

А. А. АБДУРАЗАКОВ,  
М. А. БЕЗБОРОДОВ





Ўзбекистон ССР Фанлар академияси Кимё институти

**А. А. АБДУРАЗЗОҚОВ, М. А. БЕЗБОРОДОВ**

Ўрта  
Осиёнинг  
Ўрта  
дёр  
чишадлари

**(кимёвий характеристика тажрибаси)**

Ўзбекистон ССР „Фан“ нашриёти. Тошкент-1966

Академия наук Узбекской ССР Институт Химии

**А. А. АБДУРАЗАКОВ, М. А. БЕЗБОРОДОВ**

Средне-  
вековой  
стекла

Средней  
Азии

(опыт химической характеристики)

Издательство „Фан“ Узбекской ССР. Ташкент . 1966

*В монографии излагаются результаты химического изучения средневековых стекол Средней Азии (VIII—XV вв.) и приводятся новейшие экспериментальные данные, не опубликованные до настоящего времени.*

*В книге описаны методы изучения средневековых стекол, многочисленные химические и спектроскопические анализы стекол Средней Азии, их физико-химические характеристики и свойства, химические типы, локальные и хронологические особенности. В специальной главе рассматриваются состав и свойства средневековых огнеупоров Средней Азии.*

*Работа рассчитана на технологов, химиков, историков техники, археологов и историков, а также на широкий круг читателей.*

Ответственный редактор —  
акад. АН БССР доктор техн. наук  
М. А. БЕЗБОРОДОВ

## ВВЕДЕНИЕ

### Природные доисторические стекла

Первоначальное знакомство человека со стеклом и применение его для изготовления орудий труда относится к далекому прошлому. Это было природное стекло, которое существовало до появления первобытного человека и задолго до того, как он научился получать искусственно стеклообразное вещество и вырабатывать из него предметы украшения и домашнего обихода.

Таким природным стеклом был обсидиан, а время знакомства с ним человека относится к древнему каменному веку — палеолиту<sup>1</sup>. В нашей стране самые древние каменные орудия из обсидиана, известные в настоящее время, обнаружены на стоянке древнепалеолитического человека в Сатани-Дар, в Армении. Название «Сатани-Дар» («Холм сатаны») было дано из-за обилия в этой местности осколков черного обсидиана, которые население называло когтями или пальцами сатаны. Холм находится в 1 км от селения Пирмалак, Талинского района, у северо-восточного подножья горы Богутлу<sup>2</sup>. В образовании горы Богутлу и холма Сатани-Дар участвовали третичные вулканические породы — обсидианы и липариты.

По-видимому, обилие обсидиана хорошего качества повлияло на выбор стоянки палеолитическим человеком. Из больших кусков обсидиана можно было изготавливать орудия крупного размера, которые служили для выкапывания корней и клубней, добывания животных, обрубания веток, затесывания кольев и др. Среди них — ручные рубила, скребла, примитивные ручные остроконечники, отщепы и пластины очень архаичного облика.

<sup>1</sup> А. В. Арциховский. Основы археологии, М., 1954, стр. 26—27; P. N. Perrot, A. Saldern, M. J. Stovall and T. S. Buechner, Glass from the Corning Museum of Glass, New York, 1958, p. 11.

<sup>2</sup> М. З. Паничкина. Палеолит Армении, Л., Изд. Гос. Эрмитажа, 1950, стр. 23.

На Северном Кавказе обсидиан также был предметом обработки в доисторические времена. В 1923 г. на реке Баксан было найдено множество его осколков: некоторые из них были наконечниками стрел. Здесь природные стекла обсидиана и пемзы возникли в результате извержения магмы в конце

Таблица 1

**Химические анализы северо-кавказских и американских обсидианов**

Оксид	Из Кыз-Буруна			Из Cliff Yellowstone National Park	
	черный	оранжево-бурый	атаксит, оранжево-красный	черный	красный
SiO <sub>2</sub>	76,32	76,37	74,75	74,70	75,52
TiO <sub>2</sub>	Нет	Нет	Нет	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,65	12,68	14,12	13,72	14,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,71	0,78	1,18	1,01	1,74
FeO	1,13	0,71	0,71	0,62	0,08
MnO	0,33	0,33	0,01	—	—
CaO	0,98	0,98	1,03	0,78	0,78
MgO	0,12	0,14	0,36	0,14	0,10
BaO	0,20	0,20	0,31	—	—
Na <sub>2</sub> O	4,57	4,96	5,40	3,90	3,92
K <sub>2</sub> O	3,06	3,12	1,26	4,02	3,63
Li <sub>2</sub> O	0,06	0,06	0,06	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,40	0,43	0,22	—	—
SO <sub>3</sub>	0,13	0,06	0,29	0,40 (FeS <sub>2</sub> )	0,11 (FeS <sub>2</sub> )
Cl	Нет	Нет	Нет	—	—
П. п. п.	0,21	0,28	0,04	0,62	0,11
Сумма	100,87	101,10	99,74	99,91	100,38

третичного периода из Казбека и Эльбруса, а может быть и других, еще не открытых центров извержения<sup>1</sup>. П. Н. Червинский дает химические анализы 5 образцов обсидиана из селения Кыз-Бурун, лежащего на реке Баксан (табл. 1).

Как видно, по химическому составу обсидиан представляет собой малощелочное глиноземно-кремнеземистое вулканическое стекло. Под микроскопом он изотропный, полупрозрачный, с включением мелких рудных частиц (магнетита, иоцита, железной слюдки и др. минералов). По Ф. Ю. Левинсон-Лессингу обсидиан — «стекло с кристаллитами»<sup>2</sup>. Цвет его — черный, серый, бурый, красный. Твердость 6.

<sup>1</sup> П. Н. Червинский. Обсидиан из Карачаевской и Кабардино-Балкарской автономных областей, Записки Всерос. Минералогич. об-ва, ч. 83, 1934, № 1, стр. 245—262.

<sup>2</sup> Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. Петрография, V изд. Л.—М., 1940, стр. 187.

Польские археологи обнаружили остатки обсидиановых орудий доледниковой эпохи на Звезжинце, на расстоянии около 75 км к югу от Люблина и около 110 км на северо-запад от Львова, на польской территории<sup>1</sup>.

На юго-западном склоне хребта Гат в Закарпатье также найдены обсидиановые орудия, относящиеся к неолиту — новому каменному веку<sup>2</sup>. Изучение минералогического шлифа показывает, что они почти нацело состоят из стекла с незначительным количеством мельчайших кристаллов — плагиоклаза, андезина (от 1—2 до 0,02 мм) и мелких зерен магнетита. Светопреломление обсидианового стекла  $1,487 \pm 0,002$ .

В 1954 г. в Кавалеровском районе Приморского края на левом берегу реки Тадуши была обнаружена мастерская первобытного человека, где велась обработка обсидиана. Восточнее находятся коренные обнажения его. На территории Южного Приморья эффузивная деятельность была очень сильной и образовала мощные вулканические толщи.

Подобные стоянки человека доледникового времени встречаются в Западной Европе, Африке, Южной Азии.

В отличие от других природных тел обсидианы представляют собой стеклообразные вулканические породы, редко содержащие мельчайшие кристаллы, называемые минералами «микролитами»<sup>3</sup>. Они видимы только под микроскопом, обычно в поляризованном свете. Среди микролитов существует еще подгруппа «трихитов» — кристалликов, похожих на пучки волос, обычно встречающихся в обсидиане. Размеры призматических микролитов преимущественно 0,01—0,02 мм в длину и 0,002—0,004 мм в поперечнике. Некоторые образцы содержат еще более мелкие микролиты из минерала пироксена (от 0,005 до 0,0005 мм).

Другим видом природного стекла, которым пользовался человек в доисторическое время, были тектиты. Так назвал в 1900 г. австрийский минералог Франц Зюсс минеральные тела стекловатого строения, разнообразной формы и обычно небольших размеров от лесного до крупного грецкого ореха<sup>4</sup> (по гречески «тектос» — «сплавленный»).

<sup>1</sup> В. Хенсель, А. Гейштор, К. Маевский. Польские археологические исследования последних лет, «Советская археология», т. 24, М., 1955, стр. 155—171.

<sup>2</sup> В. Ф. Петрунь. Из истории применения вулканического стекла (обсидиана) в первобытной технике, Сб. научн. тр. Криворожского горно-рудного ин-та, М., 1960, стр. 104—115.

<sup>3</sup> C. S. Ross. Microlytes in Glassy Volcanic Rocks, The American Mineralogist, vol. 47, No 5—6, 1962, p. 723—740.

<sup>4</sup> F. E. Sueß. Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser, Wien Jahrbuch, Bd. 50, Heft 2, 1900 (1901), s. 193—382.



Впервые эти тела были обнаружены в Чехословакии, где не позднее первой половины XVIII в. местные жители находили их по руслам некоторых рек, шлифовали и использовали в качестве украшений<sup>1</sup>. Их много на берегах реки Млдавы (теперь Влтавы), где они получили название «молдавиты» (или влтавины).

В 1908—1909 гг. на стоянке пещерного человека в Виллендорфе на Дунае среди многочисленных каменных орудий были найдены осколки, похожие на бутыечно-зеленое стекло и напоминавшие по форме дно бутылки<sup>2</sup>. Виллендорф находится в Австрии в округе Вахау между Агбахом и Шпицем, приблизительно в 100 км на юго-восток от чехословацкого города Ческе-Будеевице и примерно на таком же расстоянии на юг от чехословацкого города Тршебич. На полпути от этих городов до Виллендорфа проходит государственная граница между Австрией и Чехословакией<sup>3</sup>.

Находки стеклообразных осколков вызвали научную дискуссию между Ф. М. Бервертом и Ф. Э. Зюссом в Венском минералогическом обществе в 1914—1917 гг. Первый считал их искусственными продуктами, второй — природными космическими телами<sup>4</sup>. Зеленые стеклообразные осколки были обнаружены в культурном слое однородного чисто-золотого лёсса ранней ледниковой эпохи. Как показал Ф. Э. Зюсс, они представляют собой тектиты — тела космического происхождения, которые человек обрабатывал подобно кремню около 25 000 лет назад<sup>5</sup>.

Такие же многочисленные находки мелких каменных орудий в виде треугольников, трапеций, сегментов и других форм были сделаны на Филиппинах, неподалеку от Манилы в районах археологических раскопок Пигад-Бабуи и Кубао. Филиппинские тектиты человек обрабатывал во время среднего каменного века — мезолита — и позже, делая из них наконечники стрел, ножи, амулеты, талисманы и т. п. Как показали

<sup>1</sup> Г. Г. Воробьев. Проблема тектитов и силикаглассов, «Метеоритика», вып. 19, М., 1960, стр. 26—62.

<sup>2</sup> Стекла космического происхождения. «Стеклозаводчик», С.-Петербург, 1909, № 41, стр. 9—10.

<sup>3</sup> E. Zirkl. Das Gesteinsmaterial der Artefakte von Willendorf i. d. Wachau, s. 98—115, в кн. F. Felgenhauer. Willendorf in der Wachau, Mitteilungen der prähistorischen Kommission der Osterreichischen Akademie der Wissenschaften, Bd. VIII—IX, Teil. 1, Wien, 1956—1959.

<sup>4</sup> F. Berwerth. Können die Tektite als Kunstprodukte gedeutet werden. Zentralblatt d. Mineralogie, 1917, s. 240; F. E. Sueß. Rückschau und Neues über die Tektitfrage. Mitteilungen der Geologisch. Gesellschaft in Wien, Band VII, 1914, s. 51—121; F. E. Sueß. Zentralblatt d. Mineralogie, 1916, s. 569—578.

<sup>5</sup> J. Bayer. Zur Frage der Herkunft der Tektite. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, Band XI, Wien, 1919, s. 248—251.

геологические исследования, пласты с тектитами образовались во время среднего плейстоцена, т. е. приблизительно 250—300 тыс. лет назад, когда падал на земную поверхность тектитовый град<sup>1</sup>.

Вопрос о происхождении тектитов по-прежнему остается спорным, существует несколько гипотез по этому поводу<sup>2</sup>.

Одни исследователи полагают, что тектиты были занесены на землю в результате извержения лунных вулканов; другие — что они образовались при ударе метеоритов о земную поверхность и сплавлении их с земным веществом; третьи — что они представляют собой стеклянные метеориты и т. д. Они найдены ныне в различных частях света, но не повсеместно: в Чехословакии, на Филиппинах, в Индокитае, Австралии, на островах Тасмания и Ява и т. д. В зависимости от места находки их называют соответственно: молдавиты (или влтавины), филиппиниты, индошиниты, австралиты, тасманиты, яваниты и т. п.

На первый взгляд тектиты похожи на кислые вулканические стекла, в частности, на обсидианы, но глубокое изучение обнаруживает отчетливую разницу между ними. В табл. 2 даны для сравнения химические анализы тектитов из некоторых географических районов, их средние составы (по разным авторам) и типичный анализ обсидиана. Как видно, все составы принадлежат к малощелочным глиноземно-кремнеземным стеклам. От кислотных вулканических пород, в частности обсидиана, тектиты отличаются большим содержанием окиси кальция, окиси магния и окислов железа, и напротив, — меньшим количеством щелочных окислов.

Тектиты характеризуются также очень низким отношением  $\frac{Fe^{+3}}{Fe^{+2}}$  (приблизительно 0,1—0,2), большим содержанием К по сравнению с Na ( $K_2O > Na_2O$ ) и очень малым

<sup>1</sup> Н. О. Веуег. Philippine and East Asian Archaeology and its Relation to the Origin of the Pacific Islands Populations. Bulletin of the National Research Council of the Philippines, No 29, 1948, p. 1—130, Quezon City.

<sup>2</sup> Г. Г. Воробьев. Исследование состава тектитов. Индошиниты. «Метеоритика», вып. 17, М., 1959, стр. 64—72; И. Е. Старик [и др.]. К вопросу о происхождении тектитов, «Метеоритика», вып. 22, М., 1962, стр. 97—103; Г. Г. Воробьев. Загадки тектитов, «Природа», 1960, № 6, стр. 75—77; М. Л. Яценко и Э. К. Герлинг. Возраст и происхождение тектитов, Тр. Лаб. геологии докембрия АН СССР, вып. 2, М.—Л., 1953, стр. 232—246; R. L. Fleischer, P. B. Price and R. M. Walker. On the simultaneous origin of tektites and other natural glasses. Geochimica et Cosmochimica Acta, vol. 29, No 3, 1965, pp. 161—166; J. S. Rinehart. Impact-effects and tektites. Geochimica et Cosmochimica Acta, vol. 14, No 4, 1958, p. 287—290.

количеством  $H_2O$ <sup>1</sup>. Э. К. Т. Чао отмечает, что тектиты отличаются относительно низким светопреломлением, слоистым строением, стеклообразными включениями, но они не содержат мельчайших кристаллов, характерных для обсидианов и шлаков<sup>2</sup>.

Таблица 2

Химические анализы тектитов и обсидиана

Окисел	Молда- виты*	Австра- литы*	Индоши- ниты**	Средний состав тектитов**	Средний состав тектитов (на ос- новании 100 анализов)***	Обсидиан (типичный)****
SiO <sub>2</sub>	74,91	70,62	73,09	73,87	73,29	74,7
TiO <sub>2</sub>	0,55	0,90	0,87	0,75	0,86	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,80	13,48	12,60	12,69	12,04	13,72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,44	0,85	0,34	0,47	0,79	1,01
FeO	3,10	4,44	4,78	4,16	4,48	0,62
CaO	1,16	3,09	2,31	2,23	2,76	0,78
MgO	1,66	2,42	2,16	2,18	2,19	0,14
MnO	0,02	0,42	0,12	0,10	0,12	—
Na <sub>2</sub> O	0,72	1,27	1,45	1,38	1,35	3,9
K <sub>2</sub> O	3,76	2,22	2,40	2,28	2,44	4,02
H <sub>2</sub> O	0,12	0,07	—	—	—	0,62

\* W. D. Ehman and T. P. Kohman. Cosmic-ray-induced radioactivities in meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 14, No 4, 1958, p. 340—368.

\*\* C. C. Schnetzler and W. H. Pincus. The Chemical Composition of Tektites. Tektites. „Tektites“, edited by J. A. O'Keefe, 1963, p. 101, Chicago—London.

\*\*\* Г. Г. Воробьев. Тектиты—земля или космос? „Земля и вселенная“, 1965, № 2, стр. 32—38.

\*\*\*\* D. Hubbard, E. M. Krumrine and R. Stair. *Trans. Amer. Geophys. Un.*, vol. 37, 1956, p. 767.

Другие исследователи указывают на различие в содержании воды, дейтерия, газов и урана<sup>3</sup>. Согласно В. Д. Эману и Т. П. Коману, в тектитах содержатся радиоактивные изотопы Al<sup>26</sup> и Be<sup>10</sup>. Они представляют собой стеклянные метеориты, которые провели в космическом пространстве по крайней мере

<sup>1</sup> C. C. Schnetzler and W. H. Pincus. The Chemical Composition of Tektites, «Tektites», edited by J. A. O'Keefe, Chicago — London, 1963, p. 65.

<sup>2</sup> E. C. T. Chao. The Petrographic and Chemical Characteristics of Tektites. «Tektites», ed. by J. A. O'Keefe, Chicago — London, 1963, p. 51—94.

<sup>3</sup> H. C. Urey. Origin of Tektites. *Nature*, vol. 179, No 4559, 1957, p. 556—557, London; ! Fridman. The Water, Deuterium, Gas and Uranium Content of Tektites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 14, No 4, 1958, p. 316—322.

1 миллион лет; «земной возраст» их из разных находок от 0,5 до 3,5 миллионов лет<sup>1</sup>.

В СССР, несмотря на обширность территории, до сих пор не найден ни один тектит. Е. Л. Кринов высказывает предположение, что в действительности они есть на территории Советского Союза, но геологи могли выбрасывать их при раскопках как ненужный хлам, не имея о них достаточных сведений и не придавая им научного значения<sup>2</sup>. Такое предположение можно высказать и в отношении археологов.

Именно поэтому авторы считали своим долгом подробнее остановиться на проблеме тектитов, имеющей самое близкое отношение к вопросам археологической технологии стекла. Нет пока оснований сомневаться, что и на обширной территории Средней Азии могут быть найдены тектиты, доисторические природные стекла, которые использовал первобытный человек. Это же можно сказать и о вулканических стеклах. На территории Казахстана и Таджикистана за последние годы геологи обнаружили ряд «месторождений» вулканических стекол. В связи с этим вовсе не исключена возможность находок археологами первобытных орудий из природного стекла в Средней Азии<sup>3</sup>.

## **Ранние этапы развития стеклоделия**

Тысячелетия человек пользовался готовым природным стеклом как материалом для изготовления украшений, предметов быта и оружия. Лишь много позже он научился получать стекло искусственным путем.

Можно предпологать, что способ изготовления стекла был открыт неоднократно в разных местах, там где условия благоприятствовали этому и производительные силы достигали надлежащего развития.

Историки первобытной культуры сообщают, что первыми гончарами были разные и совсем примитивные народы и нельзя говорить о каком-нибудь центре, где родилось гончарное

---

<sup>1</sup> W. D. E h m a n and T. P. K o h m a n. Cosmic-ray induced radioactivities in meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 14, No 4, 1958, p. 364.

<sup>2</sup> Е. Л. Кринов, Тектиты, «Природа», 1946, № 12, стр. 14—27; E. L. K r i n o v. Some consideration on tektites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 14, No 4, 1958, p. 259—266.

<sup>3</sup> С. В. Терехович. Изучение природы активности витрофиров и их влияния на твердение и коррозию портландцемента, Автореф. канд. дисс., Изд-во АН УзССР, 1965; С. П. Каменецкий. Перлиты, М., Госстройиздат, 1963.

ремесло<sup>1</sup>. Есть мнение, что существует единый центр возникновения металлургии. С таким упрощенным подходом трудно согласиться<sup>2</sup>. Обработка того или иного металла могла возникнуть всюду, где существовали залежи соответствующей руды, то есть во многих странах земного шара.

Говоря о развитии техники как об элементе человеческой практики, сопровождаемой процессом развития сознания, А. Зворыкин пишет, что те или иные явления должны были повторяться миллионы раз, прежде чем человек обобщил и сформулировал гипотезы и законы естествознания<sup>3</sup>. Разумеется, открытие способа плавки руды или изготовления обожженного глиняного горшка неравноценно по своей сложности обобщению и формулировке гипотезы или закона естествознания. Но оно тоже требовало многочисленных наблюдений, умения делать из них практические выводы.

Сказанное можно целиком отнести и к открытию стеклоделия. Ранее всего стекло было получено человеком, вероятно, при обжиге глиняных горшков, которые устанавливались стопами в печах-ямах и обжидывались топливом — соломой, тростником или деревом. Топливо сгорало, а образовавшаяся зола увлекалась вверх пламенем, омывая стенки горшков. Зола приплавлялась к ним, образуя тонкий стеклообразный слой — глазурь<sup>4</sup>. Очевидно, именно зола привела человека к глазурям, которые были предшественниками стекол. В тех же печах-ямах получалось и другое стеклоподобное вещество в результате спекания, а может быть и частичного сплавления золы с песком. Стекловидные комки полуплавленной смеси золы и песка могли быть первыми стеклами.

Плавка металла — меди и бронзы — также могла быть тем процессом, который привел к открытию стеклоделия. Она производилась сначала в ямах, вырытых в земле и обмазанных глиной<sup>5</sup>. Позже ее стали вести в глиняных тиглях, которые человек уже научился делать к этому времени, изготавливая горшки для хранения пищи. При плавке руды образовывался шлак, который выплывал наверх, кипел, выплескивался и разбрызгивался из тигля или вытекал по его стенке, покрывая

---

<sup>1</sup> Г. Шурц. История первобытной культуры, Пер. под ред. П. И. Кушнера, вып. II, М., 1923, стр. 313.

<sup>2</sup> М. О. Косвен. Очерки истории первобытной культуры, М., 1953, стр. 169.

<sup>3</sup> А. Зворыкин. Основные вопросы преподавания и изучения истории техники, История техники, Сб. I, изд. 2-е, М.—Л., 1935, стр. 5—26.

<sup>4</sup> W. E. S. Turner. Studies in Ancient Glasses and Glassmaking Processes, Part V, Raw Materials and Melting Processes, Journ. Soc. Gl. Techn., vol. XL, 1956, p. 285.

<sup>5</sup> В. И. Равдоникас. История первобытного общества, ч. II, Л., 1947, стр. 290—291.

ее более или менее тонким слоем. Так получалось само собой глазурование глиняного горшка — покрывание его «поливой». Глазурь придавала плотность стенкам тигля, делала их водонепроницаемыми и украшала их. Металлический шлак оказался «прародителем» стекла, которое использовали сначала в качестве глазури. Видя ценные свойства шлака, человек стал собирать его отдельно и после вторичного плавления поливать им глиняные плитки и сосуды. В данном случае стекло и его первоначальное применение в виде глазури могли родиться одновременно или почти одновременно с металлургией и керамикой — такими же пиротермическими производствами, требующими высокой температуры.

Обе линии развития стеклоделия могли существовать в течение известного времени одновременно, что видно по составам древних стекол. Одни из них имеют шлаковое происхождение, другие — зольное. К первым относятся, например, печеночно-красные стекла, окрашенные закисью меди. Их сравнительно немного. Значительное большинство — зольные стекла, к числу которых принадлежат все находки, изготовленные по «античному» рецепту.

Химические анализы некоторых древнерусских, польских и других стекол заставляют предполагать, что в их образовании принимали участие шлаки железной металлургии.

Изучение материальной культуры прошлого свидетельствует, что глазурование небольших глиняных изделий практиковалось уже в IV тысячелетии до н. э. и даже ранее (111). Однако стекло, как самостоятельный материал, начали использовать, по-видимому, позже. Наиболее ранние находки небольших бесформенных кусочков стекла и стеклянных бус относятся к III и II тысячелетиям до н. э.<sup>1</sup> Изготовление более крупных предметов из стекла, как теперь считают, началось около 2500 г. до н. э. в Египте и Месопотамии. Обе эти страны могут считаться родиной стеклоделия.

По мнению Флиндерса Петри (1853—1942 гг.), производившего большие археологические раскопки в Египте в 1891—1892 гг., древнейшие стеклянные изделия изготовлялись в северных районах Месопотамии или, может быть, еще севернее — на Кавказе, — где центры производства стекла существовали задолго до изготовления его в других странах, в частности, в Египте<sup>2</sup>. Эти предположения перекликаются с утверждениями В. А. Городцова о существовании культуры на юге Кавказа в глубокой древности. Он пишет, что некоторые

<sup>1</sup> W. E. S. Turner. Ancient Glass and Glassmaking, Proc. Chem. Soc., 1961, March, pp. 93—98.

<sup>2</sup> W. M. Flinders Petrie. Glass in the Early Ages, Journ. Soc. Glass Techn., vol. X, No 39, 1926, p. 229.

ученые, например, Элизэ Рэклю, склонны считать южный Кавказ центром первоначальной металлургии и исторической цивилизации вообще<sup>1</sup>.

В Азии найдено меньше древнейших стекол, чем в Египте, и они не столь разнообразны. Но они включают все же такие предметы, как мелкие бусины, гравированные статуэтки, небольшие миски и опаловые плитки. Азия внесла и другой вклад в развитие древнего стеклоделия: здесь (в Ниневии) найдены наиболее ранние письменные источники — глиняные клинописные таблички, относящиеся ко времени царствования Ассурбанипала в VII в. до н. э. Египет не оставил таких литературных памятников.

Производство изделий из стекла в течение тысячи лет, считая от 2500 г. до н. э., развивалось медленно. В это время изготавливались главным образом бусы, в подражание камням-самоцветам, и амулеты в малых каменных формочках. Расцвет стеклоделия начался при XVIII династии фараонов Египта (1580—1320 гг. до н. э.), но особенно ярко проявился в период от 1450 до 1350 гг. до н. э. Мастерские в Тель-эль-Амарне, Лиште, Гуробе и других местах производили стекло разного вида и цвета.

Самая древняя из известных стеклоделательных мастерских, открытая Флиндерсом Петри в Тель-эль-Амарне, датируется 1370 г. до н. э. К этому же времени относятся первые стеклянные сосуды, изготовленные «песчано-сердечниковым» методом. Температура в стекловаренных печах не достигала 1100°, стекло не расплавлялось до жидкого состояния, оно было густым и вязким, пузыри из него во время варки удалялись плохо. Выдувание стекла было неизвестно и невозможно по технологическим причинам. Оно годилось для производства только как густой вязкий материал, поддающийся обработке лишь в пластичном состоянии, для вытягивания, раскатывания и прессования, подобно жирной пластичной глине. Не ранее чем за 1200 лет до н. э. в Египте начали изготавливать стеклянные изделия при помощи прессования в формах.

Замечательными образцами египетского стеклоделия того периода являются предметы из многоцветного стекла, изготовленные из палочек разных цветов. Здесь зародились те технические приемы выработки многоцветных изделий, которые позже привели к производству в Венеции филигранного стекла «миллефиори». Когда греки победили Египет и основали Александрию, этот город на пороге новой эры стал центром

---

<sup>1</sup> В. А. Городцов. Бытовая археология, Курс лекций, М., 1910, стр. 319.

высокой техники стеклоделия. Затем при римлянах и с 642 г. при арабах Египет продолжал еще до конца XIV в. вносить свой вклад в развитие техники производства стекла.

Сведения о стеклоделии в Месопотамии менее полны, но находки в Уре и на северо-востоке от Нузи, датирующиеся серединой II тысячелетия, свидетельствуют, что в это время сосуды здесь еще не были известны. Более надежны данные из Сирии, Палестины и Кипра, но почва в этих странах менее благоприятна, чем в Египте, и образцы хрупки и ломки. Вне Египта не известна ни одна стеклоделательная мастерская, относящаяся к этому периоду. Однако типологический анализ изделий дает основание предполагать, что не все дошедшие до нас предметы изготовлены в египетских мастерских и весьма вероятно, что такие же мастерские существовали и в других странах Ближнего Востока.

На пороге нашей эры произошел большой переворот в технике стеклоделия — были изобретены выдувальная трубка и метод выдувания стекла. Конечно, это не могло произойти внезапно, а было подготовлено длительным развитием технологических приемов производства стекла. Считают, что выдувание стекла было изобретено где-то в районе Алеппо, Хама и Пальмиры в Сирии или на береговой полосе, называвшейся Финикией, в первом столетии до н. э.<sup>1</sup> А. Киза и Б. Нейман в своих трудах об античных стеклах указывают город Сидон, где впервые была применена выдувальная трубка за 20 лет до н. э.<sup>2</sup> После изучения стекол из Ниппура в Месопотамии Б. Нейман пришел к выводу, что в Вавилоне уже в парфянское время, приблизительно за 250 лет до н. э., вырабатывались большие сосуды при помощи выдувания. По-видимому, прежнее утверждение остается справедливым только для стран средиземноморского бассейна.

На восточном берегу Средиземного моря найдены остатки стеклоделательных мастерских, относящихся к первым векам нашей эры, например, в Ришпоне близ Херцлия, у Бет-Шерима близ Назарета. Последняя мастерская изготавливала стеклянные сосуды высокого качества. Здесь были обнаружены глиняные формы для выработки изделий. На берегу Тавериадского озера в Суссите также существовала мастерская, изготавливавшая в больших количествах стеклянные сосуды.

Широкое распространение получило стеклоделие во вре-

---

<sup>1</sup> R. J. Forbes. *Studies in Ancient Technology*, vol. V, Leiden, 1957, «Glass», pp. 110—196.

<sup>2</sup> B. Neumann. *Antike Glaser, ihre Zusammensetzung und Färbung*. Zeitschrift f. angew. Chemie, Bd. 38, 1925, s. 777; A. Kisa. *Das Glas im Altertume*, Leipzig, 1908, s. 296.



мена Римской империи. Перешагнув альпийские границы, пишет Д. Б. Харден, оно двинулось по долинам Роны и Саоны, вниз по Рейну, и в течение II в. расцвело около Кельна и Тревса. Затем оно проникло на северо-запад в современную Бельгию и окружающие ее страны, где обосновалось в лесных местах между Бельгией и Францией в долинах Мейзе, Сомбры и Уазы. Перебравшись через Ламанш, оно оказалось в Британии — в Колчестре, Уоррингтоне и Каистере на Норвиче. В Испании стеклоделательные мастерские существовали не только в римское время, но, возможно, и раньше, о чем можно догадываться по своеобразным типам древнеиспанских изделий (111).

Одновременно стеклоделие распространялось на Восток и на Север. Оно возникло в Греции (105) и на Кипре. В Крыму существование местного стеклоделия во II—IV вв. доказано недавно открытием мастерских в Алма-Кермен и Херсонесе. На Днестре в бывшей Дакии, около теперешнего с. Комарова раскопками обнаружена мастерская III—IV вв., существовавшая во время расцвета римского стеклоделия. Римские стеклоделательные мастерские находились в бывшей Паннии (теперешней Венгрии) — в Аквинкуме (Будапеште) и Интерцизе (Дунайварош?). По словам Д. Б. Хардена, последние находки у Беграма (древнего Капиза) в Афганистане, в глубинах Сахары, как и многочисленные образцы в Шотландии — севернее вала Антония, в Скандинавии и др. свидетельствуют, что стекло было популярным и у далеких соседей Рима (94, 96, 107, 108, 109).

Открытие стеклоделательной мастерской в Копии, доказывает существование самостоятельного производства стекла в Индии в V в. до н. э. (146).

Недавние исследования Казуо Ямасаки (173) и других японских авторов обнаружили существование производства бус из свинцового стекла в 6—8 вв. н. э. в Японии в округе Нара.

В Средней Азии самые ранние стеклянные изделия — бусы из цветного непрозрачного стекла — найдены в могильниках эпохи поздней бронзы (6,75) — Тау-Тары в Южном Казахстане и «Кокча-3» в Хорезме (XIII—XI вв. до н. э.), а также в курганах Вуадильского и Карамкульского могильников в Фергане, относящихся к более позднему времени (X—VIII вв. до н. э.). Известны находки бус также в Янгикалинском могильнике (вторая половина II тысячелетия до н. э.) и в слоях Анау II—I тысячелетия до н. э. в Южной Туркмении. Стеклянные бусы, относящиеся к последующей эпохе, встречены на Южном Памире и на Тянь-Шане (VI—V вв. до н. э.), в

Актамском могильнике в Фергане (V—III вв. до н. э.). Более поздние стеклянные изделия обнаружены на городище Афрасиаб в Самарканде и городище Ниса в Туркмении (II—I вв. до н. э.) и других местах. Стеклоделательные мастерские древнего периода пока не обнаружены. Однако в квартале металлостов древнего Термеза в Южном Узбекистане найден стеклянный шлак и брак стекольного производства, что позволяет сделать предположение об изготовлении здесь стекла на рубеже нашей эры.

Зарождение стекольного ремесла в Средней Азии относится, вероятно, к последним векам до н. э., о чем можно косвенно судить по широкому распространению стеклянных изделий в то время. Некоторым подтверждением этого может служить свидетельство китайской хроники Бэй-ши 424 г. н. э., в которой говорится, что жители Средней Азии, торговавшие с Китаем, обучили китайцев варке и отливке разноцветных стекол, превосходивших образцы из западных стран. Очевидно, высокий уровень стеклоделия в V в. был подготовлен предшествующим его развитием.

Неоспоримым свидетельством существования стекольного производства в период раннего средневековья служат остатки мастерской, найденные в пригороде Пенджикента, к востоку от Самарканды, датируемые VII—VIII вв. н. э. На полу помещения находились два сосуда прямоугольного сечения («ванночки»), заполненные стекловидной массой. Здесь же оказались обломки стеклянных сосудов.

Стеклянные изделия в раннесредневековый период обнаружены в различных частях Средней Азии. Наибольшего развития стекольное ремесло достигло здесь в IX—XIII вв. Хотя остатки мастерских обнаружены пока только в Афрасиабе (Самарканд), Куве (Фергана), Ахсикете (Фергана), Куюсае (Хорезм), но, судя по косвенным данным, можно предполагать существование нескольких центров стеклоделия в Средней Азии в средневековый период: Ниса и Мерв в Южной Туркмении, Термез в Южном Узбекистане, Хульбук в Южном Таджикистане, Узген в Фергане, Варахша в районе Бухары и Тараз в Южном Казахстане. В этих городах и поселениях обнаружено множество различных стеклянных изделий, а также отходы и брак стекольного производства. Наряду с бусами и браслетами найдены разнообразная посуда с рельефными украшениями и оконное стекло.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Найденное при археологических раскопках стеклянное изделие или его фрагмент можно рассматривать с разных позиций: как произведение искусства или украшение, деталь строительного сооружения и архитектуры, предмет домашнего быта и торговли, продукт стекольного производства и т. п.

Применение того или иного метода изучения древних и средневековых стекол зависит прежде всего от задачи, которую ставит перед собой исследователь.

При выборе методов исследования необходимо принимать во внимание и то, что методы изучения других материалов, например, железа, бронзы, кожи, дерева или тканей не могут быть применены при изучении стекла — его физико-химическая природа требует своих специфических приемов.

В течение долгого времени типологический анализ, основанный на изучении формы, стиля и декорировки стеклянных изделий, в котором существенную роль играет субъективное чувство «стиля», был главным, если не единственным способом изучения стекла. Теперь он уже не может отвечать растущим требованиям науки и задачам объективного исследования. На это неоднократно обращалось внимание в археологической и искусствоведческой литературе. Отмечая важную роль богатейших коллекций Государственного Эрмитажа в изучении среднеазиатского стеклоделия, А. Ю. Якубовский писал четверть века назад: «В настоящее время мы даже не можем провести работы по хронологическому определению разных групп стекла. Для этого у нас нет надежного критерия (выделено авторами, — А. А., М. Б.). Пока приходится в этом отношении опираться на аналогичный материал из других областей Востока и на чутье, что, конечно, не может дать уверенности в правильности выдвигаемого предположения»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> А. Ю. Якубовский. Среднеазиатские собрания Эрмитажа и их значение для изучения истории культуры и искусства Средней Азии до XVI века, Тр. Отдела Востока Гос. Эрмитажа, II, Л., 1940, стр. 17.

А. Н. Кубе писал о пресловутом заманчивом и ненадежном «чувстве стиля», к которому прибегали изучавшие венецианское стекло. Весь богатый материал коллекций, хранящийся в музеях, приходилось «распределять только приблизительно, хронологически и по стилям», вступая на «скользкий путь догадок и различных предположений»<sup>1</sup>.

Попутно отметим, что хотя о стиле, формах и декорировке венецианского стекла написаны на разных языках объемистые монографии, лишь в 1960 г. был опубликован первый и пока единственный химический анализ венецианского бокала XV в. (118). Химические составы венецианских стекол более раннего времени до сих пор неизвестны.

Наряду с типологическим анализом теперь всё чаще находят применение методы естественных и технических наук (42). На своевременность и необходимость их использования в развитии общественных наук указывал Президент АН СССР академик М. В. Келдыш 19 октября 1962 г. на Общем собрании Академии. Он говорил: «Одной из задач является всестороннее обсуждение и определение дальнейших мер по сближению общественных наук с науками естественными. Теоретическое единство науки в условиях бурного развития всех ее областей и направлений требует особого внимания к усилению взаимодействия ученых разных специальностей»<sup>2</sup>.

Чтобы сосредоточить внимание на поставленной проблеме и подвести некоторые итоги уже выполненной работы в указанном направлении, Ленинградское отделение Института археологии АН СССР издало в 1963 г. сборник под названием «Новые методы в археологических исследованиях», в котором опубликована серия статей, посвященных применению технических методов для решения отдельных археологических задач (22).

В том же году — с 25 февраля по 1 марта — Институт археологии АН СССР провел в Москве Всесоюзное совещание, на котором были подведены итоги внедрения в археологические исследования технических методов и намечены пути дальнейшего их применения. На совещании было заслушано и обсуждено 66 докладов, половина которых опубликована в специальном сборнике<sup>3</sup>.

До настоящего времени для изучения древних и средневековых стекол более или менее часто использовались десять методов; в это число не входят некоторые способы исследова-

---

<sup>1</sup> А. Н. Кубе. Венецианское стекло, Петербург, 1923, стр. 72—74.

<sup>2</sup> «Известия», 20 октября 1962 г.

<sup>3</sup> «Археология и естественные науки», Изд-во АН СССР, М., 1965.

ния, которые применялись либо в виде опыта, либо в единичных случаях.

Первое исследование древних стекол было выполнено в конце XVIII в. М. А. Клапротом (121). Оно состояло в определении красителей в трех цветных стеклах римского времени. Автор доложил химические анализы этих стекол 4 октября 1798 г. на заседании Академии наук и литературы в Берлине.

Немного позже Гемфри Дэви (93) при помощи качественного химического анализа нашел кобальт в нескольких голубых римских стеклах. Значительный интерес в научных кругах вызвал анализ оконного стекла I в. из Помпеи, сделанный Ф. Клодэ (90). Х. Э. Бенрат (64), работавший на стекольном заводе в Дерпте (ныне Тарту), провел систематическое химико-аналитическое исследование 14 древних и средневековых стекол, десять из которых он получил из Эрмитажа в Петербурге. Разными авторами в течение XIX в. было сделано немногим более 50 качественных и количественных анализов старинных стекол (58, 59, 125, 135, 141, 159).

В тридцатых годах нашего века большую исследовательскую работу провели Б. Нейман и Ф. Котига, сделавшие 67 полных химических количественных анализов стекол древнего мира и средневековья и 22 определения температуры размягчения<sup>1</sup>. Кроме того, они собрали по литературным данным 33 анализа других авторов. Полученный экспериментальный материал позволил сделать ценные химико-технологические выводы. Это исследование внесло значительный вклад в развитие археологической технологии стекла.

Авторы расширили перечень компонентов, которые определялись при анализах их предшественниками. Общепринятыми химико-аналитическими приемами они определяли количественное содержание в стеклах  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ . Также количественно определяли они красители в цветных стеклах — окись меди  $\text{CuO}$ , закись меди  $\text{Cu}_2\text{O}$ , закись железа  $\text{FeO}$ , окись марганца  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ , окись кобальта  $\text{CoO}$  и двуокись олова  $\text{SnO}_2$ . Поскольку перечисленные 15 окислов представляют собой важнейшие компоненты древних и средневековых стекол и составляют основную массу вещества в них, можно считать этот перечень достаточным, если не преследуются еще какие-либо специальные цели.

---

<sup>1</sup> B. Neumann und F. Kotiga. Antike Gläser, ihre Zusammensetzung und Färbung, Zeitschrift für angewandte Chemie, Bd. 38, 1925, s. 776—780, 857—864; Bd. 40, 1927, s. 963—967; Bd. 41, 1928, s. 203—204; Bd. 42, 1929, s. 835—838.

В пятидесятых годах весьма ценное химико-аналитическое исследование древних и средневековых стекол было выполнено В. Гайльманом и его сотрудниками (Т. Брюкбауер, К. Бейрман и И. Иенеман), которые еще более расширили перечень определяемых компонентов за счет «примесей» и «следов», содержащихся в сотых и тысячных долях процентов, например,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $NiO$ ,  $Sb_2O_3$ ,  $As_2O_3$ ,  $H_2O$ ,  $Cl$  и  $CO_2$ . Они произвели 55 полных химических количественных анализов, а также определяли в стеклах  $P_2O_5$  (в 75 образцах),  $Mn_2O_3$  и  $P_2O_5$  (в 92 образцах), что позволило сделать интересные химико-технологические обобщения (99, 100, 101, 102, 103, 104).

В послевоенные годы систематические химико-технологические исследования древних и средневековых стекол начали химики и технологи: В. Э. С. Тернер (160—168), Ф. М. Мэтсон (129—132), М. Р. Маринов (28—31), А. А. Абдуразаков (1—4), Р. Бахтадзе (8—11), М. А. Безбородов (12—34, 66—75) и др. Значительный интерес к химическому методу проявили в последнее время и археологи — Е. Ф. Ольчик (50, 137—139), Карел Геттеш (116—117), Е. А. Давидович (39), М. В. Фехнер, Ю. А. Заднепровский, А. Л. Якобсон и др. В специальной монографии по археологической технологии стекла под названием «Стеклоделие в древней Руси» (18) была опубликована большая сводка анализов древних и средневековых стекол с разных территорий.

Применялись и другие методы исследования древних и средневековых стекол, хотя и в значительно меньшей степени. В первую очередь следует упомянуть о спектральном анализе, принадлежащем к сравнительно новым способам исследования (49). Однако на данном этапе развития техники возможности этого метода ограничены. Качественный спектральный анализ позволяет определять элементы, содержащиеся в веществе, но не устанавливать их количественные соотношения. Он был впервые применен более четверти века назад для изучения состава ряда древних стекол с попыткой выразить условными символами количественное содержание отдельных компонентов (60, 76, 97, 144, 151, 152).

Анализ этих работ показал, что лишь при известной научной нетребовательности можно считать результаты таких определений удовлетворительными и достаточными для характеристики химического состава стекол (22, 25). В последние годы вновь стала заметной тенденция некоторых археологов применять качественную спектроскопию с добавлением цифровых символов для изучения состава средневековых стекол. Выполнены сотни и тысячи анализов. Подробный

разбор их показал, что они не только не дают подлинного представления о химическом составе стекол, но искажают действительное количественное соотношение в них элементов. Качественный спектроскопический анализ с его условной и произвольной символикой, основанный на субъективной количественной оценке содержания элементов, в современном его состоянии не может быть полноценным средством для изучения стекла или истории стеклоделия. Замена одного такого недо-стоверного анализа массовыми анализами с последующей математической обработкой не сделает результаты более заслуживающими доверия, а обобщения — убедительными и объективными, вопреки недостаточно критическим взглядам отдельных археологов<sup>1</sup>. Более подробно об этом, однако, позже.

Количественный спектральный анализ начали с успехом использовать с пятидесятых годов для определения отдельных малых компонентов и микроэлементов. Полный количественный спектральный анализ стекла еще далек от совершенства и во многом уступает химическому («мокрому») анализу.

Микроскопические исследования, в зависимости от свойств стекол и поставленных задач, проводились различными способами.

Полумикроскопическое изучение под лупой применялось для определения форм, размеров и направления длинных осей пузырей в стеклах; также проверялась и общая «пузыри-стость» стекол для характеристики степени их гомогенности. Все эти наблюдения связаны с определением технологии варки стекла и способов выработки изделий.

Для определения светопреломления применялся иммерсионный способ, как наиболее простой и быстрый. Показатели преломления стекол могут служить для некоторой предварительной классификации их на высокопреломляющие свинцовые и низкопреломляющие — кальциевые стекла.

В работах по сравнительному изучению древнерусских образцов было установлено, что стекла свинцово-кремнеземного типа ( $PbO \cdot SiO_2$ ) резко отличаются от всех остальных высоким светопреломлением (1,74—1,78 и более), тогда как у стекол других типов показатели преломления были ниже 1,59 (18).

К микроскопическим исследованиям могут быть отнесены работы по петрографии окрашенных непрозрачных («глухих») мозаичных стекол, поверхностных налетов в результате выве-

---

<sup>1</sup> Б. А. Колчин. Археология и естественные науки. В сб. «Археологические и естественные науки», М.—Л., Изд-во АН СССР, 1965, стр. 15.

тривания (иризация, патина), а также огнеупорных тиглей и кирпичей в минералогических (прозрачных) шлифах (18, 83, 98, 142).

Успешно было проведено рентгеноструктурное изучение непрозрачных цветных стекол: были определены кристаллические фазы красителей и глушителей и установлена их физико-химическая природа. Упомянем об исследованиях В. Э. С. Тернера и Х. П. Руксби, посвященных изучению «глушителей» в стеклах за 3400 лет, о результатах которых было доложено в 1959 г. на V Международном конгрессе по стеклу в Мюнхене (145, 168).

Отдельные исследователи определяли температуру размягчения стекол в связи с изучением некоторых особенностей их выработки.

Значительный теоретический и практический интерес представляет изучение химической устойчивости древних и средневековых стекол (115). Одни образцы, найденные при раскопках, покрыты тончайшей иризацией, легко стирающейся пальцем, другие — плотным толстым слоем патины, третьи совершенно свободны от всяких налетов, поверхность их чиста, словно они изготовлены сегодня. Эти разнообразные экспонаты очень ценны для исследований, так как никаким лабораторным опытом нельзя заменить многовековое испытание стекла водой и почвенными растворами в земле. Фактор времени невозможно заменить моделью. Современная же практика весьма заинтересована в стеклах, устойчивых против вредных воздействий окружающей среды (14, 132). С вопросом о химической устойчивости стекол тесно связаны задачи по консервации древних стекол, поскольку сохранять в них прежде всего приходится поверхность, недостаточно устойчивую против атмосферных влияний<sup>1</sup>.

Недавно было высказано предложение о датировке древних и средневековых стеклянных изделий при помощи подсчета тончайших слоев у поверхности стекла, образовавшихся во влажной среде в результате его реакции с водой. Это предложение заслуживает внимания и должно пройти опытную проверку: оно могло бы дать археологии метод объективной датировки стекол (78, 79).

Несколько лет назад многообещающие результаты дал микроанализ древних стекол с помощью электроннолучевого зонда (шупа), впервые примененный Р. Х. Бриллом и С. Мол-

---

<sup>1</sup> A. E. Werner. Problems in the conservation of glass. Annales du «1-er Congrès des «Journées International du Verre», Liège, 1959, p. 189—205.



лом, которые доложили о нем в 1961 г. на конференции Международного института консервации памятников искусства и старины в Риме и в 1962 г. на VI Интернациональном конгрессе по стеклу в Вашингтоне (80). Этот метод проходит ныне опытную проверку. Он позволяет быстро сделать полный химический анализ мельчайшей частицы стекла без его разрушения и уничтожения, превосходя точностью количественный спектральный анализ, но уступая химическому.

Говоря о методах анализа стекла и глазури, М. Дж. Эйткин положительно отзываясь о применении «отраженного (обратного) рассеяния  $\beta$ -лучей для количественного определения свинца (56, 57). Это простой метод, не требующий разрушения образцов, но он позволяет получить ответ только на один вопрос — о содержании в стекле свинца.

Теи-Ичи Асахина, Фумио Яасаки и Казуо Яасаки определили этим методом содержание свинца в древних японских стеклах VIII в. н. э. (61).

Р. К. Чирнсайт и П. М. К. Профит применили метод пламенной фотометрии для определения химического состава бокала. Материала для исследования было очень мало, а одно только качественное спектроскопическое изучение не могло удовлетворить авторов (88, 89). Они установили количественное содержание 8 главных компонентов стекла.

Таковы методы, которые до настоящего времени применялись при исследовании археологических стекол.

Если при изучении древнего или средневекового стекла ставят перед собой узкую задачу — найти в нем особенности, отличающие его от подобных ему материальных тел, — можно ограничиться определением некоторых его свойств, таких как светопреломление, температура размягчения, содержание отдельных химических элементов (свинец, сурьма, марганец) и т. п. Но такое изучение позволяет получить лишь поверхностные, простейшие сведения о нем как о материальном теле. Наука располагает сегодня более богатыми возможностями познания вещества, поэтому исследователь древних и средневековых стекол, пользующийся техническими методами, вправе выбирать способы изучения, которые могут дать наиболее полное представление о его физико-химической природе и химическом составе. Позволительно предпочитать при изучении стекла методы, помогающие получить самую полную информацию о месте и времени его рождения, о его биографии, о создавших его мастерах, о материалах и способах его изготовления, а может быть даже о его путешествиях из одной страны в другую. В этом случае простота и доступность, столь заманчивые качества исследовательской

техники, не должны быть главными и решающими. Ступня — очень простой эталон для измерения длины, но даже метровая линейка имеет перед ней преимущество, когда хотят измерить точнее. Может быть, мерить шагами быстрее, но самый быстрый способ это еще не самый надежный...

Наиболее полное представление о материальной природе стекла дает его анализ. Обсуждая методы исследования в археологии, М. Дж. Эйткин пишет: «... под анализом мы будем понимать поиск таких компонентов химического состава, от которых зависят основные свойства объектов. Это по существу главные компоненты, т. е. такие элементы, содержание которых превышает 1 или 2%» (56).

Анализом можно считать такое исследование вещества, которое отвечает на вопрос — каков его химический состав, из каких частей оно сложено, из каких компонентов состоит. Простейший ответ заключается в простом перечислении, что и дает качественный анализ. Когда-то его было достаточно или, вернее, когда-то приходилось им ограничиваться из-за несовершенства теоретических знаний и техники анализа. Это был первый этап на пути химического познания вещества. В наши дни таким ответом удовлетвориться нельзя, надо знать не только перечень составляющих частей, но и количественное их соотношение, знать — сколько тех или иных компонентов содержит вещество. Ответ на это дает количественный анализ. Само собой разумеется, подобный ответ должен содержать информацию о реальных, действительных количествах компонентов, а не какие-то условные цифры или буквы, представляющие собой символы или индексы. Законно предпочитать метод анализа, способный дать наиболее точное представление о реальном составе изучаемого вещества, а не его символы.

Приступая к изучению среднеазиатских стекол, авторы остановили свой выбор на количественном химическом («мокром») анализе. Для определения малых и мельчайших количеств компонентов стекол дополнительно был использован количественный спектроскопический анализ. Выбор авторами количественного химического анализа, как главного способа исследований, объясняется тем, что это единственный метод изучения, наиболее полно раскрывающий состав стекла и наиболее точно отражающий реальные количественные соотношения в нем компонентов. Состав стекла в соответствии с его физико-химической природой выражается в виде окислов в отличие от состава металлов или сплавов, выражаемого в виде элементов (22).

Для выяснения возможной и достижимой точности при определении отдельных компонентов в стеклах в ходе обычной химико-аналитической работы Бюро Стандартов в Вашингтоне роздало в свое время идентичные образцы одного и того же стекла 13 наиболее квалифицированным аналитикам, имеющим большой опыт, и получило 13 анализов, которые сведены в табл. 3<sup>1</sup>.

Таблица 3

Сводка анализов образца известково-натриевого стекла по поручению Бюро Стандартов (%)

Составная часть	Вероятная точность по данным Бюро Стандартов, %	Предельные колебания, данные всеми аналитиками	Среднее отклонение от Bureau of Stand.
SiO <sub>2</sub>	74,09 ± 0,05	1,93	0,25
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>a</sup>	0,41 ± 0,01	0,14	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,32 ± 0,01	0,552	0,12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,064 ± 0,002	0,07	0,01
TiO <sub>2</sub>	0,025 ± 0,002	0,04	0,014
ZrO <sub>2</sub>	0,003 ± 0,001	0,087	0,034
CaO	4,65 ± 0,02	0,60	0,15
MgO	3,23 ± 0,02	0,46	0,16
MnO	0,003 ± 0,001	0,002	0,003
Na <sub>2</sub> O	16,63 ± 0,05	4,58	0,80
K <sub>2</sub> O	0,04 ± 0,005	4,07	0,60
SO <sub>3</sub>	0,41 ± 0,01	0,56	0,10
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,081 ± 0,002	0,215	0,069
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,068 ± 0,002	0,282	0,081
Cl	0,047 ± 0,002	—	—
Потеря при прокаливании	03,0 ± 0,02	0,35	0,072

Указанные пределы были признаны той степенью точности, которая может быть достигнута опытным аналитиком при анализе силикатного стекла обычного типа; они же характеризуют и технические возможности, заложенные в самом методе при строгом соблюдении разработанной в настоящее время техники.

Качество и правильность химического анализа стекла в известной мере контролируется суммой компонентов. Практически «сумма анализа» всегда больше или меньше 100%. По Г. Вашингтону она допустима в пределах 99,50—100,75%. В. Ф. Гиллебрандт, Г. А. Брайт, Г. Э. Лендель, Д. И. Гофман

<sup>1</sup> В. Ф. Гиллебрандт и Г. Э. Лендель. Практическое руководство по неорганическому анализу, М., 1935, стр. 915.

(36) считают анализ удовлетворительным, если сумма больше, чем 99,75 и меньше 100,50, но признают приемлемым верхний предел 100,75%.

Объединяя указанные нормы, можно признавать анализ стекла правильным, если сумма компонентов не меньше 99,50 и не больше 100,50%. В противном случае в анализе допущены ошибки, и он не отражает действительного состава стекла.

На основании упомянутого обследования Бюро Стандартов в Вашингтоне допустимы следующие пределы погрешностей для отдельных компонентов:

- |   |               |
|---|---------------|
| 1) $\text{SiO}_2$ и $\text{Na}_2\text{O}$   | $\pm 0,1\%$   |
| 2) $\text{R}_2\text{O}_3^*$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{CaO}$ , $\text{MgO}$ , $\text{SO}_3$ и потеря при прокаливании | $\pm 0,05\%$  |
| 3) $\text{K}_2\text{O}$ , $\text{As}_2\text{O}_5$ , $\text{As}_2\text{O}_3$ , $\text{Cl}$                                     | $\pm 0,01\%$  |
| 4) $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{TiO}_2$ , $\text{ZrO}_2$ , $\text{MnO}$   | $\pm 0,005\%$ |

А. Гровс (38) считает допустимыми погрешности (% ко всей навеске вещества):

- |                            |            |                            |            |
|----------------------------|------------|----------------------------|------------|
| 1) $\text{SiO}_2$          | $\pm 0,03$ | 7) $\text{Na}_2\text{O}$   | $\pm 0,03$ |
| 2) $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\pm 0,10$ | 8) $\text{K}_2\text{O}$    | $\pm 0,02$ |
| 3) $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\pm 0,03$ | 9) $\text{H}_2\text{O}$    | $\pm 0,02$ |
| 4) $\text{FeO}$            | $\pm 0,02$ | 10) $\text{TiO}_2$         | $\pm 0,01$ |
| 5) $\text{CaO}$            | $\pm 0,02$ | 11) $\text{P}_2\text{O}_5$ | $\pm 0,01$ |
| 6) $\text{MgO}$            | $\pm 0,03$ | 12) $\text{MnO}$           | $\pm 0,01$ |

Автор замечает, что к первым шести цифрам этого списка нужно подходить менее строго, чем к шести последним, а некоторые из этих границ должны значительно расширяться за счет других.

Говоря о достоинствах количественного химического анализа, нельзя умолчать и о некоторых его недостатках, с которыми нельзя подчас не считаться. Прежде всего он отличается трудоемкостью и длительностью, хотя для научной работы этот недостаток метода не может считаться существенным. С большими затруднениями приходится встречаться, когда археолог располагает очень малыми образцами для исследования, которых недостаточно, чтобы нормально провести количественный химический анализ. Эти затруднения усугубляются, если необходимо определить раздельно щелочи (калий и натрий), а также красители в цветных стеклах. Непреодолимые трудности возникают, например, в случае, когда нужно знать состав мельчайшей цветной инкрустации на бушине в виде «глазка» или полоски, размеры которых столь невелики, что веса их будет совершенно недостаточно для проведения всех необходимых определений с желаемой точностью.

Обычно для количественного химического анализа цветного стекла с отдельным определением щелочных окислов надо иметь не менее 3 г, а в некоторых случаях до 5 г. При меньших навесках трудно добиться точности определений. А последнее — одно из существенных достоинств химического анализа, это качество его, как известно, считается особенно ценным при исследовании древних стекол.

Особенности количественного химического анализа, а более всего — известная сложность самой техники работы и потребность в высококвалифицированных, опытных исполнителях, давно побудили исследователей искать другие методы определения состава стекла. Одним из них является ныне спектральный анализ.

По сравнению с химическим «мокрым» он имеет некоторые преимущества: требует незначительных количеств вещества — 0,005—0,5 г, меньше времени для его выполнения, отличается меньшей трудоемкостью, высокой степенью точности при определении малых концентраций — 0,0001—0,001%. Эти преимущества делают его привлекательным для исследования древних и средневековых стекол. Как упоминалось ранее, первые опыты качественного спектроскопического анализа таких стекол были выполнены около четверти века назад. Однако они не дали удовлетворительных результатов и встретили отрицательное отношение со стороны ряда ученых.

В. Э. С. Тернер в докладе о новых технических методах изучения древних стекол на III Интернациональном Конгрессе по стеклу в Венеции говорил про спектрографические анализы, что если они «опираются на полуколичественную основу, как, например, когда количество компонента представлено тем же самым символом или буквой в пределах от 1 до 10%, то невозможно судить об отношениях между составами в разных стеклах» (160).

Позже Тернер снова вернулся к вопросу о применении спектроскопического метода при изучении древних стекол. «Автор придает, — писал он, — особое значение точности химического анализа при изучении древних стекол и считает неоправданным восторг, который проявляют некоторые археологи в отношении спектрографического анализа. Так как некоторые важные компоненты стекла могут быть определены спектрографически в пределах от 1 до 5% — то полученные таким путем составы ограничивают выводы, которые можно было бы сделать. Однако спектрографические определения имеют ценность для общих быстрых целей, а также там, где доступны только очень малые количества материала и, в особенности же, для обнаружения или определения малых сос-

тавных частей стекла или следов элементов. Способ Гейльмана, заключающийся в проведении точных химических определений для возможно большего числа компонентов и добавлении к ним спектрографических определений следов элементов, может быть рекомендован как лучший при современном состоянии спектрографической техники» (165).

Э. Р. Калей в монографии об анализах древних стекол после подробного описания и обстоятельного обсуждения спектроскопических анализов П. Д. Ритчи отмечал: «Полностью удовлетворительное представление о составе данного образца древнего стекла можно получить лишь тогда, если анализ ведется химически и спектрографически» (83).

Ф. Мэтсон также не был удовлетворен качественными спектроскопическими анализами М. Фэрнсворта. В статье о составах и рабочих свойствах древних стекол он выражал надежду, что кроме спектрографических анализов китайских стекол позже будут сделаны и химические (131).

Отрицательное отношение к качественному спектроскопическому исследованию стекол мотивируется тем, что оно не отражает количественного соотношения компонентов и не дает полного представления о реальном химическом составе стекла. В связи с этим вспоминается известное высказывание лорда Кельвина (Вильяма Томсона), которое недавно цитировал Р. В. Дуглас в своей рецензии на книгу В. Вейля и Э. Марбе о строении стекла. «Я часто говорю, что если Вы можете измерить то, о чем Вы рассказываете, и выразить это в числах, то Вы знаете что-то о нем, но если Вы не можете его измерить, если Вы не можете выразить его в числах, то Ваше знание скудное и неудовлетворительное».<sup>1</sup>

Поскольку одна лишь качественная характеристика состава стекла не удовлетворяет даже самих сторонников этого метода изучения, ее подменяют некоторыми условными символами. Покажем это на примерах.

К. Г. Зелигман и Х. К. Бек опубликовали данные 102 качественных спектроскопических анализов дальневосточных стекол, большинство которых было сделано П. Д. Ритчи (152).

В табл. 4 даны составы трех стекол (двух китайских и одного из Константинополя), выраженные в «индексах» и их условных цифровых значениях, а также реальные их составы на основании химических анализов.

Буквой «L» здесь обозначено большое количество элемента, «M» — среднее количество, «T» — следы и «O» — отсутст-

---

<sup>1</sup> R. W. Douglas. Physics and Chemistry of Glasses, vol. 5, No 5, p. 154, 1964, Sheffield.

вие или бесконечно малое количество. Действительного содержания компонентов в стеклах авторы не знают, но предположительно считают, что L — около 30%, M — около 10, T — 1% и менее. На самом же деле, вместо «нуля» (0) содержание компонента оказалось 0,10; 0,80 и 1,02%, вместо «следов» (T) — 0,16; 0,34; 3,9; 6,8 и даже 7,2% (табл. 4.). Такая же несуразность наблюдается и в отношении индекса «L», который авторы оценивают числом около 30%. В трех случаях из четырех, когда содержание компонента выражено индексом «L» (т. е. около 30%), химический анализ дает значения 43,2; 67,5 и 68,2%.

Таблица 4

**Спектроскопические и химические анализы стекол  
(по Зелигману и Беку)**

Окисел	Бесцветная цикада периода Хань			Бусина из Китая			Бусина из Константинополя		
	индекс и его цифровое значение	вес, %		индекс и его цифровое значение	вес, %		индекс и его цифровое значение	вес, %	
SiO <sub>2</sub>	L	30	34,42	L	30	67,5	L	30	68,2
TiO <sub>2</sub>	O	Нет	0,10	T		Сл.	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T	<1	0,76	T	<1	3,7	T	<1	3,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T	<1	0,16	T	<1		T	<1	
CaO	T/M	<1/10	0,12	T	<1	6,8	T	<1	7,2
MgO	T	<1	0,34	T/M		—	T	<1	—
PbO	L	30	43,2	O	O	Нет	T	<1	Нет
BaO	M	10	12,58	O	O	Нет	T	<1	Нет
K <sub>2</sub> O	O	0	1,02	O	O	0,8	O	0	0,8
Na <sub>2</sub> O	M	10	4,32	M	10	17,7	M	10	18,5

В течение более четверти века никто не возвращался к качественному спектральному анализу, как не оправдавшему себя методу изучения химического состава стекла. В последние годы, как вскользь упоминалось ранее, некоторые археологи вновь стали заниматься качественным спектральным методом, пытаясь использовать его для полного анализа средневековых стекол. Опубликованы многочисленные «массовые» определения элементов в стеклах и глазурах (7, 35, 40, 54, 55, 157).

Так как сам качественный спектроскопический анализ не дает прямого ответа на вопрос о количественном содержании элемента в стекле, а может констатировать только его присутствие или отсутствие, то в указанных статьях применялись условные цифровые символы в отличие от данных химических анализов, где компоненты выражаются весовыми (или мо-

лекулярными) процентами. Эти цифровые символы, очевидно, представляют собой некоторое выражение ширины и, может быть, интенсивности спектральных линий при определении соответствующих элементов, но не реальное содержание последних в изучаемом стекле. Одним из подтверждений субъективности и условности количественного выражения элементов служит то, что символы различны не только у различных авторов, но и у одного и того же автора в разных его статьях.

Подробный разбор указанных работ был сделан уже ранее, поэтому остановимся на них лишь кратко (6, 22, 25).

Для выражения количественного содержания элементов применялась пяти-шести- и семибалльная шкала. В одних случаях наибольшее содержание обозначалось наибольшей цифрой «5», а наименьшее — единицей, в других — наоборот: единица соответствовала максимальному количеству компонента, а цифры — 5, 6 или 7 — минимальному. Таким образом, вся большая количественная гамма состава стекла, выражаемая в химическом анализе 100 с единицами (100% с десятичными и менее долями), суживалась здесь в 15 раз, т. е. в лучшем случае до 7 единиц. Существенным недостатком всех упомянутых работ по качественной спектроскопии стекол является также то, что ни один из авторов не дал сопоставления цифровых символов с одной стороны и действительного содержания компонентов, определенных химическим анализом, с другой стороны, отчего реальный физический смысл символов остался не раскрытым.

В табл. 5. дано для примера сопоставление спектральных качественных определений, выраженных цифровыми символами («С»), и данных химических анализов (%) для ряда материалов. Легко убедиться, насколько искаженное и ложное представление дают символы качественного спектрального анализа о составе указанных в таблице материалов. Как видно, одному и тому же символу «5» соответствует 86,94%  $\text{SiO}_2$  и 0,41%  $\text{MgO}$ . Содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в различных материалах находится в пределах 1,01—19,70%, а согласно спектроскопическому определению, оно во всех случаях оценивается символом «5».

По данным спектрального анализа оказывается, что нет разницы между кварцевым песком и глиной, если принимать во внимание главнейшие компоненты — кремнезем и глинозем.

Приведенные примеры со всей очевидностью показывают, что без химических анализов древних и средневековых стекол невозможно было бы иметь представление об их составах,



Спектроскопические и химические анализы разных материалов\*

Элемент и окисел	Чупанатинский кварцевый песок (Самарканд)		Карнапская огнеупорная глина		Крымское стекло II—III вв.		Пенджикент VIII в.		Мерв XII—XIII вв.		Кулдор-Теле IX—XII вв.		Ахсикет X—XII вв.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Si/SiO <sub>2</sub>	5	86,94	5	60,58	5	69,55	5	63,11	5	60,26	5	60,84	5	62,58
Al/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4/5	5,48	5	19,70	5	1,01	5	1,67	5	3,82	5	4,42	5	2,70
Ti/TiO <sub>2</sub>	2/3	0,04	3/4	0,68	3	0,16	3	0,06	3	0,11	3	0,10	3	0,10
Fe/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	0,40	4/5	7,07	3	0,72	3/4	1,07	3/4	1,02	3/4	1,03	3/4	1,33
Ca/CaO	4/5	1,40	3/4	0,60	5	4,80	5	9,27	5	8,90	5	8,92	5	8,39
Mg/MgO	3/4	0,84	3/4	0,75	5	0,41	5	3,32	5	4,41	5	3,97	5	3,37
Mn/Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1/2	—	2/3	0,07	2	0,43	4	4,08	4	3,52	3	2,94	3	2,83
K/K <sub>2</sub> O	4	2,03	—	1,80	4	0,04	5	2,41	5	3,18	5	3,42	5	2,94
Na/Na <sub>2</sub> O	4	0,83	3/4	0,25	5	20,13	5	14,91	5	15,34	5	15,02	5	16,14

\* Принятые обозначения: 1—около 0,001%; 2—около 0,01%; 3—около 0,1%; 4—1% и больше; 5—значительно больше 1%.

располагая «количественными» символами, построенными на качественных спектральных анализах. Авторы сочли поэтому невозможным при изучении среднеазиатских стекол вести полный анализ их спектральным методом.

Данные качественной спектроскопии ценны в тех случаях, когда нужна констатация тех или иных компонентов в стеклах, а также когда идет речь не о полном анализе стекла, а о присутствии в нем микроэлементов.

Ранее упоминалось, что количественный спектральный анализ, основанный на применении «эталонов» с известным химическим составом, с успехом применяется в течение десяти—пятнадцати лет для определения малых количеств элементов в стеклах (110). Однако полный количественный спектральный анализ всех компонентов, включая главные стеклообразующие окислы, пока еще не разработан настолько, чтобы он мог конкурировать с химическим или заменить его.

---

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СРЕДНЕВЕКОВЫХ СТЕКОЛ СРЕДНЕЙ АЗИИ**

Несмотря на то, что в настоящее время накоплено много образцов средневековых стекол, найденных в разных районах Средней Азии, и им посвящены многочисленные археологические описания, химико-технологическое изучение их не получило пока еще достаточно широкого применения.

Впервые химико-технологический метод исследования средневековых памятников Средней Азии был применен, по-видимому, при изучении глазурей Мавзолея Анау (12, 13). Позже были опубликованы данные химических анализов цветных стекол XV в. из Мавзолея Ишратхана в Самарканде, выполненные О. Кудриной (39, 46). Уже отмечалось ранее, что в этих анализах обращает на себя внимание чрезвычайно высокое содержание серного ангидрида, а также наличие окиси меди в красных стеклах, что вызывает законное сомнение (18).

О. Кудрина сделала попытку рассчитать на основе анализов состав шихты стекол, изготовлявшихся в те времена в Средней Азии. Однако, как будет показано далее, приведенный в ее работе состав шихты слишком сложен для того времени и никакими данными не может быть обоснован. В упомянутой ранее монографии о стеклоделии в Древней Руси были опубликованы в 1956 г. три анализа стекол XI—XIII вв. из Узгена.

В 1962 г. появилась статья, посвященная химическому исследованию средневековых стекол Средней Азии (5), где приводятся химические анализы 4 стекол из Пенджикента (VIII в.), 5 — из Кулдор-Тепе (IX в.), 13 — из Кувы (X—XII вв.), 5 — из Хульбука (XI—XII вв.) и 5 — из трех пунктов Хорезма (XII—XIII вв.). Составы и особенности среднеазиатских стекол впервые рассматриваются здесь на более ши-

роком историческом фоне. С помощью сопоставления данных химических анализов стекол Средней Азии с опубликованными данными анализов более ранних и синхронных образцов древних и средневековых стекол из разных стран мира были установлены отличительные особенности стекол Средней Азии. Вкратце рассматривались также вопросы, касающиеся сырья и состава шихты для их варки.

В том же году М. Аминджанова в своей диссертации, кроме ранее опубликованных авторами анализов, дала химические составы 5 образцов стекол из Афрасиаба<sup>1</sup>. Однако автор сделал несостоятельные выводы из приведенных анализов.

В монографии «Стеклоделие Средней Азии в древности и средневековье» (6) были подведены итоги выполненных ранее химических исследований, включающих 44 химических анализа стекла из 9 археологических памятников VIII—XV вв.

В течение 1962—1963 гг. авторы провели дополнительные исследования среднеазиатских стекол. Образцы были взяты из 14 новых археологических памятников, кроме упоминавшихся ранее 9. Число анализов средневековых стекол домонгольского периода возросло до 127. Кроме количественного химического анализа был использован спектроскопический метод для определения микроэлементов.

Далее следуют описания образцов, подвергавшихся изучению, таблицы химических и химико-спектроскопических анализов (табл. 6 и 6а) и химические характеристики среднеазиатских стекол по отдельным археологическим памятникам<sup>2</sup>.

Поверхность многих образцов была покрыта слоем иризации или патины. Перед исследованием слой был снят и анализу подвергалась только неповрежденная внутренняя

---

<sup>1</sup> М. Аминджанова. Средневековое стекло Мавераннахра, Канд. дисс., 1962, Ташкент.

<sup>2</sup> Анализы №№ 3—4, 10—12, 17—19, 36, 75, 82, 86—87, 103 выполнены в Ин-те химии АН УзССР (руков. лаборатории В. К. Букина); №№ 1—2, 13—15, 27, 35, 48, 52—53, 61—62, 68—71, 73—74, 80—81, 101—102, 112—115 — в Среднеазиатском ин-те геологии и минерального сырья (руков. лаборатории Е. Т. Ильина); №№ 25—26, 42, 46—47; 49—51, 54—60, 64—67, 76—79, 109—111, 117—118, 124—127 — в Ин-те геологии АН УзССР (руков. лаборатории П. Л. Прихидько); №№ 5—8, 20—24, 37—41, 88—100, 105—107, 119—120 — в Белорусском политехническом ин-те (аналитик А. П. Куранова); №№ 84—85, 104 — во Всесоюзном геологическом ин-те (Ленинград, руков. лабораторий Н. П. Попов и И. А. Столярова) и №№ 29—33 — в Государственном исследовательском керамическом ин-те и заимствованы нами из диссертации М. Аминджановой; остальные выполнены З. С. Башун и А. А. Абдуразаковым.

Спектральные определения производились в тех же институтах, где были выполнены химические анализы.

часть образцов. При описании материалов их располагали по территориальному признаку — с запада на восток и с юга на север, а при одинаковости территории — в хронологическом порядке. Исключение составляет Пенджикент, относящийся к раннесредневековому времени в отличие от остальных средневековых стекол.

## **Описание образцов**

### **Пенджикент**

1. Боковая стенка толстостенного сосуда из прозрачного зеленоватого стекла с незначительным количеством пузырьков. Поверхность покрыта иризационным слоем фиолетового цвета.

2. Дно сосуда из темно-зеленого прозрачного пузыристого стекла. Поверхность чистая, без следов иризации. Есть следы от набеля.

3. Фрагмент флакона с круглым туловом и тонкими стенками. Стекло прозрачное, зеленоватое, с желтоватым оттенком, пузыристое. Поверхность покрыта тонким слоем иризации.

4. Фрагмент флакона из прозрачного бесцветного пузыристого стекла с желтоватым оттенком. Поверхность сильно иризована. Флакон украшен зигзагообразным орнаментом вдоль тулова, есть следы набеля.

5. Прозрачное дно сосуда зеленого цвета. Поверхность стекла выветрившаяся. Найдено в городище.

6. Фрагмент посудного стекла из городища.

7. Фрагмент сосуда из городища.

8. Кусок плоского стекла из стеклоделательной мастерской (загородный дом № 2) голубовато-зеленого цвета; непрозрачное, выветрившееся с поверхности, очень ломкое. Анализу подвергнута неповрежденная часть стекла.

Образцы 1—4 найдены в 1960 г. во время раскопок Таджикской археологической экспедиции, возглавлявшейся А. М. Беленицким.

### **Хауз-Хан-Нала**

9. Горлышко графина зеленое малопузыристое. Оно кончается коническим воронкообразным венчиком с кольцевым вздутьем. Сохранность стекла хорошая, на поверхности нет заметных следов иризации (рис. 1).

## Новая Ниса

10. Стенка сосуда из накладного двухслойного стекла. Возможно, это фрагмент основания ножки. Стекло зеленое, пузыристое; пузырьки удлиненной формы. Поверхность покрыта сероватым налетом. Диаметр фрагмента 8,5 см.



Рис. 1. Горлышко графина из городища Хауз-Хан-Кала (XI—XII вв.).

11. Дно сосуда из зеленого пузыристого малопрозрачного стекла со следами набеля. Поверхность покрыта беловатым налетом. Диаметр фрагмента около 11 см, толщина в середине 0,7 см, по краям 0,4 см.

12. Налепной жгутик для украшения горлышка бутылки из зеленого пузыристого стекла. Поверхность жгутика при помощи специальных щипцов украшена насечками. Покрыта серым налетом. Диаметр его около 7,5 см, сечение 1 см.

## Шерб

13. Дно сосуда из прозрачного бесцветного стекла с зеленоватым оттенком. Поверхность слабо иризирована и покрыта слоем тончайших лепестков золотистого цвета. Дно украшено десятиконечными звездочками, цветками и кружочками. Есть следы от набеля.

14. Дно сосуда из зеленоватого пузыристого стекла с синеватым оттенком.

Поверхность слабо иризирована. Сохранились следы набеля.

15. Стенка сосуда из бесцветного стекла. Поверхность

сильно разрушена, что затрудняет изучение пузырьков и определение способа выработки.

16. Дно сосуда из прозрачного бесцветного стекла с желтоватым оттенком, хорошо проплавленного, чистого, почти без пузырьков. Ирризация только на наружной стороне сосуда. Есть следы набеля. Диаметр дна 22—24 см.

17. Дно сосуда из желтоватого мутного стекла. Поверхность фрагмента слабо ирризована. Сохранились следы от набеля.



Рис. 2. Стекланные изделия X—XII вв. из городища Хульбук (по Э. Гулямовой).

18. Дно сосуда из зеленого мутного стекла с многочисленными пузырьками. Поверхность ирризована.

19. Стекланный зеленый «шлак» в толстом слое — синий, слабо просвечивает.

### **Хульбук**

20. Верхняя часть горлышка сосуда с декорированным краем; из городища. Внутренний диаметр горла сверху около 15 мм. Толщина стенки 2—3 мм. Стекло светло-зеленое; покрыто с поверхности тонким выветрившимся слоем.

21. Фрагмент тонкостенного сосуда с отогнутым краем в верхней части. Покрыт иризирующим, легко отстающим слоем всех цветов радуги. Цвет стекла светло-желтовато-зеленый.

22. Кусок браслета черного цвета в толще и бутылочно-зеленого в тонком слое. Покрыт иризирующим налетом желтого цвета. Налет легко отстает.

23. Боковая стенка бесцветного сосуда, слабо иризирующего, покрытого местами светло-желтой патиной. Стекло хорошо проплавлено, чистое, почти без пузырей. Толщина стенки 2—4 мм.

24. Фрагмент тонкостенного сосуда светло-зеленого цвета, деформированного, с оплавленными краями (находился в огне?); по-видимому, это край сосуда с утолщенным бортиком.

### **Афраснаб**

25. Дно колбообразного сосуда из синеватого прозрачного пузыристого стекла; поверхность иризирована. На дне — следы от набеля.

26. Дно колбы из зеленоватого, слабопузыристого прозрачного стекла. Поверхность иризирована, пятниста. На дне следы набеля.

27. Дно сосуда из прозрачного пузыристого зеленоватого стекла. Поверхность покрыта белыми кольцевыми пятнами. Сохранились следы набеля.

28. Горлышко сосуда из пузыристого стекла, синеватого с зеленоватым оттенком, конической формы с шестью гранями. Верхняя часть кончается венчиком с кольцевым утолщением. Нижняя часть конуса опирается на такое же кольцевое утолщение, далее идет расширение к корпусу. Грани матовые, очертания четкие. Поверхность слабо иризирована.

29. Бесцветное стекло, фрагмент широкогорлой вазы.

30. Фрагмент синего стекла.

31. Фрагмент горлышка из голубого стекла.

32. Фрагмент вазочки из лилового с вишневым оттенком стекла.

33. Фрагмент ритона из желтоватого стекла.

34. Дно сосуда из зеленоватого пузыристого стекла, покрытого слабым налетом. Сохранились следы набеля.

### **Кулдор-Тепе**

35. Стенка сосуда из синего пузыристого стекла с иризированной поверхностью; найдена в цитадели.

36. Фрагмент нижней части сосуда из прозрачного синевато-



того стекла с множеством мелких пузырьков. Поверхность сильно призрачена.

37. Фрагмент сосуда из прозрачного стекла, бесцветного, со слабым голубовато-зеленым оттенком. Толщина стенки 2,5—3,0 мм. Обнаружен при раскопке 1956 г.

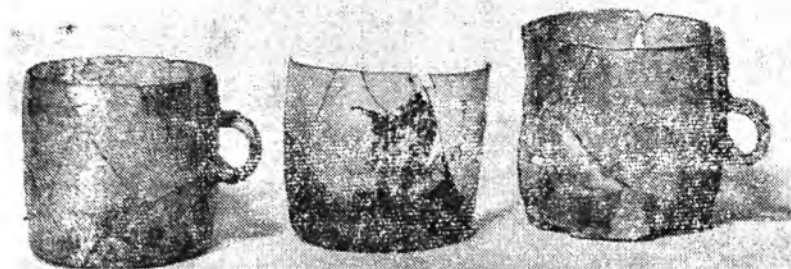


Рис. 3. Стекланные изделия IX в. из городища Кулдор-Тепе (по Б. Я. Ставискому).

38. Боковая стенка сосуда из прозрачного светло-фиолетового стекла, покрытого иризирующей пленкой ярких цве-

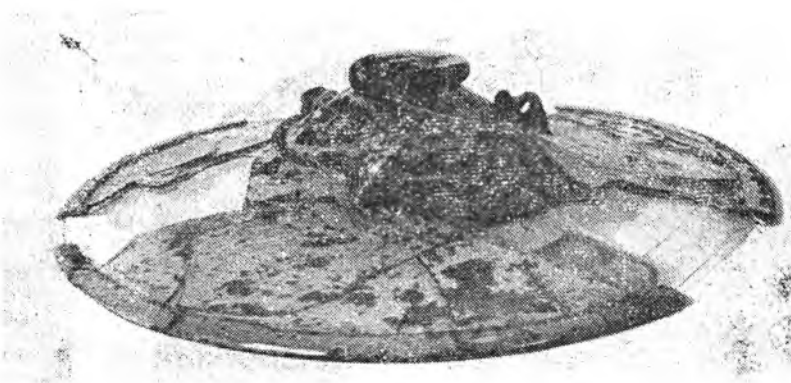


Рис. 4. Стекланная крышка IX в. из городища Кулдор-Тепе (по Б. Я. Ставискому).

тов с перламутровым отливом. Пленка легко отстает от стекла. Толщина стенки 3,0—4,0 мм. Найдена при раскопках 1958 г.

39. Дно сосуда из прозрачного светло-зеленого стекла. Толщина его 3—10 мм. Найдено при раскопках 1956 г.

40. Дно сосуда голубовато-зеленое в толще, прозрачное. Поверхность иризирована. Много крупных пузырей. Толщина стенки 5—6 мм. Найдено при раскопках 1956 г.

41. Дно сосуда из прозрачного бесцветного, очень пузыристого стекла, в толще желтовато-зеленого цвета. Толщина дна у края 1—2 мм, в середине — 5—6 мм.

### **Варахша**

42. Верхний край широкогорлого сосуда конической формы, из бесцветного пузыристого стекла с зеленоватым оттенком. Поверхность покрыта иризационным слоем. Диаметр 11—12 см.

43. Дно сосуда из бесцветного пузыристого стекла со слабо-фиолетовым оттенком. Поверхность слегка иризирована.

44. Фрагмент стержня с отломанными концами. Середина сужена, что придает фрагменту форму цифры 8. Стекло зеленое с синеватым оттенком, пузыристое. Поверхность иризирована.

45. Фрагмент горлышка сосуда из бесцветного пузыристого стекла. Поверхность иризирована.

### **Кзыл-Кыр**

46. Дно сосуда из зеленоватого стекла с синим оттенком. Стекло мутное с большим содержанием пузырей. Поверхность слабо иризирована. Видны следы от набеля.

47. Стенка сосуда из зеленого стекла с многочисленными пузырями овальной формы. На поверхности фрагмента отсутствует иризация, но есть очень тонкие белые полосы в виде резьбы, расположенные по кругу.

48. Дно небольшого сосуда, по-видимому флакончика, из пузыристого, бесцветного стекла с желтоватым оттенком. Поверхность чистая, без следов иризации. Сохранились следы набеля.

### **Пайкенд**

49. Дно сосуда из зеленоватого прозрачного стекла с синим оттенком. Поверхность слабо иризирована. Сохранились следы от набеля.

50. Дно сосуда из зеленоватого пузыристого стекла. Поверхность сильно разрушена. Есть следы набеля.

51. Нижняя часть горлышка сосуда из зеленого прозрачного стекла, чистого, почти без пузырей. Поверхность слабо иризирована.

52. Дно сосуда из зеленого пузыристого стекла с очень слабым синеватым оттенком. Поверхность подвергалась слабой иризацией. Сохранились следы набеля.

53. Фрагмент толстостенного сосуда из зеленого пузыристого стекла зеленого с синеватым оттенком. Поверхность сильно иризирована.

54. Фрагмент горлышка сосуда из темно-зеленого пузыристого стекла. Поверхность слабо иризирована.

Стекла Пайкенда найдены в 1940 г. В. Н. Кисаевым во время археологической экспедиции Гос. Эрмитажа.

## **Тункат**

55. Дно стаканчика из прозрачного желтого стекла с зеленоватым оттенком, с незначительным содержанием пузырьков. Поверхность слабо иризирована. На дне сохранились следы набеля.

56. Фрагмент горлышка из синеватого стекла, мутного, непросвечивающего. Толщина стенки от 3 до 8 мм.

57. Фрагмент стенки или сосуда, синеватый с зеленоватым оттенком. Стекло прозрачное, с незначительным количеством пузырьков. Поверхность покрыта сплошным сетчатым налепом. Судя по форме пузырьков, образец выработан выдуванием.

58. Горлышко сосуда из прозрачного бесцветного стекла с зеленоватым оттенком, с незначительным количеством пузырьков, вытянутых по оси горлышка; сохранность хорошая, поверхность не иризирована. Стенка фрагмента очень тонкая (около 1 мм).

59. Стенки сосуда из синеватого пузыристого стекла. Пузырьки удлиненной формы. Фрагмент орнаментирован накладными нитями.

60. Дно цилиндрического сосуда из зеленоватого пузыристого стекла с иризированной поверхностью. Сохранились следы набеля из стекла другого цвета. Диаметр сосуда 5,3 см, толщина стенок 1—3 мм.

61. Дно сосуда из синеватого прозрачного пузыристого стекла. Поверхность слабо иризирована. Видны следы набеля.

62. Фрагмент венчика с загнутым краем. Стекло зеленоватое с пузырьками эллиптической формы, расположенными концентрически по окружности. Диаметр венчика 17—18 см.

63. Стержень из прозрачного голубого стекла с мелкими пузырьками. Возможно, это нижняя часть ручки сосуда. Один

конец толще другого. Образец хорошей сохранности, без следов иризациии.

64. Дно сосуда с туловом шарообразной формы из зеленоватого пузыристого стекла. Поверхность покрыта белым налетом.

65. Венчик толстостенного сосуда из зеленоватого пузыристого стекла с желтоватым оттенком. Толщина стенки около 1,5 см. Поверхность слабо иризирована. По-видимому, образец изготовлен из двух слоев стекла.

66. Нижняя часть сосуда из зеленоватого стекла с желтоватым оттенком. Поверхность украшена точечными рельефными выступами. На внутренней поверхности против выступов углубления, что указывает на выработку сосуда выдуванием в орнаментированную форму.

67. Фрагмент дна стаканообразного сосуда из прозрачного желтоватого стекла. Оно хорошо проплавлено, пузырей мало. Поверхность слабо иризирована. Выработано выдуванием.

68. Дно сосуда из прозрачного зеленоватого стекла с желтоватым оттенком. Поверхность с незначительным белым налетом. Выработано выдуванием.

### **Аблык**

69. Фрагмент горлышка сосуда из зеленоватого пузыристого стекла. Горлышко заканчивается отогнутым венчиком, украшенным синим стеклом в виде нити.

70. Стенка сосуда из зеленого пузыристого стекла с иризированной поверхностью.

71. Фрагмент стенки кувшинообразного сосуда без ручки, с круглым туловом. Стекло голубое, прозрачное, с пузырьками. Поверхность подвергнута слабой иризациии. На дне сосуда следы набея.

72. Фрагмент сосуда из зеленого пузыристого стекла. Поверхность местами покрыта белым налетом. Выработан выдуванием.

### **Ташкент**

73. Фрагмент стенки сосуда из черного непрозрачного стекла с иризированной поверхностью.

74. Фрагмент стенки сосуда из зеленоватого пузыристого стекла. Украшен выпуклым орнаментом в виде кружков с точкой в центре.

75. Дно сосуда из зеленоватого пузыристого прозрачного стекла. На дне — следы набея. Поверхность иризирована.



Рис. 5. Стекланный кувшинчик и горшочек — принадлежности прибора для умывания рук из собрания Ташкентского музея.



Рис. 6. Средневековые стеклянные алхимические приборы (аламбики, колба и сосуд) из собрания Ташкентского музея.



Рис. 7. Средневековая стеклянная ложка и чернильницы из собрания Ташкентского музея.

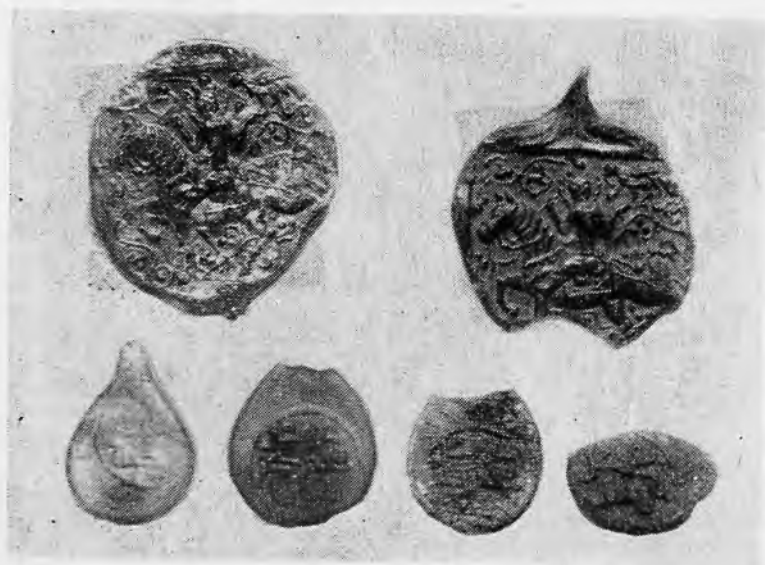


Рис. 8. Средневековые стеклянные медальоны.

## **Ахсинет**

76. Дно сосуда (колбы?) из зеленоватого мутного стекла, с множеством мелких пузырьков. Поверхность иризирована. Сохранились следы от набея.

77. Дно стаканчика из бесцветного стекла с желтоватым оттенком, с многочисленными пузырьками. Поверхность покрыта налетом. На дне следы от набея.

78. Дно сосуда из прозрачного, очень пузыристого желтоватого стекла с фиолетовым оттенком. Поверхность иризирована. На дне следы от набея.

79. Стеклянная «шквара» зеленоватого цвета с включениями кусочков керамики.

80. Дно сосуда из прозрачного бесцветного стекла с зеленоватым оттенком. Образец хорошей сохранности, без иризации, со следами набея.

81. Дно сосуда из бесцветного пузыристого стекла с зеленоватым оттенком. Поверхность иризирована. Видны следы набея.

82. Фрагмент пузыристого стекла синего цвета. Поверхность разрушена, поэтому трудно определить форму пузырей и, следовательно, способ выработки. На стекло нанесен орнамент в виде углублений эллиптической формы. Толщина стенки 1,5—3 мм.

83. Дно сосуда из зеленого с желтоватым оттенком прозрачного стекла с малым количеством пузырей. Поверхность слабо иризирована. Сохранились следы набея.

84. Стекло из тигля, голубое с зеленоватым оттенком.

85. Глухое зеленое стекло из тигля.

## **Кува**

86. Фрагмент стенки из черного непрозрачного стекла с «мошкой». Толщина 1—2 см.

87. Фрагмент горлышка сосуда из бесцветного пузыристого стекла с желтовато-грязным оттенком. Из-за мутности трудно определить форму пузырьков.

88. Фрагмент кувшина черного цвета из раскопок 1956 г. У грани и на сколах в тонком слое стекло цвета болотной травы. Толщина стенок 3—4 мм.

89. Обломок стакана из прозрачного бесцветного стекла со слабым зеленоватым оттенком. В толще стенок много «мошки» и пузырей. Толщина стенки 1,5—2,0 мм. Поверхность украшена накладными голубыми нитями. Образец найден при раскопках шахристана в 1957 г.



90. Фрагмент венчика сосуда темно-зеленого цвета. Стекло пронизано «мошкой» и пузырями. Найден в шахристане в 1956 г.

91. Фрагмент бокала светло-желтого цвета с рельефными узорами из стекла того же цвета и синего. Толщина стенок в трех промерах: 0,5—0,7—1,0 мм. Найден в шахристане в 1957 г.

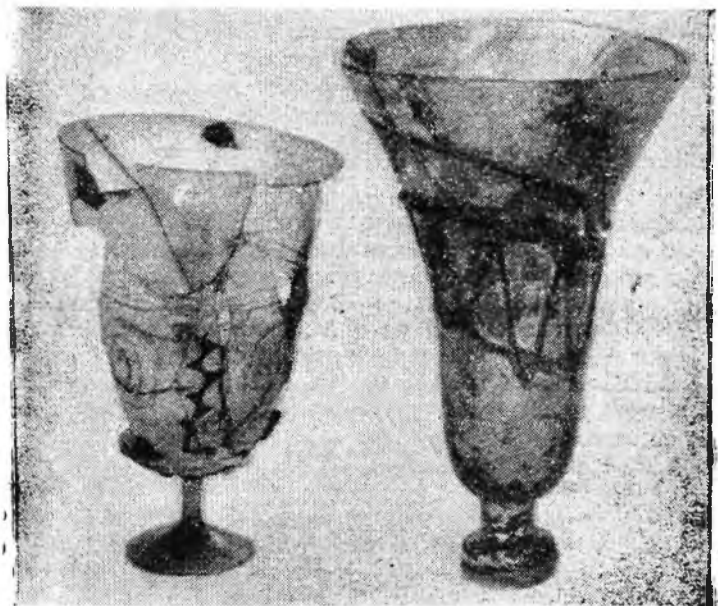


Рис. 9. Средневековые стеклянные бокалы из Кувы (слева) и из собрания Ташкентского музея (справа).

92. Кусок посудного стекла черного цвета, толщиной 1,5 мм. Найден при раскопках 1956 г.

93. Кусок стеклянного зеленого винтообразного стержня с диаметром 8 мм. Возможно, это часть ручки кувшина. Обнаружен при раскопках 1956 г.

94. Фрагмент пластины грязновато-зеленого цвета. Стекло пронизано «мошкой» и пузырями. Толщина 2,5—5,0 мм. Найдено при раскопке шахристана в 1957 г.

95. Фрагмент рюмки светло-зеленого цвета с многочисленными пузырями. Высота 0,5 см, диаметр дна 2,5 см. Обнаружен в шахристане при раскопке 1957 г.

96. Стеклянный венчик с частью горлышка сосуда. Стекло

светло-желтое, пронизано «мошкой» и пузырями. Найден в башне цитадели при раскопках 1956 г.

97. Бледно-желтое дно бутылки с «мошкой» и пузырями, окрашенное в отдельных местах в коричневый цвет. Обнаружено при раскопках башни цитадели.

98. Кусок голубоватого стекла с зеленоватым оттенком, найденный при раскопках шахристана в 1957 г.

99. Кусок дна банки черного цвета с иризированной поверхностью. Толщина дна по краям 1,2—1,5 мм, в середине 3,5 мм. Найден при раскопке 1956 г.

100. Фрагмент посуды из мутно-зеленого пузыристого стекла.

### **Узген**

101. Дно сосуда из зеленого пузыристого стекла с голубоватым оттенком. Поверхность хорошей сохранности, без заметных следов иризации. Есть следы набея.

102. Дно сосуда из бесцветного пузыристого стекла с сильно иризированной поверхностью. Сохранились остатки набея.

103. Фрагмент сосуда из прозрачного бесцветного стекла с зеленоватым оттенком и мелкими пузырьками. Поверхность иризирована. Стенка покрыта рельефным орнаментом растительного характера и кружочками.

104. Дно сосуда из бесцветного прозрачного стекла с иризированной поверхностью.

105. Фрагмент вазы с отогнутым краем светло-желтого цвета. Диаметр горла около 16 см. Ваза с гладкими стенками, изготовлена выдуванием. Найдена при раскопках 1954 г.

106. Кусок пиалы, покрытый перламутровым иризированным слоем. Диаметр пиалы 12 см. Край утолщенный, в виде бортика. Толщина стенки 0,7—1,0 мм. Обнаружен при раскопках 1954 г.

107. Кусок рюмки из зеленого стекла, найденный при раскопках 1954 г.

108. Фрагмент посудного светло-зеленого стекла, прозрачного, слабопузыристого. Поверхность незначительно иризирована. Выработано выдуванием.

### **Андижан**

109. Дно сосуда из пузыристого стекла, зеленоватого с желтоватым оттенком. Поверхность иризирована. Есть следы от набея.

110. Стеклянная трубка из зеленоватого стекла; один конец широкий, другой — тонкий. По-видимому, это сливные

трубочки алхимических приборов — аламбиков. Сохранность хорошая, поверхность чистая, без иризации.

111. Стёклянная «шквара», синеватая с зеленоватым оттенком. Покрыта белым налетом. Под микроскопом заметны непрореагировавшие белые «камни», местами стекло непрозрачное.

112. Фрагмент толстостенной чаши из темно-зеленого прозрачного стекла с немногочисленными круглыми пузырьками. Основание сосуда без следов набея. Возможно, сосуд служил ступкой, а изготовлен был литьем.

113. Верхняя часть горшочка с венчиком из зеленоватого пузыристого стекла. Края венчика вогнуты внутрь. Поверхность подвергнута слабой иризацией.

114. Дно толстостенной посуды из желтоватого прозрачного пузыристого стекла. Поверхность без иризации. Сохранились следы набея.

115. Нижняя часть сосуда, по-видимому, стаканчика из прозрачного стекла с зеленоватым оттенком, с многочисленными пузырьками. Покрыта иризационным слоем. На дне следы набея.

116. Фрагмент чаши или пиалы из зеленоватого стекла, состоящий из двух припавленных друг к другу частей: кольцевого поддона со следами набея и резервуара. Покрыт белым налетом.

117. Дно сосуда из зеленоватого прозрачного пузыристого стекла с желтым оттенком, местами покрытого тонким иризированным слоем. Толщина стенки у основания 0,5 мм. Есть следы набея.

### **Риштан -**

118. Дно сосуда из зеленоватого, пузыристого слабо иризованного стекла. Следы набея показывают, что сосуд изготовлен выдуванием.

### **Куюсай \***

119. Вогнутое дно сосуда с остатками набея. Стекло с поверхности матовое, светло-зеленое, прозрачное в толще. Найдено в урочище Куюсай при раскопках 1952 г.

### **Таке-Сенгир**

120. Фрагмент дна сосуда с поверхности шурфа на центральном бугре в Таке-Сенгир, найденный во время раскопок 1956 г. Стекло светло-зеленое, покрытое светло-желтым сос-

## Химические и спектроскопические

Историко-географическая область	Археологический пункт находки стекла	№ образца	Цвет стекла
1	2	3	4
Долина Зарафшана	Пенджикент (начало VIII в.)	1	Зеленоватый
		2	Темно-зеленый
		3	Слабо-зеленоватый
		4	Бесцветный с желтоват. отт.
		5	Зеленый
		6	Бесцветный
		7	"
		8	Голубовато-зел.
Южная Туркмения	Хауз-Хан-Кала (XI—XII вв.) Новая Ниса (XII—XIII вв.) Мерв (XII—XIII вв.)	9	Зеленый
		10	"
		11	"
		12	"
		13	Бесцветный с зеленоват. отт.
		14	Зеленоватый с синеват. отт.
		15	Бесцветный
		16	Бесцветный с желтоват. отт.
		17	Желтоватый
		18	Зеленый
		19	Шлак зеленый

Таблица 6

анализы средневековых стекол Средней Азии, %

Химический анализ									
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
66,54	1,73	1,08	0,12	8,90	4,86	0,02	0,02	2,00	14,40
60,52	3,74	0,64	0,22	9,81	5,06	0,16	0,50	2,50	15,60
62,22	3,52	1,82	0,11	9,85	3,58	—	3,30	2,21	14,03
63,11	1,67	1,07	0,06	9,27	3,32	—	4,08	2,41	14,91
64,75	2,47	1,10	He опр.	6,50	5,95	0,20	0,26	3,20	15,44
66,42	1,60	1,25	He опр.	8,68	3,55	0,02	0,39	2,97	15,16
67,31	1,16	0,77	He опр.	7,58	3,90	0,02	0,48	3,54	15,12
62,87	3,19	1,08	He опр.	8,23	3,82	0,36	0,14	5,37	14,75
61,30	4,57	0,76	—	5,64	3,34	He опр.	0,14	4,87	18,92
63,79	9,39	0,72	0,08	1,67	3,66	0,17	0,33	2,84	17,37
64,84	8,22	0,68	0,11	2,93	2,36	0,15	0,13	3,37	17,29
63,53	2,91	0,56	0,20	5,19	3,60	0,92	0,84	3,20	18,50
63,00	4,26	1,04	0,20	8,27	4,25	0,02	0,02	4,20	12,42
64,36	2,72	0,56	0,12	9,25	4,65	0,02	0,02	3,40	13,16
62,36	2,64	1,04	0,12	7,57	5,14	0,10	0,71	4,00	14,12
61,80	4,72	0,88	—	7,65	5,46	0,80	0,71	3,37	14,49
60,01	3,20	1,20	0,10	8,11	3,47	—	8,14	3,63	12,47
60,26	3,82	1,02	0,11	8,90	4,41	—	3,52	3,18	15,34
62,09	2,73	1,05	0,10	8,74	3,53	—	1,83	3,21	16,93

Историко-географическая область	Археологический пункт находки стекла	№ образца	Цвет стекла	П. н. п.
				15
1	2	3	4	15
Долina Зарафшана	Пенджикент (начало VIII в.)	1	Зеленоватый	0,84
		2	Темно-зеленый	0,86
		3	Слабо-зеленоватый	—
		4	Бесцветный с желтоват. отт.	—
		5	Зеленый	—
		6	Бесцветный	SiO <sub>2</sub> = 0,26
		7	"	—
		8	Голубовато-зел.	—
		9	Зеленый	0,41
Южная Туркмения	Хауз-Хан-Кала (XI—XII вв.)	10	"	—
		11	"	—
	Новая Ниса (XII—XIII вв.)	12	"	1,25
		13	Бесцветный с зеленоват. отт.	2,24
		14	Зеленоватый с синеват. отт.	1,82
		15	Бесцветный	2,44
		16	Бесцветный с желтоват. отт.	0,32
		17	Желтоватый	—
		18	Зеленый	—
19	Шлак зеленый	—		



Историко-географическая область	Археологический пункт находки стекла	№ образца	Цвет стекла		
				Pb	Ag
1	2	3	4	25	26
Долина Зарафшана	Пенджикент (начало VIII в.)	1	Зеленоватый	0,03	0,001
		2	Темно-зеленый	0,003	—
		3	Слабо-зеленоватый	0,001	—
		4	Бесцветный с желтоват. отт.	—0,01	0,001
		5	Зелень-й	—	0,001
		6	Бесцветный	—	—
		7	"	—	—
		8	Голубовато-зеленый	—	—
Южная Туркмения	Хауз-Хан-Кала (XI—XII вв.)	9	Зеленый	0,001	—
		Новая Ниса (XII—XIII вв.)	10	"	—
	11		"	—	—
	12		"	—	—
	Мерв (XII—XIII вв.)	13	Бесцветный с зеленоват. отт.	—	—
		14	Зеленоватый с синеват. отт.	0,003	—
		15	Бесцветный	—	—
		16	Бесцветный с желтоват. отт.	0,1—1	0,001
		17	Желтоватый	0,01	0,001
		18	Зеленый	0,1	0,001
			19	Шлак зеленый	—





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Южный Таджикистан	Хульбук (X—XII вв.)	20	Светло-зеленый	64,57	1,84	1,13	Не опр.	7,98	5,53	0,05	1,45	3,02	14,56
		21	Светло-желто-зеленый	70,04	0,97	0,45	"	6,95	4,06	0,08	0,76	1,99	14,96
		22	Черный	66,71	1,46	1,10	"	7,73	5,30	0,03	0,16	2,56	14,83
		23	Бесцветный	69,20	1,38	0,32	"	7,43	5,02	0,04	0,26	2,01	14,53
		24	Светло-зеленый	66,82	1,73	1,15	"	7,53	4,35	0,08	0,16	2,52	15,57
Самарканд	Афраснаб (X—XI вв.)	25	Синеватый	61,63	5,64	0,86	0,09	7,40	5,07	—	0,21	3,34	14,37
		26	Зеленоватый	56,11	5,36	0,90	0,09	10,60	5,47	0,01	0,39	3,96	15,34
		27	"	57,88	4,31	0,60	0,10	7,29	4,75	0,43	0,27	5,90	16,67
		28	Синеватый с зеленоватым оттенком	68,00	2,07	0,49	—	6,76	5,66	0,32	1,09	2,38	13,01
		29	Бесцветный	69,39	1,08	0,32	Следы	6,88	5,63	0,25	—	1,41	15,07
	30	Синий	62,93	2,58	1,81	"	8,75	0,94	0,30	CoO=	6,20	15,60	
	31	Голубой	60,40	2,49	0,82	0,17	9,10	1,06	0,48	Cu=	7,80	16,33	
	32	Лиловый с вишневым оттенком	62,18	0,83	1,28	0,21	8,56	4,86	PbO=	1,55	4,82	15,80	
	33	Желтоватый	63,90	1,83	1,00	0,17	8,60	3,82	0,55	0,43	0,41	4,80	14,90
	34	Зеленоватый	60,37	2,28	0,93	0,12	7,85	4,93	0,28	0,37	5,34	16,23	
	35	Синий	63,12	3,38	1,30	0,22	6,09	4,73	0,02	0,52	3,00	15,81	
	36	Синеватый	60,84	4,42	1,03	0,10	8,92	3,97	—	2,94	3,42	15,02	
	37	Бесцветный с голубовато-зеленым оттенком	65,12	2,70	0,80	Не опр.	7,13	4,50	0,42	0,19	3,91	15,24	
	38	Светло-зеленый	63,69	2,35	0,80	"	7,75	4,80	0,36	1,09	4,10	14,95	
	39	Светло-фиолетовый	64,43	2,08	0,40	"	7,33	5,22	0,37	1,67	2,88	15,53	
40	Голубовато-зеленый	64,51	2,47	1,15	"	8,00	4,60	0,60	0,32	3,78	14,58		
41	Бесцветный	65,39	2,56	0,80	"	7,20	4,02	0,71	1,11	3,83	14,31		

Примечание. Анализы №№ 35, 36 относятся к стеклам IX—XII вв., остальные—к IX в.

1	2	3	4	15	
Южный Таджи- кистан	Хульбук (X—XII вв.)	20	Светло-зеленый	—	
		21	Светло-желто- вато-зеленый	—	
		22	Черный	—	
		23	Бесцветный	—	
Самар- канд	Афрасиаб (X—XI вв.)	24	Светло-зеленый	—	
		25	Синеватый	0,96	
		26	Зеленоватый	1,82	
		27	"	2,0	
		28	Синеватый с зеленоватым оттенком	0,57	
		29	Бесцветный	0,21	
		30	Синий	0,20	
		31	Голубой	0,22	
		32	Лиловый с вишневым оттенком	0,10	
		33	Желтоватый	SbO=0,50	
		34	Зеленоватый	1,21	
		Кулдор-Тера (IX— XII вв.)	35	Синий	1,36
			36	Синеватый	—
			37	Бесцветный с голубовато- зеленым от- тенком	—
38	Светло-зеленый		—		
39	Светло-фиоле- товый		—		
40	Голубовато-зе- леный		CoO= =0,17		
41	Бесцветный		—		



1	2	3	4	25	26
Южный Таджики- стан	Хульбук (X—XII вв.)	20	Светло-зеленый	—	—
		21	Светло-желто- вато-зеленый	—	—
		22	Черный	—	—
		23	Бесцветный	—	—
		24	Светло-зеленый	—	—
Самар- канд	Афрасиаб (X—XI вв.)	25	Синеватый	0,001	—
		26	Зеленоватый	—	—
		27	"	—	—
		28	Синеватый с зеленоватым оттенком	—	—
		29	Бесцветный	—	—
		30	Синий	—	—
		31	Голубой	—	—
	32	Лиловый с вишневым оттенком	—	—	
	33	Желтоватый	—	—	
	34	Зеленоватый	—	—	
	35	Синий	0,01	—	
	Кулдор-Тепа (IX— XII в.)	36	Синеватый	0,01 —0,1	0,001
37		Бесцветный с голубовато-зе- ленным оттен- ком	—	—	
38		Светло-зеленый	—	—	
39		Светло-фиоле- товый	—	—	
40		Голубовато-зе- леный	—	—	
		41	Бесцветный	—	—





1	2	3	4	15
Бухарский оазис	Варахша (XI в.)	42	Бесцветный с зеленоватым оттенком	2,60
		43	Бесцветный с фиолетовым оттенком	1,19
		44	Зеленый с синеватым оттенком	0,97
		45	Бесцветный	0,60
	Кзыл-Кыр	46	Зеленоватый с синим оттенком	1,62
		47	Зеленый	—
		48	Бесцветный с желтоватым оттенком	0,94
		49	Зеленоватый с синим оттенком	2,38
	Пайкенд (X—XI вв.)	50	"	1,24
		51	Зеленоватый	1,34
		52	Зеленоватый с синеватым оттенком	2,42
		53	"	2,39
		54	Темно-зеленый	$P_2O_5=0,42$ 0,66





1	2	3	4	25
Бухарский оазис	Варахша (XI в.)	42	Бесцветный с зеленоватым оттенком	—
		43	Бесцветный с фиолетовым оттенком	—
		44	Зеленый с синеватым оттенком	—
		45	Бесцветный	—
		46	Кзыл-Кыр	Зеленоватый с синим оттенком
	47	Зеленый		—
	48	Бесцветный с желтоватым оттенком		—
	49	Пайкенд (X—XI вв.)		Зеленоватый с синим оттенком
	50		"	—
	51		Зеленоватый	0,001
	52		Зеленоватый с синеватым оттенком	—0,01
	53		"	0,001
	54		Темно-зеленый	—



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Ташкент- ский оазис	Тункат (вторая половина X в — XI в.)	55	Желтый с зеленоватым оттенком	58,39	5,05	2,28	0,17	7,50	8,69	—	He опр.	2,78	14,12	
		56	Синеватый	56,67	6,35	1,14	0,11	6,70	6,45	—	He опр.	2,94	15,02	
		57	Синеватый с зеленоватым оттенком	59,24	3,85	1,05	0,14	7,80	6,41	0,01	0,07	3,32	14,37	
		58	Бесцветный с зеленоватым оттенком	54,08	6,18	2,00	0,28	10,63	8,40	0,01	0,16	3,43	13,39	
		59	Синеватый	55,38	4,80	1,68	0,24	9,60	9,06	0,01	0,09	3,11	14,37	
		60	Зеленоватый	60,85	4,07	0,88	0,12	9,90	4,49	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,40	0,14	4,67	13,74	
		61	Голубой	60,76	3,70	0,80	0,15	8,14	3,46	0,34	1,62	5,23	15,80	
		62	Синеватый	60,62	4,47	0,98	0,15	7,93	3,61	—	0,08	4,80	16,15	
		63	Зеленоватый	59,26	6,04	0,58	BaO = 1,08	8,52	4,33	1,55	0,84	3,98	12,95	
		64	Зеленый	60,56	3,49	1,54	0,18	7,80	5,94	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,43	0,73	5,83	12,82	
		65	Зеленоватый с желтоват. отт.	58,57	6,10	1,39	0,16	6,72	6,40	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,60	0,39	5,74	12,44	
		66	"	59,43	4,40	1,24	0,16	8,36	5,36	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,60	1,33	5,83	12,85	
		67	Желтоватый	58,52	7,15	1,35	0,21	7,20	5,36	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,49	1,33	5,64	12,20	
		68	Зеленоватый с желтоватым оттенком	57,93	5,33	1,68	0,19	7,75	5,66	0,78	0,97	4,02	15,74	
		Аблык (X — нач. XI вв.)	69	Зеленоватый	59,87	3,50	1,00	0,20	11,04	4,70	0,34	0,67	3,52	13,95
			70	Зеленый	55,94	5,28	1,50	0,32	9,20	4,70	0,38	1,82	3,73	16,32
			71	Голубой	60,53	4,74	1,00	0,11	7,08	3,70	0,16	0,38	4,70	16,60
			72	Зеленый	57,83	4,17	1,25	0,21	9,03	4,32	0,30	1,13	3,84	16,53

1	2	3	4	15		
Ташкентский оазис	Тункат (вторая половина X в—XI в.)	55	Желтый с зеленоватым оттенком	1,48		
		56	Синеватый	4,24		
		57	Синеватый с зеленоватым оттенком	2,74		
		58	Бесцветный с зеленоватым оттенком	1,35		
		59	Синеватый	1,66		
		60	Зеленоватый	0,54		
		61	Голубой	0,89		
		62	Синеватый	0,82		
		63	Зеленоватый	0,41		
		64	Зеленый	0,74		
		65	Зеленоватый с желтоватым оттенком	1,22		
		66	"	0,56		
		67	Желтоватый	0,64		
		68	Зеленоватый с желтоватым оттенком	0,27		
			Аблык (X—нач. XI вв.)	69	Зеленоватый	0,78
				70	Зеленый	0,80
				71	Голубой	0,78
				72	Зеленый	0,97



1	2	3	4	25	
Ташкент-ский оазис	Тункат (вторая половина X в— XI в.)	55	Желтый с зеленоватым оттенком	—	
		56	Синеватый	—	
		57	Синеватый с зеленоватым оттенком	—	
		58	Бесцветный с зеленоватым оттенком	—	
		59	Синеватый	—	
		60	Зеленоватый	—	
		61	Голубой	—	
		62	Синеватый	—	
		63	Зеленоватый	—	
		64	Зеленый	0,001	
		65	Зеленоватый с желтоватым оттенком	—	
		66	.	—	
		67	Желтоватый	—	
		68	Зеленоватый с желтоватым оттенком	—	
		69	Аблык (X— нач. XI вв.)	Зеленоватый	—
		70		Зеленый	—
		71		Голубой	—
72	Зеленый	—			





1	2	3	4	5	6	
Фергана	Ташкент (XII в.)	73	Черный	59,88	4,10	
		74	Зеленоватый	62,44	3,77	
		75	"	62,47	6,18	
	Ахсикет (X—XII вв.)	76	Зеленоватый	65,30	5,43	
		77	Бесцветный с зеленоватым оттенком	61,37	3,64	
		78	Зеленоватый с коричневым оттенком	64,05	2,59	
		79	„Шлак“ зелено- ватого цвета	59,10	6,65	
		80	Бесцветный с зеленоватым оттенком	61,76	2,38	
		81	"	65,64	3,93	
		82	Синий	62,58	2,70	
		83	Зеленоватый с желтым от- тенком	60,75	5,00	
		84	Голубой с зе- леноватым от- тенком	59,00	6,85	
		85	Темно-зеленый	60,95	5,78	
		Кува (X— XII вв.)	86	Черный	56,62	5,34
			87	Бесцветный с желтоватым оттенком	56,96	4,11

Продолж. табл. 6

7	8	9	10	11	12	13	14
1,30	0,20	9,63	3,70	0,16	0,03	3,53	17,10
0,90	0,16	7,22	3,75	0,42	0,20	3,20	17,10
1,25	0,07	3,56	4,57	0,27	1,49	4,22	16,28
1,14	0,13	5,40	4,53	—	He опр.	3,04	14,65
0,66	0,10	6,00	7,00	0,01	—	3,66	15,02
1,25	0,10	7,00	7,39	—	0,84	3,13	12,42
1,92	0,15	7,40	5,61	0,01	0,64	1,04	16,00
1,10	0,16	9,81	3,95	—	1,06	4,30	13,62
0,90	0,12	3,92	3,11	—	0,17	2,24	17,84
1,35	0,10	8,39	3,37	—	2,83	2,97	16,14
0,48	Следы $P_2O_5 =$ 0,10	6,00	5,99	1,75 BaO = 0,79	1,00	1,58	15,83
5,40	0,33	13,70	3,21	0,25	7,92	1,35	0,28
6,10	0,30	2,02	1,00	0,14	22,67	0,60	0,16
1,39	$P_2O_5 =$ 0,04 0,07	9,49	4,49	0,75 —	2,81	2,26	18,01
1,15	0,10	9,00	3,56	—	3,58	2,63	19,03

1	2	3	4	15
Ташкент- ский оа- зис	Ташкент (XII в.)	73	Черный	—
		74	Зеленоватый	0,48
Фергана	Ахсикет (X—XII вв.)	75	"	—
		76	Зеленоватый	—
		77	Бесцветный с зеленоватым оттенком	2,44
		78	Зеленоватый с коричневым оттенком	1,30
		79	"Шлак" зелено- ватого цвета	1,54
		80	Бесцветный с зеленоватым оттенком	1,28
		81	"	1,66
		82	Синий	CaO=1,12
		83	Зеленоватый с желтым от- тенком	0,41
		84	Голубой с зе- леноватым оттенком	H <sub>2</sub> O <sub>гигр.</sub> = 0,10 0,94
		85	Темно-зеленый	H <sub>2</sub> O <sub>гигр.</sub> = 0,16
	Кува (X—XII вв.)	86	Черный	—
		87	Бесцветный с желтоватым оттенком	—

Продолж. табл. 6

16	17	18	19	20	21	22	23	24
99,63	—	—	—	—	—	—	—	—
99,61	Следы	—	0,001	0,001	0,001	Следы	0,001 —0,01	Не опр.
100,36	—	—	—	—	—	—	—	—
99,66	—	—	—	—	—	—	—	—
99,90	—	—	—	—	—	—	—	—
100,07	—	—	—	—	—	—	—	—
100,06	—	—	—	—	—	—	—	—
99,87	0,001	0,003	0,003	—	0,003	0,001	0,01	0,01
99,52	0,001	—	0,001	—	0,001	—	0,001 —0,01	—
100,43	0,001	0,001	0,1—1	0,001	0,001	0,001	0,001 —0,01	0,01
99,91	—	—	—	—	—	—	—	—
100,22	—	0,001	0,001	—	0,02	<0,001	0,02	—
100,67	0,001	—	0,001	—	0,02	0,001	0,02	0,001 —0,01
100,48	0,001	0,001	0,001	0,001 —0,01	0,001	Следы	0,01	—
100,12	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001 —0,01	—0,01

1	2	3	4	25	26
Ташкент- ский оа- зис	Ташкент (XII в.)	73	Черный	—	—
		74	Зеленоватый	0,001	р
		75	"	—	следы
Фергана	Ахсикет (X—XII вв.)	76	Зеленоватый	—	—
		77	Бесцветный с зеленоватым оттенком	—	—
		78	Зеленоватый с коричневым оттенком	—	—
		79	„Шлак“ зеле- новатого цвета	—	—
		80	Бесцветный с зеленоватым оттенком	0,01 —0,1	—
		81	"	—	—
		82	Синий	0,1	0,001
		83	Зеленоватый с желтым от- тенком	—	—
		84	Голубой с зе- леноватым оттенком	—	—
		85	Темно-зеленый	0,001- —0,01	—
	Кува (X— XII вв.)	86	Черный	0,001	0,001
		87	Бесцветный с желтоватым оттенком	0,001— 0,01	0,001

Продолж. табл. 6

27	28	29	30	31	32	33	34
—	0,001	0,01	0,01	—	—	—	—
—	—	—	—0,1	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,001	0,001	0,03	—	—	—	—
—	0,001	0,1	0,01	—	—	—	—
0,001	0,01	0,01	0,01	0,001	0,1	—	0,001
—	—	—	—0,1	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,1—1	<0,001	—	0,002	—
—	—	—	0,1—1	<0,001	—	0,002	—
0,001	0,001	0,01	0,01	—	0,1	—	0,001
—	—	—	—0,1	—	—	—	—
0,001	0,001	0,01	0,01—0,1	—	0,1	—	0,001

1	2	3	4	5	6
		88	Черный	66,00	2,61
		89	Бесцветный с зеленоватым оттенком	67,61	3,45
		90	Темно-зеленый	65,77	2,97
		91	Светло-зеленый	67,14	2,62
		92	Черный	66,58	2,76
		93	Зеленый	69,30	2,75
		94	Зеленый	66,42	2,78
		95	Светло-зеленый	66,95	3,12
		96	Светло-желтый	67,30	3,14
		97	Бледно-лило- вый	68,59	3,02
		98	Голубоватый с зеленоватым оттенком	67,70	3,25
		99	Черный	66,02	2,59
		100	Мутно-зеленый	66,13	2,91
		101	Желтый	58,48	6,90
		102	Бесцветный	61,91	2,81
		103	Бесцветный с зеленоватым оттенком	64,01	3,70
		104	Бесцветный	63,89	2,39
		105	Светло-желтый	69,45	2,32
		106	Бесцветный с зеленоватым оттенком	65,38	2,52
		107	Зеленый	67,56	1,09
		108	Светло-зеленый	63,47	4,81
	Андижан (X—XII вв.)	109	Зеленоватый с желтоватым оттенком	55,76	6,63
		110	Зеленоватый	56,70	9,02

7	8	9	10	11	12	13	14
2,10	He опр.	7,78	5,78	0,56	Her	15,28	0,13
0,77	"	8,03	3,20	0,17	Her	16,43	0,45
1,75	"	7,17	5,87	0,19	Her	16,41	0,12 и
2,20	"	5,30	5,67	0,58	1,26	16,29	0,22
1,55	"	6,68	6,02	0,60	0,24	0,42	15,26
2,22	"	5,80	4,07	0,63	Her	7,98	7,60
2,35	"	6,88	5,68	0,18	0,27	7,45	7,99
2,18	"	6,86	4,47	0,16	0,46	8,37	7,24
1,53	"	6,61	4,70	0,22	0,85	8,59	7,40
0,93	"	6,02	3,92	0,21	0,26	8,85	7,12
1,75	"	6,71	3,32	0,13	0,55	6,87	9,97
1,48	"	7,90	4,72	0,61	0,42	5,80	10,44
1,18	"	7,02	5,62	0,17	0,52	5,64	10,84
0,92	0,20	4,57	3,26	Her	1,50	4,83	11,72
0,54	0,10	6,37	4,05	Her	0,36	3,02	19,08
1,26	0,09	5,58	3,85	Her	3,06	3,89	18,30
0,60	0,09	6,03	3,13	0,61	0,55	2,25	16,57
0,40	He опр.	4,73	1,62	0,77	2,47	4,45	17,25
0,30	"	6,25	3,50	0,96	1,97	1,10	16,88
0,21	"	5,87	2,83	0,80	1,01	3,26	15,55
0,67	"	5,32	3,48	0,59	1,33	2,82	17,54
1,43	0,14	6,50	8,57	0,01	He опр.	2,93	16,97
2,18	0,20	5,80	7,68	0,01	He опр.	1,93	17,14
						2,12	14,72



1	2	3	4	15
		88	Черный	—
		89	Бесцветный с зеленоватым оттенком	—
		90	Темно-зеленый	—
		91	Светло-зеленый	—
		92	Черный	—
		93	Зеленый	—
		94	Зеленый	—
		95	Светло-зеленый	—
		96	Светло-желтый	—
		97	Бледно-лило- вый	—
		98	Голубоватый с зеленоватым оттенком	CuO= 0,24
		99	Черный	—
		100	Мутно-зеленый	—
		101	Желтый	1,71
		102	Бесцветный	1,49
		103	Бесцветный с зеленоватым оттенком	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 0,32
		104	Бесцветный	1,36
		105	Светло-желтый	—
		106	Бесцветный с зеленоватым оттенком	—
		107	Зеленый	—
		108	Светло-зеленый	—
	Андижан (X—XII вв.)	109	Зеленоватый с желтоватым оттенком	1,82
		110	Зеленоватый	1,82



1	2	3	4	25	26
		88	Черный	—	—
		89	Бесцветный с зеленоватым оттенком	—	—
		90	Темно-зеленый	—	—
		91	Светло-зеленый	—	—
		92	Черный	—	—
		93	Зеленый	—	—
		94	Зеленый	—	—
		95	Светло-зеленый	—	—
		96	Светло-желтый	—	—
		97	Бледно-лило- вый	—	—
		98	Голубоватый с зеленоватым оттенком	—	—
		99	Черный	—	—
		100	Мутно-зеленый	—	—
		101	Желтый	—	—
		102	Бесцветный	—	—
		103	Бесцветный с зеленоватым оттенком	0,01	0,001
		104	Бесцветный	0,001	—
		105	Светло-желтый	—	—
		106	Бесцветный с зеленоватым оттенком	—	—
		107	Зеленый	—	—
		108	Светло-зеленый	—	—
	Андижан (X—XII вв.)	109	Зеленоватый с желтоватым оттенком	—	—
		110	Зеленоватый	—	—



1	2	3	4	5	6
Фергана	Андижан (X—XII вв.)	111	Шлак синеватый	56,30	11,68
		112	Зеленый	64,64	4,17
		113	Зеленоватый	62,56	4,40
		114	Желтоватый	63,37	4,39
		115	Бесцветный с зеленоватым оттенком	63,28	2,39
		116	Зеленоватый	63,93	3,27
		117	Зеленоватый с желтым от- тенком	59,10	5,73
	Риштан (X в.)	118	Зеленоватый	64,86	4,47

Продолж. табл. 6

7	8	9	10	11	12	13	14
1,47	0,15	6,30	7,60	0,01	Следы	1,91	12,96
2,00	0,20	17,44	2,21	—	0,36	2,17	5,48
1,28	0,20	5,43	3,66	—	1,37	1,73	18,25
1,25	0,19	5,40	4,66	—	0,81	1,90	16,12
0,56	0,10	6,25	3,91	—	0,57	4,79	16,00
1,11	0,15	5,65	4,22	—	0,93	2,11	16,37
1,41	0,12	8,40	4,80	$P_2O_5$ — 0,69	2,27	3,37	13,74
1,20	0,18	6,70	4,98	$P_2O_5$ — 0,25	0,89	1,22	14,61

1	2	3	4	15
	Андижан (X—XII вв.)	111	Шлак синеватый	1,94
		112	Зеленый	0,94
		113	Зеленоватый	1,28
		114	Желтоватый	1,49
		115	Бесцветный с зеленоватым оттенком	1,81
		116	Зеленоватый	1,78
		117	Зеленоватый с желтым от- тенком	0,42
	Риштан (X в.)	118	Зеленоватый	0,50





1	2	3	4	25
	Андижан (X—XII вв.)	111	Шлак синеватый	—
		112	Зеленый	0,001
		113	Зеленоватый	—0,01
		114	Желтоватый	0,001
		115	Бесцветный с зеленоватым оттенком	—
		116	Зеленоватый	—
		117	Зеленоватый с желтым оттенком	—
	Риштан (X в.)	118	Зеленоватый	—



Историко-географическая область	Археологический пункт находки стекла	№ п.п.	Цвет стекла				
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
Хорезм	Урочище Куюсай (XII—XIII вв.)	119	Светло-зеленый	68,37	2,18	0,87	Не опр.
	Бугор	120	Бесцветный	68,62	2,02	1,17	"
	Таке-Сенгир (XII—XIII вв.)	121	Светло-зеленый	68,41	2,08	1,82	"
		122	"	68,51	2,06	1,00	"
	Шах-Сенем (нач. XIII в.)	123	"	68,28	1,40	1,02	"
Южный Казахстан	Тараз (XI нач. XIII вв.)	124	Бесцветный с фиолетовым оттенком	62,44	3,78	0,16	—
		125	Зеленоватый	60,33	2,56	0,68	0,09
		126	Бесцветный с зеленоватым оттенком	61,18	2,52	0,74	0,09
		127	Зеленоватый	63,00	3,00	1,03	0,09

Т а б л и ц а б а

## Химический анализ

CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	П.п.п.	Сумма компо- нентов
6,90	5,02	0,22	0,10	3,84	12,70	—	100,20
7,00	4,85	0,21	0,08	3,86	12,55	—	100,36
6,58	4,72	0,06	0,09	3,84	12,57	—	100,17
6,30	5,27	0,16	0,08	4,14	12,62	—	100,14
7,00	4,35	0,18	0,07	4,03	13,81	—	100,14
8,10	6,19	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,30	0,51	4,48	13,47	0,60	100,03
8,30	7,57	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,43	0,04	5,11	13,60	0,86	99,57
8,40	7,21	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,35	0,78	5,06	12,93	0,76	100,02
7,00	4,67	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 0,28	1,00	4,87	14,48	0,64	100,06

Средние значения компонентов в среднеазиатских стеклах

Оксид	Долина Зарафшана	Южная Туркмения			Южный Таджикистан	Самарканд		Бухарский оазис			Ташкентский оазис		
	Пенджикент (начало VIII в.)	Хауз-Хан Кала (XI—XII вв.)	Новая Ниса (XII—XIII вв.)	Мерв (XII—XIII вв.)	Хульбук (XI—XII вв.)	Афрасиаб (X—XI вв.)	Кулдор-Тепа (IX—XII вв.)	Варахша (XI в.)	Кзыл-Кыр	Пайкент (X—XI вв.)	Тункент (2-я половина X в.)	Абляк (X—начало XI в.)	Ташкент (XII в.)
SiO <sub>2</sub>	64,22	61,30	64,05	61,98	67,47	62,28	63,87	60,33	57,43	59,91	58,58	58,54	61,59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,39	4,57	6,84	3,44	1,48	2,85	2,85	4,02	5,91	4,33	5,07	4,42	4,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,10	0,76	0,65	0,97	0,83	0,90	0,90	0,70	1,24	1,14	1,33	1,19	1,15
TiO <sub>2</sub>	0,06	нет	0,13	0,11	—	0,09	0,05	0,02	0,11	0,11	0,16	0,21	0,14
CaO	8,60	5,64	3,26	8,38	7,52	8,18	7,49	7,27	8,91	8,36	8,18	9,09	6,80
MgO	4,25	3,34	3,21	4,41	4,85	4,22	4,55	5,45	6,01	5,47	5,97	4,35	4,00
SO <sub>3</sub>	0,10	не опр.	0,41	0,21	0,06	0,43	0,83	1,16	0,01	0,01	0,19	0,29	0,28
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,15	0,14	0,42	2,13	0,56	0,30	1,12	1,98	0,80	0,21	0,56	1,00	0,57
K <sub>2</sub> O	3,02	4,87	3,14	3,57	2,42	4,59	3,56	4,98	4,22	4,02	4,38	3,95	3,65
Na <sub>2</sub> O	14,93	18,92	17,72	14,13	14,89	15,33	15,07	12,76	14,31	14,46	14,00	15,85	16,83
Сумма щелочей	17,95	23,79	20,86	17,70	17,31	19,92	18,63	17,74	18,53	18,48	18,38	19,80	20,48
П. п. п.	0,21	0,41	0,41	0,97	—	0,73	0,19	1,34	0,85	1,95	1,32	0,83	0,16
К-во анализов	8	1	3	7	5	10	7	4	3	5	14	4	3

Окисел	Фергана			
	Ахсикет (X-XII вв.)	Кува (X-XII вв.)	Узген (XI-XIII вв.)	Анджан (X-XII вв.)
SiO <sub>2</sub>	62,57	65,67	64,27	60,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,09	3,16	3,32	5,94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,10	1,63	0,61	1,34
TiO <sub>2</sub>	0,11	—	0,12	0,16
CaO	6,74	7,15	5,59	7,47
MgO	5,12	4,74	3,21	5,65
SO <sub>3</sub>	0,22	0,29	0,47	—
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,82	0,75	1,54	1,19
K <sub>2</sub> O	2,74	7,85	2,96	2,48
Na <sub>2</sub> O	15,17	8,89	17,27	15,66
Сумма щелочей	17,93	16,74	20,23	18,14
П. п. п.	1,08	—	0,57	1,54
К-во анализов	8	15	8	8

\* Не включены анализы № 54 из Пайкенда, по своему химическому составу резко отличаются

Продолжение табл. 7

Риштан (X в.)	Хорезм (XII—XIII вв.)			Южный Казяхстан	Средние значения
	Куюсай (XI—XIII вв.)	Таше-Сен- гир (XII— XIII вв.)	Шах-Се- нем (нача- ло XIII в.)	Тараз (XI—нач. XIII вв.)	(Обобщающий состав) средне-азиат- ских стекол
64,86	68,37	68,51	68,28	61,74	62,29
4,47	2,18	2,05	1,40	2,96	3,99
1,20	0,87	1,33	1,02	0,65	1,00
0,18	0,87	—	—	0,07	0,10
6,70	6,90	6,62	7,00	7,95	7,31
4,98	5,02	4,95	4,35	6,41	4,75
—	0,22	0,14	0,18	0,34	0,27
0,89	0,10	0,08	0,07	0,58	0,84
1,22	3,84	3,92	4,03	4,83	3,61
14,61	12,70	12,58	13,81	13,62	15,17
15,83	16,54	16,50	17,84	18,50	18,78
0,50	—	—	—	0,71	0,72
1	1	3	1	4	108*

№ 112 из Андижана, №№ 84—85 из Ахсикета и Кувы, которые  
ся от остальных стекол Средней Азии.

кабливающимся налетом, образовавшимся в результате выветривания.

121. Фрагмент дна сосуда с поверхности шурфа на центральном бугре в Таке-Сенгир (раскопки 1956 г.). Стекло светло-зеленое, в тонком слое бесцветное. На поверхности выветрившийся слой.

122. Фрагмент дна сосуда светло-зеленого цвета со следами набеля. Найден на поверхности шурфа в центральном бугре в Таке-Сенгир при раскопках 1946 г.

#### **Шах-Сенем**

123. Вогнутое дно сосуда со следами набеля. Стекло прозрачное, чистое, хорошо проплавленное, бесцветное, в толстом слое светло-зеленое. Образец из завала в Шах-Сенеме, найденный при раскопках 1952 г. в юго-западном углу мечети на глубине 1,2 м. Датируется первой четвертью XIII в.

#### **Тараз**

124. Дно сосуда из бесцветного пузыристого стекла с фиолетовым оттенком. Стенки очень тонкие. Есть следы набеля. Покрыто слоем иризации.

125. Дно сосуда из зеленоватого пузыристого стекла, сильно разрушенного и покрытого толстым слоем белой патины. На дне — следы набеля.

126. Дно сосуда из бесцветного пузыристого стекла с зеленоватым оттенком. Стенки очень тонкие, покрыты серым налетом. Видны следы набеля.

127. Дно сосуда из зеленоватого пузыристого стекла, с иризированной поверхностью и со следами набеля.

---



### Глава III

## ХИМИЧЕСКИЕ И СПЕКТРОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДНЕАЗИАТСКИХ СТЕКОЛ

### Химические характеристики

#### Пенджикент

Стекла из Пенджикента — наиболее ранние среди исследованных образцов. По анализам они сходны с другими, более поздними стеклами Средней Азии. Некоторое различие наблюдается в количественном содержании компонентов. Так, анализы №№ 1, 4, 6, 7 в отличие от остальных пенджикентских показали небольшое содержание глинозема (1,16—1,70%). Такое же количество последнего найдено в хульбукских (0,97—1,84%) и отдельных стеклах Афрасиаба (№№ 29, 31, 32), Узгена (№ 107) и Хорезма (№№ 119—123).

В двух стеклах Пенджикента (№№ 3—4) отмечено сравнительно высокое содержание окиси марганца (3,30—4,08%), в этом отношении они сходны с некоторыми стеклами Мерва (№№ 17—18), Кувы (№ 87) и Узгена (№ 103). Подробно о марганце в средневековых стеклах — далее.

Средние значения компонентов (табл. 7) в пенджикентских стеклах наиболее близки к таковым для стекол Кулдор-Тепе.

#### Хауз-Хан-Кала

Химико-технологическое исследование стекла из Хауз-Хан-Калы было выполнено впервые. Был сделан анализ одного стекла, показывающий, что оно по составу сходно с другими стеклами Южной Туркмении и Средней Азии в целом. По высокому содержанию щелочей (23,79%) оно более близко к стеклам Новой Нисы (№№ 10—12), Афрасиаба (№ 27, 31) и Узгена (№№ 101—102).

#### Новая Ниса

Исследовано три образца. В двух анализах (№№ 10—11), отмечено высокое содержание глинозема и, следовательно, повышенное количество тугоплавких компонентов, достигающее

вместе с кремнеземом до 73%. В связи с этим замечается в них и большее количество щелочей. Два анализа выделяются также сравнительно малым содержанием окиси кальция. Если основываться на трех анализах, можно считать, что для стекол Новой Нисы характерно повышенное содержание глинозема и щелочей и пониженное — окиси кальция.

### **Мерв**

Сделано 7 анализов. В частности, было подвергнуто анализу недоваренное стекло — «шлак». Мервские стекла по качественному составу сходны с другими среднеазиатскими стеклами, но отличаются от многих из них иным количественным соотношением компонентов. Три образца (№17—19) выделяются повышенным содержанием окиси марганца. Средние значения компонентов мервских стекол наиболее близки к афрасиабским. Образец из Мерва № 16 очень похож по анализу на афрасиабское стекло № 25. Некоторое различие у них замечается только по глинозему. Такое же сходство наблюдается между отдельными анализами стекол из Мерва (№18) и Кулдор-Тепе (№36). В других анализах такого подобия однако не наблюдается.

Несмотря на территориальную близость городища Мерв и Новой Нисы их стекла по составу отличаются друг от друга.

Сходство химического состава «шлака» с составами стекол Мерва наряду с археологическими находками подкрепляет предположение о существовании в Мерве местного стекольного производства<sup>1</sup>.

### **Хульбун**

Стекла из Хульбука, судя по 5 анализам, сходны с другими стеклами Средней Азии, отличаясь от них повышенным содержанием кремнезема и пониженным — глинозема. По средним значениям компонентов они ближе к хорезмским стеклам.

### **Афрасиаб**

Афрасиабским стеклам посвящено много описаний, но всего 10 образцов были подвергнуты химическим анализам, из них 5 анализов (№№ 30 — 34), как упоминалось ранее,

<sup>1</sup> А. А. Абдуразаков. Химико-технологическое исследование средневековых стекол Средней Азии, в сб. «Физико-химические и технологические исследования минерального сырья», Ташкент, Изд-во «Наука». 1965. стр. 69—78.

опубликованы в диссертации М. Амиджановой, остальные 5 принадлежат авторам.

Стекла Афрасиаба очень разнообразны по своему составу. Одни из них (№№ 29, 32) отличаются пониженным содержанием глинозема (0,83 — 1,08%), другие (№№ 30 — 31) — окиси магния (0,94 — 1,08%). Последние анализы показали также и наличие красителей — окисей кобальта и меди. Кроме них анализ № 32 показал присутствие небольшого количества окиси свинца (0,43%). В анализах №№ 27, 30, 31, 32, 34 отмечено повышенное содержание щелочей (20, 62 — 24, 13%) за счет увеличения количества окиси калия (4,82 — 7,80%), в то время как содержание окиси натрия остается на том же уровне, что и у других среднеазиатских стекол. Средние значения компонентов афрасиабских стекол более близки к образцам из Кулдор-Тепе.

Наличие стекол неоднородных составов и находки стеклоделательной мастерской свидетельствуют о существовании в Афрасиабе развитого производства стекла.

### **Кулдор-Тепе**

Приводятся анализы семи образцов, из которых — два (№№ 35—36) относятся к IX—XII вв., остальные к IX в. Все анализы весьма сходны между собой.

### **Бухарский оазис**

Приведенные анализы позволяют сказать, что стекла памятников Бухарского оазиса в основном того же типа, что и стекла других районов Средней Азии, но отличаются от них количественным содержанием компонентов. В двух образцах (из Кызыл-Кыра — № 47 и Пайкенда — № 54) отмечено пониженное содержание кремнезема (соответственно 55, 43 и 52,50%). Последний анализ из Пайкенда (№ 54), кроме того, показал повышенное содержание окиси кальция (13,30%). Данный образец по количественному содержанию указанных компонентов резко отличается не только от других стекол Пайкенда, но и от всех стекол Средней Азии (поэтому при подсчете средних значений это стекло было исключено).

Поскольку анализированные стекла Кызыл-Кыра являются «подъемными» и не имеют точной датировки, интересно сопоставить их с другими. Оказывается, средние значения их компонентов находятся в пределах значений компонентов других среднеазиатских стекол. По этим данным они ближе к стеклам Пайкенда и Тунката, чем к стеклам Варахши.

Сравнение отдельных анализов стекол Қзыл-Қыра с анализами стекол других памятников показало, что они по составу весьма сходны со стеклами Пайкенда. Так, стекло № 48 по главным компонентам очень близко к стеклу № 53 из Пайкенда.

Таким образом, хотя стекла Қзыл-Қыра «подъемные» и не имеют точной датировки, они сходны по составу с другими средневековыми стеклами Средней Азии.

Если предположить, что стекла в Қзыл-Қыр завозились из соседних районов, то вероятнее всего, из Пайкенда, а не из Варахши.

### **Ташкентский оазис**

Стекла Ташкентского оазиса (Тункат, Аблык, Ташкент) по составу сравнительно близки между собой, хотя и наблюдается некоторое различие в количественном содержании компонентов. По отдельным средним значениям компонентов стекла Ташкентского, Бухарского оазисов (Пайкенда, Қзыл-Қыра) и Ахсикета сходны, но в целом по химическим анализам они различны.

### **Фергана**

Стекла памятников Ферганы также принадлежат к тому же типу, что и другие стекла Средней Азии. Они сходны и между собой, за исключением стекол Кувы.

Стекла Ахсикета по качественному составу такие же, как и другие среднеазиатские стекла. Однако они отличаются друг от друга, как и от стекол других памятников, количественным содержанием составляющих окислов. Кроме фрагментов изделий изучены кусочки неформленного стекла в виде «шлаков», найденные там же, в Ахсикете, вместе с другими обломками. В одном случае (№ 79) стекло приплавлено к куску керамики, а в двух других случаях (№№ 84—85) они находились внутри тиглей в виде недовыработанных слоев. Количественное соотношение компонентов в «шлаке» № 79 почти такое же, как в стекле № 83 того же памятника. «Шлак» и это стекло отличаются от других стекол несколько пониженным содержанием кремнезема (на 1—1,5%) и окиси натрия (на 1—2%). В «шлаке», кроме того, несколько больше глинозема (на 1—1,5%) и окиси железа (на 0,5—0,8%), а другие компоненты находятся в пределах средних значений компонентов иных стекол Ахсикета.

Близкое сходство состава стекла и «шлака» доказывает существование в Ахсикете местного стеклоделия.

Как уже упоминалось, анализы № 84 и № 85 относятся к слоям стекла в стекловаренных тиглях. После окончания варки стеклянный расплав не был полностью выработан и остался на дне. В образце № 85 почти нет щелочей ( $K_2O + Na_2O = 0,76\%$ ), но содержится много  $Mn_2O_3$  (22,67%), он выделяется непрозрачностью и густым темно-зеленым цветом. При очень малом содержании щелочно-земельных окислов ( $CaO + MgO = 3,02\%$ ) в нем много  $Fe_2O_3$  (6,10%) и  $Al_2O_3$  (5,78%).

В образце № 84 найдено больше окиси кальция (13,94%), чем в образце № 85, а содержание щелочей также незначительно (1,63). Кремнезем и глинозем в обоих образцах, а окись магния только в образце № 84 находятся в пределах средних значений этих компонентов в других стеклах Ахсикета и Средней Азии. Среди нескольких сотен древних и средневековых стекол (М. А. Безбородов, 18), в том числе стекол Средней Азии, анализы которых известны, не найдено ни одного, похожего по составу на образцы № 84 и 85. Можно предположить, что ахсикетские стеклоделы варили его не для выработки изделий, а для вытягивания тонких нитей или полосок, которые накладывались в виде рельефных украшений на стеклянные или керамические предметы. На некоторых фрагментах, найденных в Ахсикете, действительно встречаются такие украшения. Возможно, справедлива и другая догадка, что образцы № 84 и 85 представляют собой глазурь, применявшуюся для покрытия гончарных изделий (26). Находки в Ахсикете стекол, сходных по типу с другими среднеазиатскими, «шлака», аналогичного по составу стеклам Ахсикента, а также тиглей с остатками своеобразного стекла, свидетельствуют о существовании здесь развитого стекольного производства. Кроме того, сходство составов ахсикетских стекол со стеклами из других районов Средней Азии, где пока еще не найдены стеклоделательные мастерские, наводит на мысль об отсутствии массового ввоза стеклянных изделий из других стран.

Химические анализы 15 образцов стекол Кувы (№№ 86—100) показывают разные соотношения в них щелочей. По содержанию последних кувинские стекла можно разделить на три группы: 1) смешанные натриево-калиевые (№№ 86, 87, 92—100); 2) калиевые (№№ 88—90); 3) натриевое (№ 91). В стеклах №№ 86 и 87 содержание окиси калия составляет 2,26—2,63%, а окиси натрия 18,01—19,03%. По сравнению с другими стеклами Кувы их сумма относительно высока и равна 20,27—21,66%. Такое соотношение окисей калия и

натрия характерно для большинства стекол Средней Азии. Эти стекла отличаются от других кувинских стекол и содержанием иных компонентов: в них меньше кремнезема (56,62—56,96%), но зато глинозема больше (4,11—5,34%), а такого количества окиси марганца (2,81—3,59%) не содержит ни одно другое стекло Кувы. По этому признаку они наиболее близки к некоторым стеклам Пенджикента (№№ 3—4) и Мерва (№№ 17—18). Остальные 9 смешанных натриево-калиевых стекол Кувы (№№ 92—100) содержат окись натрия (7,12—10,84%) и окись калия (5,64—8,85) почти поровну. Образцы с таким большим содержанием окиси калия встречаются среди афрасиабских (№№ 27, 30—31, 34), в которых она находится в пределах 4,82—7,80%. Во второй группе стекол Кувы — «калиевых» — окиси натрия немного (0,12—0,45%), тогда как окись калия, наоборот, присутствует в большом количестве (15,28—16,43%). Третья группа — натриевые стекла — отличается высоким содержанием окиси натрия (15,26%) и низким — окиси калия (0,42%).

Стекло с таким резко преобладающим количеством калия или натрия не встречалось среди изученных стекол 21 памятника Средней Азии. Содержание иных компонентов в стеклах Кувы почти такое же, как и в других среднеазиатских образцах. Это дает основание предполагать, что они местного производства.

В настоящее время трудно объяснить причину разного содержания щелочей в кувинских стеклах. По-видимому, изменение соотношения калия и натрия вызвано изменением их соотношения в золе, применявшейся для варки стекол, в которой содержание этих компонентов также было переменным. Дальнейшее изучение кувинских и других стекол Средней Азии, а также сырьевых источников стеклоделия позволит более определенно объяснить причины разнообразия в содержании щелочей. Пока же можно отметить, что находки в Куве остатков стеклоделательной мастерской, большой коллекции стеклянных изделий и их фрагментов, а также остатков стекла разных составов свидетельствуют о высоком уровне развития здесь стеклоделия в средние века (4).

В табл. 6 даны химические анализы 8 образцов стекла из Узгена. Ранее, на основе анализов трех образцов (№ 106—108), было высказано мнение, что стекла Узгена относятся к группе натриево-кальциево-кремнеземных, выработанных по античному рецепту, а также отмечено их сходство с индийскими стеклами (18). Позднее, когда были получены новые данные по другим памятникам Средней Азии, выяснилось их сходство со всеми среднеазиатскими стеклами. Новые пять

анализов показали, что последние узгенские образцы содержат повышенное количество глинозема, достигающее в одном из стекол до 6,90%.

Стекла Узгена отличаются от стекол других памятников Ферганы главным образом высоким содержанием щелочей (суммы  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 20,23\%$ ) и пониженным содержанием окиси магния (3,21%) в среднем.

Анализы стекол Андижана (табл. 6) были выполнены впервые: здесь 8 образцов стекла и один — «шлака».

Замечается некоторое сходство узгенских и андижанских стекол. Так, анализ стекла № 103 из Узгена близок к анализу образца № 114 из Андижана, разница между ними в содержании окиси натрия всего 1,25%. Стекло № 108 отличается от № 114 более низким (на 0,85%) содержанием окиси натрия и более высоким — окиси калия (на 1,03%). Стекло № 108 близко по составу к № 116, но отличается от последнего количеством окиси марганца (3,06 и 0,93%) подобно кувинским №№ 86 и 87. Несмотря на различия между узгенскими и андижанскими стеклами, в целом они очень похожи по своему составу. Пока трудно установить причину такого сходства. Возможно, что это результат использования одних и тех же сырьевых материалов, поскольку эти памятники расположены близко друг от друга; по археологическим данным предполагается существование местного стеклоделия как в Узгене<sup>1</sup>, так и в Андижане. Стекла Андижана, в том числе и «шлака», отличаются между собой количественным соотношением компонентов. Анализы № 109, 110 показывают пониженное содержание кремнезема (55,76—56,70%), но повышенное — глинозема (6,63—9,02%) и окиси магния (7,60—8,67%). У остальных стекол, наоборот, повышенное количество кремнезема (62,56—63,93%) и пониженное — глинозема (2,39—4,40%) и окиси магния (3,66—4,66%) по сравнению с первой группой. Промежуточное положение занимает стекло № 117. Эти стекла мало отличаются друг от друга.

Среди андижанских стекол по химическому составу особенно выделяется образец № 112 с очень большим количеством окиси кальция (17,44%) и малым — окиси натрия (5,48%). Остальные компоненты находятся в пределах их средних значений по среднеазиатским стеклам. Среди изученных образцов Средней Азии стекла подобного состава не встречены, поэтому при подсчете средних значений компонентов в стек-

<sup>1</sup> Ю. А. Заднепровский. Археологические работы в Южной Киргизии в 1954 году, Тр. Киргизской археолого-этнографической экспедиции, IV, 1960.

лах Андижана оно было исключено. Подобные стекла с высоким содержанием окиси кальция и пониженным количеством щелочей встречаются среди некоторых средневековых немецких оконных стекол (159). Такие же стекла вырабатываются и в настоящее время<sup>1</sup>. Для сравнения приводим составы некоторых из них:

<i>Оксид</i>	<i>Андижанское (№ 112) X—XII вв.</i>	<i>Немецкая оконная шайба из церкви в Лорш, Гессен, около 800 г. (№ 128)</i>	<i>Современное тар- ное стекло для ручной выработки</i>
SiO <sub>2</sub>	64,64	56,05	61,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,17	4,04	4,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,00	0,23	2,5
TiO <sub>2</sub>	0,20	0,09	—
CaO	17,44	20,63	21,7
MgO	2,21	2,62	3,6
SO <sub>3</sub>	—	0,19	—
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,36	2,44	1,3
K <sub>2</sub> O	2,17	7,34	0,6
Na <sub>2</sub> O	5,48	2,41	4,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	3,80	—

Как видно, андижанское стекло отличается от средневекового немецкого пониженным содержанием кремнезема и преобладанием окиси натрия над окисью калия. В немецком, как и во всех западноевропейских стеклах средневековья, преобладает, напротив, калий над натрием, так как для изготовления их применяли буковую золу, а не золу травянистых растений, которой пользовались среднеазиатские стеклоделы. В золе буковых деревьев, как известно, соли калия всегда преобладают над солями натрия (53).

Андижанское стекло (№ 112) с высоким содержанием окиси кальция и низким — щелочей особо обращает на себя внимание. Как сказано ранее, оно уникально по химическому составу и не похоже ни на одно из всех изученных среднеазиатских стекол. Пока нет данных, позволяющих объяснить столь необычный его состав, поскольку существование импорта из Средней Европы (Рейн?) едва ли можно предполагать.

Остановимся на анализе «шлака» (№ 111). Он по составу очень похож на стекла №№ 109 и 110 того же памятника, но отличается от них более высоким содержанием глинозема (11,68%) и пониженным — окиси натрия (12,96%). По количеству окиси натрия он близок к стеклу № 117. Содержание других компонентов в нем такое же, как во всех стеклах

<sup>1</sup> Справочник по производству стекла, т. I, М., 1963.



Андижана. Эти особенности составов стекол подкрепляют догадку о существовании в Андижане местного производства стекла. Сходство некоторых анализов стекол Андижана с узгенскими уже было отмечено ранее. Андижанские стекла, если их сравнивать по средним значениям компонентов со стеклами других памятников Ферганы, более близки к ахсикетским и отличаются от них сравнительно меньшим содержанием кремнезема (60,12%) и повышенным — других компонентов.

В андижанских стеклах меньше окиси натрия, чем в стеклах других городищ. Семь стекол из девяти (№№ 109—114, 116) имеют от 1,73 до 2,17% окиси калия, при среднем значении 1,84%.

В той же табл. 6 приводится химический анализ одного стекла X в. из Риштана (№ 118). Поскольку это единственный анализ, и, кроме того, причина столь ранней датировки (X век?) неясна, он помещен в таблице после анализов всех памятников Ферганы, хотя это в некоторой степени нарушает хронологический порядок. Количественное содержание компонентов в нем в общем такое же, как и в других стеклах Средней Азии. Некоторое его отличие — сравнительно меньшее содержание окиси калия (1,22%). Стекло из Риштана весьма сходно с андижанским стеклом № 114.

### **Хорезм**

Аналізу подвергались образцы из трех памятников Хорезма: по одному из урочища Куюсай (№ 119), где найдены остатки стекловаренных печей, и из городища Шах-Сенем (№ 120), три — из бугра Таке-Сенгир (№ 121—123). Хотя стекла добыты из трех разных пунктов, они очень близки по химическому составу, в особенности это касается стекла Куюсай и Шах-сенема: создается впечатление, будто это кусочки одного и того же стеклянного изделия. Стекла из Таке-Сенгира по составу близки к первым двум, но в них количественные соотношения компонентов несколько иные. Сходство данных химических анализов позволяет предположить, что стекла Хорезма, найденные в трех разных точках, изготовлены в одной мастерской. Если же они из разных мастерских, то для их изготовления были использованы песок одного месторождения, одинаковая зола и один и тот же рецепт шихты. Средние значения компонентов хорезмских стекол близки, но не тождественны таковым значениям у стекол из других памятников Средней Азии. С некоторыми из последних они однотипны, но отличаются от них количественным содержанием компонентов. В стеклах Хорезма обращает на себя вни-

мание немного более повышенное содержание кремнезема и пониженное — глинозема и окиси натрия. Правда, эти особенности выражены слабо и, может быть, не подтверждаются при дальнейших исследованиях. По средним значениям хорезмские стекла из всех памятников Средней Азии более всего близки к хульбукским.

## Тараз

Стекла из Тараза по составу сходны как между собой, так и с другими среднеазиатскими стеклами.

Наблюдается некоторое подобие составов стекол Тараза (№ 127) и Кулдор-Тепе (№ 39). Количественное содержание компонентов в них почти одинаковое.

Средние значения компонентов в стеклах Тараза ближе к таковым из Афрасиаба, от которых они немного отличаются повышенным содержанием окиси магния (6,41%) и пониженным — окиси натрия (13,62%).

Резюмируя сказанное, можно сделать вывод, что среднеазиатские стекла в целом сходны по химическому составу.

В табл. 8 дана сводка, составленная на основе химических анализов 125 среднеазиатских стекол<sup>1</sup>. Она дает представление о том, какие стекла преобладают по количественному содержанию в них 6 главных компонентов — кремнезема, глинозема, окиси кальция и т. д. в большинстве стекол. Для сравнения приведены сведения о древних и средневековых стеклах с других территорий на основе сводки, опубликованной в монографии (18) «Стеклоделие в древней Руси» (египетские, ассиро-вавилонские, индийские и византийские). В первом вертикальном столбце — уровни содержания кремнезема в процентах, а во втором — число стекол в процентах ко всем 125 изученным образцам, имеющим указанное количество кремнезема. Так, из таблицы видно, что 8% всех стекол содержат кремнезема от 55 до 57% от 65 до 67% — 12,8% и т. д. От 5 до 6% глинозема содержат 8,8% среднеазиатских стекол; но только 3,7% — стекла с других территорий; с 10% и выше глинозема стекол, оказывается, нет. Данные табл. 8 наглядно иллюстрирует рис. 10.

Табл. 9 показывает, какие уровни главных компонентов характерны для стекол Средней Азии. Уровни подразделены условно на три группы для каждого компонента в отдельности. Так, для кремнезема взяты уровни: I—55—59%, II—59—67%, III—67—70%.

<sup>1</sup> Исключены два ахикетских стекла из тиглей (№№ 84 и 85).

Как видно из табл. 9, II группа в процентном отношении преобладает над двумя другими. Следовательно, можно сделать вывод, что для Средней Азии более всего характерны стекла, содержащие количества окислов, соответствующие II группе, т. е. от 59 до 67% SiO<sub>2</sub>; от 2 до 5 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; от 6 до 9 CaO; от 3 до 6 MgO; от 2 до 5 K<sub>2</sub>O и от 12 до 17 Na<sub>2</sub>O.

Т а б л и ц а 8

Распределение среднеазиатских стекол по уровню содержащихся в них главных компонентов (% ко всем анализированным стеклам)

Кремнезем SiO <sub>2</sub>		Уровень, %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		CaO	MgO		K <sub>2</sub> O		Na <sub>2</sub> O
уровень, %	число стекол, %		древние и средневековые	среднеазиатские	среднеазиатские	древние и средневековые	среднеазиатские	древние и средневековые	среднеазиатские	среднеазиатские
До 55	1,6	0	—	—	—	5,8	—	5,1	—	—
55—57	8,0	<1	12,96	1,6	—	26,0	0,8	29,2	0,8	2,4
57—59	7,2	1—2	23,45	9,6	0,8	22,8	1,6	19,7	8,8	—
59—61	21,6	2—3	28,0	30,4	0,8	15,9	2,4	30,7	18,4	—
61—63	17,6	3—4	17,7	19,2	1,6	11,1	24,8	3,6	32,8	—
63—65	11,8	4—5	6,1	19,2	1,6	11,7	31,2	2,9	18,4	—
65—67	12,8	5—6	3,7	8,8	12,0	5,8	22,4	0,7	12	0,8
67—69	10,4	6—7	3,4	6,4	23,2	0,5	8,8	0,7	1,6	—
69—70	4,0	7—8	1,8	1,6	24,0	—	4,8	1,4	2,4	4
—	—	8—9	0,6	0,8	20,0	—	2,4	—	2,4	—
—	—	9—10	1,2	1,6	11,2	—	0,8	—	—	0,8
—	—	10—11	—	—	2,4	—	—	—	—	1,6
—	—	11—12	—	—	0,8	—	—	0,7	—	1,6
—	—	12—13	—	—	—	—	—	0,7	—	12,9
—	—	13—14	—	—	0,8	—	—	—	—	11,2
—	—	14—15	—	—	—	—	—	1,4	—	20,8
—	—	15—16	—	—	—	—	—	0,7	0,8	20,0
—	—	16—17	—	—	—	—	—	—	1,6	12,0
—	—	17—18	—	—	0,8	—	—	—	—	6,4
—	—	18—19	—	—	—	—	—	—	—	4,0
—	—	19—20	—	—	—	—	—	—	—	1,6
—	—	>20	—	—	—	—	—	1,4	—	—
Количество анализов										
—	125	—	162	125	125	187	125	136	125	125

Стекла XV в. из мавзолея Ишратхана в Самарканде, о которых вскользь упоминалось ранее, резко отличаются от всех среднеазиатских стекол VIII—XIII вв., анализы которых были даны в табл. 6. В табл. 10 приведены химические ана-

лизы оконных стекол из мавзолея («М»). В таблице 11 их средний состав сопоставлен с таким же значением стекол

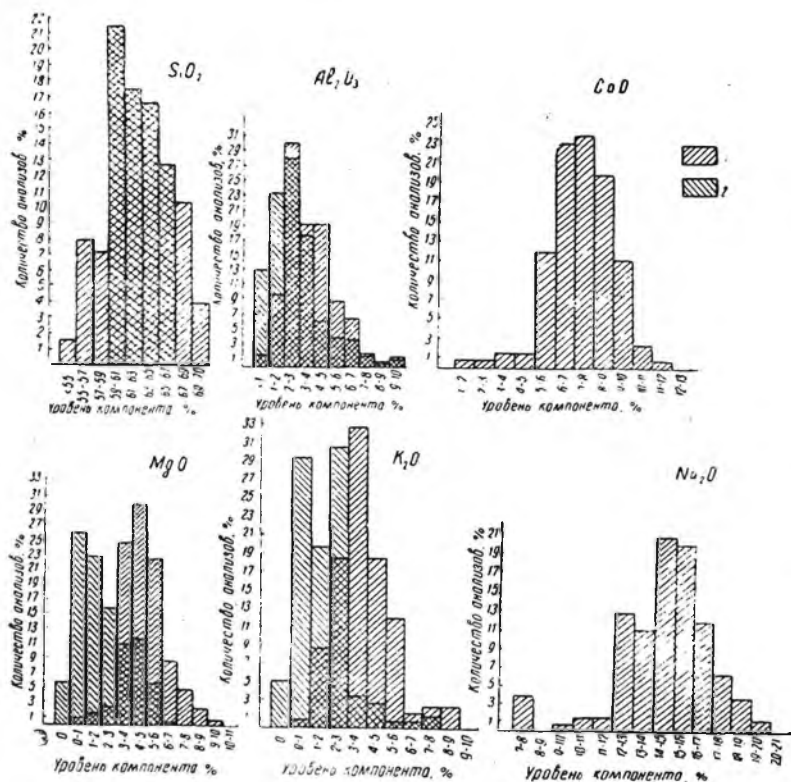


Рис. 10. Распределение средневековых стекол Средней Азии по главным компонентам.

1—уровень соответствующего химического компонента в стеклах Средней Азии VIII—XIII вв.; 2—уровень соответствующего компонента в древних и средневековых стеклах других стран.

Средней Азии домонгольского периода, подсчитанным на основании 123 анализов («С»)¹.

Стекла	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
„М“	60,11	2,09	2,45	5,21	0,35	21,49	Следы
„С“	62,52	3,90	1,04	7,39	4,82	14,65	3,77

¹ Ранее сообщался иной средний состав стекол VIII—XIII вв., подсчитанный на основе имевшихся в то время анализов (6).

Стекла из мавзолея Ишратхана (табл. 10) резко отличаются от других среднеазиатских стекол VIII—XIII вв. Первые содержат значительно больше окиси натрия и заметно

Т а б л и ц а 9

Классификация среднеазиатских стекол по уровню содержащихся в них главных компонентов

Группа	SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		CaO		MgO		K <sub>2</sub> O		Na <sub>2</sub> O	
	уровень компонента	к-во образцов, %	уровень компонента	к-во образцов, %	уровень компонента	к-во образцов, %	уровень компонента	к-во образцов, %	уровень компонента	к-во образцов, %	уровень компонента	к-во образцов, %
I	55—59	15,2	1—2	9,6	5—6	12,0	2—3	2,4	1—2	8,8	7—8	4,0
II	59—67	68,8	2—5	68,8	6—9	67,2	3—6	78,4	2—5	69,6	12—17	76,8
III	67—70	14,4	5—7	15,2	9—10	11,2	6—8	13,6	5—6	12	17—19	10,4

Т а б л и ц а 10

Химические анализы оконных стекол XV в. из мавзолея Ишратхана в Самарканде (по С. А. Кудриной, 46)

Окисел	Фиолетовое № 129	Красное № 130	Синее* № 131	Желтое № 132	Бирюзовое № 133	Красное № 134	Зеленое № 135	Зеленое № 136	Зеленое № 137	Средний состав
SiO <sub>2</sub>	58,14	62,06	63,28	61,89	60,45	62,00	58,08	58,08	57,01	60,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,27	3,10	3,02	2,87	0,96	2,45	1,14	0,98	1,99	2,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,01	1,02	5,58	0,64	1,13	0,90	3,79	3,77	4,21	2,45
CaO	4,71	5,79	5,74	5,54	4,92	4,76	4,88	4,90	5,72	5,21
MgO	0,51	0,35	0,34	0,45	0,36	0,35	0,04	0,73	0,04	0,35
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,95	—	—	1,40	—	—	—	—	—	—
CuO	—	1,14	—	—	3,53	1,97	6,37	6,81	6,37	—
Na <sub>2</sub> O	20,71	19,52	20,08	24,08	21,09	20,47	22,81	22,36	22,33	21,49
K <sub>2</sub> O	Следы	Следы	Следы	Следы	Следы	Следы	Следы	Следы	Следы	Следы
SO <sub>3</sub>	8,07	7,66	2,75	3,78	7,91	7,49	3,44	3,25	3,03	5,26
Сумма	100,37	100,64	100,79	100,65	100,35	100,39	100,55	100,88	100,70	—

\* Стекло № 131 содержит 0,1 % CoO. В статье Кудриной вместо CoO ошибочно указано Cu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В анализах стекол № 130 и № 134 следовало бы писать Si<sub>2</sub>O, а не SiO, поскольку первая окрашивает стекло в красный цвет, а SiO — в зеленый (91). Слишком большое содержание сернистого ангидрида (SO<sub>3</sub>) во всех стеклах вызывает сомнение. Суммы анализов № 131 и № 136 более высокие и выходят за пределы допускаемых норм (см. раздел „Методы исследования“).

меньше кремнезема и окиси кальция. В стеклах мавзолея окись калия находится лишь в виде «следов», а окись магния — как незначительная примесь, тогда как для стекол

VIII—XIII вв., наоборот, характерно повышенное содержание этих компонентов.

Ранее уже высказывалось предположение, что стекла мавзолея привезены в Среднюю Азию извне, после разрушения старых ремесленных центров во время монгольского нашествия. Можно допустить, что эти стекла были изготовлены в Средней Азии, но при этом применялись уже иные сырьевые материалы, отличающиеся от прежних — либо зола отличного состава, либо природная сода. Такой вывод был сделан на основании 35 анализов стекол VIII—XIII вв. Теперь он подкрепляется новыми химико-аналитическими данными.

Для решения вопроса о самобытности и для выявления отличительных особенностей среднеазиатских стекол большой интерес представляет сопоставление их химических составов с таковыми у стекол других стран, находившихся в торговых и иных отношениях со Средней Азией.

В табл. 11 даны средние составы древних и средневековых стекол из Египта, Ассирии-Вавилонии, Индии, Рима и Византии, заимствованные из упоминавшейся монографии «Стеклоделие в Древней Руси». Они подсчитаны на основании опубликованных в печати 170 химических анализов древних и средневековых стекол (43, 44, 47, 48, 65, 122—124, 126, 128, 136, 140, 156, 158, 171, 172). По содержанию главных компонентов замечается некоторое сходство их со среднеазиатским, однако не всех. Среднеазиатские стекла отличаются от них повышенным количеством глинозема, окиси магния и окиси калия, и, наоборот, пониженным — окиси натрия и кремнезема. По содержанию некоторых основных компонентов среднеазиатские стекла более близки к ассирийско-вавилонским и индийским. Значительное сходство стекол разных историко-географических групп, приведенных в табл. 11, можно объяснить одинаковым составом шихты, а некоторое различие их связано, очевидно, с составом исходного сырья.

Многие стеклянные изделия Средней Азии по внешней форме имеют много общего с месопотамскими изделиями из Самарры (IX в.), что неоднократно отмечалось в археологической литературе. Небезынтересно поэтому сопоставить составы стекол Самарры и Средней Азии.

В табл. 12 приводятся химические анализы стекол из Самарры по Б. Нейману<sup>1</sup>.

Судя по анализам 5 образцов из Самарры, месопотамские стекла сходны как между собой, так и со стеклами Средней Азии в целом, отличаясь от них меньшим содержанием глино-

<sup>1</sup> B. Neumann. Antike Glaser, Zts für angewandte Chemie, Bd. 40, No 34., 1927, s. 965.

зема и окиси калия. В них, как и в среднеазиатских стеклах, отмечается повышенное содержание окиси магния по сравнению с древними и средневековыми стеклами других стран. Средние значения химических анализов стекол Самарры более всего близки к хульбукским, но отличаются от последних меньшим содержанием окиси калия (соответственно 5,18 и 7,52%). Если сравнить составы отдельных стекол Самарры и Средней Азии, то здесь наблюдается заметное сходство. Так, самаррское стекло № 141 близко по сос-

Т а б л и ц а 11

**Химический состав древних и средневековых стекол разных стран (средние значения)**

Окисел	Египетские	Ассирийско-вавилонские	Индийские	Римские	Византийские	Древние и средневековые стекла (средние значения)	Среднеазиатские стекла в целом (средние значения)
SiO <sub>2</sub>	63,78	66,11	65,60	68,10	66,22	65,96	62,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,24	1,81	4,14	2,52	2,62	2,66	3,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,90	1,22	2,44	0,81	1,26	1,32	1,04
CaO	6,93	6,29	5,19	6,98	8,28	6,73	7,39
MgO	2,85	4,59	2,49	1,03	1,21	2,44	4,82
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,58	0,91	0,09	0,50	0,58	0,53	0,87
K <sub>2</sub> O	1,90	2,35	3,14	1,13	0,98	1,90	3,77
Na <sub>2</sub> O	16,77	13,72	16,90	18,63	18,28	16,86	14,65
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	18,67	16,07	20,04	19,76	19,26	18,76	18,42
С у м м а	95,95	97,00	99,99	99,70	99,46	98,40	98,96
К-во анализов	71	18	24	55	2	170	123

таву к афрасиабскому (№ 28), а № 142 — к кувинскому (№ 91). Пока трудно делать выводы о причине такого сходства. Возможно, что это результат применения одинакового рецепта шихты и сырьевых материалов.

Перейдем к сравнению среднеазиатских стекол с кавказскими (8, 9, 10, 34, 41).

В табл. 13 приведены химические анализы древних и средневековых стекол разных археологических памятников Кавказа от VIII в. до н. э. до XIV в. н. э. Из множества анализов отобраны наиболее типичные для каждого периода. Как видно, стекла Кавказа весьма разнородны по составу и с ними могут соперничать в этом отношении только стекла Индии и Древней Руси.

Некоторые из кавказских стекол сходны со среднеазиатскими, особенно это справедливо в отношении содержания щелочей. У ряда стекол Кавказа наблюдаются те же соотношения щелочных окислов — окиси натрия и окиси калия, как у кувинских, среди которых есть смешанные натриево-калиевые, а также калиевые и натриевые с преимущественным содержанием только одного из этих компонентов.

Таблица 12

Химические анализы месопотамских стекол IX в. н. э. из Самарры

Окисел	Оконная шайба № 138	Темно-си- няя шайба № 139	Темно-зе- леная шай- ба № 140	Бесцветная мисочка № 141	Белый сосуд № 142	Средние значения
SiO <sub>2</sub>	68,48	66,93	65,86	67,22	67,44	67,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,70	2,08	2,16	1,80	2,98	1,94
FeO	0,91	1,44	1,19	1,03	0,51	1,02
CaO	5,71	3,62	5,95	5,84	4,80	5,18
MgO	5,28	5,42	4,55	5,64	5,64	5,30
SO <sub>3</sub>	0,54	0,52	1,72	0,39	0,84	0,80
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0,34	1,09	1,07	0,73	0,81
K <sub>2</sub> O	2,83	2,62	2,70	2,68	1,93	2,55
Na <sub>2</sub> O	14,95	15,26	12,84	13,28	13,94	14,05
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	17,78	17,88	15,54	15,96	15,87	16,60
CuO	—	1,76	2,66	—	—	—
PbO	0,95	—	—	0,82	1,01	—
<b>Сумма</b>	<b>100,35</b>	<b>99,99</b>	<b>100,72</b>	<b>99,77</b>	<b>99,82</b>	<b>5</b>

Сходство замечается и по другим компонентам. Стекла с повышенным количеством окиси марганца встречены на Кавказе только в Самтавро-Мцхете, в Средней Азии они найдены в нескольких памятниках (Пенджикент, Мерв и др.). Есть и различие между кавказскими и среднеазиатскими стеклами с повышенным содержанием марганца: в первых мало окиси магния, тогда как во вторых ее относительно много, т. е. примерно столько же, сколько в других среднеазиатских стеклах с малым содержанием марганца.

Обобщая данные о химических составах стекол Кавказа и Средней Азии можно сказать, что первые в отличие от вторых неоднородны по содержанию глинозема и окиси магния. Лишь в 6 среднеазиатских стеклах из 125 (4,8%) окиси магния менее 3%, тогда как в кавказских преобладающая часть стекол содержит ее менее 3%. В этом, по-видимому, заключается одно из важных отличий среднеазиатских стекол от кавказских.



## Химические анализы стекол Кавказа VIII в. до н. э. — XIV в. н. э.

Оксид	Кармир Блур	Самтавро—Мцхета			Орбети	Тбилиси	Карсани	Натбеури	Байлакан	Двин
	бусина	сосуд	тоже	белый	сосуд	стакан	сосуд	сосуд	браслет	—
	VII в. до н. э. (№ 143)	I—III в. н. э. (№ 144)	IV—V вв. н. э. (№ 145)	VII—VIII вв. н. э. (№ 146)	VII—VIII вв. н. э. (№ 147)	XI—XIII вв. н. э. (№ 148)	XII—XIII вв. н. э. (№ 149)	XIII—XIV вв. н. э. (№ 150)	IX—XIII вв. н. э. (№ 151)	XI—XIII в.в. н. э. (№ 152)
SiO <sub>2</sub>	64,68	68,50	65,75	67,82	58,07	66,40	61,97	60,88	52,48	68,96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,90	2,53	2,03	3,12	8,48	1,61	6,85	1,41	7,24	1,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,00	0,88	0,77	0,49	0,62	0,67	0,83	0,83	1,28	—
CaO	9,20	7,45	8,65	6,78	9,50	4,70	6,0	11,12	7,68	7,56
MgO	3,70	1,40	1,02	2,96	1,71	2,02	6,0	2,0	6,92	4,84
BaO	—	0,09	0,09	0,07	—	0,48	1,03	0,65	—	0,60
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	5,19	6,62	2,12	есть	0,28	1,81	0,24	—	есть
K <sub>2</sub> O	3,02	следы	—	—	6,0	1,15	2,0	2,0	2,63	2,00
Na <sub>2</sub> O	15,26	14,13	15,43	14,03	15,00	21,80	15,00	3,15	21,15	15,00

Оксид	Могильники Северного Кавказа							Пташковский могильник	Тмутаракань
	Цебельда	Сальтово			Терская обл.	Чми			
	Бусина	Бусина	Бусина	Бусина	Бусина	Бусина	Перстень	Браслет	
	IV—XII вв. н. э.								XI—XII вв. н. э. (№ 161)
(№ 153)	(№ 154)	(№ 155)	(№ 156)	(№ 157)	(№ 158)	(№ 159)	(№ 160)		
SiO <sub>2</sub>	65,65	60,12	57,95	55,43	67,24	62,15	58,15	56,41	60,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,55	4,04	6,68	5,28	8,72	3,42	11,57	4,31	3,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,32	1,83	1,55	1,27	0,70	1,33	3,90	3,47	1,63
CaO	8,19	8,64	9,16	9,80	7,80	9,03	8,24	14,38	13,37
MgO	1,16	1,21	2,78	3,57	6,25	2,80	0,90	0,47	4,24
	CuO=0,39	PbO=0,86	—	—	—	—	—	CuO=1,63	—
BaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,70	1,09	0,57	0,63	0,15	0,03	0,77	0,43	0,57
K <sub>2</sub> O	2,16	3,09	19,50	24,00	6,13	2,86	5,60	6,60	1,50
Na <sub>2</sub> O	15,94	18,19	—	—	8,16	18,13	14,20	8,63	15,75

Пока не опубликованы химические анализы стекол Афганистана. Судя по спектральным анализам (95), которые даны не в реальных весовых процентах, а выражены цифрами некоторой условной шкалы, можно отметить большую их разнородность. В работе Л. Дюпре приведены спектральные анализы 18 образцов стекол Афганистана, найденных в провинции Кандагар, в 25 км на юго-запад от г. Кандагар, в пещере Шамшир Гар. Эти стекла относятся к разным периодам — кушанскому (V в. н. э.), сасанидскому (VII в. н. э.), раннеисламскому (X в. н. э.) и одно — к современному. Р. В. Смит обнаружил в афганистанских стеклах следы рублидия, тогда как в других изученных им 151 образце исламского стекла следы последнего обнаружены только в 4 анализах. На этом основании он высказал предположение, что присутствие рублидия является локальной особенностью афганских стекол и свидетельствует об их местном изготовлении (153, 155). Пока из-за отсутствия химических анализов трудно делать более определенные выводы. Так же трудно пока сказать что-либо конкретное о мнении Р. В. Смита по поводу присутствия рублидия, как локальном признаке афганских стекол, поскольку данные о содержании микроэлементов в древних и средневековых стеклах почти отсутствуют. Своеобразные составы афганских стекол с высоким содержанием окиси железа позволяют согласиться с предположением данного автора об их местном происхождении и о существовании на афганской территории стеклоделия в средние века.

Сведения о китайских стеклах скудны и неполноценны. По данным Х. К. Бека, К. Дж. Зелигмана и П. Д. Ритчи (63, 151), на китайской территории встречены стекла трех различных химических типов: свинцово-бариево-кремнеземные, натриево-свинцово-кальциево-кремнеземные и натриево-кальциево-кремнеземные. Сведения о стеклах последнего типа основываются на качественных спектральных анализах и потому не могут быть приняты во внимание.

Еще более ограничены сведения о химическом составе иранских стекол. Казуо Ямасаки в статье о свинцовом и натриевом стекле сообщает химический анализ одной бесцветной чаши, вырытой в Иране и привезенной в Японию (173). Ее состав: 63,0%  $\text{SiO}_2$ ; 1,0%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,88%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 8,5%  $\text{CaO}$ ; 4,7%  $\text{MgO}$ ; 17,6%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 2,3%  $\text{K}_2\text{O}$ .

Происхождение этой чаши и датировка ее, по-видимому, неизвестны. Это пока единственный химический анализ стекла из Ирана, на основании которого, конечно, нельзя получить представление о химических составах иранских стекол (143).

Исследования Казуо Ямасаки последних лет показали, что в Японии существовало местное стеклоделие в VI—VIII вв. н. э. в области Нара.

Среди других древних документов в музее Шосоин хранится рукопись с перечислением изделий, сделанных в Зобуцушо при изготовлении буддийских статуй и других предметов храма. В этом документе, именуемом «Зобуцушо Сакумоуччо», относящемся к 734 г. н. э., упоминаются материалы, употреблявшиеся для изготовления стеклянных бус<sup>1</sup>. Здесь говорится, что «красный свинец» (сурик) получался прокаливанием «черного свинца» (металлического), и что стеклянные бусы были сделаны смешиванием сурика с «белым камнем». Если предположить, что «белый камень» — кварц, а сурик — чистый  $Pb_3O_4$ , то стекло для бус должно было состоять из 38%  $SiO_2$  и 62%  $PbO$ . На самом же деле свинца в бусах меньше, как это видно из приводимых далее анализов. Документ упоминает также о красной глине и малахите (зеленом минерале —  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ ) как красителях, применявшихся при изготовлении цветных — желтых и зеленых стекол. Кроме этих сведений «Сакумоуччо» содержит и другие ценные данные о стеклоделии в Японии в VIII в. н. э. В табл. 14 приведены результаты анализов японских стеклянных бус VIII в. Все они относятся к группе бесщелочных свинцово-кремнеземных стекол, которые в Средней Азии пока не обнаружены, но часто встречаются в археологических памятниках Древней Руси и Польши. Из стекла такого состава изготовляли бусы, перстни и мозаику.

Особый интерес представляет сравнение среднеазиатских стекол с древнерусскими. На территории Древней Руси найдены стекла семи химических типов (16, 18, 75):

- 1)  $K_2O - PbO - SiO_2$
- 2)  $PbO - SiO_2$ ,
- 3)  $K_2O - Na_2O - PbO - SiO_2$
- 4)  $Na_2O - PbO - SiO_2$
- 5)  $Na_2O - K_2O - CaO - SiO_2$
- 6)  $Na_2O - K_2O - CaO - MgO - SiO_2$
- 7)  $Na_2O - CaO - SiO_2$ .

Типы 1, 2, 5 характерны именно для стеклоделия Древней Руси. Стекла седьмого типа частично изготовлялись в Древней Руси, а также привезены были из-за пределов древнерусского государства.

---

<sup>1</sup> V. Harada, I. Okada, K. Yamasaki and K. Kagami. Glass objects in the Shosoin, Tokyo, 1965, p. X—XI.

Стекла трех других типов (3, 4 и 6) изготовлялись, вероятно, в меньшем количестве. Пока в Средней Азии подобные древнерусским стекла первых пяти типов не обнаружены.

В табл. 15 приведены данные о стеклах шестого типа, найденные на территории Древней Руси. По количественному соотношению компонентов они сходны со среднеазиатскими, отличаясь от них меньшим содержанием глинозема.

Указанные анализы стекол Древней Руси VII—XIII вв. весьма сходны между собой и напоминают составы стекол Средней Азии. Их можно отнести к тому же химическому типу, к которому относятся и среднеазиатские стекла с малым содержанием глинозема.

Т а б л и ц а 14

Анализы японских бус VIII в.

Оксид	Желтая	Красно-коричневая	Темно-зеленая	Темно-коричневая	Белая непрозрачная («опаловая»*)
SiO <sub>2</sub>	24,1	24,8	24,7	23,9	32,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	0,30	0,31	0,16	0,19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14	0,69	1,08	2,02	Следы
CaO	0,39	0,26	0,71	0,38	Следы
MgO	0,27	0,36	0,06	0,14	Следы
PbO	73,6	73,6	71,9	73,3	65,0
CuO	0,16	—	1,44	0,39	0,35
Cu <sub>2</sub> O	—	0,55	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	0,22	0,11	0,12	0,07	0,19
K <sub>2</sub> O	0,08	0,10	0,09	0,07	0,19

Датируются они тем же временем, что и стекла Средней Азии. Вопрос о причинах такого сходства составов и о возможных связях между стеклоделением указанных памятников Древней Руси со среднеазиатским подлежит дальнейшему специальному исследованию. Пока приходится ограничиваться лишь установлением сходства химических составов стекол, найденных в столь отдаленных друг от друга памятниках, в числе которых были центры стеклоделия, работавшие в одно и то же время.

Как видно из табл. 13, 15, для некоторых стекол Древней Руси, а также, как это ранее отмечено, Кавказа характерно такое же соотношение щелочей, какое отмечено для кувинских стекол. Поэтому небезынтересно сопоставить их анализы. Далее даны (табл. 16) средние составы девяти кувинских (№№ 92—100), трех древнерусских, подсчитанные на основе

анализов №№ 165—167 и одного северокавказского (№ 157 из табл. 13) стекла.

Сопоставление средних составов кувинских, древнерусских и северокавказского стекол показывает, что они однотипны.

Т а б л и ц а 15

**Химические анализы некоторых стекол Древней Руси и территории России до возникновения древнерусского государства**

Оксид	Старая Ладога		Новотроицкое	Старая Рязань	Киев		Белая Вежа
	бусина (№ 162)	бусина (№ 163)	бусы (№ 164)	сосуд (№ 165)	окопные стекла (№№ 166, 167)		дно сосуда (№ 168)
	VII—VIII вв. н. э.	VII—VIII вв. н. э.	IX в.	XI—XIII вв.	XI—XIII вв.		X—XIII вв.
SiO <sub>2</sub>	63,52	67,09	69,79	63,92	65,83	64,88	67,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,50	2,55	2,32	2,29	1,96	1,04	2,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,95	0,57	0,63	0,67	0,50	0,85	1,05
CaO	7,73	6,33	4,95	11,85	9,54	9,80	7,78
MgO	3,27	3,05	3,75	3,15	4,85	6,65	3,65
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,30	2,05	0,28	3,25	—	—	—
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,87	0,23	—	—	1,27	1,65	—
		CuO=0,76	п. п. п.=1,44				
SO <sub>3</sub>	0,24	0,27	1,15	0,30	1,14	0,24	0,47
K <sub>2</sub> O	2,13	5,09	1,19	7,57	7,75	8,72	3,28
Na <sub>2</sub> O	15,64	12,31	14,58	7,28	8,25	6,43	13,68

Некоторые различия в содержании отдельных компонентов не имеют принципиального значения, поскольку общий склад,

Т а б л и ц а 16

**Сравнение некоторых составов среднеазиатских, древнерусских и кавказского стекол**

Стекла	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Кувинские Древнерусские	67,22	2,92	1,68	6,72	4,72	0,32	0,40	7,15	8,92
	64,88	1,77	0,67	10,39	4,88	0,23	0,97	8,01	7,32
Северо-кавказское	67,24	2,72	0,70	7,80	6,25	—	0,15	6,13	8,16

вся химическая конституция этих стекол в целом тождественны. Число их пока невелико: в Древней Руси они найдены в двух городищах XI—XIII вв. (Старая Рязань и Киев), на Кавказе — в двух могильниках IV—XII вв. (в Пашкове и Терской обл.) и в Средней Азии в одном памятнике X—

XII вв. (Кува). В то же время в одном лишь памятнике Средней Азии встречено больше образцов, чем в памятниках Древней Руси и Кавказа. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы установить причину такого сходства: результат ли это торговых связей между соседними странами или же следствия одинаковых рецептов шихты и сходных сырьевых материалов.

Подобное сходство наблюдается между стеклами из Белой Вежи, Средней Азии (Кува) и Кавказа (Байлакан). Ранее, на основании сопоставления средних значений 35 анализов среднеазиатских стекол с анализом № 168 (Белая Вежа) была установлена тождественность их химического состава и высказана мысль, что беловежское стекло было привезено из Средней Азии, так как в Белой Веже своего стекольного производства не существовало (5).

На основе сходства химических составов подобная же связь была отмечена и между Белой Вежей и Байлаканом (34). Лежащая на торговых путях между Востоком и Западом, Белая Вежа имела торговые взаимоотношения как со Средней Азией, так и с Кавказом, и данный частный случай химического подобия стекол находится, очевидно, в связи с этим.

Приведенные химические характеристики позволяют сделать некоторые обобщения.

Среднеазиатские стекла VIII—XIII вв., сходные в целом по составу, встречены в 22 городищах, что говорит об их широком распространении в Средней Азии. Среди древних и средневековых стекол других стран они выделяются повышенным содержанием окиси магния, окиси калия и глинозема. По содержанию последних двух окислов они близки к индийским, а по окиси магния — к ассиро-вавилонским.

На территории Советского Союза стекла, сходные со среднеазиатскими, обнаружены в небольшом количестве на территории Древней Руси и Кавказа.

### **Спектрографические характеристики**

О недостаточной точности спектрографических определений в стеклах главных и малых компонентов, содержание которых намного выходит за пределы 1,0—0,1%, сказано было ранее. Эти окислы ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ ) при изучении среднеазиатских стекол были определены поэтому при помощи химического («мокрого») анализа. Для определения других компонентов, находящихся в стеклах в виде «следов» и «микроэлементов»,

был применен спектрографический метод, точность которого при таких концентрациях элементов не вызывает сомнений. Напротив, В. Вард и Ф. Хартли считают, что чем меньше концентрация компонента, тем больше точность его определения (112, 169, 170).

Качественный спектральный анализ был использован авторами для двух целей:

1) предварительного («разведывательного») исследования изучаемого стекла;

2) определения содержания компонентов, концентрация которых менее 0,1%.

В подобных случаях этот метод оказывает большую помощь при изучении состава стекла, дополняя результаты химического анализа новыми ценными данными.

В табл. 6, кроме результатов химических анализов, дано спектрографическое определение для 43 образцов стекол. Результаты, за исключением трех стекол (№№ 84, 85 и 104), изучавшихся во Всесоюзном геологическом институте (ВСЕГЕИ), выражены при помощи шкалы, состоящей из 5 цифровых символов. Каждому символу соответствует определенный уровень содержания компонента. В приведенных спектральных анализах были приняты обозначения:

«1» — около 0,001%

«2» — около 0,01%

«3» — около 0,1%

«4» — около 1% и больше

«5» — значительно больше 1%.

В приведенных таблицах повсюду вместо символов указаны соответствующие им уровни химических компонентов в процентах.

В некоторых случаях, кроме этих спектроскопических определений (табл. 6), мы использовали для сравнения данные спектрального анализа 25 образцов других синхронных средневековых стекол Средней Азии, не подвергавшихся химическим анализам, из 7 археологических пунктов: Афрасиба, Тунката, Варахши, Каль-Тепа (на Сурхандарье), Янги-Базара и Киндикли-Тепа (под Ташкентом) и Аккурмана (на правом берегу Сырдарьи). Эти сведения приведены в диссертации М. Аминджановой<sup>1</sup>, однако автор не сделал на их основе никаких обобщений. Далее в отдельных случаях спектральные определения 43 стекол были сопоставлены с такими

---

<sup>1</sup> М. Ам ин д ж а н о в а. Средневековое стекло Мавераннахра, Канд. дисс., 1962.

же характеристиками средневековых глазурей Средней Азии из книги Э. В. Сайко (52).

Спектральным анализом установлено присутствие во многих стеклах около 15 микроэлементов (табл. 6). К ним относятся рассматриваемые ниже Ni, Co, Cu, Cr, V, Mo, Zr, Zn, Pb, Ga, Sr и Ba.

### **Никель (Ni)**

Присутствует во всех исследованных стеклах Средней Азии, за исключением двух: из Новой Нисы и Тунката. Количественное его содержание почти во всех стеклах Средней Азии одинаково — около 0,001%. Только в образце из Хауз-Хан-Калы (№ 9) и одного ташкентского (№ 74) найдены лишь следы<sup>1</sup>, а в двух образцах стекол Пенджикента — по 0,003%.

### **Кобальт (Co)**

Обнаружен в стеклах почти всех памятников Средней Азии. Исключение представляют стекла Ташкентского оазиса, где ни в одном из изученных образцов кобальт не встречен. Не отмечен этот элемент и в составе ранее изученных М. Амиджановой и Э. В. Сайко образцов средневековых стекол и глазурей памятников Ташкентского оазиса. Возможно, что отсутствие кобальта — локальная особенность стекол Ташкентского оазиса. Наряду со стеклами, содержащими кобальт (Пенджикент, Хауз-Хан-Кала, Новая Ниса, Мерв, Афрасиаб, Пайкенд, Узген), встречаются образцы, в которых его нет.

Во многих стеклах он содержится в пределах 0,001%. В некоторых образцах количество его достигает 0,001—0,01%, а в одном оно около 0,01% (Кулдор-Тепе, № 36). Многие стекла, содержащие более 0,001% Co, имеют слабую или заметную голубую окраску. В одних случаях его содержание около 0,001% уже придает стеклу голубоватый оттенок, в других такое же количество кобальта не оказало влияния на окраску.

### **Медь (Cu)**

Обнаружена во всех без исключения спектральных анализах средневековых стекол и глазурей Средней Азии. Мно-

---

<sup>1</sup> Здесь и далее под «следами» в спектральных определениях подразумевается содержание химических компонентов в ничтожно малом количестве, далеко не превышающем 0,001%.



гие образцы содержат меди около 0,001—0,01%, а некоторые даже 0,01—0,2%.

#### **Хром (Cr)**

Найден не во всех стеклах, в частности, его нет в составе стекол Афрасиаба, памятников Бухарского оазиса (Варахши, Кзыл-Кыра, Пайкенда) и Тунката. Количественное содержание хрома в стеклах находится в пределах 0,001—0,01% и лишь один анализ показал его около 0,01% (№ 3, Пенджикент).

#### **Ванадий (V)**

Содержится во всех стеклах, подвергнутых спектральному анализу. Во многих стеклах его концентрация около 0,001%. Только в отдельных случаях присутствует в большом количестве, в пределах 0,001—0,01%.

#### **Молибден (Mo)**

Обнаружен только в некоторых образцах. Он не найден или встречается только в виде следов в стеклах Хауз-Хан-Калы, Новой Нисы, Тунката, Андижана и памятников Бухарского оазиса. Обычное его содержание в стеклах Средней Азии около 0,001%.

#### **Цирконий (Zr)**

Определен во всех изученных стеклах Средней Азии. Количественное его содержание в них неодинаково и колеблется в пределах 0,01—0,001%. По концентрации циркония различий между памятниками не замечено.

#### **Цинк (Zn)**

Отсутствует в стеклах многих городищ Средней Азии. В частности его нет в составе изученных образцов Новой Нисы, Афрасиаба и Пайкенда. По другим городищам он присутствует в анализах только некоторых стекол. Обычное содержание цинка в стеклах около 0,01%.

#### **Свинец (Pb)**

Является одной из главных составных частей стекол Древней Руси, Польши, Японии. В Средней Азии свинцовые стекла пока не найдены. Однако спектральные анализы показывают, что в небольших спектроскопических количествах и в виде следов свинец входит в состав многих стекол Средней

Азии, обычно в пределах 0,01—0,001%. В некоторых случаях его содержание доходит до 0,1—1,0% (№ 16, 18). Он отсутствует во всех стеклах Новой Нисы, в некоторых образцах из Афрасиаба, памятников Бухарского оазиса и Ферганы.

### **Серебро (Ag) и олово (Sn)**

Найдены в составе стекол только некоторых городищ Средней Азии: Пенджикента, Мерва, Кулдор-Тепа, Ахсикета, Кувы и Узгена. В стеклах Хауз-Хан-Калы, Новой Нисы, Афрасиаба, Андижана, Бухарского и Ташкентского оазисов они не обнаружены. Обычное содержание этих компонентов в стеклах около 0,001%.

### **Галлий (Ga)**

Обнаружен почти во всех спектральных анализах стекол Средней Азии. Отсутствует лишь в некоторых образцах из Пенджикента, Мерва, Пайкенда, Тунката и Андижана. По Средней Азии содержание его составляет в среднем около 0,001%.

### **Другие микроэлементы**

Кроме перечисленных микроэлементов в отдельных стеклах Средней Азии обнаружены бериллий, лантан, фосфор, мышьяк, золото, иттербий (Yb) и иттрий (Y). Совместное присутствие бериллия, лантана и фосфора наблюдается в стеклах Пенджикента (№№ 3, 4), Кулдор-Тепа (№ 36) и Узгена (№ 103). Два образца из тиглей, найденные в Ахсикете, отличаются от других стекол Средней Азии и содержанием микроэлементов. В обоих, кроме других микроэлементов, содержится около 0,001—0,003% иттрия. Этот элемент найден только в одном образце из Узгена (№ 104) и больше он не встречается в других стеклах Средней Азии. При этом в узгенском определен только иттрий, тогда как в первых двух, наряду с иттрием, присутствует бериллий. Следовательно, присутствие иттрия — еще одна особенность ахсикетских стекол из тигля.

Кувинские образцы отличаются от всех других стекол Средней Азии присутствием иттербия. Одно стекло с Yb и Be встречено только среди ахсикетских (№ 82).

### **Барий (Ba) и стронций (Sr)**

Во всех без исключения образцах, подвергавшихся спектральному анализу, обнаружены барий и стронций. Содержание их колеблется от 0,01 до 0,01—0,1%. Концентрация строн-

ция в стеклах больше, чем бария, во многих случаях она достигает 0,01—0,1%.

Окись бария обнаружена и химическим анализом («мок-рым»), который показал ее присутствие в одном стекле из Тунката (№ 63) в количестве 1,08%. Ахсикетское стекло № 83 содержит его 1,12%, а стекла (№ 84—85), добытые из тиглей, соответственно 0,79 и 0,75%.

Присутствия бария и стронция (в среднем от 0,01—0,1 до 0,1—0,3%) показали и 25 спектроскопических анализов средневековых стекол Средней Азии из 7 археологических пунктов, упоминаемых М. Амиджановой.

По данным Э. В. Сайко, эти два компонента присутствуют и в составе средневековых глазурей Афрасиаба (VIII—IX вв.), Магиана (XII в.), Самарканда (XIV в.) и в преобладающем количестве образцов глазурей Хульбука и других археологических объектов Средней Азии.

Таким образом, Ва, Sr в заметном количестве встречаются во всех средневековых стеклах и щелочных глазурах Средней Азии. Поэтому в дальнейшем для получения более полной характеристики средневековых стекол Средней Азии, по-видимому, необходимо будет определять содержание этих двух окислов с помощью количественного химического анализа, т. е. кроме 11 обычно принятых ныне составных частей стекла ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и п. п. п.), определять также  $\text{BaO}$  и  $\text{SrO}$ .

### Фосфор (P)

Из 43 стекол Средней Азии, изученных спектроскопическим методом, его содержание около 0,1% установлено в 9 пробах: Пенджикента (№ 3), Мерва (№ 16—18), Кулдор-Тела (№ 36), Ахсикета (№ 82), Кувы (№№ 86—87) и Узгена (№ 103). Только в одном стекле из Ташкента (№ 74) он найден в виде следов.

В 14 стеклах из 127 (см. анализы 42, 54, 60, 64—67, 104, 117, 118, 124—127) его присутствие установлено количественным химическим анализом, показавшим содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  в пределах от 0,25 до 0,69%.

\* \*  
\*

Качественным спектральным анализом, кроме отмеченных, было попутно проверено присутствие еще около 20 микроэлементов: В, Pt, Pd, Os, Ir, Au, Bi, Sb, Hg, W, Ta, Nb, Ce, Li, Gd, Hf, Re, Sc, Cd, In, Tl, Te, Ge, U, Th, Yb, Y.

Они не были обнаружены, если не считать последних двух элементов, встречающихся в стеклах некоторых городищ Ферганы.

Подводя итоги, можно отметить, что спектральным анализом установлено присутствие в стеклах Средней Азии около 20 микроэлементов. Из них во всех стеклах найдены Си, V, Zr, Ва и Sr. Постоянное присутствие этих микроэлементов, в особенности двух последних, в стеклах разных районов и возрастов — локальная особенность среднеазиатских стекол.

---

---

---

*Глава IV*

**ЛОКАЛЬНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
СРЕДНЕАЗИАТСКИХ СТЕКОЛ**

Несколько лет назад в монографии о среднеазиатском стеклоделении в древности и средние века авторы писали, что пока было бы затруднительно обсуждать локальные химические особенности стекол Средней Азии из разных археологических памятников (6). Недостаток химических анализов заставлял тогда воздерживаться от такой попытки.

В предыдущем разделе была дана общая характеристика химических составов стекол Средней Азии. Далее изложены химические особенности среднеазиатских стекол по отдельным памятникам и историко-географическим областям на основании всех анализов, как прежних, так и новых.

Под историко-географическими областями подразумеваются территории, объединяющие группы памятников с находками археологических стекол и включающие стеклоделательные мастерские, которые могли быть центрами стеклоделия в средние века. Существование некоторых таких центров доказано археологическими находками, подтверждающими наличие здесь некогда стекольного производства, другие признаются предположительно существовавшими (74, 75). Авторы распределили находки стекла по следующим историко-географическим областям:

- |                      |   |                                |
|----------------------|---|--------------------------------|
| 1) Бухарский оазис   | { | Кзыл-Кыр<br>Пайкенд<br>Варахша |
| 2) Ташкентский оазис | { | Ташкент<br>Тункат<br>Аблык     |

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 3) Южный Казахстан             | Тараз   |
| 4) Южная Туркмения             | { Новая Ниса<br>Хауз-Хан-Кала<br>Мерв           |
| 5) Самарканд                   | { Афрасиаб<br>Кулдор-Тепа                       |
| 6) Фергана                     | { Ахсикет<br>Кува<br>Андижан<br>Узген<br>Риштан |
| 7) Долина Зарафшана—Пенджикент |   |
| 8) Южный Таджикистан—Хульбук   |   |
| 9) Хорезм                      | { Куюсай<br>Шах-Сенем<br>Таке-Сенгир            |

В табл. 17 приводятся средние значения химических компонентов стекол 9 историко-географических областей. Таблица составлена на основании 123 химических анализов средневековых стекол из 22 археологических пунктов Средней Азии. При подсчете средних значений не включены анализы образцов № 54 из Пайкенда, № 112 из Андижана и №№ 84—85 из Ахсикета, которые по своему химическому составу резко отличаются от остальных стекол тех же памятников и Средней Азии в целом.

Сравнение средних химических составов стекол отдельных историко-географических областей показывает некоторое их различие. Наиболее близки средние составы стекол археологических памятников долины Зарафшана, Южного Таджикистана и Самарканда. То же можно сказать о стеклах Ферганы и Самарканда. Очень близок средний состав стекол Бухарского и Ташкентского оазисов. В стеклах остальных областей Средней Азии количественное содержание компонентов заметно отличается друг от друга.

Сравнение данных табл. 17 со средними составами древних и средневековых стекол разных стран (табл. 11) показало, что стекла Средней Азии по количественному содержанию окислов значительно отличаются от египетских, ассирийско-вавилонских, индийских, римских и византийских.

На основании табл. 17 и данных химических анализов были составлены сводные таблицы по отдельным химическим

Средние химические составы стекол Средней Азии (VIII—XIII вв.)  
по историко-географическим областям

Оксид	Долина Зарафшана (начало VIII в.)	Южная Туркмения (XI— XIII вв.)	Южный Таджикистан (X— XII вв.)	Самарканд (IX— XII вв.)	Бухарский оазис (X—XII вв.)	Ташкент- ский оазис (X—XII вв.)	Фергана (X—XIII вв.)	Хорезм (XI—XIII вв.)	Южный Казахстан (XI—нач. XIII в.)
SiO <sub>2</sub>	64,22	62,44	67,47	63,07	59,22	59,57	63,50	68,44	61,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,39	4,95	1,48	2,85	4,75	4,72	4,20	1,95	2,96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,10	0,79	0,83	0,90	1,00	1,22	1,18	1,18	0,65
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,08	—	0,07	0,08	0,17	0,14	—	0,07
CaO	8,60	5,76	7,52	7,83	8,18	8,02	6,73	6,76	7,95
MgO	4,25	3,65	4,85	4,38	5,64	4,77	4,74	4,84	6,41
SO <sub>3</sub>	0,10	0,31	0,06	0,63	0,39	0,25	—	0,17	0,34
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,15	0,89	0,56	0,71	1,00	0,71	1,04	0,08	0,58
K <sub>2</sub> O	3,02	3,86	2,42	4,07	4,41	3,99	2,35*	3,94	4,88
Na <sub>2</sub> O	14,93	16,92	14,89	15,20	13,84	15,56	15,67*	12,85	13,62
Сумма щелочей	17,95	20,78	17,31	19,27	18,25	19,55	18,02*	16,79	18,50
К-во памятников	1	3	1	2	3	3	5	3	1
К-во анализов	8	11	5	17	12	21	40	5	4

\* Без Кувы.

компонентам среднеазиатских стекол. В табл. 18 даны средние и предельные значения кремнезема в стеклах отдельных археологических памятников Средней Азии, расположенные в порядке возрастания содержания этого компонента. Как видно, средние значения кремнезема в стеклах Средней Азии находятся в пределах 57,43—68,51 %.

Т а б л и ц а 18

**Содержание кремнезема в среднеазиатских стеклах различных памятников VIII—XIII вв. (средние и предельные значения)**

Памятники	Кремнезем, %	
	средние	предельные
Кзыл-Кыр	57,43	55,43—59,32
Аблык	58,54	55,94—60,53
Тункат	58,58	54,08—60,85
Пайкенд	59,91	57,35—61,64
Андижан	60,12	55,76—64,64
Варахша	60,33	59,18—62,26
Хауз-Хан-Кала	61,30	—
Ташкент	61,59	59,88—62,47
Тараз	61,74	60,33—63,00
Мерв	61,98	60,01—64,36
Афрасиаб	62,28	56,11—69,39
Ахсикет	62,57	59,10—65,64
Кулдор-Тева	63,87	60,84—65,39
Новая Ниса	64,05	63,53—64,84
Пенджикент	64,22	60,52—67,31
Узген	64,27	58,48—69,45
Риштан	64,86	—
Кува	65,67	56,62—69,30
Хульбук	67,47	64,57—70,04
Шах-Сенем	68,28	—
Куюсай	68,37	—
Таке-Сенгир	68,51	68,41—68,62
Пределы SiO <sub>2</sub> по Средней Азии в целом	57,43—68,51	54,08—70,04

Меньше всего содержится SiO<sub>2</sub> в стеклах Кзыл-Кыра (57,43%), больше всего — в памятниках Хорезма (68,28—68,51%). Данные табл. 18 показывают, что между содержанием кремнезема и географическим расположением памятников трудно установить какую-либо связь. Памятники одних и тех же областей находятся как в начале таблицы, отличаясь малым содержанием SiO<sub>2</sub>, так и в конце ее, где ко-



личество  $\text{SiO}_2$  большое. В качестве примера можно указать на памятники Ферганы.

По содержанию кремнезема памятники можно распределить на пять групп: 1) Кзыл-Кыр, Аблык, Тункат; 2) Пайкент, Андижан, Варахша; 3) Хауз-Хан-Кала, Ташкент, Тараз, Мерв, Афрасиаб, Ахсикет; 4) Кулдор-Тева, Новая Ниса, Пенджикент, Узген, Риштан, Кува; 5) Хульбук, Шах-Сенем, Куюсай и Таке-Сенгир. Предельные значения кремнезема по

Т а б л и ц а 19

**Содержание кремнезема в среднеазиатских стеклах по историко-географическим областям (средние и предельные значения)**

Область	Кремнезем, %	
	средние	предельные
Бухарский оазис	59,22	55,43—62,26
Ташкентский оазис	59,57	54,08—62,47
Южный Казахстан	61,74	60,33—63,00
Южная Туркмения	62,44	60,01—64,84
Самарканд	63,07	56,11—69,39
Фергана	63,50	55,76—69,45
Долина Зарафшана	64,22	60,52—67,31
Южный Таджикистан	67,47	64,57—70,04
Хорезм	68,44	68,28—68,62

Средней Азии 54,08—70,04%. Однако, как уже указывалось (табл. 9), 68,8% стекол, т. е. 88 из 125, содержат от 59 до 67% кремнезема. Судя по последним цифрам, средневековые ремесленники Средней Азии в течение пяти веков (VIII в. — начало XIII в.) производили стекла, содержащие кремнезем в пределах 59—67%.

На основании табл. 18 составлена табл. 19, в которой историко-географические области расположены в порядке возрастания в стеклах содержания кремнезема. Меньше всего его в стеклах Бухарского и Ташкентского оазисов, больше всего — Южного Таджикистана и Хорезма. Остальные области занимают промежуточное положение. По содержанию  $\text{SiO}_2$  близки друг другу стекла Южного Казахстана и Южной Туркмении, Самарканда и Ферганы.

Причину близости одних областей к другим или, напротив, большой разницы в содержании кремнезема пока установить трудно. Нужны дальнейшие исследования.

Табл. 20 показывает средние и предельные значения глинозема в стеклах различных памятников Средней Азии. Здесь

они также расположены в порядке возрастания в стеклах содержания  $Al_2O_3$ . Средние значения последнего в среднеазиатских стеклах находятся между 1,40 и 6,84%, а предельные — между 0,83 и 11,68%. Однако в 68,8% (т. е. в 88 из 125) стекл Средней Азии глинозема содержится от 2 до 5%.

В расположении памятников по содержанию  $Al_2O_3$  также затруднительно установить в настоящее время какую-либо зависимость от места или датировки.

Т а б л и ц а 20

Содержание глинозема в среднеазиатских стеклах  
(VIII—XIII вв.) из различных памятников  
(средние и предельные значения)

Памятник	Глинозем, %	
	средние	предельные
Шах-Сенем	1,40	—
Хульбук	1,48	0,97—1,84
Таке-Сенгир	2,05	2,02—2,08
Кужсай	2,18	—
Пенджикент	2,59	1,16—3,74
Афрасиаб	2,85	0,83—5,64
Кулдор-Тепа	2,85	2,08—4,42
Тараз	2,96	2,52—3,78
Кува	3,16	2,59—5,34
Узген	3,32	1,09—6,90
Мерв	3,44	2,72—4,72
Варахша	4,02	2,86—5,28
Ахсикет	4,09	2,59—6,85
Пайкенд	4,33	3,62—5,98
Аблык	4,42	3,50—5,28
Риштан	4,47	—
Хауз-Хан-Кала	4,57	—
Ташкент	4,68	3,77—6,18
Тункат	5,07	3,70—7,15
Кзыл-Кыр	5,91	4,58—7,78
Андижан	5,94	2,39—11,68
Новая Ниса	6,84	2,91—9,39
Пределы $Al_2O_3$ по Средней Азии в целом	1,40—6,84	0,83—11,68

Наименьшим содержанием глинозема характеризуются стекла Южного Таджикистана (1,48%), наибольшим — стекла Ташкентского, Бухарского оазисов и особенно Южной Туркмении (соответственно 4,72; 4,75; 4,95%) (табл. 21).

Если сравнить расположение отдельных историко-географических областей в табл. 19 и 21 по содержанию в стек-

лах  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , окажется, что одни и те же области стоят по кремнезему на первых местах (табл. 19), а по глинозему (табл. 21) они же находятся на последних. Иными словами наблюдается обратная зависимость в содержании этих компонентов: где много  $\text{SiO}_2$ , там мало  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Преднамеренно ли это делалось или получалось само собой — так или иначе шихта оказывалась с малым содержанием глинозема, если в ней было много кремнезема.

Во всех средневековых стеклах, следовательно, одновременно с кремнеземом, но в различных соотношениях с ним, присутствует глинозем. Совместное их присутствие оказывает существенное влияние на физико-химические и техноло-

Т а б л и ц а 21

**Содержание глинозема по историко-географическим областям Средней Азии (средние и предельные значения)**

Область	Глинозем, %	
	средние	предельные
Южный Таджикистан	1,48	0,97—1,84
Хорезм	1,95	1,40—2,18
Долина Зарафшана	2,39	1,16—3,74
Самарканд	2,85	0,83—5,64
Южный Казахстан	2,96	2,52—3,78
Фергана	4,20	1,09—11,68
Ташкентский оазис	4,72	3,50—7,15
Бухарский оазис	4,75	2,86—7,78
Южная Туркмения	4,95	2,72—9,39

гические свойства стекла. Поэтому интересно проследить за изменением суммы этих двух компонентов в стеклах Средней Азии. Такое сравнение, может быть, позволит выяснить, умели ли средневековые мастера, изменяя сырьевые материалы, приспосабливать шихту к температуре варки стекла.

Табл. 22 составлена в порядке возрастания в стеклах суммарного содержания кремнезема и глинозема. Среднее содержание последних 62,96—70,89%, а предельные значения их 60,26—72,18%. Сумма этих двух окислов наименьшая в стеклах Ташкентского (за исключением Ташкента) и Бухарского оазисов, наибольшая — в стеклах Хорезма и Новой Нисы.

Из данных табл. 18, 20 и 22 вытекает важный вывод, касающийся археологической технологии стекла. Колебания содержания кремнезема и глинозема в стеклах Средней Азии, взятые в отдельности, находятся в широких пределах — от

16 до 11% соответственно (см. пределы  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  по Средней Азии в табл. 18 и 20). В то же время сумма этих окислов колеблется лишь в пределах 13%. Может быть, средневековые мастера, не зная химического состава сырьевых материалов и стекла, тем не менее так подбирали золу, чтобы, не нарушая рецепта шихты, можно было сварить стекло в существ-

Т а б л и ц а 22

Среднее суммарное содержание кремнезема  
и глинозема в среднеазиатских стеклах (VIII—XIII вв.)  
из различных памятников  
(средние и предельные значения)

Памятник	Сумма $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ , %	
	средние	предельные
Аблык	62,96	61,22—66,37
Кзыл-Кыр	63,34	62,89—63,93
Тункат	63,65	60,26—65,30
Пайкенд	64,24	63,33—65,26
Варахша	64,35	63,47—65,12
Тараз	64,70	62,89—66,22
Афраснаб	65,13	61,47—70,47
Мерв	65,42	63,21—67,26
Хауз-Хан-Кала	65,87	—
Андижан	66,06	62,39—68,81
Ташкент	66,27	63,98—68,65
Ахсикент	66,66	64,59—70,73
Кулдор-Тепа	66,72	65,26—67,95
Пенджикент	66,81	64,26—68,47
Узген	67,59	64,72—71,77
Кува	68,83	61,01—71,61
Хульбук	68,95	66,41—70,58
Риштан	69,33	—
Шах-Сенем	69,68	—
Куюсай	70,55	—
Таке-Сенгир	70,56	70,49—70,64
Новая Ниса	70,89	66,44—73,18
Пределы значений $\Sigma \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ по Средней Азии	62,96—70,89	60,26—73,18

вовавших печах. Как известно, разные виды песков и золы отличаются по составу и по своему поведению в шихте во время варки и стекловары-ремесленники могли выбирать сырьевые материалы в зависимости от их свойств.

Распределение отдельных историко-географических областей по суммарному содержанию  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  показывает табл. 23. Малое содержание  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  характеризует стек-

**Суммарное содержание кремнезема и глинозема в  
стеклах по историко-географическим областям  
(средние и предельные значения)**

Область	Сумма, %	
	средние	предельные
Бухарский оазис	63,97	62,89—63,93
Ташкентский оазис	64,29	60,26—68,65
Южный Казахстан	64,70	62,89—66,22
Самарканд	65,92	61,47—70,47
Долина Зарафшана	66,61	64,26—68,47
Южная Туркмения	67,39	63,21—73,18
Фергана	67,70	61,07—71,77
Южный Таджикистан	68,95	66,41—70,58
Хорезм	70,39	69,68—70,64

Т а б л и ц а 24

**Содержание окиси кальция в среднеазиатских стеклах  
(VIII—XIII вв.) из различных памятников  
(средние и предельные значения)**

Памятник	Окись кальция, %	
	средние	предельные
Новая Ниса	3,26	1,67—5,19
Узген	5,59	4,57—6,37
Хауз-Хан-Кала	5,64	—
Таке-Сенгир	6,62	6,30—7,00
Риштан	6,70	—
Ахсикет	6,74	3,92—9,81
Ташкент	6,80	3,56—9,63
Куюсай	6,90	—
Шах-Сенем	7,00	—
Кува	7,15	5,30—9,49
Варахша	7,27	5,94—8,87
Андижан	7,47	5,40—8,40
Кулдор-Тепа	7,49	6,09—8,92
Хульбук	7,52	6,95—7,98
Тараз	7,95	7,00—8,40
Афрасиаб	8,18	6,76—10,60
Тункат	8,18	6,70—10,63
Пайкенд	8,36	6,73—9,10
Мерв	8,38	7,57—9,25
Педжикент	8,60	6,50—9,85
Кзыл-Кыр	8,91	7,80—10,60
Аблык	9,09	7,08—11,04

Пределы значений СаО по Средней Азии	3,26—9,09	1,67—11,04
---	-----------	------------

ла Бухарского и Ташкентского оазисов, большое — Южного Таджикистана и Хорезма. Средние значения  $\Sigma \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  по отдельным областям составляют 63,97—70,39%; они колеблются в пределах примерно 6%. Порядок расположения историко-географических областей в табл. 23 в известной степени повторяет табл. 19.

К числу главных компонентов относится окись кальция. Ее средние и предельные значения по отдельным памятникам Средней Азии приведены в табл. 24, где памятники расположены по возрастающему содержанию СаО. Наименьшее количество СаО в стеклах Новой Нисы (3,26%), наибольшее—Аблыка (9,09%). Средние значения СаО колеблются в пределах 3,26—9,09%, а предельные—1,67—11,04%. Если принять во внимание наиболее часто встречающийся уровень

Т а б л и ц а 25

**Содержание окиси кальция в стеклах по историко-географическим областям (средние и предельные значения)**

Область	Окись кальция, %	
	средние	предельные
Южная Туркмения	5,76	1,67—9,25
Фергана	6,73	3,92—9,81
Хорезм	6,76	6,30—7,00
Южный Таджикистан	7,52	6,95—7,98
Самарканд	7,83	6,09—10,60
Южный Казахстан	7,95	7,00—8,40
Ташкентский оазис	8,02	3,56—11,04
Бухарский оазис	8,18	5,94—10,60
Долина Зарафшана	8,60	6,50—9,85

СаО в среднеазиатских стеклах (табл. 9), то 67,2% (84 из 125) стекол имеют от 6 до 9% окиси кальция. Содержание ее по отдельным историко-географическим областям указано в табл. 25. В среднем по областям Средней Азии наибольшее содержание СаО от наименьшего отличается примерно на 3% (5,76—8,60%).

В табл. 26 даны сведения о количестве окиси магния в среднеазиатских стеклах. Средние значения MgO колеблются от 3,21 до 6,41%, а предельные — от 0,94 до 9,06%. Наиболее чаще встречающийся уровень MgO 3—6% (табл. 9). Такое количество имеют 78,4% (98 из 125) стекол Средней Азии.

Невысоким содержанием MgO отличаются стекла Новой Нисы, Узгена и Хауз-Хан-Калы (3,21—3,34%); ее много, наоборот, в стеклах Тунката, Кзыл-Кыра и особенно Тараза (5,97—6,01%).

Наименьшим содержанием MgO характеризуются стекла Южной Туркмении (3,65%), наибольшим — Бухарского оазиса (5,64%) и Южного Казахстана (6,41%) (табл. 27).

По содержанию CaO и MgO в расположении памятников трудно найти какую-либо закономерность.

Т а б л и ц а 26

Содержание окиси магния в среднеазиатских стеклах (VIII—XIII вв.) из различных мест (средние и предельные значения)

Памятники	Окись магния, %	
	средние	предельные
Новая Ниса	3,21	2,36—3,66
Узген	3,21	1,62—4,05
Хауз-Хан-Кала	3,34	—
Ташкент	4,00	3,70—4,57
Афрасиаб	4,22	0,94—5,66
Педжикент	4,25	3,32—5,96
Аблык	4,35	3,70—4,70
Шах-Сенем	4,35	—
Мерв	4,41	4,37—5,14
Кулдор-Тепа	4,55	3,97—5,22
Кува	4,74	3,20—6,02
Хульбук	4,85	4,06—5,53
Таке-Сенгир	4,95	4,72—5,27
Риштан	4,98	—
Куюсай	5,02	—
Ахсикет	5,12	3,11—7,39
Варахша	5,45	4,27—6,76
Андижан	5,65	3,66—8,67
Пайкенд	5,77	4,21—6,70
Тункат	5,97	3,46—9,06
Кзыл-Кыр	6,01	4,06—7,21
Тараз	6,41	4,67—7,57
Пределы MgO по Средней Азии	3,21—6,41	0,94—9,06

Интересно проследить за суммарным количественным содержанием CaO и MgO в средневековых стеклах по памятникам (табл. 28). Совместное введение этих двух компонентов также играет определенную роль, вызывая изменения свойств стекла и особенно поведения его при варке. Средние значения  $\Sigma\text{CaO} + \text{MgO}$  колеблются от 6,47 до 14,92%, а предельные — от 5,29 до 19,03%. Если колебание предельного содержания CaO в отдельности по Средней Азии составляет примерно 9,5%, а MgO в отдельности — 8% (ср. табл. 24, 26), то их суммы — 14%.

Следовательно, сумма  $\text{CaO} + \text{MgO}$  колеблется в более широких пределах, чем содержание этих компонентов, взятых в отдельности. Наименьшим содержанием суммы  $\text{CaO} + \text{MgO}$  характеризуются стекла Новой Нисы, наибольшим — Кызыл-Кыра. Однако колебание средних значений в 19 памятниках (от Ташкента до Кызыл-Кыра) небольшое — всего приблизительно 4%. Значение суммы этих компонентов по историко-географическим областям дано в табл. 29. По областям наименьшая сумма  $\text{CaO} + \text{MgO}$  содержится в стеклах Южной Туркмении (9,41%), а наивысшая — Южного Ка-

Т а б л и ц а 27

**Содержание окиси магния в стеклах по историко-географическим областям  
(средние и предельные значения)**

Области	Окись магния, %	
	средние	предельные
Южная Туркмения	3,65	2,36—5,14
Долина Зарафшана	4,25	3,32—5,95
Самарканд	4,38	0,94—5,66
Фергана	4,74	1,62—8,67
Ташкентский оазис	4,77	3,46—9,06
Хорезм	4,84	4,35—5,27
Южный Таджикистан	4,85	4,06—5,53
Бухарский оазис	5,64	4,06—7,21
Южный Казахстан	6,41	4,67—7,57

захстана (14,36%). По этим данным близки стекла Ферганы и Хорезма; Самарканда, Южного Таджикистана, Ташкентского оазиса и долины Зарафшана; Бухарского оазиса и Южного Казахстана.

Среднее содержание окиси калия по памятникам Средней Азии показано в табл. 30. Оно колеблется от 1,22 до 7,85%. Предельное содержание ее в стеклах 0,42 — 16,43%. Наименьшее количество  $\text{K}_2\text{O}$  содержится в стеклах Риштана (1,22%), наибольшее — Кувы (7,85%). Обращают на себя внимание три памятника Ферганы (Андижан, Ахсикет, Узген), которые по содержанию  $\text{K}_2\text{O}$  очень близки друг другу. Хотя максимальное количество окиси калия отличается от минимального в целом по Средней Азии на 16%, однако в большинстве стекол содержание ее колеблется в пределах от 2 до 5% (в 87 из 125).

Порядок расположения историко-географических областей по содержанию в стеклах окиси калия приводится в табл. 31. Как видно, максимальное количество  $\text{K}_2\text{O}$  отмечено



в стеклах Ферганы (2,35%) и Южного Таджикистана (2,42%), максимальное — в стеклах Бухарского оазиса (4,41%) и Южного Казахстана (4,88%).

Содержание окиси натрия в средневековых стеклах Средней Азии, как это видно из табл. 32, колеблется в широких пределах — от 0,13 до 19,08%, а ее средние значения по от-

Т а б л и ц а 28

Суммарное содержание окисей кальция и магния  
в среднеазиатских стеклах из различных мест  
(средние и предельные значения)

Памятник	Сумма CaO+MgO, %	
	средние	предельные
Новая Ниса	6,47	5,29—8,79
Узген	8,80	6,35—10,42
Хауз-Хан-Кала	8,98	—
Ташкент	10,80	8,13—13,33
Шах-Сенем	11,35	—
Таке-Сенгир	11,57	11,30—11,85
Риштан	11,68	—
Ахсикет	11,86	7,03—14,39
Кува	11,89	9,87—13,98
Куюсай	11,92	—
Кулдор-Тева	12,04	10,82—12,89
Хульбук	12,37	11,01—13,51
Афрасиаб	12,40	9,69—16,07
Варахша	12,72	11,17—15,63
Мерв	12,79	11,58—13,90
Пенджикент	12,85	11,48—14,87
Андижан	13,12	9,09—15,17
Аблык	13,44	10,78—15,74
Пайкенд	13,83	11,23—15,80
Тункат	14,15	11,54—19,03
Тараз	14,36	11,67—15,87
Кзыл-Кыр	14,92	12,38—17,37
Пределы суммы CaO + MgO по Средней Азии	6,47—14,92	5,29—19,03

дельным памятникам — от 8,89 до 18,29%. Однако в преобладающем количестве (96 из 125) стекол содержится от 12 до 17% Na<sub>2</sub>O (см. табл. 9). В таблице 32 наглядно показано, что изменение среднего содержания Na<sub>2</sub>O от Таке-Сенгира до Новой Нисы происходит равномерно и без резких скачков.

В различных историко-географических областях Средней Азии стекла отличаются разным содержанием окиси натрия (табл. 33). Менее всего окиси натрия в стеклах Хорезма (12,85%), а в стеклах Южной Туркмении ее содержание, напротив, высокое (16,92%).

Если проследить за средними значениями окиси натрия и окиси калия в отдельности по различным памятникам Средней Азии, видно, что их содержание подвержено значительному колебанию. Напротив, сумма щелочных компонентов в стеклах меняется в небольших пределах и колеблется около некоторой постоянной величины.

Т а б л и ц а 29

**Суммарное содержание окисей кальция и магния по историко-географическим областям (средние и предельные значения)**

Область	Сумма CaO+MgO, %	
	средние	предельные
Южная Туркмения	9,41	5,29—13,90
Фергана	11,47	6,35—15,17
Хорезм	11,60	11,30—11,92
Самарканд	12,21	9,69—16,07
Южный Таджикистан	12,37	11,01—13,51
Ташкентский оазис	12,79	8,13—19,03
Долина Зарафшана	12,85	11,48—14,87
Бухарский оазис	13,82	11,17—17,37
Южный Казахстан	14,36	11,67—15,87

Так, данные табл. 34 показывают, что в первых четырех памятниках (от Риштана до Кувы), в последующих двенадцати (от Хульбука до Кулдор-Тепе) и в последних пяти (от Аблыка до Новой Нисы) различие в содержании  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  не превышает примерно 1%. Таким образом, в двадцати памятниках (за исключением Риштана и Хауз-Хан-Кала, имеющих по одному анализу) колебание суммы  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  не превышает 4,36%. Самое низкое содержание щелочей — в стекле Риштана (15,83%) и наибольшее — в стекле Хауз-Хан-Калы (23,79%).

В табл. 35 размещены историко-географические области в порядке возрастания в их стеклах суммы щелочей. Таблица показывает, что наименьшим содержанием щелочей характеризуются стекла Хорезма и Южного Таджикистана, наибольшим — Южной Туркмении.

Как известно, стекла с повышенным содержанием кремнезема и глинозема требуют продолжительной варки при высо-

**Содержание окиси калия в среднеазиатских стеклах  
(VIII—XIII вв.) из различных мест  
(средние и предельные значения)**

Памятник	Окись калия, %	
	средние	предельные
Риштан	1,22	—
Хульбук	2,42	1,99—3,02
Андижан	2,48	1,73—4,79
Ахсикет	2,74	1,04—4,30
Узген	2,96	1,10—4,45
Пенджикент	3,02	2,00—5,37
Новая Ниса	3,14	2,84—3,37
Кулдор-Тепа	3,56	2,88—4,10
Мерв	3,57	3,18—4,20
Ташкент	3,65	3,20—4,22
Кюю-Сай	3,84	—
Таке-Сенгир	3,92	3,84—4,14
Аблык	3,95	3,52—4,70
Пайкенд	4,02	3,60—4,96
Шах-Сенем	4,03	—
Кзыл-Кыр	4,22	3,58—5,25
Тункат	4,38	2,78—5,83
Афрасиаб	4,59	1,41—7,80
Хауз-Хан-Кала	4,87	—
Тараз	4,88	4,48—5,11
Варахша	4,98	4,72—5,30
Кува	7,85	0,42—16,43
Пределы $K_2O$ по Средней Азии	1,22—7,85	0,42—16,43

Таблица 31

**Содержание окиси калия в среднеазиатских стеклах  
по историко-географическим областям  
(средние и предельные значения)**

Область	Окись калия, %	
	средние	предельные
Фергана	2,35*	1,04—4,79*
Южный Таджикистан	2,42	1,99—3,02
Долина Зарафшана	3,02	2,00—5,37
Южная Туркмения	3,86	2,84—4,87
Хорезм	3,94	3,84—4,14
Ташкентский оазис	3,99	2,78—5,83
Самарканд	4,07	1,41—7,80
Бухарский оазис	4,41	3,58—5,30
Южный Казахстан	4,88	4,48—5,11

\* Без Кувы.

кой температуре. Из табл. 22 видно, что верхний предел суммарного содержания этих окислов в среднеазиатских стеклах достигает 70,89% и превышает наименьшее значение (62,96%) почти на 8%. Такая большая разница не могла бы не отражаться на режиме варки, если бы в составе шихты количест-

Т а б л и ц а 32

**Содержание окиси натрия в среднеазиатских стеклах  
из различных памятников  
(средние и предельные значения)**

Памятник	Окись натрия, %	
	средние	предельные
Кува	8,89	0,13—19,03
Таке-Сенгир	12,53	12,55—12,62
Куюсай	12,70	—
Варакша	12,97	11,56—13,82
Тараз	13,62	12,93—14,48
Шах-Сенем	13,81	—
Тункат	14,00	12,20—16,15
Мерв	14,13	12,42—16,93
Кзыл-Кыр	14,31	14,03—14,69
Пайкенд	14,46	13,57—15,68
Риштан	14,61	—
Хульбук	14,89	14,53—15,57
Пенджикент	14,93	14,03—15,60
Кулдор-Тепе	15,07	14,31—15,84
Ахсикет	15,17	12,42—17,84
Афрасиаб	15,33	13,01—16,67
Андижан	15,66	12,96—18,25
Аблык	15,85	13,95—16,60
Ташкент	16,83	16,28—17,10
Узген	17,27	15,55—19,08
Новая Ниса	17,72	17,29—18,50
Хауз-Хан-Кала	18,92	—
Пределы Na <sub>2</sub> O по Средней Азии	8,89—18,92	0,13—19,08

во щелочей оставалось на прежнем уровне. В связи с этим большой химико-технологический интерес имеет содержание щелочных компонентов в тех стеклах, где сумма кремнезема и глинозема намного выше, чем в других.

Ответ на такой вопрос дает сопоставление таблиц 23 и 35, позволяющее проследить за изменением суммы щелочей в стеклах одновременно с изменением суммарного содержания в них кремнезема и глинозема.

В табл. 36 дано это сопоставление. В левом столбце

расположены области в порядке возрастания суммы  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ , а в правом столбце — в порядке увеличения суммы щелочных окислов ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ). В 5 случаях из 9 (№ 1, 2, 3, 4 и 6) увеличение первой суммы в стеклах сопровождается ростом второй, что вполне оправдывается с технологической точки зрения; увеличение щелочных компонентов предупреждает необходимость изменения режима варки, которая была бы вызвана увеличением суммы «тугоплавких

Т а б л и ц а 33

Содержание окиси натрия в среднеазиатских стеклах по историко-географическим областям (средние и предельные значения)

Область	Окись натрия, %	
	средние	предельные
Хорезм	12,85	12,55—13,81
Южный Казахстан	13,62	12,93—14,48
Бухарский оазис	13,84	11,56—15,68
Южный Таджикистан	14,89	14,53—15,57
Долина Зарафшана	14,93	14,03—15,60
Самарканд	15,20	13,01—16,67
Ташкентский оазис	15,56	12,20—17,10
Фергана	15,67*	12,42—19,08*
Южная Туркмения	16,92	12,42—18,92

\* Без Кувы

компонентов» ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ). Некоторое недоумение в этой связи возникает по поводу стекол Хорезма и Южного Таджикистана, отчасти Ферганы, и в меньшей степени — долины Зарафшана, которые, возможно, требовали более высокой температуры и большей длительности варки.

Попытаемся еще одним способом охарактеризовать варочные свойства среднеазиатских стекол в зависимости от их состава.

М. Вольф в своей статье о скорости провара стекла предложил определять ее некоторой эмпирической величиной  $\tau^1$ . Она является функцией химического состава стекла и характеризует скорость получения стеклообразного расплава, не учитывая, однако, скорости растворения зерен песка в нем, что является весьма затяжным физико-химическим процессом. Автор делит компоненты на три группы с точки зрения варки:

<sup>1</sup> M. Volf. Sklarské rozhledy, t. XXV, 1949, N 2—3, str. 25.

- 1) растворяющие — плавни —  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Ba}_2\text{O}_3$ ,
- 2) пассивные —  $\text{CaO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{ZnO}$  и др.,
- 3) растворяемые —  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Такая классификация преследует чисто практическую цель и не связана со сложными процессами, протекающими при синтезе силикатных стекол. Расчет  $\tau$  как функции отношения тугоплавких компонентов к легкоплавким для стекол, содер-

Т а б л и ц а 34

Суммарное содержание щелочей в среднеазиатских  
стеклах из различных памятников  
(средние и предельные значения)

Памятник	Сумма, %	
	средние	предельные
Риштан	15,83	—
Таке-Сенгир	16,50	16,41—16,76
Кююсай	16,54	—
Кува	16,74	15,41—21,66
Хульбук	17,31	16,54—18,09
Мерв	17,70	16,10—20,14
Варахша	17,74	16,54—18,74
Шах-Сенем	17,84	—
Ахсыкет	17,93	15,55—20,08
Пенджикент	17,95	16,24—20,12
Андижан	18,14	14,87—20,79
Тункат	18,38	16,82—21,03
Пайкенд	18,48	17,17—19,73
Тараз	18,50	17,95—19,35
Кзыл-Кыр	18,53	17,61—19,45
Кулдор-Тепа	18,63	18,14—19,15
Аблык	19,80	17,47—21,30
Афраснаб	19,92	15,39—24,13
Узген	20,23	17,98—22,19
Ташкент	20,48	20,30—20,63
Новая Ниса	20,86	20,21—21,70
Хауз-Хан-Кала	23,79	—
Пределы суммы щелочей по Средней Азии	15,83—23,79	14,87—24,13

жащих  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$  и не принадлежащих к числу борных или свинцовых, производится по формуле

$$\tau = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$$

Окислы натрия и калия условно принимаются равноценными по своему влиянию на скорость варки. Чем больше  $\tau$ , тем

труднее протекает варка; при одинаковом  $\tau$  стекла имеют одинаковые варочные свойства и требуют одинаковую температуру варки. Чтобы составить представление о величине, М. Вольф сообщает ее значения у общеизвестных современных стекол:

Пирекс — 8,4  
 Иена „20“—7,9  
 Стекло  $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$ —4,8—5,0  
 Легкоплавкое—3,9.

Т а б л и ц а 35

**Суммарное содержание щелочей в среднеазиатских стеклах по историко-географическим областям (средние и предельные значения)**

Область	Сумма, %	
	средние	предельные
Хорезм	16,79	16,41—17,84
Южный Таджикистан	17,31	16,54—18,09
Долина Зарафшана	17,95	16,24—20,12
Фергана	18,02	14,87—22,19
Бухарский оазис	18,25	16,54—19,73
Южный Казахстан	18,50	17,95—19,35
Самарканд	19,27	15,39—24,13
Ташкентский оазис	19,55	16,82—21,30
Южная Туркмения	20,78	16,10—23,79

Т а б л и ц а 36

**Распределение историко-географических областей Средней Азии по возрастающему в их стеклах содержанию суммы  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  и суммы  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$**

Расположение областей по возрастающей сумме $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (табл. 23)	Сумма, %	Расположение областей по возрастающей сумме $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (табл. 35)	Сумма, %
1. Бухарский оазис	63,97	1. Хорезм	16,79
2. Ташкентский оазис	64,29	2. Южный Таджикистан	17,31
3. Южный Казахстан	64,70	3. Долина Зарафшана	17,95
4. Самарканд	65,92	4. Фергана	18,02
5. Долина Зарафшана	66,61	5. Бухарский оазис	18,25
6. Южная Туркмения	67,39	6. Южный Казахстан	18,50
7. Фергана	67,70	7. Самарканд	19,27
8. Южный Таджикистан	68,95	8. Ташкентский оазис	19,55
9. Хорезм	70,39	9. Южная Туркмения	20,78

По указанной формуле подсчитаны значения  $\tau$  для среднеазиатских стекол<sup>1</sup> на основании табл. 23 и 35:

<sup>1</sup> Риштан и Хауз-Хан-Кала не приняты во внимание, как имеющие только по одному анализу стекла.

τ Памятник

- 3,2 Аблык, Ташкент
- 3,3 Афрасиаб, Узген
- 3,4 Новая Ниса, Кзыл-Кыр
- 3,5 Тункат, Пайкенд, Тараз
- 3,6 Кулдор-Тепа, Варахша, Андижан
- 3,7 Мерв, Ахсикет, Пенджикент
- 3,9 Шах-Сенем, Хульбук
- 4,1 Кува
- 4,3 Куюсай, Таке-Сенгир

Следовательно, для среднеазиатских стекол τ находится в пределах 3,2—4,3, причем подавляющее большинство их

Т а б л и ц а 37

Содержание марганца в среднеазиатских стеклах  
(VIII—XIII вв.) из различных памятников  
(средние и предельные значения)

Памятник	Окись марганца, %	
	средние	предельные
Шах-Сенем	0,07	—
Таке-Сенгир	0,08	0,08—0,09
Куюсай	0,10	—
Хауз-Хан-Кала	0,14	—
Пайкенд	0,21	0,07—0,73
Афрасиаб	0,30	0,21—1,09
Новая Ниса	0,42	0,13—0,84
Тункат	0,56	0,07—1,62
Хульбук	0,56	0,16—1,45
Ташкент	0,57	0,03—1,49
Тараз	0,53	0,04—1,00
Кува	0,75	0,24—3,58
Кзыл-Кыр	0,80	0,07—1,95
Ахсикет	0,82	0,17—2,83
Риштан	0,89	—
Аблык	1,00	0,38—1,82
Кулдор-Тепа	1,12	0,19—2,94
Пенджикент	1,15	0,02—4,08
Андижан	1,19	0,36—2,27
Узген	1,54	0,36—3,06
Варахша	1,98	1,20—2,49
Мерв	2,13	0,02—8,14
Пределы $Mn_2O_3$ по Средней Азии	0,07—2,13	0,02—8,14

имеют τ меньше 3,9, т. е. принадлежат к группе «легкоплавких», по классификации М. Вольфа.



**Содержание марганца по различным историко-географическим областям  
(средние и предельные значения)**

Область	Окись марганца, %	
	средние	предельные
Хорезм	0,08	0,07—0,10
Южный Таджикистан	0,56	0,16—1,45
Южный Казахстан	0,58	0,04—1,00
Самарканд	0,71	0,19—2,94
Ташкентский оазис	0,71	0,03—1,82
Южная Туркмения	0,89	0,02—8,14
Бухарский оазис	1,00	0,07—2,49
Фергана	1,04	0,17—3,58
Долина Зарафшана	1,15	0,02—4,08

Т а б л и ц а 39

**Содержание железа в среднеазиатских стеклах  
(VIII—XIII вв.) по отдельным памятникам  
(средние и предельные значения)**

Памятник	Окись железа, %	
	средние	предельные
Узген	0,61	0,21—1,26
Тараз	0,65	0,16—1,03
Новая Ниса	0,65	0,56—0,72
Варахша	0,70	0,57—0,87
Хауз-Хан-Кала	0,76	—
Хульбук	0,83	0,97—1,84
Куюсай	0,87	—
Афрасиаб	0,90	0,32—1,81
Кулдор-Тепа	0,90	0,40—1,30
Мерв	0,97	0,56—1,20
Шах-Сенем	1,02	—
Пенджикент	1,10	0,64—1,82
Ахсикет	1,10	0,48—1,92
Пайкенд	1,14	0,78—1,56
Ташкент	1,15	0,90—1,30
Аблык	1,19	1,00—1,50
Риштан	1,20	—
Кзыл-Кыр	1,24	1,11—1,43
Таке-Сенгир	1,33	1,00—1,82
Тункат	1,33	0,58—2,28
Андижан	1,34	0,56—2,18
Кува	1,63	0,77—2,35

Пределы Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> по Средней Азии	0,61—1,63	0,16—2,35
--	-----------	-----------

Рассмотрим содержание второстепенных компонентов в среднеазиатских стеклах.

В табл. 37 и 38 приводятся средние и предельные значения марганца в средневековых стеклах по отдельным памятникам и историко-географическим областям. Средние значения  $Mn_2O_3$  по отдельным памятникам колеблются от 0,07 до 2,13%, а предельные — от 0,02 до 8,14%. Менее всего марганца в стеклах Хорезма (0,08%), более всего — долины Зараф-

Т а б л и ц а 40

**Содержание железа в среднеазиатских стеклах  
по различным историко-географическим областям  
(средние и предельные значения)**

Область	Окись железа, %	
	средние	предельные
Южный Казахстан	0,65	0,16—1,03
Южная Туркмения	0,79	0,56—1,20
Южный Таджикистан	0,83	0,97—1,84
Самарканд	0,90	0,32—1,81
Бухарский оазис	1,00	0,56—1,56
Долина Зарафшана	1,10	0,64—1,82
Фергана	1,18	0,21—2,35
Хорезм	1,18	0,87—1,82
Ташкентский оазис	1,22	0,58—2,28

шана (1,15%). По содержанию  $Mn_2O_3$  стекла Южного Таджикистана близки к южноказахстанским, Самарканда — к ташкентским, бухарские — к ферганским.

Содержание железа в стеклах по отдельным памятникам и историко-географическим областям дано в табл. 39 и 40. Его средние значения по Средней Азии в целом 0,61—1,63%, а предельные — 0,16—2,35%. Стекла Южного Казахстана содержат мало железа (0,65%), и, напротив, его относительно много в стеклах долины Зарафшана (1,10%), Ферганы (1,18%), Хорезма (1,18%) и Ташкентского оазиса (1,22%).

## Глава V

### **ХИМИЧЕСКИЕ ТИПЫ СРЕДНЕВЕКОВЫХ СТЕКОЛ СРЕДНЕЙ АЗИИ**

Систематизация химических анализов древних и средневековых стекол с разных территорий привела в свое время одного из авторов к идее о «химических типах»<sup>1</sup> (15, 18). Этот термин был присвоен более или менее многочисленным группам с похожими химическими характеристиками. Типовым признаком было принято сходство стекол по качественному и количественному химическому составу или, точнее, по количественному соотношению в них главных компонентов — кремнезема, глинозема, окиси кальция, окиси свинца, окиси магния, окиси натрия и окиси калия. Распределение стекол по химическим типам показало, что такое объединение их в группы закономерно. Было установлено, что химические типы различаются весьма важными особенностями, получившими название «хронологических» и «локальных». Тогда же возникла мысль о «химической датировке» и «химической локализации» древних и средневековых стекол.

Принадлежащие к тому или иному типу стекла изготавливались на определенной территории, более или менее обширной, в определенные более или менее долгие исторические периоды. Так, оказалось возможным объединить многие из стекол в один химический тип «античных» стекол на основании количественного содержания в них кремнезема, окиси кальция и окиси натрия. Исследование стекол Древней Руси и Польши привело к открытию двух химических типов, специфичных для древнерусского и польского стеклоделия домонгольского времени: калиево-свинцово-кремнеземных и свинцово-кремнеземных (бесщелочных) стекол (18, 71). Недавно Казуо Ямасаки исследовал стеклянные бусы VIII в., изготовленные в

<sup>1</sup> М. А. Besborodow. Glassherstellung bei den slawischen Völkern an der Schwelle des Mittelalters. Wissenschaftlichen Zeitschr. der Humboldt — Universität zu Berlin, Jg. VIII, 1958/1959, No 2—3, s. 187—193.

Японии, которые также оказались свинцово-кремнеземными<sup>1</sup>. Можно упомянуть еще о стеклах калиево-кальциево-кремнеземного типа, найденных советскими археологами в Галиче (XI—XIII вв.) и польскими учеными в Кракове, Торуни и Крушвице (VIII—XIV вв.); к этому типу относятся также западногерманские стекла из Альцея и Ввезе (XII в.) и французские из Сен-Реми (XIII в.).

Кроме упомянутой ранее классификации, основанной на количественном содержании главных компонентов, возможны, конечно, и другие. Э. В. Сайре и Р. В. Смит предложили в 1961 г. свои «химические категории» древних стекол на иной основе (147, 148). Они использовали для этого не главные окислы, а «малые» компоненты: окись магния ( $MgO$ ), окись марганца ( $Mn_2O_3$ ), трехокись сурьмы ( $Sb_2O_3$ ) и добавили к ним окись свинца ( $PbO$ ) и окись калия ( $K_2O$ ). Они распределили изученные стекла на 5 групп: 1) II тысячелетия до н. э., 2) богатые сурьмой, 3) римские, 4) раннемусульманские и 5) свинцовые мусульманские. Как видно, классификация эта весьма своеобразна, поскольку построена на смешении нескольких принципов: исторического, химического, территориального и даже вероисповедного.

Возможны и другие варианты таких построений и группировок, основанные на иных началах. Так, можно взять за основу сочетание как главных, так и малых компонентов, или содержание в стеклах микроэлементов, которые были бы локальными или хронологическими характеристиками.

Несмотря на значительную, казалось бы, работу, в результате которой накоплено более 750 полных химических анализов древних и средневековых стекол, наши знания об их химических составах пока еще очень ограничены. Не следует забывать, что анализы должны характеризовать множество разнообразных стекол, изготовлявшихся в течение 2800 лет на всех территориях античной и средневековой цивилизаций.

Напрашивается здесь для сопоставления упоминание о работе Ф. Кларка и Г. Вашингтона, которые только для расчета среднего химического состава земной коры воспользовались 5508 полными химическими анализами горных пород, сделанными в разных странах за 30 лет<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Y. Harada, J. Okada, K. Yamasaki and K. Kagami. Glass Objects in the Shosoin, Tokyo, p. X.

<sup>2</sup> В. И. Вернадский. Очерки геохимии. Избр. соч., т. 1, М., Изд-во АН СССР, 1954, стр. 33.

За истекшие полтора десятка лет, по мере накопления экспериментальных данных о свойствах стекол, постепенно изменялось и расширялось представление об их составах и увеличивалось число химических типов. Наибольшим химическим разнообразием, судя по имеющимся сегодня анализам, отличались стекла Древней Руси. Можно назвать по крайней мере семь типов стекол, которые найдены только на территории Древнерусского государства, не говоря о Советском Союзе в целом.

В табл. 41 представлены эти типы и характерные химические анализы образцов для каждого из них в отдельности. Три типа — 1, 2 и 6 — характерны для стеклоделия Древней Руси. Стекла типа 5 частично изготавливались в Древнерусском государстве, а также были привезены из-за его пределов. Типы стекол 3, 4 и 7 встречаются на территории Древней Руси реже: они в меньшем количестве производились и ввозились извне.

Наиболее характерными древнерусскими стеклами были калиево-свинцово-кремнеземные (тип 2), которые нигде пока не найдены, кроме Древней Руси и отчасти Польши. Находки их на территории Древнерусского государства многочисленны. Производство стеклянных изделий — оконных стекол, бус, браслетов, мозаики и посуды — находилось в Киеве, где существовали три мастерские, в Галиче, а также, вероятно, в Старой Ладоге, Новгороде, Костроме и Старой Рязани. Недавно было высказано предположение о существовании производства стекла в Полоцке, но оно требует дальнейших надежных обоснований.

Возникновение стекольного ремесла в Древней Руси, по-видимому, должно быть отнесено к IX в.

В Польше (IX—XIV вв.) также найдены стекла разных составов; они соответствуют типам 1, 2, 3 и 5 упомянутой таблицы (77); болгарские средневековые стекла однородны в химическом отношении и принадлежат к 5-му типу.

В статье о химическом исследовании средневековых стекол Средней Азии, основанной на 35 анализах из 8 археологических памятников (1956—1958), авторы пришли к выводу, что эти стекла однородны по составу и принадлежат в основном к одному типу —  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$  (5). Дальнейшее изучение стекол Средней Азии (1962—1963 гг.), когда были исследованы новые образцы из тех же пунктов и еще других 14 городищ и сделаны дополнительные анализы, заставило внести поправки к указанному выводу (27). Было установлено, что подавляющее большинство стекол — 107 из 125 (85,6%) образцов — принадлежит к двум химическим типам:

I.  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$

## Химические типы и химические анализы некоторых стёкол средних веков (VIII—XIII вв.)

Химические типы и образцы стекол, относящиеся к ним	Химические анализы (весовые %)									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PbO	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
1. PbO·SiO <sub>2</sub> (зеленый браслет из Смоленска)	31,67	1,41	0,76	0,20	0,36	63,46	0,09	1,02	Нет	0,83
2. K <sub>2</sub> O·PbO·SiO <sub>2</sub> (оконное стекло из Киева)	53,07	1,61	0,24	0,40	0,40	27,90	—	0,57	14,83	1,14
3. Na <sub>2</sub> O·PbO·SiO <sub>2</sub> (мозаика зеленая из Киева)	54,36	0,72	0,56	3,14	0,70	26,56	1,92	0,40	0,49	9,80
4. K <sub>2</sub> O·Na <sub>2</sub> O·PbO·SiO <sub>2</sub> (мозаика телесного цвета из Киева)	54,49	1,60	0,37	3,85	0,72	20,11	0,66	0,62	9,64	8,28
5. Na <sub>2</sub> O·CaO·SiO <sub>2</sub> (оконное фиолетовое стекло из Киева)	67,70	1,99	0,47	9,03	1,72	—	2,95	0,47	1,33	14,02
6. K <sub>2</sub> O·Na <sub>2</sub> O·CaO·SiO <sub>2</sub> (оконное голубовато-зеленое из Вышгорода)	59,89	2,89	0,33	18,78	2,23	—	—	0,53	8,82	6,03
7. Na <sub>2</sub> O·K <sub>2</sub> O·CaO·MgO·SiO <sub>2</sub> Оконное из Киева	64,88	1,04	0,85	9,80	6,65	—	1,65	0,24	8,72	6,43
Фрагмент сосуда из Афрасиаба	62,18	0,83	1,28 TiO <sub>2</sub> =0,21	8,56	4,86	0,43	1,55	—	4,82 п. п. п. =0,10	15,80
8. Na <sub>2</sub> O·K <sub>2</sub> O·CaO·MgO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·SiO <sub>2</sub> (фрагмент зеленоватого стекла из Тунката)	59,43	4,40	1,24 TiO <sub>2</sub> =0,16	8,36	5,36	— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> =0,60	1,33	— п. п. п. =0,56	5,83	12,85

## II. $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$

Для дальнейшего выявления химических особенностей среднеазиатских стекол по сравнению с другими стеклами древнего мира и средневековья были подсчитаны количественные соотношения в них щелочно-земельных ( $\text{CaO} : \text{MgO}$ ) и щелочных компонентов ( $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ ).

Приведенные далее химические характеристики стекол для всех изученных 22 археологических памятников дают представление об отношении в них окиси кальция к окиси магния.

Памятник	$\text{CaO} : \text{MgO}$	Памятник	$\text{CaO} : \text{MgO}$
Новая Ниса	1,01	Хульбук	1,55
Тараз	1,24	Шах-Сенем	1,61
Ахсикет	1,31	Кулдор-Тепа	1,64
Андижан	1,32	Хауз-Хан-Кала	1,68
Варахша	1,33	Ташкент	1,70
Таке-Сенгир	1,34	Узген	1,74
Риштан	1,35	Мерв	1,90
Куюсай	1,37	Афрасиаб	1,93
Тункат	1,37	Пенджикент	2,02
Пайкенд	1,45	Аблык	2,09
Кзыл-Кыр	1,48		
Кува	1,51		

Пределы отношений  $\text{CaO}$  к  $\text{MgO}$  по Средней Азии 1,01—2,09.

Как видно, отношение  $\text{CaO} : \text{MgO}$  находится в пределах 1,01—2,09, или округленно от 1 до 2, т. е. на 1 часть окиси магния приходится от 1 до 2 частей окиси кальция. Минимальное отношение — в стеклах Новой Нисы, в которых оба компонента содержатся почти поровну. Напротив, в стеклах Мерва, Афрасиаба, Пенджикента и Аблыка окиси кальция почти вдвое больше, чем окиси магния. Интересно, что некоторые группы памятников характеризуются практически одинаковым отношением в стеклах  $\text{CaO} : \text{MgO}$ . Так, у семи памятников — от Ахсикента до Тунката, и у четырех — от Мерва до Аблыка почти одинаковые отношения  $\text{CaO} : \text{MgO}$ . Едва ли можно искать причину сходства в географическом признаке; по-видимому, оно объясняется использованием золы сходных растений, взятых в одинаковое время вегетации. Как известно, состав золы, в частности, количественное соотношение в ней отдельных компонентов во многом зависит от указанного фактора<sup>1</sup>.

Средние значения отношений  $\text{CaO} : \text{MgO}$  по отдельным ис-

<sup>1</sup> Е. В. Цинзерлинг. О золе растений, применявшейся в стеклоделии в XI—XVI вв., Изв. Ин-та археологической технологии, вып. 1, Петроград, 1922, стр. 177—190.

торико-географическим областям Средней Азии представлены далее.

<i>Территория</i>	$\text{CaO}:\text{MgO}$	<i>Число анализов</i>
Южный Казахстан	1,24	4
Хорезм	1,39	5
Фергана	1,42	40
Бухарский оазис	1,45	12
Южная Туркмения	1,59	11
Южный Таджикистан	1,61	5
Ташкентский оазис	1,68	21
Самарканд	1,78	17
Долина Зарафшана	2,02	8
Ассиро-вавилонские	1,37	18
Индийские	2,08	24
Египетские	2,43	71
Византийские	6,67	2
Римские	6,78	55

Для сравнения приведены подобные данные по другим странам. Цифры получены на основании 123 анализов среднеазиатских стекол и 170 — древних и средневековых стекол других территорий.

Как видно, низким отношением окиси кальция к окиси магния отличаются стекла Южного Казахстана, и наоборот, сравнительно высоко это отношение в стеклах Самарканда и особенно долины Зарафшана. Оно почти одинаково для стекол Хорезма, Ферганы и Бухарского оазиса. Такое же сходство наблюдается между стеклами Южной Туркмении и Таджикистана. Отношение  $\text{CaO}:\text{MgO}$  по Средней Азии в целом равно 1,53, т. е. на одну часть  $\text{MgO}$  приходится примерно полторы части  $\text{CaO}$ .

Сопоставим данные по территории Средней Азии и других стран. К среднеазиатским значениям  $\text{CaO}:\text{MgO}$  близки ассиро-вавилонские и индийские образцы, а египетские, византийские и римские резко отличаются от них. Если сравнить отдельные историко-географические области и памятники Средней Азии с другими территориями, то ассиро-вавилонские по значению  $\text{CaO}:\text{MgO}$  оказываются сходными с хорезмскими, а из памятников — с тункатскими и куюсайскими. Отношение  $\text{CaO}:\text{MgO}$  в индийских стеклах примерно такое же, как в стеклах Пенджикента и Аблыка.

Приведенные данные отчетливо характеризуют локальные химические особенности стекол Средней Азии по отношению в них  $\text{CaO}:\text{MgO}$ .

Среднеазиатские стекла VIII—XIII вв. в целом, если сравнивать их с древними и средневековыми стеклами других стран, характеризуются более низкими значениями отноше-



ния окиси кальция к окиси магнезия. Исключение представляют ассиро-вавилонские и, в меньшей степени, индийские стекла. Они соответственно более близки к стеклам Хорезма и долины Зарафшана. Если учесть, что ассиро-вавилонские и индийские стекла относятся к более раннему периоду и что как в Хорезме (Куюсай), так и в долине Зарафшана (Пенджикент) открыты стеклоделательные мастерские, — факт изготовления стекол Средней Азии на месте не вызывает никакого сомнения.

Рассмотрим далее особенности стекол Средней Азии по соотношению щелочных компонентов. Далее указаны отношения  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$  в стеклах разных памятников Средней Азии. Последние расположены по возрастающему значению  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ , рассчитанному на основе среднего содержания  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в стеклах каждого археологического памятника.

<i>Памятник</i>	$\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$	<i>Памятник</i>	$\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$
Кува	1,13	Аблык	4,01
Варахша	2,56	Кулдор-Тепа	4,23
Тараз	2,79	Ташкент	4,61
Тункат	3,20	Пенджикент	4,94
Таке-Сенгир	3,25	Ахсикет	5,50
Шах-Сенем	3,25	Новая Ниса	5,64
Куюсай	3,31	Узген	5,83
Афрасиаб	3,34	Хульбук	6,15
Кзыл-Кыр	3,39	Андижан	6,31
Пайкенд	3,60	Риштан	11,97
Хауз-Хан-Кала	3,88		
Мерв	3,96		

Пределы  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$  по Средней Азии 1,13—11,97

Как видно, отношение  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$  в стеклах Средней Азии находится в среднем в пределах 1,13—11,97 или, иначе говоря, в их составе на 1 часть  $\text{K}_2\text{O}$  приходится от 1 до 12 частей  $\text{Na}_2\text{O}$ . Однако крайние значения  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$  относятся к двум памятникам Ферганы — Куве и Риштану. Если не учитывать стекла из Риштана, для характеристики которых имеется всего один анализ, и кувинские — разнородные и своеобразные, то для подавляющего большинства среднеазиатских стекол характерно отношение  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$  в пределах 2,5—6,3.

Замечается некоторая связь между территориальным расположением отдельных памятников и сходством значений в их стеклах  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ . Эта зависимость наблюдается в памятниках, расположенных поблизости друг от друга, как например, хорезмской группы — Таке-Сенгир, Шах-Сенем и Куюсай; Бухарского оазиса — Кзыл-Кыр и Пайкенд; Южной Туркмении — Хауз-Хан-Кала и Мерв, и, наконец, Ферганы — Ахсикет, Узген и Андижан. Соотношение щелочных

окислов в стеклах Средней Азии по историко-географическим областям приведено далее.

<i>Территория</i>	$\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$
Южный Казахстан	2,79
Бухарский оазис	3,18
Хорезм	3,27
Самарканд	3,78
Ташкентский оазис	3,94
Южная Туркмения	4,49
Долина Зарафшана	4,94
Фергана	5,88 <sup>1</sup>
Южный Таджикистан	6,15
Среднее по средне-азиатским памятникам	4,27
Индийские	5,38
Ассиро-вавилонские	5,83
Египетские	8,83
Римские	16,48
Византийские	18,65

<sup>1</sup> Без Кувы и Риштана.

Наименьшее отношение  $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$  — в стеклах Южного Казахстана, Бухарского оазиса и Хорезма; в стеклах долины Зарафшана, Ферганы и особенно Южного Таджикистана — оно наибольшее.

Для сравнения со среднеазиатскими даны средние значения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$  в древних и средневековых стеклах других территорий, подсчитанные на основании 170 анализов.

Как видно, стекла Средней Азии отличаются от стекол других стран низким отношением  $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$ . В этом отношении близки среднеазиатские, индийские и ассиро-вавилонские стекла. Стекла Индии по этому признаку расположены между стеклами долины Зарафшана и Ферганы, а ассиро-вавилонские аналогичны ферганским. Индийские стекла — между пенджикентскими и ахсикетскими, а ассиро-вавилонские подобны узгенским. Существование открытых стеклоделательных мастерских в Пенджикенте и Ахсикете и косвенные свидетельства о самостоятельном производстве в Узгене исключают предположение об импорте подобных стекол из указанных стран в Среднюю Азию. Это предположение тем более достоверно, что анализы относятся к индийским стеклам V—III вв. до н. э., а ассиро-вавилонские — к XV в. до н. э.—IX в. н. э. За исключением некоторых отмеченных черт сходства, стекла Средней Азии VIII—XIII вв. в общем отличаются от стекол упомянутых территорий Востока, Рима и Византии по отношению  $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$ .

## СВОЙСТВА СРЕДНЕВЕКОВЫХ СТЕКОЛ СРЕДНЕЙ АЗИИ

### Удельный вес

Выдающийся ученый Средней Азии Бируни в известном труде о драгоценных камнях, относящемся к 1048 г. н. э., по-видимому, впервые в истории науки опытным путем определил удельный вес стекла<sup>1</sup>.

В главе о стекле Бируни пишет: «Вес толстостенного (сирийского) стекла, взятый по отношению к весу эталона, составляет  $62, \frac{2}{3} \frac{2}{8}$ ».

Бируни взял в качестве эталона не воду, как принято теперь, а сапфир — природный корунд синего цвета. Вес эталона он считал за 100, а вес того же объема стекла выражал в долях веса этого эталона. Удельный вес сапфира по отношению к воде составляет, как известно,  $3,96^2$ .

Произведя соответствующие расчеты, можно установить, что удельный вес сирийского стекла по отношению к воде составляет 2,4867, или округленно  $2,49 \text{ г/см}^3$ .

Интересно определить удельные веса средневековых стекол Средней Азии и сопоставить их с данными Бируни.

Удельный вес, или точнее плотность стекол, была определена методом гидростатического взвешивания. Для этого был взят кусок стекла XII—XIII вв. из Новой Нисы, которому шлифовкой была придана форма прямоугольного параллелепипеда с размерами сторон  $2,3 \times 2,4 \times 0,4 \text{ см}$ . После взвешивания его в воде и соответствующих подсчетов был определен удельный вес (плотность) по формуле:

<sup>1</sup> كتاب الجواهر فى معرفتهم الجواهر تصنيف الاستاذ ابى

الريحان محمد ابن احمد البيرونى حيدآباد ١٣٥٥ هـ.

<sup>2</sup> Г. Г. Леммлейн. Минералогические сведения Бируни, В сб. «Бируни», Ташкент, 1950, стр. 122, 123.

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)} (\delta_b - 0,0012) + 0,0012,$$

где  $\rho$  — удельный вес, или плотность стекла,  $г/см^3$ ,  
 $m_1$  — вес образца с проволокой в воздухе = 5,5919 г;  
 $m_2$  — вес проволоки в воздухе = 0,0366 г;  
 $m_3$  — вес образца с проволокой в воде = 3,4066 г;  
 $m_4$  — вес проволоки в воде = 0,0749 г;  
 $\delta_b$  — плотность воды при температуре опыта ( $20^\circ$ ) =  
 = 0,99823;  
 0,0012 — плотность воздуха при комнатной температуре,  
 $г/см^3$ .

Оказалось, что удельный вес образца из Новой Нисы равен 2,4876  $г/см^3$ , или округленно 2,49.

Сравнение удельного веса стекла по Бируни с полученными данными говорит о поразительно высокой точности, достигнутой им в своих исследованиях.

### Вязкость

Вязкость, как известно, является одним из основных технологических свойств стекла. От ее изменения в зависимости от температуры зависит возможность применения тех или иных способов выработки. Значения вязкости различны на разных стадиях производственного процесса.

При одинаковой температуре вязкость зависит от химического состава стекла.

Мы попытались определить расчетным путем некоторые характерные температуры для среднеазиатских стекол, исходя из их химического состава и значений вязкости по М. В. Охотину<sup>1</sup>. Метод расчета распространяется на силикатные стекла, содержащие, кроме  $SiO_2$ , также  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$  и  $Na_2O$ .

Если в стекле содержится небольшое количество  $K_2O$  — в пределах нескольких процентов, тогда это его значение прибавляется к количеству  $Na_2O$  и рассчитывается наравне с последним.

Расчет был произведен по формуле:

$$t = ax + by + cz + d,$$

где  $t$  — температура в градусах,  
 $x$  — содержание  $Na_2O$  в процентах,

<sup>1</sup> М. В. Охотин. Применение номографического метода для получения данных по вязкости промышленных силикатных стекол, Тр. ВНИИС, вып. 34, М., 1954, стр. 97—99.

$y$  — содержание  $\text{CaO} + 3\text{MgO}$  в процентах,  
 $z$  — „ „  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в процентах,  
 $a, b, c, d$  — коэффициенты, которые приведены М. В. Охотиным в таблице.

Для определения температуры при заданной вязкости стекла в указанное уравнение вместо  $x$ ,  $y$  и  $z$  подставляется процентное содержание  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO} + 3\text{MgO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а вместо  $a, b, c, d$  — значения этих коэффициентов при данной вязкости в пуазах.

С помощью этого уравнения определяется температура, при которой стекло данного химического состава будет иметь заданное значение вязкости. Как видно, в уравнении, кроме окиси калия, не учтены также  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ . По М. В. Охотину, приближенный расчет вязкости по его уравнению можно делать и при наличии некоторых примесей<sup>1</sup>.

Подсчеты температур при заданных значениях вязкости  $10^3$ ,  $10^4$  и  $10^{13}$  пуаз, а также температурные интервалы выработки были произведены для пенджикентского стекла № 6 и для сравнения — египетского стекла, по среднему составу из табл. 11.

<i>Окисел</i>	<i>Пенджикент (№ 6)</i>	<i>Египетское стекло (средний состав)</i>
$\text{SiO}_2$	66,42	63,78
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1,60	2,24
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,25	0,90
$\text{CaO}$	8,68	6,93
$\text{MgO}$	3,55	2,85
$\text{CuO}$	0,26	—
$\text{SO}_3$	0,02	—
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	0,39	0,58
$\text{K}_2\text{O}$	2,97	1,90
$\text{Na}_2\text{O}$	15,16	16,77

Указанные параметры вязкости  $10^3$ ,  $10^4$  и  $10^{13}$  позволяют определить температуру для двух важных технологических процессов: выработки стеклянных изделий и соответственно их отжига. Подсчета температуры для вязкости  $10^2$  пуаз, при которой ведется варка стекла, формула М. В. Охотина не дает.

Результаты расчета температурно-вязкостных характеристик, соответствующих вязкости  $10^3$ ,  $10^4$  и  $10^{13}$  пуаз и интервалу выработки, приводятся ниже.

<sup>1</sup> Частное сообщение М. В. Охотина.

<i>Параметры</i>	<i>Пенджикентское стекло</i>	<i>Египетское стекло</i>
Вязкость $10^3$ пуаз	1104°	1128°
Вязкость $10^4$ "	955°	969°
Интервал выработки ( $10^3$ — $10^4$ пуаз)	149°	159°
Вязкость $10^{13}$ (темпера- тура отжига)	531°	522°

В настоящее время изделия после выработки подвергаются отжигу для уничтожения остаточных напряжений, которые могут привести к растрескиванию стекла. Пока нет каких-либо прямых указаний на существование преднамеренного отжига средневековых стеклянных изделий в Средней Азии. Может быть, стеклоделы пользовались примитивным приемом, позволяющим избежать растрескивания, — погружали изделия в золу или в горячий песок.

Приведенные выше данные показывают, что температурные условия производства в Пенджикенте и у египетских стеклоделов были примерно равноценными.

Следует все же отметить, что расчетные данные носят весьма условный характер, так как средневековые стекла содержат  $K_2O$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Mn_2O_3$ , которые не учитываются формулой М. В. Охотина. Так как указанные окислы понижают вязкость стекла, то полученные расчетные температуры надо считать немного завышенными.

## СЫРЬЕВЫЕ ИСТОЧНИКИ СРЕДНЕВЕКОВЫХ СТЕКОЛ И ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Многочисленные анализы древних и средневековых стекол и обзор письменных источников позволили обосновать предположение, что в течение по меньшей мере двух с половиной тысяч лет (с VII в. до н. э. и до XIX в. н. э.) состав шихты для варки стекла состоял из золы растений и песка (6). В этом отношении не была исключением и Средняя Азия. О применении в средневековом стеклоделии золы и о получении из нее щелочей свидетельствуют данные средневековых авторов.

Самые ранние сведения о составе шихты для варки стекла в Средней Азии и об источниках сырья приводятся в трудах выдающегося средневекового алхимика и врача IX—X вв. Абу Бакра Мухаммеда ибн Закарийя ар-Рази (865—925 гг.). В „Книге тайны тайн“ он пишет, что стекло изготавливается из песка и „поташа“<sup>1</sup>. Рази различает „поташ“ (кали — قلين), „соду“ (натрун — النطرون) и „соль золы“. Кроме того, „сода“ делится им на два вида — растительную и природную. При классификации веществ „поташ“ и „соль золы“ Рази относит к группе искусственно получаемых солей. Он не указывает способа получения „поташа“, а сообщает только рецепты для очистки. Его добывали из золы растения حرص. Оно употреблялось также для мытья рук и стирки одежды<sup>2</sup>.

В словаре „ал-мунджид“ сказано, что „حرص“ есть то же, что и „ушнан“ или „кали“; этим моют руки после еды, а „кали — вещь, которая добывается при сгорании растения

<sup>1</sup> У. И. Каримов. Неизвестное сочинение ар-Рази «Книга тайны тайн», Изд-во АН УзССР, 1957, стр. 131—135.

<sup>2</sup> Там же, стр. 137.

„хамд“ (حمد), у него вкус соленый и горьковатый, служит приправой к еде“<sup>1</sup>.

Хотя Рази сообщает о применении «соды» (натрун) при некоторых алхимических операциях, он ничего не говорит о способе ее получения. По мнению У. И. Каримова, натрун означает природную соду ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). В то время она добывалась из соляных озер и встречалась также в готовом виде в степях. В отношении растительной «соды» в разделе о растительных веществах «Книги тайн» Рази пишет: «Ученые мало исследовали их и мало употребляли. Самое лучшее, что они употребляют из них, это ал-ушнан ас сабахи с длинными ягодами». Здесь речь идет об ушнани, растущем в болотистых местах, из золы которого добывали соду<sup>2</sup>.

В упомянутом словаре «ал-мунджид» сказано, что ушнан или ишнан есть то, чем отмывают руки от кислоты.

Г. Фестер<sup>3</sup> и У. И. Каримов<sup>2</sup> отмечают, что Рази и один из его младших современников и последователей — Абу Мансур Муваффах ибн Али ал-Хереви, живший в Герате в X в., в своей «Книге основ об истинных свойствах лекарства» (950 г. н. э.) очень четко различают соду («натрун») и поташ («кали»).

Такое же деление щелочей на «соду» (натрун) и «поташ» (кали) мы встречаем у знаменитого средневекового ученого Средней Азии X—XI века Абу Али ибн Сины (Авиценны). Среди лекарственных растений, перечисляемых Ибн Синой, мы встречаем то растение «ушнан», о котором сообщает Рази, как об источнике щелочей. Из описания видно, что «ушнан» — это щелочь, содержащаяся в золе. У. И. Каримов поясняет, что «ушнан» — продукт сжигания растений солянок из рода *Salsola* сем. *Chenopodiaceae*. «Ушнаном» называются также и сами растения, относящиеся к этому семейству<sup>4</sup>.

Прямое указание на состав шихты для варки среднеазиатских стекол в средние века есть прямое указание в работе великого хорезмского ученого X—XI вв. Абу Рейхана Бируни (973—1048 гг.). В широко известном энциклопедическом труде «Книга собрания (сведений) о познании драгоценных минералов» («Китаб ал-джамахир фи-ма «рифат ал-джава-

<sup>1</sup> النحر، بيروت

<sup>2</sup> У. И. Каримов. Неизвестное сочинение ар-Рази «Книга тайн тайн», Изд-во АН УзССР, 1957, стр. 137.

<sup>3</sup> Г. Фестер. История химической техники, Харьков, 1938.

<sup>4</sup> Ибн Сина. Канон врачебной науки, Кн. II «О простых лекарствах», Изд-во АН УзССР, 1956, стр. 86.



хир»), написанном в 1048 г., указано, что стекло изготавливается из песка (رمل) и „поташа“ („кали“ (قالی)).<sup>1</sup>

Таким образом, перечисленные письменные источники в течение почти трех веков неизменно указывают на получение щелочей из золы растений и веско свидетельствуют о применении золы в стеклоделии в Средней Азии в IX—XI вв. Что же касается названий «поташ» («кали») и «сода» («натрун»), то здесь речь идет не о различных по составу веществах, а о видах золы, полученной из того или иного растения (6). Температурные названия их не соответствуют тем, которые употреблялись в Средней Азии в средневековье.

Применение золы в стеклоделии с древних времен объясняется тем, что она была наиболее простым и доступным сырьевым источником, способным образовать с песком стеклообразное вещество при сравнительно невысокой температуре. Она представляет собой главным образом соли щелочных и щелочно-земельных элементов, содержит также кремнезем, соединения полуторных окислов ( $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ) и марганца. Указанные элементы находятся в виде углекислых, сернокислых, хлористых и, в меньшем количестве, фосфорнокислых соединений.

Из табл. 42, где приводятся химические анализы золы и содержание ее в некоторых травянистых растениях, видно, что зольные растения Средней Азии содержат те же компоненты, из которых состоят средневековые стекла. Некоторые растения при сжигании дают золу, которая по количественному содержанию компонентов мало отличается от состава стекол. Для щелоченосных растений Средней Азии характерна высокая зольность, достигающая 49%. Отношение  $CaO : MgO$  в золе подчас такое же, какое отмечается в стеклах Средней Азии. Отношение  $\frac{Na_2O}{K_2O}$  в различных сортах золы непостоянно. В золе отдельных растений содержится до 43,36%  $Na_2O$  (поташник), тогда как  $K_2O$  намного меньше.

В золе других растений, наоборот, содержание  $K_2O$  выше, чем  $Na_2O$ . Встречаются и такие растения, в золе которых количество  $Na_2O$  и  $K_2O$  почти одинаково.

Щелоченосные, или так называемые зольные растения, широко распространены в Средней Азии и встречаются почти во всех ее областях. Они относятся к обширному семейству маревых, или соляковых — Chenopodiaceae, которые представ-

<sup>1</sup> كتاب الجواهر فى معرفة الجواهر من تصنيف الاستاذ أبى الريحان محمد ابن احمد البيرونى حيدرآباد ۱۳۵۵ هـ.

Анализы золы и содержание ее в некоторых травянистых растениях\*

Номер п. п.	Растение	Использованы для получения золы	Состав золы, %										Выход золы, %
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	
1	Солерос ( <i>Salicornia herbacea</i> )	Наземная часть	2,80	1,05	0,28	1,80	5,02	27,20	7,68	2,05	6,30	46,10	32,45
			9,22	4,03	1,91	9,21	8,88	20,68	10,16	3,22	8,33	31,22	
2	Поташник ( <i>Kalidium caspicum</i> )	Наземная часть (однолетний)	3,05	1,69	1,34	4,39	2,74	43,36	3,71	0,76	7,26	27,27	32,56—42,53
			4,39	2,86	2,08	8,19	7,49	35,93	8,72	2,18	5,24	23,14	
3	Пшеница	Солома	2,76	1,27	0,94	5,24	4,09	38,22	7,74	1,12	4,09	20,16	9,61
			66,2	—	—	6,1	2,5	2,8	11,5	5,4	2,8	S=3,8	
4	Ячмень	Солома	53,8	—	—	7,5	2,5	4,6	21,2	4,3	3,6	S=2,9	4,39
5	Верблюжья колючка ( <i>Alhagi pseudalhagi</i> )	Наземная часть	9,90	3,62	2,06	10,90	4,61	13,96	—	7,84	CO <sub>2</sub> =9,85	—	
6	Камыш	Наземная часть	31,4	—	—	5,3	4,2	7,3	33,2	6,7	3,3	5,6	6,95—10,8
7	Солянка ( <i>Salsola crassa</i> )	Наземная часть	2,11	—	—	3,02	4,14	24,05	—	14,63	NaCl=49,5	30—49	

\* Анализы 1 и 2—по Н. И. Базилевичу (Особенности круговорота зольных элементов и азота в некоторых почвенно-растительных зонах СССР, „Почвоведение“, 1955, № 4, стр. 24—25); 3, 4, 6—по W. E. S. Turner. Ancient Glass and Glassmaking, Proc. of the Chem. Soc. March., 1961, p. 93 (данные заимствованы автором из „Dictionary of Applied Chemistry, Thorpe“, 1937, vol. 1 p. 508—509); 5, 7—по Н. С. Гражданкиной (37).

лены здесь многими родами и видами. Эти растения произрастают преимущественно на солончаковых почвах, широкое распространение которых — характерный признак всей Среднеазиатской почвенно-климатической провинции<sup>1</sup>.

Пока трудно конкретно ответить на вопрос, какие именно растения использовались средневековыми стеклоделами Средней Азии. Если основываться на письменных источниках и комментариях к ним, на этнографических данных, на содержании золы в растениях и ее химическом составе, можно предположить, что стеклоделы чаще всего пользовались для получения золы следующими растениями: солерос, поташник, ежовник шерстистоногий, хвощ полевой, солянки (малоллистная, шерстистая, мясистая, супротиволистная) и соляноколосник каспийский.

Традиционными составными частями шихты древнего и средневекового стеклоделия, как указывалось ранее, были песок и зола (6). Зола начинает расплавляться при сравнительно низкой температуре и играла роль плавня, будучи таким же доступным сырьевым источником, как и песок. В Египте вместо нее вводили соду Вади-Натрун. Но зола (а также и египетская сода) создавала для стеклодела и значительные технологические трудности, которых не знает современный стекловар, имеющий дело с кондиционными составными частями в шихте. Причина в том, что всякая зола содержит кроме легко реагирующих с песком углекислых солей, также и трудно разлагающиеся или вовсе не реагирующие с ним сернокислые и хлористые соли (6).

Наблюдая за ходом варки, стеклоделы давно заметили, что часть смеси золы с песком легко превращается при нагревании в стекло, а другая — не вступает в реакцию и не смешивается с ним, образуя «пену», называемую также «хальмозой». Об этом процессе в средние века подробно говорит Бируни в ранее упомянутом сочинении о драгоценных камнях (1048 г.) .

В главе о стекле он пишет<sup>2</sup>: «Стекло есть расплав известного камня, из которого его обычно получают<sup>3</sup>. Или оно (стекло) представляет собой песок (رمل), который, смешиваясь с „поташом“<sup>4</sup> (قلی), варится при непрерывном поддержании

<sup>1</sup> Почвы Узбекской ССР, т. I, Изд-во АН УзССР, 1949, стр. 253.

<sup>2</sup> Перевод данного текста с арабского языка на узбекский сделан научным сотрудником Института востоковедения АН УзССР Ш. Шаисламовым.

<sup>3</sup> По-видимому, речь идет о кварце.

<sup>4</sup> Имеется в виду растительная щелочь — ишкор.

огня, в течение нескольких дней и (тогда стекло) приобретает чистый вид и твердость (его) постепенно возрастает.

Хотя неопределенно, (но я) думаю, (что) среди зернышек песка имеются разные вещества, и если помотришь на них внимательно, то увидишь черные, белые и прозрачные кристаллики. Некоторые из них, с помощью «поташи», образуют стекло, а другие (от него) отделяются и (оставшиеся кристаллики) в результате длительной варки растворяются (букв. исчезают) и (тогда) стекло становится прозрачным.

Пена, которая образуется после варки над стеклом, называется масхакуния (مسحوقنيا); она представляет собой белый слой, который легко крошится и растворяется во рту. Ее называют также «сливками» стекла или «водой» стекла... Из чистого прозрачного стекла изготавливаются различные сосуды и приборы, чтобы было видно их содержимое»<sup>1</sup>.

Таким образом, опыт подсказывал, что надо удалить прочь это пенное вещество, для чего варку следует проводить в два приема. Сначала при легком нагреве надо добиться частичного остеклевания шихты и появления пены, в состав которой войдут сульфатные и хлористые соли, остудить смесь и механически отделить хальмозу от стеклообразного вещества. Затем снова засыпать последнее в тигель и при более сильном нагреве довести его до полного превращения в жидкое стекло, пригодное для выработки изделий.

Когда речь идет о древних и средневековых стеклах, нельзя не связывать особенности их химического состава с землей, на которой они были сделаны ремесленниками. Слово «земля» здесь употребляется не в переносном или символическом смысле, а буквально, т. е. имеется в виду почва со всеми ее элементами, включая «микроэлементы», на которой росли деревья и растения, дававшие золу для стекольной шихты. Стекло, получавшее свои компоненты из золы растений и песка, тесно связано с почвой, на которой оно «родилось». Таким образом, между почвой и стеклом существует тесная связь, непрерывная цепочка передвижения элементов по схеме: почва → растение → зола → стекло. Зола представляет собой минеральную, несгораемую часть тех веществ, которые аккумуляировало в себе растение, получив их из почвы (6).

История стеклоделия знает, правда, и некоторые исключения из этого обобщения. Известно, что венецианские стекло-

---

<sup>1</sup> كتاب الجماهر في معرفة الجواهر من تصنيف الاستاذ  
أبي الريحان محمد ابن أحمد البيروني حيدرآباد ١٣٥٥ هـ.

делу пользовались некоторое время сирийским стеклянным боем, что египетская сода применялась европейскими ремесленниками и т. п. Однако все это лишь частные случаи и несколько не опровергают связи стекла с почвой, на которой его изготовляли.

Химические особенности средневековых стекол могут быть объяснены, поэтому, составами почв Средней Азии. Поскольку шихта стекол состояла из одной части песка и трех частей золы, процентное содержание многих компонентов, в частности,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  зависит от золы и, следовательно, почвы. Растения, представляющие для нас интерес, — солянковы́е, произрастают преимущественно на солончаковых почвах, которые бывают нескольких типов. Обычно в почвоведении принято различать разновидность солончаковых почв по отношению катионов:

$$\frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$$

при разных значениях  $\frac{\text{Mg}^{++}}{\text{Ca}^{++}}$ .

Если подставить значение этих компонентов из стекол Средней Азии, то в основном во всех средневековых стеклах отношение  $\frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$  находится в пределах 1—4, а

$$\frac{\text{Mg}^{++}}{\text{Ca}^{++}} < 1.$$

В соответствии с изложенной выше классификацией при таких показателях отношений катионов солончаковые почвы являются кальциево-натриевыми, т. е. в составе почвы преобладают соли кальция и натрия.

Теперь на основании приведенных данных выясним, какие растения произрастают на солончаках указанного типа. По имеющимся сведениям в кальциево-натриевых солончаковых почвах на территории Голодной степи из зольных растений встречаются солянка шерстистая (*Salsola lanata*), алабута (*Atriplex tatarica*) и другие, в том числе много эфемеров; в Центральной Фергане (к востоку от кишл. Язъяван) — кусты различных солянок<sup>1</sup>.

Таким образом, все сказанное в какой-то мере косвенно подтверждает мнение об использовании золы местных растений в средневековом стеклоделании Средней Азии.

Особенность среднеазиатских почв отразилась не только на составе главных и второстепенных компонентов и их коли-

<sup>1</sup> Почвы Узбекской ССР, т. I, Изд-во АН УзССР, 1949, стр. 260—271.

чественном содержании в стеклах, но и микроэлементов. Из последних в почвах Средней Азии встречаются барий, стронций, медь, кобальт, свинец, никель, литий, рубидий, цезий, а также следы серебра и хрома. В пределах точности определения находится также цинк и кадмий<sup>1</sup>. Многие из перечисленных микроэлементов, в частности барий и стронций, присутствуют во всех спектроскопических анализах стекол Средней Азии.

Определялось содержание стронция, кальция и бария некоторых почв и растений Средней Азии. Было установлено повышенное содержание стронция и тесно с ним геохимически связанного кальция в почвах и растениях некоторых районов Узбекистана и Киргизии<sup>2</sup>.

Слабозасоленные почвы и солончаки Таджикистана также характеризуются высоким содержанием стронция (0,1—0,29%) и кальция (10—21%) почти во всех почвенных горизонтах<sup>3</sup>.

Следовательно, сделанное ранее предположение о том, что присутствие бария и стронция является локальным признаком среднеазиатских стекол, вполне согласуется с данными о составе местных почв (3).

Все это свидетельствует о справедливости известного положения о том, что «состав древнего и средневекового стекла носит на себе отпечаток химического состава почвы, на которой оно было изготовлено» (6).

---

<sup>1</sup> Почвы Узбекской ССР, 1949, стр. 316.

<sup>2</sup> М. А. Риш, Е. А. Егоров, Я. М. Приев. Содержание стронция в почвах и растениях каракулеводческих пастбищ, Тр. Ин-та каракулеводства, Самарканд, 1960, № 10; Р. Н. Одынец. Содержание стронция и бария в кормах и воде, распределение и обмен их в организме животных, «Изв. АН КиргССР», сер. биол., т. I, вып. 1, 1959.

<sup>3</sup> В. В. Ковальский, Е. Ф. Засорина. К биохимии стронция, «Агрохимия», 1965, № 4, стр. 79.

## **ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТЕКЛОДЕЛИИ**

Техника изготовления стекла, основанная на высокотемпературных процессах, требует огнеупорных материалов. Поэтому умение изготовлять огнеупоры, к числу которых относятся прежде всего стеклоплавильные тигли и кирпичи для стекловаренных печей, а также находить для них подходящее сырье, исторически должно предшествовать стеклоделию. Обе эти отрасли высокотемпературной техники — изготовление стекла и огнеупорное дело — так тесно связаны между собой, что изучение одного без другого было бы недостаточным. Уже ранее высказывалась мысль, что существование стеклоделия в прошлом было обусловлено даже в меньшей степени наличием местного стекольного сырья, чем ближайших природных источников сырьевых материалов, которые могли бы служить для изготовления огнеупоров (18). Известно, что исходное сырье для производства стекла временами импортировалось из чужих стран. Можно указать на ввоз стекляннного боя из Сирии в Венецию или использование египетской натуральной соды Вади-Натрун на европейском материке. М. Кальви, М. Торнати и М. Л. Сканделляри, описывая находки в стеклоделательной мастерской римского времени в Аквилее, высказывают догадку, что для введения щелочей в стекло тамошние стеклоделы пользовались египетской содой (85, 86).

Пока нет никаких исторических сведений о перевозке глины или подобных материалов, а также готовых тиглей и кирпичей на далекие расстояния или тем более о ввозе их из другого государства. Историки стеклоделия придают поэтому большое значение исследованию огнеупоров, применявшихся в производстве стеклянных изделий в давние времена (В. Э. С. Тернер; П. Рой и И. П. Варшней; М. Р. Маринов; М. Кальви, М. Торнати и М. Л. Сканделляри; М. А. Безбо-

родов; А. А. Абдуразаков и др.). Находка тигля с остатками стекла на дне или кирпича с его следами при археологических раскопках дает не только ценные материалы для экспериментального изучения состава и свойств, но также новое и наиболее надежное доказательство местного стекольного производства. Но пока собрано еще мало сведений о составе, структуре и свойствах огнеупоров, применявшихся в далеком прошлом, и о сырьевых источниках, служивших для их изготовления.

В дискуссии о древних стекловаренных печах, состоявшейся в Шеффилде в 1956 г., Д. Б. Харден, отмечал, что археологические данные о них очень скудны и пока во многом зависят от таких источников, как Теофил и Агрикола<sup>1</sup>. Он выразил надежду, что исследование поздне-саксонской стекольной мастерской, открытой в 1955 г. в аббатстве Глстонбури в Сомерсете (на юго-западе Англии) с остатками двух печей и фрагментов горшков с прилипшим стеклом, принесет новые данные. Эти печи, как оказалось, были построены на известковом поду.

Весьма ценные и интересные сведения были приобретены благодаря изучению В. Э. С. Тернером стеклоплавильных тиглей, обнаруженных Флидерсом Петри при раскопках стекольной мастерской в Тель-эль-Амарне, датированной примерно 1370 г. до н. э. Исследования были выполнены химико-аналитическим и рентгеноструктурными методами<sup>2</sup>. Результаты химических анализов двух тиглей представлены в табл. 43. Здесь один анализ (№5) относится к тиглю, в котором еще не было произведено ни одной варки стекла; другой (№ 6) — к тиглю, уже бывшему в употреблении. Рентгеноструктурное изучение, выполненное Х. П. Руксби, показало, что тигли не содержат глинистых минералов, т. е. они были изготовлены не из глины.

Тигель, не применявшийся в производстве, состоял преимущественно из натриевого полевого шпата ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ) и гематита, а также содержал в умеренном количестве кварц, пироксен и немного кальцита. После варки стекла в черепке тигля произошли изменения: исчез кальцит, а количественные соотношения других минералов стали иными, при-

---

<sup>1</sup> L. Biek. Technology of ancient glass and metal., Nature, vol 178, No 4548, London, 1956, 1430—1434.

<sup>2</sup> W. E. S. Turner. Studies in Ancient Glass and Glassmaking, part III, Journ. Soc. Glass Technology, vol. 38, No 183, Sheffield, 1954, p. 436—444.



## Анализы древних и средневековых огнеупоров, применявшихся в стеклоделии (1370 г. до н. э.—XIII в. н. э.)

Оксид	Ахсикет, СССР (Средняя Азия) X—XII вв. н. э.				Тель-эль-Амарна, Египет 1370 г. до н. э., тиглы		Копиа, Индия, V век до н. э. тигель	Аквилея, Италия I—IV вв. н. э., тигель
	тиглы		кирпичи		до варки стекла	после варки стекла		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6		
SiO <sub>2</sub>	71,62	72,0	71,2	59,6	54,96	58,32	67,00	49,16
TiO <sub>2</sub>	0,84	22,35	22,9	11,7	25,40	20,70	0,15	0,572
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,33						25,45	10,17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,00	1,15	1,7	6,8	—	—	6,0	3,776
CaO	0,78	2,10	3,0	14,14	8,62	6,86	Следы	20,35
MgO	0,92	0,79	0,8	2,4	2,65	2,25	Следы	7,30
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,06	Не опр.	Не опр.	Не опр.	—	—	0,074	0,153
SO <sub>3</sub>	0,05	0,05	0,24	0,19	1,28	1,17	—	0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	Не опр.	—	—	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	1,02	1,56	0,16	1,13	Следы 4,85	1,14 7,91	Нет	1,80
Na <sub>2</sub> O	0,18							3,60
Потеря при прокаливании	0,26	—	—	3,05	1,76	1,44	—	3,13*

Оксид	Комаров, СССР III— IV вв. н. э., обломки ке- рамики с остатками стекла	Старое Место, Чехословакия VIII—IX вв. н. э. (Веле- град), огне- упоры из свода печи	Пре- слав, Болга- рия IX—X вв. н. э., тигель	Киев, СССР (Древняя Русь) XI в. н. э., тиглы			Галич, СССР (Древняя Русь) XI— XIII вв., тиглы		
	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	№ 15	№ 16	№ 17
SiO <sub>2</sub>	71,27	77,09	81,09	68,99	71,46	73,43	72,34	77,24	79,85
TiO <sub>2</sub>	9,90	8,00	6,37	20,10	25,41	20,58	24,90	1,32	18,51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>								15,30	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,70	4,70	4,93	4,30	1,22	2,74	1,62	2,70	0,29
CaO	7,02	1,60	0,88	1,88	0,97	0,84	0,72	0,90	0,84
MgO	0,86	3,65	3,72	1,81	0,57	0,18	0,30	0,86	0,35
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SO <sub>3</sub>	0,22	—	—	0,02	0,47	—	0,20	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	3,32	0,92	2,54	0,50	Нет	Нет	Нет	0,98	—
Na <sub>2</sub> O	1,06				0,93	—			
Потеря при прока- ливании	0,77	4,04	0,47	2,23	0,32	—	0,10	0,09	0,41

\* Потеря при 105—1100°.

чем кварц приобрел преобладающее значение. Структурные и химические изменения тиглей после варки представляют особый интерес с технологической точки зрения.

В. Э. С. Тернер не высказал никаких предположений по поводу того, из каких природных материалов могли быть изготовлены стеклоплавильные тигли в Египте в XIV в. до н. э., но провел ряд технологических испытаний и установил, что плавку стекла вели в те времена при температуре не выше 1000°.

При раскопках стеклоделательной мастерской в Копия (Индия), датируемой V в. до н. э., также были обнаружены фрагменты стеклоплавильных тиглей. П. Рой и И. П. Варшней исследовали их и опубликовали химический анализ (146), приведенный в табл. 43 (под № 7).

М. Кальви, М. Торнати и М. Л. Сканделляри, как упоминалось ранее, исследовали многочисленные остатки стекла, а также фрагменты тиглей из мастерской стеклянных изделий в Аквилее, существовавшей с I по IV вв. н. э. Возникший в 181 г. до н. э. город Аквилея, расположенный на северном берегу Адриатического моря, находился на оживленном торговом пути, соединявшем Восток с Западом. Особый расцвет производства здесь стекла относится к I и отчасти ко II в.; в III в. наблюдался упадок, а в IV в. мастерская снова находилась на подъеме. Можно предполагать, что вначале в деятельности ее принимали большое участие стеклоделы с Востока, а позже она сама могла оказывать влияние на стеклоделие Запада. Химический анализ тигля со слоем невыработанного стекла дан в табл. 43 (№ 8). Кроме химико-аналитического изучения авторы подвергли его петрографическому исследованию в минералогических шлифах, а также в отраженном свете с применением аншлифов. В отраженном свете были определены 3 фазы. Наиболее яркая фаза представляет собой палочки четырехугольной формы; фаза серого цвета занимает наибольшее место в шлифе. Менее всего отражает свет третья фаза. Изучение минералогических шлифов в проходящем свете подтвердило наличие трех фаз. Было установлено также, что первые две фазы — двупреломляющие кристаллические, а третья — стеклообразная без двупреломления и обогащена кремнеземом. Двупреломление палочек 0,001. Первая фаза, по мнению авторов, содержит муллит ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ). Фаза серого цвета (в отраженном свете) согласно рентгеноструктурному анализу, по Дебаю, состоит из магнезиально-кальциевого силиката с железом и замещающим его алюминием и принадлежит к пироксену. Авторы

высказывают предположение, что для изготовления тиглей применялась обожженная глина (шамот) вместе с связывающим материалом в виде доломита.

Дальнейшие анализы в табл. 43 принадлежат огнеупорам, найденным на славянских землях: в СССР, Чехословакии и Болгарии. Наиболее ранние находки их сделаны во время археологических раскопок под руководством М. Ю. Смишко в 1956—1957 гг. на поселении III—IV вв. н. э., расположенном на среднем течении р. Днестр в 3 км к югу от села Комаров Черновицкой области<sup>1</sup>. Здесь были открыты остатки стеклоделательной мастерской. Фрагменты керамики с прилипшими слоями стекла, вероятно, с пода или боковой стенки печи, находились среди обломков готовых стеклянных изделий, а также инструментов и полуфабрикатов стекольного производства (24). Анализ одного из фрагментов дан в табл. 43 под № 9.

Два образца огнеупоров из свода стекловаренной печи (анализы № 10 и 11), датируемых VIII—IX вв. н. э. и найденных в Старом Месте (Велеград, Чехословакия), были получены от проф. Р. Р. Барта, которому авторы приносят благодарность.

Анализ № 12 относится к тиглю (со слоем невыработанного стекла), найденному при раскопках мастерской для производства стеклянных изделий в древнеболгарской столице Преслав (30). Мастерская работала в IX—X вв. н. э.<sup>2</sup>

Следующие пять анализов (№№ 13—17) дают представление о химическом составе древнерусских тиглей из Киева (XI в.) и Галича (XI—XIII). В Киеве тигли были найдены в стеклоделательной мастерской, обнаруженной при археологических раскопках под руководством В. А. Богусевича в 1951 г. на территории бывшего митрополичьего сада в заповеднике Киево-Печерской лавры<sup>3</sup>.

На дне двух тиглей (анализы № 13 и 14) находились остат-

---

<sup>1</sup> М. Ю. Смишко. Поселение III—IV в. н. э. со следами стекольного производства около с. Комаров Черновицкой области, Материалы и исследования по археологии Прикарпатья и Волинии, вып. 5, Киев, 1964, стр. 57—80.

<sup>2</sup> Георги Джингов. Средневековая стекольная мастерская в Патлейне, Известия на Археологическия Институт, Българска Академия на науките, т. 26, София, 1963, стр. 47—69.

<sup>3</sup> В. А. Богусевич. Мастерские XI в. по изготовлению стекла и смальты в Киеве, Краткие сообщения Ин-та археологии АН УССР, Киев, 1954, № 3, стр. 14.

ки стекла. Анализ № 15 относится к фрагменту боковой стенки тигля, в котором стекло отсутствовало<sup>1</sup>.

Огнеупорность тиглей достигла 1710° (анализ № 14) и 1630—1710° (два определения, анализ № 15). Изучение структуры черепка в минералогических шлифах показало слоистость керамической массы, состоящей из тонкодисперсного глинистого вещества и отдельных зерен кварца<sup>2</sup>. Тигли, к которым относятся анализы №№ 16 и 17, были найдены во время раскопок под руководством В. И. Довженка вблизи города Галича<sup>3</sup>. На дне одного из тиглей (анализ № 16) находился большой слой невыработанного стекла; огнеупорность этого тигля составляла 1630—1650° (два определения). Структура галических тиглей оказалась менее однородной, чем киевских: она более слоистая и содержит многочисленные песчаные зерна, включенные в дисперсную глинистую массу.

Имея представление о химическом составе и свойствах огнеупоров, применявшихся в древнем мире и в средние века стеклоделами разных стран, ознакомимся с находками среднеазиатских тиглей и кирпичей, открытых в Ахсикете<sup>4</sup> (рис. 11, 12). Анализ, относящийся к одному из тиглей, дан под № 1 в табл. 43. Он почти до половины содержал пузыристое глухое темно-зеленое стекло; огнеупорность черепка 1650° (рис. 13). Другой анализ (№ 2) относится к фрагменту тигля без остатков стекла на дне, но стенки его были как бы облиты толстым слоем стекла как с внутренней, так и с наружной стороны (рис. 14). При осмотре излома стенки можно было обнаружить крупнозернистость и сильную «запесоченность» керамической массы (б). Кроме тиглей, были исследованы также 2 фрагмента кирпичей, из которых, возможно, были сложены стены стекловаренной печи. Оба фрагмента с прилипшим стеклом зеленоватого цвета. Один из них (анализ № 3) (рис. 15) приближается по химическому составу к ахсикет-

<sup>1</sup> М. А. Безбородов. Химико-технологические исследования древнерусских огнеупоров из стеклоделательных мастерских XI—XIII веков, Научно-технич. бюллетень Ин-та стекла, М., 1955, № 1—2, стр. 1—18; М. А. Безбородов. Химико-технологическое исследование древнерусской огнеупорной и бытовой керамики, в сб. научн. работ Научно-исслед. ин-та строит. материалов БССР, вып. 4, 1955, стр. 5—12.

<sup>2</sup> М. А. Besborodov. A Chemical and Technological Study of Ancient Glasses and Refractories, Journ. Soc. Glass. Techn., vol. 41, Sheffield, 1957, p. 168—184.

<sup>3</sup> В. И. Довженко. Селища и городища в окрестностях древнего Галича, Краткие сообщения Ин-та археологии АН УССР, Киев, 1955, № 4, стр. 12—14.

<sup>4</sup> И. Ахраров. Археологические исследования городища Ахсикет в 1960 г., В сб. «Общественные науки в Узбекистане», Изд-во АН УзССР, вып. 8, 1962.

ским тиглям; можно предполагать, что тигли и этот фрагмент кирпича были изготовлены из одного и того же исходного сырьевого материала. Этого нельзя сказать про другой фрагмент кирпича (анализ № 4) (рис. 16). Его состав резко отличается от других ахсикетских образцов: в нем значительно меньше  $Al_2O_3$  и много больше  $CaO$ . Его огнеупорность  $1320^\circ$ . Можно предполагать, что либо он был изготовлен из тугоплавкой глины, либо из смеси огнеупорной глины с известковой породой типа доломита.

Сопоставление химических анализов огнеупоров в табл. 1 из 9 различных стеклоделательных мастерских позволяет

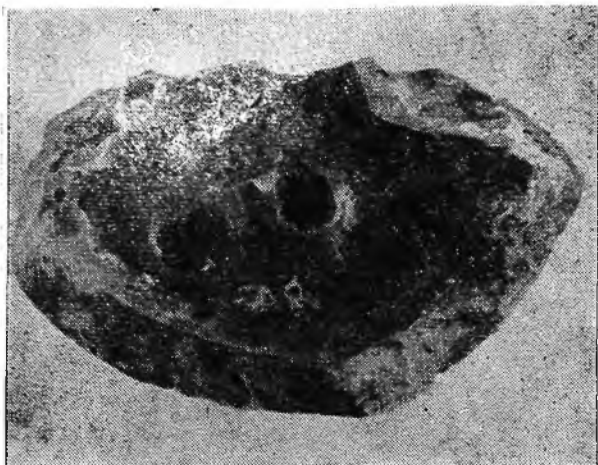


Рис. 11. Фрагмент стекловаренного тигля X—XII вв. с остатками недоваренного стекла из Ахсикета.

сделать некоторые обобщающие выводы и высказать предположение по поводу среднеазиатских стеклоплавильных тиглей и кирпичей.

Как упоминалось уже, попутно при описании образцов, помещенных в табл. 43, для изготовления тиглей в Тель-Эль-Амарне (Египет) применялись материалы, не содержащие глинистых минералов; тигли в Аквилее были изготовлены, по мнению исследователей, из смеси обожженной глины с доломитом в виде связующего вещества. Что касается большинства других образцов, то создается впечатление, что для их выделки были использованы «огнеупорные» глины. Уже при исследовании тиглей и кирпича из Киева и Галича было высказано предположение, что древнерусские стеклоделы поль-

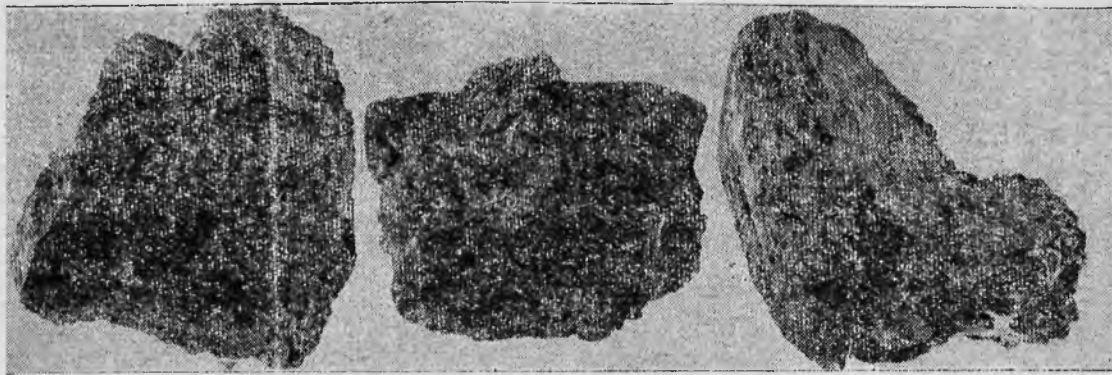


Рис. 12. Фрагменты огнеупорных кирпичей с прилипшими кусками стекла из Ахсикета (X—XIII вв.).



Рис. 13. Фрагмент стекловаренного тигля с остатками невыработанного стекла из Ахсикета (X—XII вв.).

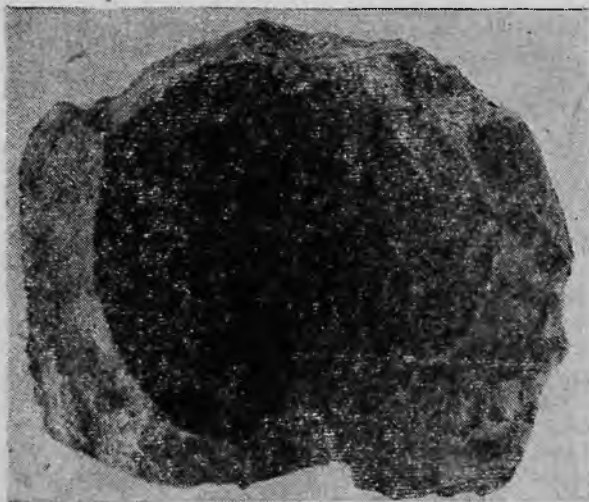


Рис. 14. Фрагмент стекловаренного тигля из Ахсикета (X—XII вв.).

зовались «полукислыми глинами» (18). К ним относятся природные материалы, имеющие в своем составе от 66 до 82%  $\text{SiO}_2$  и от 15 до 30%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ <sup>1</sup>.

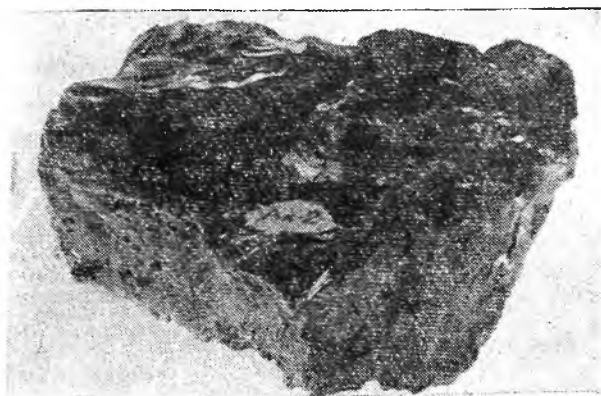


Рис. 15. Фрагмент огнеупорного кирпича с прилипшими кусками стекла из Ахсикета (X—XII вв.).



Рис. 16. Фрагмент керамики с прилипшим на поверхности стеклом из Ахсикета (X—XII вв.).

<sup>1</sup> Н. В. Соломин. Стеклоприпас, гл. XIV в кн. «Технология стекла», 1951, М., стр. 396; Г. Ю. Жуковский. Технические условия на глиняное сырье для стекольной промышленности, М.—Л., 1935, стр. 17.



Максимальная температура применения изделий из таких глин — 1300—1400°. Технологическое испытание киевских тиглей показало, что температура варки стекла едва ли достигала 1200°, но более вероятно, была около 1100°. Повидимому, не только киевские и галичские стеклоделы пользовались полукислыми глинами, но этот же тип сырьевых материалов применялся в Копиа и в Преславе. То же можно сказать и о среднеазиатских стеклоделах из Ахсикета: они формовали стеклоплавильные тигли и кирпичи из полукислых глин.

Таблица 44

**Химические анализы и огнеупорность тигля из Ахсикета и некоторых полукислых огнеупорных глин**

Оксид	Тигель из Ахсикета	Кассельская огнеупорная глина	Часовъярская огнеупорная глина „балык“	Чириковское месторождение Воронежской области по А. А. Литваковскому	
				I	II
SiO <sub>2</sub>	71,62	74,95—76,26	71,00	67,50	77,80
TiO <sub>2</sub>	0,84	18,73—22,35	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,33	—	22,90	26,90	17,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,00	1,20— 2,13	—	—	—
CaO	0,78	0,24— 0,81	—	—	—
MgO	0,92	Следы	—	—	—
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,06	—	—	—	—
SO <sub>3</sub>	0,05	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	1,02	—	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	0,18	0,21— 2,33	—	—	—
Потеря при прокаливании	0,26	—	—	—	—
Огнеупорность	1650°	—	1630°	1690°	1670°

Не лишено интереса сопоставление химических анализов и огнеупорности ахсикетских тиглей и некоторых типов глин, применяющихся в наше время. В таблице 44 приведен анализ, относящийся к тиглю из Ахсикета, и показана огнеупорность последнего; затем идут анализы кассельской огнеупорной глины из Гроссальмароде (Германия), которой пользовались до 1927 г. на некоторых заводах технического стекла в СССР для изготовления стекловаренных горшков. Далее — содержание кремнезема, глинозема и огнеупорность советских полукислых глин Часовъярского и Чириковского месторождений, по данным А. А. Литваковского<sup>1</sup>. Сравнивая между собой

<sup>1</sup> А. А. Литваковский. Огнеупоры, гл. XIV в кн. «Технология стекла», т. I, М.—Л., 1939, стр. 550—552.

огнеупорность различных образцов, а также их химические составы, можно придти к выводу, что тигель из Ахсикета был изготовлен из глины, подобной тем полукислым глинам, которые применялись до последнего времени для производства стекловаренных горшков. При сравнении не следует забывать, что в тигле уже велась варка стекла и потому его стенки и дно испытали воздействие стеклянного расплава при высокой температуре, когда наблюдается заметная диффузия некоторых компонентов стекла в толщу черепка тигля. Напротив, глины характеризуются анализами образцов, взятых с месторождений, и не испытывавших еще никаких воздействий со стороны стекла.

Таблица 45

Анализы огнеупорных глин Киргизской ССР

№ пробы	Глина	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Потеря при прокаливании
2	Кирпично-красная	58,05	23,20	6,30	1,17	1,90	7,15
14	Розовая	54,00	29,70	4,70	0,45	1,13	8,95
24	Светлая	65,00	25,50	0,62	1,23	1,30	6,90
25/26	"	63,00	25,00	0,75	1,11	1,79	8,50
20	Кирпично-красная мелового возраста	49,40	19,40	4,25	7,00	4,93	13,70

При изучении киевских тиглей установлено, что в 4 км от станции «Киев-II» у села Совки находится месторождение глин, которые, согласно С. В. Потапенко<sup>1</sup>, имеют составы, сходные с анализами тиглей киевской стеклоделательной мастерской XI в. Можно предположить, что именно это месторождение было источником огнеупорного сырья для киевских стеклоделов.

Авторы не располагают какими-либо материалами, позволяющими высказать достаточно обоснованную догадку о том, откуда брали огнеупорное сырье ахсикетские стеклоделы. Анализы глин Наукатского месторождения Киргизской ССР, опубликованные около двадцати лет назад И. А. Шамраем, хотя и не отвечают полностью на поставленный вопрос, но обращают на себя внимание в связи с изучением ахсикетских огнеупоров. Анализы приведены в табл. 45. Глины принадлежат

<sup>1</sup> С. В. Потапенко. Физико-химическое изучение каолинов и глин, В кн. «Каолины и глины УССР», М., 1940, стр. 179.

Ятанскому месторождению на южном склоне Урта-Кызыла и находится в 6—8 км на север от районного центра Иски-Нукат Ошской области Киргизской ССР и 30—35 км к югу от г. Ош. Автор пишет, что глины «24» и «25/26» высокоогнеупорны и по его подсчетам (по формуле Шуена) их огнеупорность приближается к 1700<sup>о1</sup>. Это месторождение расположено поблизости как от Ахсикета, так и Кувы.

Если предположить, что применялись эти глины, то их брали в смеси с песком для отощения, так как излом черепка обнаружил зернистость и «запесоченность» массы. Подсчитаем для проверки этого предположения химический состав массы, допустив, что стеклоделы пользовались глиной «25/26» и добавляли к ней 1 часть песка на 10 частей глины. Тогда состав тигля из такой глинисто-песчаной массы оказался бы следующим: 71,5% SiO<sub>2</sub>, 24,8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,74 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,11 CaO и 1,80% MgO.

Этот состав, как видно, близок к анализам тиглей и кирпича из Ахсикета (табл. 43). Таким образом, вероятность применения ахсикетскими стеклоделами ятанских глин химическими расчетами не исключается.

Однако вопрос о том, какими глинами пользовались ахсикетские, а также и кувинские стеклоделы, остается пока открытым. Поскольку в Ахсикете и Куве, помимо стекольного, существовало керамическое производство, нет сомнений, что и проблема изготовления огнеупоров была там решена<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> И. А. Шамрай. Наукатское месторождение минеральных красок и глин Киргизской ССР, Ученые записки Гос. университета в Ростове на Дону, т. VIII, Тр. геолого-почвенного фак-та, вып. 5, 1947, стр. 33—48.

<sup>2</sup> И. Ахраров. Археологические исследования городища Ахсикет в 1960 году, В сб. «Общественные науки в Узбекистане», вып. 8, 1962, Изд-во АН УзССР, стр. 53—58; Его же. Средневековый кирпич с надписью (городище Кува), Научные работы и сообщения, вып. 7, Изд-во АН УзССР, 1963, стр. 219—223.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуразаков А. А. 1962. Сырьевые ресурсы ранне-средневекового стеклоделия Средней Азии, В сб. «Исследование минерального и растительного сырья Узбекистана», Изд-во АН УзССР, стр. 5—21.
2. Абдуразаков А. А. 1963а. Химико-технологическое исследование средневековых стекол Средней Азии, Канд. дисс., Ташкент, АН УзССР, стр. 218—219.
3. Абдуразаков А. А. 1963б. Химико-технологическое исследование средневековых стекол Средней Азии, Автореф. канд. дисс., Ташкент, АН УзССР, стр. 17—18.
4. Абдуразаков А. А. 1963в. Средневековые стекла Кувы, Научн. раб. и сообщ., ООН АН УзССР, кн. 7, 237—245.
5. Абдуразаков А. А., Безбородов М. А. 1962. Химическое исследование средневековых стекол Средней Азии, «Узб. хим. журнал», № 3, стр. 5—16.
6. Абдуразаков А. А., Безбородов М. А., Заднепровский Ю. А. 1963. Стеклоделие Средней Азии в древности и средневековье, Изд-во АН УзССР.
7. Балабан П. И., Рахимов М. К. 1955. Средневековые глазури Узбекистана, Ж. «Стекло и керамика», № 5, стр. 18—20.
8. Бахтадзе Р. А. 1954. Изучение химического состава стеклянных изделий, найденных в Самтаврском могильнике, Вестн. Гос. музея Грузии, XVIII-Б, Тбилиси (на грузинском языке), стр. 269.
9. Бахтадзе Р. А. 1960. К исследованию стекол феодальной Грузии, Вестн. Гос. музея Грузии, XX-А, Тбилиси (на грузинском языке).
10. Бахтадзе Р. А. 1964. К изучению грузинских археологических стекол, Тбилиси (на грузинском языке).
11. Бахтадзе Р. А., Деоник В. Б. 1963. Химико-технологический анализ раннесредневековых бус Северного Кавказа, Материалы и исследования по археологии СССР, М., Изд-во АН СССР, стр. 148—151.
12. Безбородов М. А. 1946. Мозаичные резные изразцы средневекового Анау, ДАН СССР, т. 51, № 5, стр. 373—376.
13. Безбородов М. А. 1948. Строительные материалы средневековых зодчих мавзоля Анау, «Изв. Туркм. филиала АН СССР», № 1, стр. 82—87.

14. Безбородов М. А. 1950. Русское стекло XII в., ДАН СССР, т. 74, № 4, стр. 789.
15. Безбородов М. А. 1954. Химический состав и технологические приемы производства стекла в древней Руси, ДАН СССР, т. 97, № 6, стр. 1041.
16. Безбородов М. А. 1955. Стеклоделние в древней Руси, «Природа», № 1, стр. 70—76.
17. Безбородов М. А. 1955. Древнерусские стекла XI—XIII вв., их химический состав и технология производства, Сб. научн. раб. Белор. политехн. ин-та, вып. 47, Минск, стр. 3—17.
18. Безбородов М. А. 1956. Стеклоделние в древней Руси, Минск.
19. Безбородов М. А. 1956. Древнерусские стекла и огнеупорные изделия, Краткие сообщ. Ин-та истории матер. культуры АН СССР, вып. 62.
20. Безбородов М. А. 1957. Химический состав и технология производства стекла в древней Руси, Тр. Харьковск. политехн. ин-та, т. XVII, стр. 179—189.
21. Безбородов М. А. 1959. Технология производства стеклянных бус в древности, Тр. Гос. истор. музея, вып. 33, М., стр. 225—233.
22. Безбородов М. А. 1963. Химическое и спектроскопическое изучение древних и средневековых стекол, В сб. «Новые методы в археол. иссл.», Изд-во АН СССР, М.—Л., стр. 100—114.
23. Безбородов М. А. 1964. Исследование мозаичных стекол XII века из Полоцка, ДАН БССР, т. VIII, № 3, Минск, стр. 169—171.
24. Безбородов М. А. 1964. Исследование стекол из стеклоделательной мастерской III—IV вв. н. э. у с. Комарово, В сб. «Материалы и исследования по археологии Прикарпатья и Волины», вып. 5, Киев, стр. 81—85.
25. Безбородов М. А. 1965. Технические методы изучения древних стекол, В сб. «Археология и естеств. науки», М., стр. 174—177.
26. Безбородов М. А., Абдуразаков А. А. 1963. Средневековые стекла и огнеупоры X—XII вв. из Ахсикета, ДАН УзССР, № 10, стр. 9—12.
27. Безбородов М. А., Абдуразаков А. А. 1965. Химические типы средневековых стекол Средней Азии, «Узб. хим. журнал», № 3, стр. 11—14.
28. Безбародаў М. А., Маринаў М. Р. 1958. Хіміка-тэхналагічнае даследаванне шкла з старажытнабалгарскіх сталіц Пліска і Прэслава (IX—XIII ст.), Весці Акадэміі Навук БССР, № 4, Минск, (на беларуском языке), стр. 72—81.
29. Безбородов М. А., Маринов М. Р. 1959. Върху, състава на древнобългарски стъкла от Плиска и Преслав (XI—XIII вв.), Химически Институт, Българска Академия на науките, София, стр. 13—25 (на болгарском языке).
30. Безбородов М. А., Маринов М. Р. 1961. Химико-технологическое изучение древнеболгарских стекол и огнеупоров из Преслава IX—X вв., «Известия на Археологическия институт», т. XXIV, София, стр. 89—92.
31. Безбородов М. А., Маринов М. Р. 1961. Исследование мозаичных стекол из дворца «Царевец» и церкви св. Параскевы-Пятницы в Тырново XII—XIV вв., «Известия на Археологическия институт», т. XXIV, София, стр. 93—96.
32. Безбородов М. А., Поболь Л. В. 1957. Стеклянные бусы из Чаплина, «Изв. АН БССР», № 4, Минск, стр. 145—151.

33. Безбородов М. А., Фехнер М. В. 1954. Химическое исследование русских стекол XI—XIII вв., ДАН СССР, т. XCV, № 5, стр. 10—37.
34. Безбородов М. А., Якобсон А. Л. 1960. Химические исследования средневековых стекол из Байлакана, «Сов. археология», № 4, стр. 194—196.
35. Бурнашева Ф. А. 1961. Опыт технологического исследования глазурей и керамической мозаики XV в. из медресе Улугбека, Научные работы и сообщения, кн. 3, Изд-во АН УзССР, стр. 265—272.
36. Гиллебрандт В. Ф. (и др.). 1957. Практическое руководство по неорганическому анализу, 2-е изд., М.
37. Гражданкина Н. С. Древние строительные материалы Туркмении. Тр. Южно-Туркменистанской археологической комплексной экспедиции («ЮТАКЭ»), т. VIII, Ашхабад, стр. 25.
38. Гровс А. 1958. Анализ силикатов, М., стр. 207.
39. Давидович Е. А. 1953. Цветное оконное стекло XV в. из Самарканда, Тр. САГУ, вып. 61, кн. 6, Ташкент, стр. 157.
40. Деопик В. Б. 1959. Классификация бус Северного Кавказа IV—V вв., «Советская археология», № 8.
41. Жанполадян Р. М. 1964. О трех образцах стекла из Кармир-Блур, «Советская археология», № 1, стр. 307—312.
42. Значко-Яворский И. Л. 1956. Эксперимент как средство историко-технологического исследования, В кн. «Вопросы истории естествознания и техники», вып. 1, М.
43. Качалов Н. Н., Варгин В. В. 1954. Старинные русские стекла, «Стекло и керамика», № 12, стр. 11—13.
44. Качалов Н. Н., Варгин В. В. 1954. Исследование некоторых старинных русских стекол, ДАН СССР, т. 96, вып. 5, стр. 1033—1036.
45. Круглов А. П., Пиотровский Б. Б., Подгаецкий Г. В. 1941. Могильник в г. Нальчик, Материалы и исследования по археологии, № 3, М.—Л, стр. 119.
46. Кудрина С. А. 1958. Анализ цветного стекла из мавзолея Ишратхана, В сб. «Мавзолей Ишратхана», Ташкент, стр. 145.
47. Лукас А. 1958. Материалы и ремесленные производства древнего Египта, М., стр. 289—308.
48. Любавин Н. Н. 1899. Техническая химия, т. II, М., стр. 520—673.
49. Наумов Д. В. 1962. Опыт количественного спектрального анализа древнего стекла, «Советская археология», № 4, стр. 115—120.
50. Ольчих Е. 1959. Производство стеклянных перстней на славянской территории в средние века, «Советская археология», № 3, стр. 81—90.
51. Петухов С. П. 1898. Стеклоделие, СПб, стр. 140.
52. Сайко Э. В. 1963. Глазури керамики Средней Азии VIII—XII вв., Тр. Ин-та истории АН ТаджССР, т. XXXVI.
53. Цинзерлинг Е. В. 1922. О золе растений, применявшейся в стеклоделии в XI—XVI вв., «Изв. Ин-та археологической технологии», вып. 1, Петербург, стр. 177—190.
54. Щапова Ю. Л. 1960. О применении качественного спектрального анализа стекла при изучении истории стеклоделия древней Руси, «Советская археология», № 1, стр. 93.
55. Щапова Ю. Л., Дайга И. В. 1961. Стеклянные бусы и браслеты Асотского городища, Материалы и исследования по археологии СССР, вып. 2, М., стр. 185—199.
56. Эйткин М. Дж. 1963. Физика и археология, М., ИЛ, стр. 232.

57. Aitken M. J. 1961. Physics and archeology, New York—London, Research Laboratory for Archeology and the History of Art University of Oxford.
58. Appert L. et Henrivaux J. 1894. Verre et verrerie, Paris.
59. Appert L. 1896. Compt. rend., vol. 122.
60. Arbman Holger, 1937. Schweden und das Karolingische Reich, Stockholm, s. 251—255.
61. Asahina Tei-Ichi, Yamasaki Fumio and Yamasaki Kazuo. 1964. Investigation of antique relicts by mean of beta-ray back scattering, International Conference on Radio-Isotopes in Scientific Research, Tokyo.
62. Ball V. 1892—1896. Trans. Royal Irish Acad., vol. 50, p. 277—293.
63. Beck H. C. and Seligman C. G. 1934. Nature, vol. 133, p. 982.
64. Benrath H. E. 1875. Die Glasfabrikation, Braunschweig.
65. Benrath H. E. 1884. Sprechsaal, Bd. 17 p. 106, 120, 133, 147, 160.
66. Besborodov M. A. 1946. The carved mosaic wall tiles of mediaeval Anau, Comp. rend. de l'Acad. des Sc. de l'URSS, vol. LI, No 5.
67. Biezborodow M. A. 1957. Szklarstwo na Rusi i w Polsce w XI—XIII wieku, Szkło i Ceramika, No 5, Warszawa, 118—122.
68. Biezborodow M. A. 1957. Staroruskie szkła XI—XIII wieku, ich skład chemiczny i technologia produkcji, Postepy archeologii, No 6, Warszawa, s. 135—153.
69. Besborodov M. A. 1957. A chemical and technological study of ancient Russian glasses and refractories, Journ. Soc. Gl. Technology, vol. XLI, No 199, p. 168—184.
70. Besborodov M. A. and Abdurazakov A. A. 1964. Newly excavated Glassworks in the USSR, 3-rd—14-th Centuries. A. D., Journal of Glass Studies, vol. VI, New York.
71. Besborodov M. A. i Olczak J. 1961. Niektóre zagadnienia wczesnosredniowiecznego szklarstwa polskiego. Szkło i Ceramika, No 4, Warszawa, s. 97—103.
72. Besborodov M. A. i Olczak J. 1964. Chemiczno-technologiczna i petrograficzna charakterystyka domnianego surowca szklarskiego z wczesnosredniowiecznej Kruszwicy. Slavia Antiqua, t. XI, Warszawa, s. 362—373.
73. Besborodov M. A. et Zadneprovsky J. A. 1963. Découvertes archéologiques récentes des verres, USSR «Bulletin des Journées internationales du Verre, Liège, N 2, p. 126—132.
74. Besborodov M. A. and Zadneprovsky J. A. Early Stages of Glassmaking in USSR, «Advances in Glass Technology», part 2, New York, 1963, p. 291.
75. Besborodov M. A. and Zadneprovsky J. A. 1965. Early Stages of Glassmaking in USSR, «Slavia Antiqua», t. XII, Warszawa, p. 127—142.
76. Biek L. 1956. Technology of Ancient Glass and Metal, Nature, vol. 178, No 4548, p. 1430, London.
77. Borkiewicz J. 1956. Przyczyny starzenia sie szkieł zabytkowych i problem ich zabezpieczenia, Szkło i Ceramika, rok VII, No 3, Warszawa.
78. Brill R. H. 1962. A note on the scientist's definition of glass. Journal of Glass Studies, vol. IV, New York, p. 127.
79. Brill R. H. and Hood H. P. 1961. A new method for dating ancient glass, Nature, vol. 189, No 4758, p. 12—14, Nat. Glass Budg., vol. 76, No 40, p. 5.
80. Brill R. H. and Moll S. 1963. The electron beam probe microanalysis

- of ancient glass, *Advances in Glass Technology*, part 2, New York, p. 293—302.
81. Buckman A. J. 1851. On the chemical composition of some ancient british and roman beads. *Archaeological Journ.*, 8, p. 351—354.
  82. Bulliot G. et de Fontenay H. 1875. *Art de l'emallerie chez les Eduens avant l'ere Chretienne.*
  83. Caley E. R. 1962. *Analyses of ancient glasses, 1790—1957*, New York.
  84. Campbell 1871. Ancient Jewish glass, *Chemical News*, 24, 283.
  85. Calvi M. C., Tornati M. et Scandellari M. L. 1962. *Ricerche storiche e tecnologiche sul vetro romano di Aquileia. Vetro e silicati*, Anno VI, No 33, Roma.
  86. Calvi M. C., Tornati M. et Scandellari M. L. 1963. *Recherches historiques et technologiques sur le verre ancien d'Aquilee*, *Advances in Glass Technology*, part 2, New York, p. 308—328.
  87. Chesnau G. 1924. *Compt. rend.*, 178, 852.
  88. Chirnside R. C. and Proffitt P. M. C. 1963. The Rothschild Lycurgus Cup: An Analytical Investigation, *Journal of Glass Studies*, vol. V, New York, p. 18.
  89. Chirnside R. C. and Proffitt P. M. C. 1965. Analysis of the Lycurgus Cup, *Journal of Glass Studies*, vol. VII, New York, p. 140.
  90. Claudet F. 1862. *Compt. rend.*, 54, p. 980, *Phil. Mag.*, 1862, (IV), 24, p. 78.
  91. Collie J. M. 1918. Sang de Boeuf and the Copper red Chinese Glazes, *Trans. Ceram. Soc.*, 17, 379.
  92. Darmstaedter E. 1927. *Der babylonisch-assyrische Lasurstein, Studien zur Geschichte der Chemie*, J. Rüska, Berlin.
  93. Davy H. 1815. Some experiments and observations on the colours used in paintings by the ancients, *Phil. Trans. Royal Soc.*, p. 97—105.
  94. Denninger E. 1959. *Physikalisch-chemische Untersuchungen an Glasperlen der Meromingerzeit*, *Fundberichte aus Schwaben*, neue Folge, 15.
  95. Duprée L. 1958. Shamshir Ghar: historic cave site in Kandahar province Afghanistan. *Anthropological papers of the American museum of natural history*, vol. 46, part 2, New York.
  96. Faider-Feytmans G. 1940. *Revue Belge d'Archaeologie et d'histoire de l'Art*, p. 211—230.
  97. Farnsworth M. and Ritchie P. D. 1938. *Technical Studies*, 6, p. 155—166.
  98. Fowler J. 1880. On the process of decay in glass. *Archaeologia*, vol. 46, London, p. 165—162.
  99. Geilmann W. and Brückbauer T. 1954. Der Mangengehalt alter Gläser, *Glastechnische Berichte*, Bd. 27, s. 456—459
  100. Geilmann W. 1956. Die Zersetzung der Gläser in Boden, *Glastechnische Berichte*, Bd. 29, Heft 4, s. 145—168.
  101. Geilmann W. 1962. Beiträge zur Kenntnis alter Gläser, VII, Kobalt als Färbungsmittel, *Glast. Berichte*, Bd. 35, s. 186.
  102. Geilmann W. [u. ap.]. 1955. Die chemische Zusammensetzung einiger alter Gläser, insbesondere deutscher Gläser des 10 bis 18 Jahrhunderts, *Glastechn. Berichte*, Bd. 28, Heft 4, s. 146—156.
  103. Geilmann W. and Jenemann H. 1953. Der Phosphatgehalt alter Gläser und seine Bedeutung für die Geschichte der Schmelztechnik, *Glastechnische Berichte*, 26, p. 259—263.
  104. Geilmann W. and Jenemann H. 1953. Die Bestimmung geringer Phosphatgehalte in Gläsern, *Glast. Berichte*, Bd. 26, s. 341.



105. Gladys, Davidson R. 1940. A mediaeval glass factory at Corinth. *Amer. Journ. Archaeology*, 44, p. 297—324.
106. Guy P. L. O. 1938. *Megiddo Tombs*, Oriental Institute Publications, University of Chicago, vol. XXXIII.
107. Haevernick Th. E. 1958. Hallstatt-Tassen, *Römisch-Germanisches Zentral Museum Mainz*, Jg. 5, Mainz, s. 8—17.
108. Haevernick Th. E. 1960. Die Glasarmringe und Ringperlen der Mittel-ung Spätlatènezeit auf dem europäischen Festland, Bonn.
109. Haevernick Th. E. und Hahn-Weinheimer P. 1955. Untersuchungen römischen Fenstergläsern, *Saalburg-Jahrbuch*, XIV, Berlin, s. 65—73.
110. Hahn-Weinheimer P. 1954. Über spektrochemische Untersuchungen an römischen Fenstergläsern, *Glast. Berichte*, Heft 12, s. 459—464.
111. Harden D. B. 1957. *Glass and Glazes. History of Technology*, Ch. Singer and others, Oxford, vol. II, p. 311—346.
112. Hartley F. 1955. Rapid Methods of Analysis of Glasses and Glass-making Materials, *Proceeding of the International Commission on Glass*, Lond., vol. II, p. 45—47.
113. Heaton N. 1907. Mediaeval stained glass: its production and decay, *Journ. Soc. Arts*, 55, p. 468—484.
114. Heaton N. 1910. The foundation of Stained Glass Work, *Journ. R. Soc. Arts*, 58, p. 454—470.
115. Hedvall J. A., Jagitsch R. 1943. Über das Problem der Zerstörung antiker Gläser, *Chalmers tekniska högskolas handlingar*, No 10, Göteborg.
116. Hettes Karel. 1958. On the origin of the glass of the St. Vitus mosaic in Prague, *Czechoslovak Glass Review*, No 5, Prague.
117. Hettes Karel. 1958 b. O povodu skla svatovitské mosaiky v Praze, *Zprávy Památkové péče*, Praha.
118. Hettes K. 1960. *Venezianisches Glas aus tschechoslowakischen Sammlungen*, Praha.
119. Kennworthy J. 1918. Glasmaking at Bolsterstone near Sheffield from about A. D. 1650 to 1750, *Journ, Soc. Glass. Techn.*, 2, 5—12, Sheffield.
120. Kirchheimer F. 1963. Urangläser in alter Zeit, *Glastechnische Berichte*, Bd. 36, No 12, Frankfurt a/Main, s. 488—490.
121. Klaproth M. H. 1801. Sur quelques vitrifications antiques, *Mémoires de l'Academie Royal des Sciences et Belles-Lettres*, Berlin, p. 3—16.
122. Kühne K. 1960. Beitrag zur Kenntniss mittelalterlicher Gläser Silikattechnik, No 6, Berlin, s. 260—262.
123. Lal B. B. 1952. Examination of some ancient indian glass specimens, *Ancient India*, No 8, New Delhi, p. 17.
124. Lamb Alastair. 1965. A note on glass fragments from Pengkalan Bujang, Malaya, *Journal of Glass Studies*, vol. VII, New-York.
125. Layard A. H. 1853. *Discoveries among the ruins of Nineveh and Babylon*, London.
126. Leciejewicz L., Tabaczynska E., Tabaczynski S. 1961. Ricerche archeologiche nell' area della cattedrale di Torcello nel 1961, «*Bolletino dell' Istituto di Storia della Società e dello Stato*», III, Venezia, p. 28—47.
127. Lepsius C. R. 1871. Die Metalle in den Aegyptischen Inschriften, *Königl. Akademie der Wissenschaften*, Berlin, 29—143.
128. Lucas A. 1948. *Ancient Egyptian Materials and Industries*, 3-rd edn., London.

129. Matson F. R. 1949. Glass Standards of Weight and Volume in Eighth Century Egypt, *Glass Industry*, 30, New-York, p. 548.
130. Matson F. R. 1940. Technological Study of Glass from the Corinth Factory, *American Journ. of Archaeology*, vol. 44, No 3, p. 325—327.
131. Matson F. R. 1951. The composition and working properties of ancient glasses, *Journ. of Chemical Education*, vol. 28, No 2, p. 82—87.
132. Matson F. R. 1955. Ceramic archaeology, *Bulletin Amer. Ceram. Soc.*, vol. 34, No 2, p. 33—44.
133. Müller K. 1909. Alt-Pylos II. Die Funden aus den Kuppelgräbern von Kakobatos, *Mitteilungen deut. archäolog. Inst., Athens*, 296.
134. Neumann B. 1925—1929. Antike Gläser, ihre Zusammensetzung und Färbung, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, Bd. 38, 1925; Bd. 40, 1927; Bd. 41, 1928; Bd. 42, 1929.
135. Nesbitt A. 1878. A Descriptive Catalogue of the Glass Vessels in the South Kensington Museum, London.
136. Nowotny W. 1958. Szklá barwne, Warszawa.
137. Olczak J. 1964. Stan badań nad szklarstwem wczesnóśredniowiecznej słowiańszczyzny, *Slavia Antiqua*, t. XI, Warszawa, 302—349.
138. Olczak J. i Jasiewiczowa E. 1963. Szklarstwo wczesnóśredniowiecznego Wolina, Szczecin.
139. Olczak J. i Szczapowa J. 1961. Wyniki analiz spektrograficznych wczesnóśredniowiecznych zabytków szklanych z Opola-Ostrówka, *Zeszyty naukowe Uniwersytetu im. A. Mickiewicza*, zeszyt 2, s. 209—231.
140. Parodi H. D. 1908. La verrerie en Egypte.
141. Peligot E. M. 1877. Le verre, son histoire, sa fabrication, Paris.
142. Raman C. V. and Rajagopalan V. S. 1940. Ancient decomposed Glass, *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, vol. 11, Section A, No 6, p. 469—482.
143. Ritter H. [и др.]. 1935. Orientalische Steinbücher und persische Fayensetechnik, Istanbul.
144. Ritchie P. D. 1937. Spectrographie Studies on Ancient Glass. Chinese Glass from Pre-Han to T'ang Times, *Technical Studies in the field of the Fine Arts*, p. 209—220.
145. Rooksby H. P. 1959. An investigation of ancient opal glasses including the Portland Vase, *Journ. of the Society of Glass Technology*, vol. XLIII, Scheffield, p. 285—288.
146. Roy P. and Varshney Y. P. 1953. Ancient Kopia Glass, *Glass Industry*, vol. 34, No 7, New-York, p. 366—368.
147. Sayre E. V. 1963. The intentional use of antimony and manganese in ancient glasses, *Advances in Glass Technology*, part 2, New-York, p. 263—282.
148. Sayre E. V. and Smith R. W. 1961. Compositional Categories of Ancient Glass, *Science*, vol. 133, No 3467, New-York, p. 1824.
149. Schmorantz G. 1899. Altorientalische Gefässe, Wien.
150. Schulz H. 1928. Die Geschichte der Glaserzeugung, Leipzig.
151. Seligman C. G., Ritchie P. D. and Beck H. C. 1936. Early Chinese Glass from Pre-Han to T'ang Times, *Nature*, vol. 138, No 3495, p. 721.
152. Seligman C. G. and Beck H. C. 1938. Far Eastern some Glasses; Western Origins, *Museum of Far Eastern Antiquities*, Bull., No 10, Stockholm.
153. Smith Ray W. 1955. Saalburg Jahrbuch. XIV, 60—64.

154. Smith R. W. 1958. Technological Research on Ancient Glass. *Archaeology*, vol. II, No 2, p. 111—116.
155. Smith R. W. 1963. Archaeological evaluation of analyses of ancient glass, *Advances in Glass Technology*, part 2, New-York, p. 308—328.
156. Subramanian R. 1950. Analyses of Ancient Glass Beads, *Current Sci.*, vol. 19, p. 19.
157. Szczapowa J. L. 1961. Przyczynek do metodyki badania za pomoca analizy widmowej skladu chemicznego szkel z wykopalisk archeologicznych, *Szklo i Ceramika*, No 11, s. 325—329.
158. Tornati M. e Van der Sleen M. G. N. 1960. L'analisi chimica aiuta l'archeologia, *Vetro e Silicati*, No 23, Roma, p. 19—24.
159. Tscheuschner E. 1885. *Handbuch der Glassfabrication*, Leipzig.
160. Turner W. E. S. 1954. The Value of Modern Technical Methods in the Study of Ancient Glasses, *Proc. Third Internat. Congress (1953) on Glass*, p. 704—711.
161. Turner W. E. S. 1954. Studies of Ancient Glasses and Glass-making Processes, part I, *Journ. Soc. Glass. Techn.*, vol. 38, No 183, Sheffield, p. 436.
162. Turner W. E. S. 1954. Studies of Ancient Glasses and Glass-making Processes, *Journ. Soc. Glass Technol.*, part II, vol. 38, Sheffield, p. 445—456.
163. Turner W. E. S. 1955. The Analysis of Ancient Glasses, *The Glass Industry*, 7, New York.
164. Turner W. E. S. 1955. Glass Fragments from Nimrud of the Eight to the Sixth Century B. C., Iraq, vol. XVII, part I, London, p. 57—68.
165. Turner W. E. S. 1956. Studies in Ancient Glasses and Glass-making Processes, *Journ. Soc. Gl. Techn.*, part IV, vol. XL, No 193, p. 162—186.
166. Turner W. E. S. 1956. Studies in Ancient Glasses and Glass-making Processes, Raw Materials and Melting Processes, *Journ. Soc. Gl. Techn.*, part V, vol. XL.
167. Turner W. E. S. 1959. The composition and physical characteristics of the Glasses of the Portland Vase, *Journ. of the Society of Glass Technology*, part VI, vol. XLIII, p. 262—284.
168. Turner W. E. S. and Rooksby H. P. 1959. A study of the Opalising Agents in Ancient Opal Glasses throughout Three Thousand Four Hundred Years, *Glast. Berichte*, 32K, Heft VIII, Frankfurt am Main.
169. Ward W. 1958. Spectrographical Analysis of Opal-type Glasses, *Journ. Soc. Glass Techn.*, vol. 42, p. 240.
170. Ward W. and Hartley F. 1953. The Spectrographic Analyses of Glass-making Sands, *J. Soc. Gl. Techn.*, vol. 37, No 175, p. 113—123.
171. Winston Charles. 1867. *Ancient glass paintings*, 2-nd edn., London, part I, p. 363.
172. Yamasaki Kazuo. 1959. Introductory notes on the ancient glass in Japan, *Journ. of Glass Studies*, vol. I, p. 87, New York.
173. Yamasaki Kazuo. 1964. Lead Glass and Soda Glass, «Museum», No 154, Tokyo, p. 19—20.
174. Yamasaki Kazuo. 1965. Glass objects in the Shōsōin, Tokyo, p. X, 54—55.
175. كتاب البماهر في معرفة الجواهر من تعنيف الاستاذ ابن الريعان محمد ابن احمد البيروني حيدرآباد ١٣٥٥ هـ.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	Природные доисторические стекла . . . . .	5
	Ранние этапы развития стеклоделия . . . . .	11
Глава I.	Методы исследования . . . . .	19
Глава II.	Химический состав средневековых стекол Средней Азии . . . . .	35
	Описание образцов . . . . .	37
Глава III.	Химические и спектрографические характеристики среднеазиатских стекол . . . . .	77
	Химические характеристики . . . . .	77
	Спектрографические характеристики . . . . .	98
Глава IV.	Локальные химические особенности среднеазиатских стекол . . . . .	105
Глава V.	Химические типы средневековых стекол Средней Азии.	127
Глава VI.	Свойства средневековых стекол Средней Азии . . . . .	135
Глава VII.	Сырьевые источники средневековых стекол и особенности почв Средней Азии . . . . .	139
Глава VIII.	Огнеупорные материалы в стеклоделии . . . . .	147
Литература	. . . . .	160

А. А. Абдуразаков, М. А. Безбородов

### Средневековые стекла Средней Азии

Редактор *Т. Есенина*  
Художник *Ю. Кученков*  
Технический редактор *З. Горьковая*  
Корректор *Л. Рожкова*

Р03966. Слано в набор 21/IX-66 г. Подписано к печати 29/XI-66 г. Формат 60×90<sup>1/16</sup>—  
5,25 бум. л. 10,5 печ. л. Уч. изд. л. 10,5. Изд. № 1671. Тираж 650. Цена 1 р. 06 к. Заказ 297.

Типография Изд-ва „Фан“ Уз ССР, ул. Л. Б. Шастри, 21.  
Адрес Изд-ва: Гоголя, 70.

ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИЧИНАМ В КНИГЕ ДОПУЩЕНЫ  
СЛЕДУЮЩИЕ ОШИБКИ И НЕТОЧНОСТИ

Стр. 32. 18—15-ю строки снизу следует читать: В табл. 5 дано для примера сопоставление спектральных качественных определений (графы слева) и данных химических анализов, % (справа) для ряда материалов.

Стр. 54. Графа 33-я, 4-я строка сверху: вместо 0,1 должен быть прочерк (—).

Стр. 55. Графа 12-я, 13-я строка сверху. Вместо Си должно быть  $\text{CuO}$ .

Стр. 66. Графа 32-я. Все цифры следует сместить в графу 33-ю.

Стр. 66. В данные анализов 84 и 85 надо ввести соответственно  $Y = 0,001$  и  $Y = 0,003$ .

Стр. 67, 68 и 69. Анализы 101—108 относятся к Узгону (XI—XIII вв.).

Стр. 68.  $\text{P}_2\text{O}_5$  относится к анализу 104.

Стр. 123. В 3-й строке сверху пропущена буква т. Следует читать: Чтобы составить представление о величине  $t$ ,

Стр. 135, 141 и 144. Слово **أبى** в первой сноске следует читать:

**أبو**

Стр. 140. 6—3-я строки снизу. Должно быть: На состав шихты для варки среднеазиатских стекол в средние века есть прямое указание в работе великого хорезмского ученого X—XI вв. Абу Рейхана Бируни (973—1048 гг.).

Стр. 140. Первую сноску следует читать: **بيروت، المنجيز**

Стр. 167. 1-ю и 2-ю строки снизу следует читать:

**كتاب الجماهر في معرفة الجواهر من تصنيف الاستاذ  
أبى الريحان محمد بن أحمد البيرونى حيدرآباد، ١٣٥٥ هـ.**



„Фан“