

УДК 903.23-033.5(38)»-05/-0»

## НОВІ ДАНІ ДО ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛЯНИХ ПОСУДИН VI-I ст. ДО Н.Е.

*В статті обговорюється нова серія результатів аналізу хімічного складу посудин, виготовлених в техніці сердечнику. Для дослідження було обрано 13 зразків скла з Ольвії, Тіри та Ніконію, переважно, II-ї та III-ї Середземноморських груп. Результати включено до ширшого контексту загальної бази даних з урахуванням попередньо виконаних аналітичних робіт з хімії сердечникового скла.*

**Ключові слова:** *сердечниковий скляний посуд, ремесло, археометрія, античність, Північне Причорномор'я.*

Скляний посуд виготовлений в техніці сердечнику – не тільки яскравий прояв художнього ремесла античної Греції VI-I ст. до н.е., а й важливе археологічне джерело. Його вивчення, переважно, проводиться кількома шляхами: типолого-стилістичного групування, технологічного аналізу, дослідження хімічного складу скла. Останній підхід неодноразово довів свою ефективність у виявленні евристичного потенціалу скляних артефактів усіх періодів як історичного джерела. Робота присвячена вивченню нових даних результатів оптико-емісійного спектрального аналізу зразків скляного посуду з античних поселень Північно-Західного Причорномор'я, а саме Тіри та Ніконію. Хоча й представлено невелику вибірку, її вписано до ширшого контексту набагато численніших аналізів складу скла, зроблених раніше, стосовно північнопричорноморського скла – здебільшого понад 25 років тому [1, с. 110-127; 5, с. 52-64].

**Джерела.** Перелік наявних на сьогодні визначень хімічного складу скла сердечникових посудин дивовижно короткий – лише біля 400 визначень (авторкою враховано 390 аналізів). Слід брати до уваги, що ранні аналізи не були повними – тобто не вивчалися всі основні хімічні компоненти скла, а також частину визначень опубліковано в численних зарубіжних виданнях без системи взаємних посилань.

Географічний розподіл проаналізованих зразків також нерівномірний і навряд чи співпадає з реальним поширенням посудин в техніці сердечнику – понад 160 аналізів (46,6% всіх наявних, Рис. 1А) походять з кількох пам'яток Італії. Також значну увагу було приділено

склу з Родосу – ймовірного центру виготовлення посудин. В цьому випадку йдеться про 78 (21,4%) визначень. Зусиллями А. С. Островерхова та аналітика В. Галібіна для сердечникового скла з Північного Причорномор'я вивчено 100 зразків – 27,4% [1, с. 110-127; 3, с. 23; 4, с. 111-115; 5, с. 52-64]. Разом з дослідженнями скла з некрополя Півчварі (16 зразків) [16] та нещодавніми результатами, які публікуються в цій роботі (2016 р., 13 од.)<sup>1</sup>, масив даних, накопичених для довкола-понтійського регіону є другим за кількістю аналізів в давньогрецькій ойкумені. На нього припадає 34,1% бази даних. При відборі зразків 2016 року особливу увагу було приділено II та III Середземноморській групам, які явно досі недостатньо вивченні засобами елементного аналізу (Рис. 1А).

**Методи хімічного аналізу.** Здебільшого використовувався той чи інший сучасний варіант спектроскопічного визначення елементарного складу речовини. Для більшості дослідників з ЄС основним методом дослідження хімічного складу археологічного скла є мікрорентгоспектральний аналіз (EMPA – electronic probe micro-analyzer). Зокрема до нього зверталися Р. Арлетті та співавтори, А. Ойконому та співавтори, та інші [7, с. 58; 8, с. 706; 9, с. 2096; 14; 16, с. 949]. Цей метод використовується для неdestructивного аналізу дуже маленьких зразків у твердому стані.

Мас-спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою утвореною лазерною абляцією (LA-ICP-MS) — це різновид мас-спектрометрії, що відрізняється високою чутливістю і здатністю визначати ряд металів і декількох неметалів в концентраціях до  $10^{-100}\%$ . Метод заснований на використанні індуктивно-зв'язаної плазми як джерела іонів і мас-спектрометра для їх розділення і детектування. Цей метод використовують для визначення елементів присутніх у зразках у слідових концентраціях, часто розсіяних елементів.

Результати одержані тим чи іншим різновидом мікрорентгоспектрального аналізу, як правило, цитуються у формі відсоткової частки оксидів різних елементів у зразку. Така форма цитування дозволяє пряме однозначне порівняння визначень незалежно від різновиду EMPA застосованого у даному конкретному випадку. Цей вид підсумків аналізу частково є даниною традиції, адже один з варіантів «мокрого» хімічного аналізу, гравіметрія, полягав в осаджуванні

<sup>1</sup> Спектральний аналіз виконано в Лабораторії археологічної технології ПМК РАН (РФ, м. Санкт-Петербург) аналітиком кан. тех. наук О. М. Єгорьковим. Авторка щиро вдячна О. М. Єгорькову за надані результати.

оксидів різних елементів з розчинів речовини зразку (перетертого на пил) і його здобутки природно було наводити саме у формі відсоткових часток оксидів. Методики пов'язані з руйнуванням проби зараз однозначно поступаються мікрорентгеноспектральному аналізу як за ефективністю, так і за точністю. Все ж у сучасного підходу є певні труднощі – оскільки він спрямований на вивчення катіонів, то ним складно оцінити вміст кисню у зразку. Стосовно більшості мінералів можна стверджувати, що аніони в них представлені здебільшого чи виключно киснем. Відповідно, вимірявши вміст, наприклад, катіонів кремнію, можна точно підрахувати скільки аніонів кисню потрібно, щоб їх урівноважити. Повторивши цей підрахунок стосовно кожного з наявних катіонів, теоретично можна одержати 100% ваги зразка – адже враховано усі катіони і усі аніони [13, с. 199].

Ця ідеальна модель майже ніколи не реалізується в практиці археометричного дослідження. Часто сума оксидів не дорівнює 100% з кількох причин. В кожного з вимірів є своя експериментальна похибка і похибки не завжди «погамують» одна одну. Певні незначні концентрації слідових елементів можуть лишитися непоміченими кожна окремо, проте разом складати навіть понад відсоток ваги зразка. Для металів, сульфідів, силікатів з аніонами гідроксиду, фтору та хлору, припущення, що всі аніони представлені киснем не виконується, відповідно, сума оксидів не дорівнюватиме 100% ваги [2]. Також, підрахунок стає умовним за випадку, коли один чи кілька з аналізованих елементів утворюють відмінні оксиди, взаємодіючи з киснем з різною валентністю. Врахувати співвідношення різновалентних катіонів у зразку *a priori* неможливо, що знов-таки призводитиме до відхилення суми відсоткових часток оксидів від 100%. Зараз, загальноприйнятим є наведення реальної суми відсоткових часток оксидів. Її відхилення від 100% може свідчити про якість аналізу. Раніше це не робилося систематично. Проте, використання відсоткових часток оксидів як загальної форми вираження результатів хімічного аналізу робить цілком можливим порівняння визначень одержаних різними методиками [13, с. 387].

### **Основні компоненти та тип скла посудин в техніці сердечнику з Північного Причорномор'я**

Скло посудин в техніці сердечнику як і будь-яке скло з елементної точки зору складається переважно з кремнію. Скло з Північного Причорномор'я не є виключенням – вміст Si коливається від 45,5%

до 79% [3, с. 93]. Важливим виключенням є кілька зразків жовтого глухого скла із вмістом моноξειду свинцю 19-30%. Це скло використовувалося для орнаментування посуду I-ї Середземноморської групи. Все ж таки, у склі-основі кремній завжди складає щонайменше біля половини ваги (94%), а як правило – більше 60% (71%).

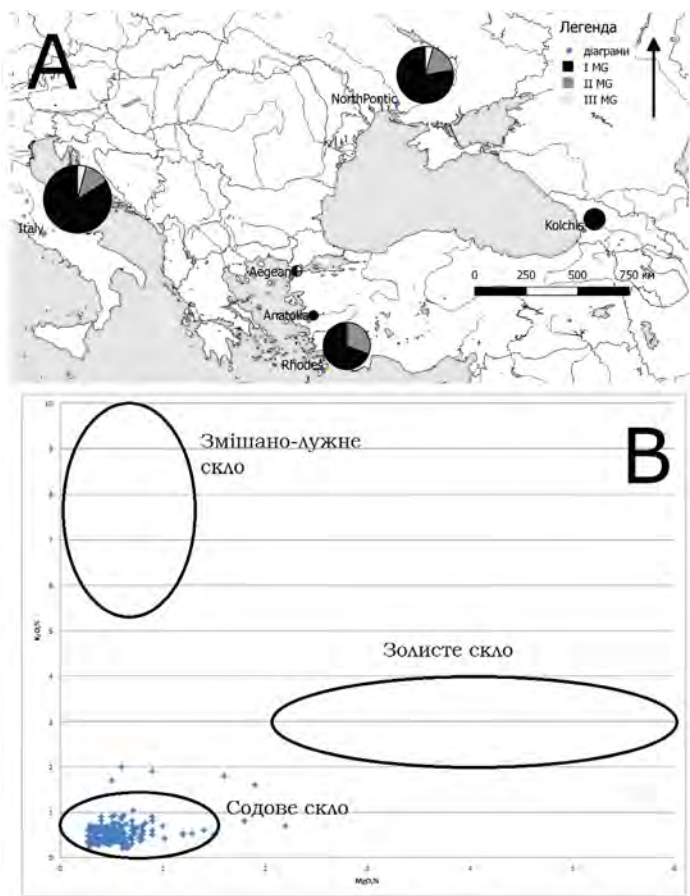


Рис. 1. А – Просторовий розподіл кількості аналізованих зразків сердечникового скла в Великому Середземномор'ї. NorthPontic – Північне Причорномор'я, Kolchis – Колхіда, Aegean – басейн Егейського моря, Anatolia – Західна Анатолія, Rhodes – Родос, Italy – Італійські контексти. I, II та III MG – перша, друга та третя, відповідно, Середземноморські групи. В – визначення типів античного скла за Дж. Хендерсоном (2013) на графіку K2O/MgO. Ромби – зразки з Північного Причорномор'я (2016 року та за Островерхов 1993, Дзиговский, Островерхов 2000).

За виключенням вже згаданого свинцевого скла, наступні за відносною представленістю оксиди – оксиди натрію (6-21%) та кальцію (7-22%). Значна кількість натрію природно пов'язана з використанням соди  $\text{NaHCO}_3$  при виготовленні скла. Інші компоненти, які в значних кількостях трапляються у сердечниковому склі з Північного Причорномор'я – свинець та мідь, схоже пов'язані з наданням склу потрібного кольору і є складовими барвників [5, с. 16-21].

### Ніконій (1-4), Тіра (5-9,11- 13), Ольвія (10)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Шифр лаборатор.	889-47	889-48	889-49	889-50	889-51	889-52	889-53	889-54	889-55	889-56	889-42	889-44	889-45
Шифр ОАМ	п.н.85/8	сп.50/8	п.н.55	п.н.420	№857/58	96752	96751	952/82/3	952/82/2	56034	96755	96753	96754
форма група	алаб. II	амф I	алаб. III	ойн. I	унгв. II	амф. II	ойн. II	? II	? II	алаб. III	амф II	алаб. II	алаб. III
колір	син	брун.	син	зел	син	син	син	син	син	син	син	син	син
$\text{SiO}_2$	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.	осн.
$\text{Na}_2\text{O}$	18	18	17	17	18	16	19	18	17	17	17	18	19
$\text{K}_2\text{O}$	2,0	1,9	2,5	3,1	2,3	2,0	3,1	2,2	2,6	3,7	2,9	2,0	2,6
$\text{CaO}$	12	15	16	8,4	14	9,4	13	11	17	21	6,2	12	19
$\text{MgO}$	1,4	1,6	1,2	1,0	1,4	1,1	1,0	1,0	1,8	1,4	2,1	1,8	2,0
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3,8	4,8	5,4	2,9	4,6	2,5	2,7	2,2	5,0	4,2	2,7	4,4	5,2
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,5	0,6	1,5	1,9	1,1	0,9	1,4	1,1	1,2	2,1	1,5	1,5	1,9
$\text{MnO}$	0,9	-	-	0,02	1,2	0,6	0,5	0,4	1,1	1,7	1,0	1,1	1,6
$\text{TiO}_2$	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
$\text{PbO}$	1,0	0,2	1,1	1,0	0,2	0,2	0,3	1,4	0,3	1,7	0,4	1,6	0,6
$\text{SnO}_2$	0,2	0,05	0,2	0,3	0,1	0,07	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,3
$\text{CuO}$	0,3	-	0,3	-	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
$\text{CoO}$	0,2	-	0,06	-	0,05	0,09	0,2	0,1	0,08	0,08	0,2	0,2	0,09
$\text{Sb}_2\text{O}_5$	0,3	-	0,5	0,3	0,2	0,6	0,2	1,7	1,1	0,2	0,8	0,3	0,4
$\text{Ag}_2\text{O}$	-	-	-	-	0,004	0,01	-	-	0,03	-	0,03	-	-
$\text{NiO}$	0,07	-	-	0,01	-	-	0,02	0,01	-	0,02	0,01	0,01	0,02

Крім кремнію, ще оксиди алюмінію та заліза переважно походять з первинної сировини до варіння скла і часто являють собою природні домішки до піску. У виборці з Північного Причорномор'я вміст першого коливається від 0,5 до 6 %, а здебільшого від 1,3 до 3,6%, другого – від 0,3 до 8%, переважно від 0,5 до 4,5%.

Тип скла, з якого виготовлені посудини в техніці сердечнику, знайдені в Північному Причорномор'ї, визначався різними термінами. Схоже, всупереч очевидному загальному розумінню, який саме тип скла мається на увазі, різні автори визначають його через відмінні по-

казники, що теоретично може призвести до неузгодженості у класифікації конкретних зразків скла в залежності від дефініції, прийнятої за основу.

На сьогодні, запропоновано кілька класифікацій скла за його хімічним складом. В ранній роботі Е. Сайра та Р. Сміта виділено п'ять основних типів скла від його появи до розвинутого Середньовіччя (XV ст. до н.е. – XII ст. н.е.) [15, с. 1824-1826]. Скло VI ст. до н.е. – IV ст. н.е. названо антимоновим – через систематичний значний вміст сурми. З цією ідеєю певною мірою перекликається думка М. А. Безбородова про те, що хімічно скло поділяється на лужне та свинцеве [3, с. 23].

Російська дослідниця Ю.Л. Щапова пропонувала вирізняти хімічні типи скла за співвідношенням лугів до лужних земель (так звана “рецептурна норма”) [6, с. 136]. На думку М. Дековни, навряд чи варто сприймати згадане співвідношення як характеристику “рецепту” скла, якого свідомо дотримувалися його виробники [11, с. 31]. А технологічно (та хронологічно) когерентні типи скла зараз виділяються значно простіше – за співвідношенням пар характерних елементів.

Так, російські дослідники з цією метою порівнюють вміст натрію та калію. Ю.Л. Щапова вважала, що до “содових” можуть бути віднесені зразки з співвідношенням Na:K, яке б дорівнювало 13 [6, с. 136], В. О. Галібін знижував цей показник до 7,5 [1]. Північно-причорноморське скло в техніці сердечнику здебільшого відповідає цій пропорції [5, с. 7-25]. Тут слід враховувати, що більшість аналізів було зроблено в лабораторії археологічної технології ПМК РАН (РФ, зараз Петербург). Обладнання наявне в цьому закладі не дає змогу визначати присутність концентрацій оксидів калію менших від 2% [1, с. 48]. На сьогодні ж чутливість методу ЛАТ ПМК РАН за калієм складає 1% (Сгорьков, прив. повідомлення). Тому, фактично калій фіксується лише в разі наявності в значних концентраціях, і, навіть, в тому випадку – скоріш у вигляді інтервальної оцінки.

Натомість, у європейській та англо-американській археотехнології прийнято інший підхід, започаткований ще Е. Сайром та Р. Смітом [15, с. 1824-1826]. Так, ними виділено два типи скла – з високим вмістом оксиду магнію (*high-magnesia glass*) та з низькою концентрацією цієї речовини (*low-magnesia glass*). Внаслідок багаторічних робіт зараз можна з впевненістю пов'язувати перший тип зі склом, виготовленим на основі золи рослин, а другий тип продукувався на осно-

ві природної соди (золисте та содове скло вітчизняних дослідників, відповідно). Хімічний аналіз скла доби бронзи та раннього залізного віку дозволив Дж. Хендерсону визначити проміжну групу – змішано-лужне скло, яке характеризується високим вмістом оксиду калію (6,5-14%) поруч з низкою концентрацією оксиду магнію (до 1%) та відносно низькою – кальцію (Рис. 1 В). Ймовірно, для його виробництва використовувалася деревна зола [12].

Скло з високим вмістом магнію (тип I Сайра-Сміта) характеризується відносно високим вмістом калію 2,5-3,5% та високим вмістом оксиду натрію – 14-17%. Складу з низьким вмістом магнію (тип II Сайра-Сміта) притаманні низька концентрація калію та висока – натрію. Графічно розподіл вказаних елементів за типами раннього скла зображено на рисунку (Рис. 1 В).

В цілому вміст оксиду магнію в нових зразках з Північного Причорномор'я не перевищує показників для содового скла (типу II Сайра-Сміта) або ж коливається на межі «ідеального вмісту». Деякі більші значення у склі деяких посудин ніколи не наближаються для граничних значень типу I Сайра-Сміта (натрієво-золистого скла), а вміст калію, незважаючи на інтервальний характер його визначення, ніколи не наближається до змішано-лужного (калієво-золистого за Дж. Хендерсоном) скла (Рис. 1В).

Отже, в усій своїй масі скло, з якого виготовлявся посуд в техніці сердечнику, виявлений на античних пам'ятках Північного Причорномор'я, відноситься до одного типу хімічного складу – содового скла (скла з низьким вмістом магнію, типу II за Е. Сайром та Р. Смітом).

Цей висновок добре відповідає ідеї В. О. Галібіна [1, с. 75]. Усвідомлюючи обмеження розрахунків на основі пропорції Na:K при погано визначених концентраціях K, він вказав на можливість використання і іншої пари елементів. За ним содове скло характеризується і співвідношенням оксидів кальцію до магнію 7,5 та вище. І справді, у переважній своїй масі північно-причорноморські зразки відповідають цьому визначенню (Рис. 1В). Єдине істотне виключення – зразок синього скла з Тіри II-ї Середземноморської групи, в якому відзначено також відносно більший вміст калію. Чи має це спостереження певне історико-технологічне значення, чи є лише артефактом недосконалої методики дослідження, поки що не до кінця зрозуміло.

### *Барвники та домішки*

В якості барвників та технологічних домішок (глушників та знебарвлювачів тощо) в VII-I ст. до н.е. в Середземномор'ї використовувалися розмаїті хімічні сполуки. Їх елементний склад добре вивчено, в тому числі і на матеріалах Північного Причорномор'я [1, с. 31-45; 5, с. 14-23]. Дещо складнішою проблемою постає відмінності у вжитку різних технологічних домішок між окремими індустріями виробництва сердечникового скла – I, II та III Середземноморською групою. Тому, проаналізована вибірка, яку представлено здебільшого зразками різних відтінків синього кольору II та III Середземноморських груп, складає зручний об'єкт такого аналізу.

Побудовано графік кобальт/мідь за добіркою аналізів з бази даних А. С. Островерхова [3, с. 94-103; 4, с. 111-115; 5, с. 52-64] з врахуванням нових результатів. Зразки виразно розподіляються, щонайменше, на три групи (Рис. 2А). Найпоширенішою є група з вмістом оксиду кобальту 0 – 0,25% та діоксиду міді від 0,007 до 0,4%. Це синє та синьо-бірюзове скло різного ступеню прозорості. Виділяється і група з “нормальним” вмістом сполук міді та високою (0,33-0,7%) концентрацією монооксиду кобальту. Йдеться про насичено синє прозоре скло основи. Здебільшого, такі посудини є в I Середземноморській групі, хоча три зразки відомі і з II Середземноморської групи. Третя група за одним виключенням (зразок “світло-синього” скла II Середземноморської групи) представлена склом I Середземноморської групи. В них вміст оксидів міді сягає 0,8-3,5%. Це вироби бірюзового непрозорого скла.

Таким чином, майстри I-го етапу виробництва сердечникового посуду фарбували скло основи посудини двома способами – насичено синє прозоре одержувалось додаванням кобальто-вмісних речовин, а бірюзове глухе та мутне – барвниками на основі міді. Ця виразна дихотомія набагато в меншій мірі простежується на наступних етапах розвитку. Синій колір скла IV-III ст. до н.е. менш насичений. Виразна відмінність між різними відтінками синього характерна для VI-V ст. до н.е. стає майже невловимою в пізніший час. Класифікація кольорів стає аж надто суб'єктивною і можливо тому деякі дослідники відмовляються від детального поділу матеріалу посудин II та III Середземноморської груп за колористичною гамою.

### *Проблема гомогенності сировини*

Внаслідок низки історичних явищ та технологічних обмежень (наприклад, через транспортування та обмін зливків скла як сировини-

ни) пряме визначення походження скла за хімічним складом значно утруднене. Тим не менш, можна спробувати визначити скло виразно-різного походження, не наполягаючи на його точній атрибуції до того чи іншого регіону виготовлення. Зручним для такого типу аналізу видається вміст алюмінію в склі. Майже увесь алюміній в сердечниковому склі потрапляв до нього не в якості навмисної («рецептурної») домішки, а як елемент первинної сировини – піску. Такий підхід досить продуктивно застосовано А. Ойкономою та співавторами [14].

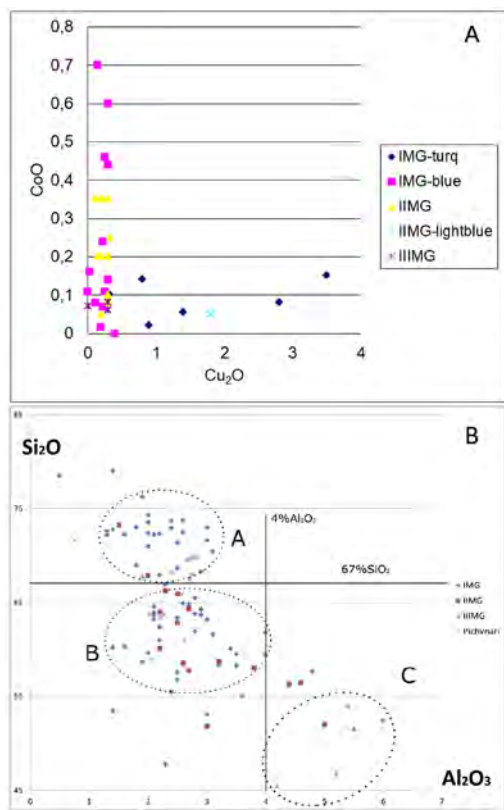


Рис. 2 А – Графік  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{CoO}$ . Ромби – I Середземноморська група, скло бірюзового кольору; квадрати – I Середземноморська група, скло синього кольору; трикутники – II Середземноморська група, скло синього кольору; хрестики – II Середземноморська група, скло блакитного кольору; сніжинки – III Середземноморська група, скло синього кольору. В – Графік співвідношення  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . I, II та III MG – перша, друга та третя, відповідно, Середземноморські групи. Хрестики – зразки з могильнику Півчварні.

На графіку співвідношення відсотків  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  виділяються три групи зразків. Скупчення А представлено майже виключно посудом I Середземноморської групи за одним виключенням. Скупчення В складається з переважної більшості аналізів за посудом II Середземноморської групи та значної групи точок I Середземноморської групи. Три з чотирьох зразків III Середземноморської групи потрапили до малочисельної та гетерогенної групи С (Рис. 2В).

Вивчення опублікованих значень хімічного складу пляжних пісків Середземномор'я вказує, що ступінь варіації між групами А, В та С цілком відповідає розмаху відмінностей між пісками різного географічного походження [10]. В той же час, на пряму пов'язати ці групи з окремими регіонами неможливо через відсутність аналізу вмісту розсіяних елементів та, в деяких випадках, ізотопів стронцію та титану для північно-причорноморської вибірки.

Отже, центрів виготовлення сировинного скла для сердечникового посуду було кілька і їх розташування та порівняне значення схоже змінювалися з часом. Якщо I та II Середземноморські індустрії виробництва сердечникового посуду хоча б частково працювали на схожій сировині, то майстри пізньоеліністичного та римського періодів, скоріш за все, звернулися до інших, маргінальних в попередні часи, джерел піску придатного для скловаріння.

### **Висновки**

До наукового обігу введено нові данні результатів вивчення хімічного складу 13 скляних посудин з Тіри та Ніконію. Зразки доповнюють північнопричорноморську вибірку, яка складає 113 екз. на сьогодні. В результаті порівняння вмістів оксидів кобальту та міді встановлено, що для виготовлення основи флакону та орнаменту синього та блакитного кольорів використовувалися два барвники. Можливо, майстер з обробки скла, який власне і виготовляв посудини в техніці сердечнику, одержував сировину, неформлене скло, з різних джерел. За вмістом алюмінію північно-причорноморське сердечникове скло гетерогенне, а отже воно могло виготовлятися з пісків різного походження. Відмінні сировинні групи представлені на етапах розвитку виробництва сердечникового посуду у різних співвідношеннях. При цьому, за технологією та «рецептом» (співвідношенням склотворних елементів) воно досить однорідне. З точки зору соціальної організації ремесла, така картина може свідчити, що варіння скла як матеріалу та виготовлення з нього готових виробів являли собою два окремих виробництва, розділених просторово та у часі.

## NEW DATA ON THE TECHNOLOGY OF CORE-FORMED GLASS VESSELS VI-I CENTURIES BC

*The paper treats new series of the results of chemical analysis of glass from core-formed vessels. The selection includes 13 specimens from Tyras and Niconion, mostly II and III Mediterranean groups. Results are involved in the wider context of earlier analyses on chemistry of core-formed glass. Cobalt/Cuprum scatterplot clearly demonstrates that there were at least two colorants applied for finishing the core-formed glass vessels. It is possible that craftsmen specialized in core-forming of glass vessels obtained their raw material from various sources. The aluminum content is very variable in the North Pontic core-formed glass selection, so the latter was made from sands of different provenience. Distinct raw material groups were used in various ratios in course of evolution of core-formed glass production. Meanwhile, the main technological components are always in similar proportions. It could point to the social organization of glass production when the stages of glass-making and vessels forming were separated both spatially and temporarily.*

**Key words:** core-formed glassware, craft, archaeometry, antiquity, North Pontic region.

### Список використаної літератури

1. Галибин В. А. Состав стекла как археологический источник / В.А. Галибин. – Санкт-Петербург: Петербургское Востоковедение, 2001. – 216 с.
2. Гловин Н.М. Дослідження фізико-хімічних властивостей скла в залежності від його складу і ступеня обробки / Н.М. Гловин // Фізика і хімія твердого тіла. – 2013. – Т. 14. 1. – С. 145-148.
3. Дзиговский А.Н. Стеклянная посуда как историческое явление в памятниках скифо-сарматского времени Украины, Молдовы и Российского Подонья (VI в. до н.э. - IV в. н.э.) / А.Н. Дзиговский, А.С. Островерхов. – Одесса: Гермес, 2000. – 260 с.
4. Загинайло А.Г. «Финикийские» сосуды из Никония / А.Г. Загинайло, А.С. Островерхов // Тезисы первой областной историко-краеведческой конференции, посвященной 200-летию г. Одессы / Ред. В.П. Ващенко. – Одесса: Маяк, 1989. – Р. 111-115.

5. Островерхов А.С. Технология античного стеклоделия. Архаика (по археологическим материалам Северного Причерноморья) / А.С. Островерхов. – Киев: АН Украины, 1993. – 100 с.
6. Щапова, Ю.Л. Из истории древнейшей технологии стекла / Ю.Л. Щапова // Очерки технологии древнейших производств / Ред. Б.А. Колчин. – Москва: Наука, 1975. – P. 133-140.
7. Arletti R. Core-formed glass containers found on Rhodes (end of the 6th-5th century BC). Chemical analysis / R. Arletti, S. Bellesia, M.-D. Nenna // *Annales du 19e Congres de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Piran-2012* / Ed. I. Lazar. – Kopar: Present d.o.o., 2015. – P. 55-64.
8. Arletti R. The first archaeometric data on polychrome Iron Age glass from sites located in northern Italy / R. Arletti, C. Maiorano, D. Ferrari et al. // *Journal of Archaeological Science*. – 2010. – T. 37. – С. 703-712.
9. Arletti R. The Mediterranean Group II: analyses of vessels from Etruscan contexts in northern Italy / R. Arletti, L. Rivi, D. Ferrari et al. // *Journal of Archaeological Science*. – 2011. – T. 38. – С. 2094-2100.
10. Blomme A. Tracing the primary production location of core-formed glass vessels, Mediterranean Group I / A. Blomme, J. Elsen, D. Brems et al. // *Journal of Archaeological Science: Reports*. – 2016. – T. 5. – С. 1-9.
11. Dekowna M. Szkło w Europie wczesno-sredniowiecznej / M. Dekowna. – Wrocław, Warszawa, Gdansk, Krakow: Zakład Narodowy imienia Ossolinskich, 1980. – 386 с.
12. Henderson J. Ancient Glass: An Interdisciplinary Exploration / J. Henderson. – Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo, Delhi, Mexico City: Cambridge University Press, 2013. – 433 с.
13. Janssens K. Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass / K. Janssens. – Chichester: John Willey & sons, Ltd., 2013. – 692 с.
14. Oikonomou A. An archaeometric study of Hellenistic glass vessels: evidence for multiple sources / A. Oikonomou, J. Henderson, M. Gnade et al. // *Archaeological and Anthropological Sciences* – 2016. – T. DOI: 10.1007/s12520-016-0336-x.
15. Sayre E.V. Compositional Categories of Ancient Glass / E.V. Sayre, R.W. Smith // *Science*. – 1961. – T. 133(3467). – С. 1824-6.
16. Shortland A.J. Analysis of First Millenium BC Glass Vessels and Beads from the Pichvnari Necropolis, Georgia / A.J. Shortland, H. Schroeder // *Archaeometry*. – 2009. – T. 51. 6. – С. 947-965.