исследователей, почти во всех городах Древней Руси производилось стекло на основе поташа, свинца и песка, показали другую геохимическую характеристику, отличную от геохимической характеристики калийсодержащего минерала, используемого в изготовлении свинцового стекла для стеклянных браслетов XII–XIV вв. Другими словами, «биогеохимическая провинция» Древней Руси и «биогеохимическая провинция» центра производства свинцового стекла различны.

При этом т.н. «древнерусские» стекла появились задолго до возникновения Древнерусского государства и прекратили свое существование во время создания централизованного Русского государства, когда, по идее, наоборот должны происходить развитие и взлет таких сложных, в техническом смысле, производств.

Так, первые свинцово-калиевые стекла «древнерусского типа» обнаружены пока на памятниках VII–VIII вв. н.э. в Хабаровском крае. На памятниках Приморья (VIII–X вв. н.э.), на Рюриковом городище, в Старой Ладоге мы находим изделия с довольно устойчивым и строгим рецептом варки стекла [15, №№ 1056, 1070, 1080, 1082, 1219, 1224, 1240, 1241, 1244, 1248, 1255, 1257, 1277, 1303, 1325].

Можно попытаться воссоздать процесс возникновения данного класса стекла.

Где-то в районе Восточного Средиземноморья не позже XI в. до н.э. возник центр стеклоделия, основанного на золе с высоким содержанием поташа и малым содержанием соды (предположительно зола камыша или соломы). Он просуществовал, по крайней мере, до сер. I тыс. н.э. Стекланные предметы из этого центра хорошо маркируют Великий шелковый путь с его ответвлениями.

Во 2-й пол. I тыс. н.э. в районе Восточного Средиземноморья возник новый центр (мастерская) стеклоделия, который опирался на опыт других центров (или мастеров), где существовало стеклоделие с применением свинца или высококалиевой золы. Шихту в этом центре делали из золы соломы или камыша, свинцового минерала и песка с добавлением разнообразных красителей для получения всех цветов и оттенков.

На вопрос, откуда стекланные изделия распространялись на такую большую территорию – от Дальнего Востока до Центральной и Западной Европы и от севера Европейской части России до Южной Аравии, Индии и Вьетнама – помочь также ответить, во-первых, уже известные для других эпох центры и направления импорта предметов роскоши. Так, в бронзовом веке в Средиземноморье, на Кавказ и в Причерноморье импорт шел из Египта и Месопотамии. В скифо-сарматское время – из Греции, Сирии, Египта. В период функционирования Шелкового пути – из района Восточного Средиземноморья и Междуречья.

Во-вторых – время, когда перестало употребляться это стекло и причины этого. Повсеместное исчезновение стекла данного класса – сер. XIV в. А связано это с тем, что османы начали завоевывать Балканский полуостров, стали перехватывать торговые корабли из Египта и Сирии в Европу. В XIV в. начался упадок ремесел в Египте.

Не имея пока прямых доказательств (в виде остатков мастерских и пр.) существования на Руси средневекового свинцового стеклоделия, мы, предварительно, помещаем этот средневековый центр по производству свинцово-калиевого стекла в Византию или на Ближний Восток, откуда и поступали в древнерусские города и веси стекланные браслеты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олейников О.М. Стеклодельные мастерские в древности (К вопросу о существовании древнерусского стеклоделия) // Новгород и Новгородская земля. История и археология. Вып. 11. Новгород, 1997.
2. Безбородов М.А. Стеклоделие в Древней Руси. Минск, 1950.
3. Галибин В.А. Состав стекла как археологический источник. Л., 1989.
4. Щапова Ю.Л. Стекло Киевской Руси. М., 1972.
5. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции // Труды юбилейной сессии, посвященной столетию со дня рождения В.В. Докучаева. М.; Л., 1949.
6. Виноградов А.П. Геологическая роль организмов // Природа. 1955. № 1.
7. Turner W.E.S. The Value of Modern Technical Methods in the Study of Ancient Glasses // The Third International Congress of Glass. Venice, 1953. (Separate Copy).
8. Wedepohl K.H., ... Medieval Lead Glass from Northwestern Europe // Journal of Glass Studies. Vol. 34. 1995.
9. Горная энциклопедия. Ред. Е.А. Козловский. Т. 4. М., 1989.
10. Лукас А. Материалы и ремесленные производства Древнего Египта. М., 1958.
11. Flinders Petrie W.M. The Arts and Crafts of Ancient Egypt. London, 1910.
12. Theobald W. Technik des Kunsthandwerks im zehnten Jahrhundert. Berlin, 1933.
13. Encyclopedia Britannica. 13th ed. V. статья Ceramics.
14. Flinders Petrie W.M. Ancient Egypt. London, 1923.
15. Галибин В.А. Химический состав археологических находок из стекла (по данным количественного спектрального анализа) XXIII в. до н.э. – XIX в. н.э. М., 1989.

16. *Turner W.E.S.* Ancient Glass and Glassmaking. Proceeding of the Chemical Society. 1961 (данные и ссылка по «Dictionary of Applied Chemistry». Vol. 1. Thorpe, 1937).
17. *Geilmann W.* Glastechnische Berichte. H. 4. 1955.
18. *Lal B.B.* Examination of Some Ancient Indian Glass Specimens // Ancient India. 1952. № 8.

*Тверской государственный объединенный музей,
Тверь*

O.M. Oleynikov

**TVER GLASS BRACELETS
(COMPARATIVE ANALYSIS OF CHEMICAL COMPOUND)**

Summary

There are no findings connected with glass making on the territory of Ancient Rus'. Research of chemical compounds of glass bracelets found in medieval Russian cities shows the same geochemical characteristics of raw materials (within the class) and the same percentage of correlation of glass classes (of bracelets) in the course of two centuries. Mapping of lead and high potassium glasses pointed to a centre of their production (the Near East). The disappearance of lead glasses in eastern Europe was simultaneous to the decline of a handicraft in Egypt and Byzantine. These facts prove the hypothesis of the author according to which glass bracelets of lead as well as high potassium glasses found in medieval Russian cities, were produced in Byzantine or in the Near East.

***Tver State United Museum
5, Sovetskaya St., Tver,
170000, Russia***

Тверской археологический сборник

Выпуск 4

Том II

Отв. редактор выпуска И.Н. Черных.

Технический редактор И.Н. Черных.

Корректоры: В.А. Румянцева, Н.Н. Румянцев, И.Н. Черных.

Компьютерный набор и верстка И.И. Волкова, Н.Н. Бурцева, Н.А. Сарафанова.

Оригинал-макет: И.Н. Черных, И.И. Волкова, А.Н. Хохлов.

Перевод на англ. язык и корректура: В.В. Дайнин, В.А. Миловидов.

ЛР-№ 040632 от 9.06.98 г.

Подписано к печати 03.12.2001 г. Формат бумаги 84×108¹/₁₆.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем 25,0 п.л.

Тираж 350 экз. Заказ 5497. Цена свободная.

Тверская областная типография.

170000, г. Тверь, Студенческий пер., 28.