

18. *Lutskiy, V. K.* (1982). *Istoriya astronomicheskikh obschestvennykh organizatsiy v SSSR (1888–1941)*. [History of astronomical public organizations in the USSR (1888–1941)]. Moscow: Nauka (in Russian).
19. *Osobova sprava № 1821, Karger V. V.* [Personal file № 1821, Karger V. V.]. Archives of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (1944–1950). 19 p. (in Russian).
20. *Roboty astronomichnogo gurtka pry Vseukrainskomu sotsialnomu muzei imeni Artema* [Proceedings of the astronomical circle at the Artem All-Ukrainian Social Museum]. Kharkiv, 1925. P. 4–12 (in Russian).
21. *Shkuratov, Y. G. (Ed.)* (2008). *200 let astronomii v Har'kovskom universitete* [200 years of astronomy at Kharkiv University]. Kharkiv: Kharkiv National University (in Russian).
22. *Slastenov, A. I.* (1955). *Astronomija v Har'kovskom universitete za 150 let (1805–1955)* [Astronomy at Kharkov University for 150 years (1805–1955)]. Kharkov: Kharkov A. M. Gorky State University (in Russian).

Received 16.01.2022

Accepted 11.02.2022

DOI: 10.15421/272204

UDC 94(100):620.2

М. В. Гутник

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна*

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ДОБУ ВІДРОДЖЕННЯ ТА РАНЬОМОДЕРНИЙ ЧАС

E-mail: maryna.gutnyk@khpi.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-2755>

Researcher ID: AAG-9614-2020

Scopus Author ID: 57211759171

Анотація. Проаналізовано розвиток досліджень у галузі матеріалознавства впродовж кінця XIV ст.–XVIII ст. Наукові дослідження та експерименти, розробки нових технологій стали викликом та потребою часу. Досить ефективними виявилися досягнення в гірничій справі та металургії, що постійно стимулювали розвиток одна одної. Найбільш фундаментальною працею з металургії в добу Відродження можна вважати «De Re Metallica» Г. Агріколи, що вийшла друком у другій половині XVI ст. Це дослідження стало першою європейською енциклопедією з гірництва та металургії. Г. Агрікола дослідив мідні, срібні та свинцеві сплави і першим описав технологію одержання вісмуту. Далі впродовж майже 100 років нові хімічні елементи відрито не було. Лише у 1669 р. задокументовано відкриття фосфору німецьким науковцем Х. Брандом. Виняткового розвитку набув окремий напрям матеріалознавства – скловиробництво. Представлено дані щодо номенклатури виробів зі скла в Іспанії, Угорщині та Китаї. Виокремлено інформацію про домішки, що впливають на технологічні якості скла, а також на його колір. Провідними центрами виробництва скла в добу Відродження стали Італія (венетянське скло), Чехія (богемське скло) та Німеччина. У XVII ст. в Західній Європі навчилися виготовляти прямокутні шибки, що вставлялися у віконну раму, це, відповідно, внесло свої корективи в будівельні технології. Наведені відомості щодо використання польового шпату для виготовлення фарфору та фаянсу, а також використання порошку польового шпату для виготовлення кольорових емалей. Цими емалями прикрашали предмети побуту в Єгипті, Індії, Китаї. Підсумовується, що в досліджуваний період матеріалознавчі дослідження набули прискореного розвитку, а також з'явилися принципово нові його напрями.

Ключові слова: матеріалознавство, Відродження та ранньомодерний час, хімічні технології, скловиробництво, археометалургія.

M. V. Gutnyk

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

CHARACTERISTIC OF THE MATERIALS RESEARCH DEVELOPMENT IN THE RENAISSANCE AND EARLY MODERN TIME

Abstract. The development of research in the field of materials science during the end of the XIV century – XVIII century is analyzed. Research and experiments, development of new technologies have become a challenge and a need of the time. Achievements in mining and metallurgy, which constantly stimulated each other's development, proved to be quite effective. The most fundamental work on metallurgy in the Renaissance can be considered «De Re Metallica» by G. Agricola, published in the second half of the XVI century. This study became the first European encyclopedia of mining and metallurgy. G. Agricola studied copper, silver and lead alloys and was the first to describe the technology of bismuth producing. At the same time, he analyzed deposits of precious metals, mining of sulfur, bitumen and glass. Further for almost 100 years no new chemical elements were detected. Only in 1669 the discovery of phosphorus was documented by the German scientist H. Brand. Also, in the studied period the exceptional development gained a separate direction of materials science – the glass production. Data on the range of glass products in Spain, Hungary, and China are presented. In the Middle Ages, glass was widely used to make dishes. Much jewelry, including necklaces, was made of glass too. Information on impurities that affect the technological qualities of glass, as well as its color was given. The leading centers of glass production were Italy (Venetian glass), the Czech Republic (Bohemian glass), and Germany. Studies in archaeometallurgy have shown that the purest material for making glass was quartz sand, used by Venetian glass producers or imported from other Italian regions. At the same time, the «local» (including Portuguese) sand, rich in the feldspar, was also actively used by glassblowers. The ways of glass production technologies spreading to different countries are considered. In the XVI century mirror glass was invented on the island of Murano. Initially, polished metal or rock crystal was used as a mirror. Murano glassmakers applied a very thin layer of mercury to the tin plate and then covered it with a layer of transparent glass. At first this method was in a secret of the inhabitants of the glass island, but then gradually spread to European countries. It took almost three centuries to replace mercury with silver, which ensured higher quality mirrors. In the XVII century in Western Europe people learned to make rectangular glass, which was inserted into the window frame, which accordingly made its adjustments in the construction of buildings. The information on the use of the feldspar for the manufacture of porcelain and faience, as well as the use of feldspar powder for the manufacture of colored enamels is shown. These enamels decorated household items in Egypt, India and China. It is concluded that in the Renaissance and early Modern Time, materials science research has accelerated, and fundamentally new directions have appeared.

Keywords: materials science, Renaissance and early modern time, chemical technology, glassmaking, archaeometallurgy.

Вступ. Здобутки в науці та технологіях доби Відродження базувалися на досягненнях попередньої доби. Емпіричний досвід у галузі матеріалознавства вперше отримав наукове підґрунтя, з'явилися принципово нові галузі матеріалознавства. Поміж усіх напрямів матеріалознавства найбільш плідно тоді розвивалося скловиробництво. Розпочалося активне використання хімічного аналізу, в обіг увійшли нові метали та сплави.

Саме в період Відродження в Європі відбулося зародження університетської науки. Значне нагромадження практичних знань, що опанувало людство в попередню історичну добу, потребувало відповідного оформлення та систематизації. Посилилася тенденція до раціоналістичних та експериментальних перевірок набутих знань. Треба зазначити, що в той час дослідження, як і раніше, здійснювалися переважно ученими-

одинаками, зокрема тими з них, які мали медичну освіту, а також ченцями, в яких був доступ до монастирських бібліотек. Поступово осередки наукових знань на базі монастирських шкіл оформилися в університети, де поряд із читанням лекцій почали проводитися наукові дослідження. Новим напрямом організації наукової діяльності у XVII ст. стало створення наукових товариств, які об'єднували у своїх лавах провідних учених того часу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останні роки історичні розвідки періоду Відродження та ранньомодерного часу мало представлені в науковій літературі. Матеріалознавчі технології цього періоду також лише опосередковано знайшли висвітлення в роботах науковців.

Дослідження використання предметів матеріальної культури в добу Ренесансу проведено в роботі М. Аймар [2]. Авторка розглядає вплив італійського відродження на розвиток матеріальної культури у світі. Науковиця наголошує, що саме в добу Відродження спостерігалася циркуляція технологічних і творчих інновацій. Насамперед це проявилось в кераміці та скловиробництві, а також у різьбленні по дереву та кістці. Більшою мірою об'єкти матеріальної культури імітували природу, зокрема, технології ренесансу дозволили імітувати мармур чи онікс на виробках зі скла.

У роботі П. Хонті-Еріксен [8] досліджується матеріальна культура ремісників Італії епохи Відродження. Надано відомості про предмети побуту і повсякденне життя середнього класу у XIV–XVII ст. Дослідження зосереджено на інтер'єрі та товарах місцевого виробництва – меблях, хутрі, предметах мистецтва, релігійних предметах та прикрасах, знайдених у будинках ремісників та власників крамниць. Попри ґрунтовний аналіз цього періоду, технології виробництва матеріалів та сплавів, що існували в цей період, залишилися поза увагою авторки.

У публікації О.П. Рижової та О.Б. Гуржій [18] фрагментарно розглянуто технології декоративних емалей у XVII ст., зокрема техніку клуазоне. Р. Мертон [17] розглядає розвиток науки у XVII ст., територіально обмежуючись Англією. Матеріалознавчі дослідження також лише опосередковано представлені автором.

Дослідниця з Угорщини В. Говард [9] розглядає технології виготовлення монет та прикрас у королівському дворі, а також робить висновок, що знаряддя праці людей, які мешкали у середньовічному–ранньому новому королівському дворі, суттєво не відрізнялися від подібних предметів мешканців менших поселень.

Таким чином, нині публікації, в яких досліджується розвиток матеріалознавства впродовж кінця XIV–XVIII ст., обмежені територією дослідження або ж аналізують розвиток лише окремої технології.

Мета дослідження – розглянути розвиток матеріалознавчих технологій у добу Відродження та ранньомодерний час.

Виклад основного матеріалу. Досить ефективними виявилися досягнення у гірничій справі та металургії, що постійно стимулювали розвиток одна одної. Найбільш фундаментальною працею з металургії в добу Відродження можна вважати «De Re Metallica» (1556 р.) Георга Бауера (найбільш відоме латинізоване ім'я науковця – Георгіус Агрікола), який був лікарем за освітою. Це дослідження стало першою європейською енциклопедією з гірництва та металургії. Відомості, що увійшли до книги, збиралися й аналізувалися автором майже 20 років, коли Г. Агрікола перебував на посаді міського лікаря у Йоахісталі (Чехія), а згодом у Хемніці (Німеччина). У праці подано інформацію щодо наявних методів пошуків корисних копалин, а також характеристики відомих на той час мінералів. Вища медична освіта дала змогу Г. Агріколі вперше фахово проаналізувати умови праці гірників та вплив на їхнє здоров'я різноманітних чинників. Науковець також став одним із перших, хто досліджував вплив металургійного виробництва на забруднення довкілля [1, с. 13, 42, 107, 198].

До того ж Г. Агрікола розробив основи хімічного аналізу, тобто завдяки його доробку були закладені підвалини перших досліджень різних хімічних сполук. Він описав технологію плавлення та видобутку металів, розглянув родовища коштовних металів, видобуток солі (за контроль за родовищами солі точилися справжні війни),

сірки, бітумів і скла. Йому належить першість у систематичному дослідженні мінералів у Німеччині. Зокрема, Г. Агрікола дослідив мідні, срібні та свинцеві сплави і першим описав технологію одержання вісмуту. Треба зазначити, що вісмут тривалий час вважали різновидом сурми, свинцю або олова. Вчений описав металевий вісмут, а також надав відомості про його видобуток і переробку. Наукове сприйняття вісмуту як самостійного хімічного елементу склалося лише у XVIII ст. [1, с. 44, 214, 221].

Походження назви вісмуту трактують по-різному. Існують давньонімецькі слова «Wismuth» та «Weisse masse» (білий метал, біла маса). Німецьке походження пов'язують з округою Шнеєберг (Рудні гори) в Саксонії, де здавна видобували цей метал. У період XVI–XVII ст. вісмут активно використовувався у друкарській справі, а його солі – в медицині, зокрема при виготовленні косметичних засобів. Нині найбільш поширеною сполукою є Bi_2O_3 , яку використовують для лікування шлунково-кишкових захворювань, а також у виготовленні антисептичних засобів.

У подальші майже 100 років жодних відомостей про відкриття нових матеріалів не збереглося. Лише у 1669 р. задокументовано відкриття фосфору німецьким алхіміком Хеннінгом Брандом. Вважається, що пошуки «філософського каменю» випадково дозволили вченому виокремити новий метал. Можна припустити, що фосфор був відкритий раніше, проте жодних записів не збереглося. Для проведення своїх досліджень Х. Бранд використав людську сечу, яку повільно випаровував. У своєму експерименті науковець використав реторту, кулю з націленим донизу носиком, що використовували для перегонки рідин. Коли до посудини подавали тепло, рідина всередині зменшувалася, набуваючи більш чистої, концентрованої форми. У результаті вчений отримав сиропоподібну рідину «мертву голову», яку двічі піддав дистиляції.

Науковець працював із невеликою піччю, ймовірно, того самого типу, яку використовували склодуви. «Випари заповнили посудину, і з кінця реторти капала сяюча рідина, яка спалахнула полум'ям. Він закупорив рідину в скляній посудині й побачив, що вона затверділа, але продовжувала блищати блідо-зеленим світлом». Спостерігаючи за цим світлом, Х. Бранд очікував, коли воно згасне, однак воно продовжувало «світити годину за годиною» [6, с. 288]. Технологія зберігалася в секреті впродовж 6 років, поки не була незалежно відкрита конкурентом науковця Йоганом Кункелем. Й. Кункель досяг значних успіхів у галузі мінералогії та розвитку гірничодобувної промисловості у північній Німеччині. Також науковець прославився дослідженнями з технології виготовлення скла. Зокрема, він розробив рецепти забарвленого скла на основі золи металів, у тому числі рубінового скла з дуже малою домішкою колоїдно-дисперсного золота (0,0001 % мас.) [20, с. 151].

Незалежно від Х. Бранда і Й. Кункеля фосфор був отриманий Робертом Бойлем, який описав новий матеріал у статті «Спосіб приготування фосфору з людської сечі», що датована 14 жовтня 1680 р., але опублікована лише у 1693 р. [15, с. 298]. Метод Й. Кункеля та Р. Бойля відрізнявся від технології Х. Бранта тим, що до сироподібної рідини додавали приблизно трикратну по масі кількість дрібного білого піску. Суміш поміщали в реторту, забезпечену приймачем, і нагрівали впродовж 6–8 годин на вогні до видалення летючих речовин, після чого посилювали температуру нагрівання. Приймач наповнювався білими парами, що потім перетворювалися на блакитний твердий фосфор [11]. Усі ці способи виготовлення фосфору залишалися кустарними, для масового виробництва потрібно було ще 250 років технологічного прогресу.

Виняткового розвитку набув окремий напрям матеріалознавства – виробництво скла. В епоху Середньовіччя скло широко застосовувалося для виготовлення посуду: питні склянки, пляшки виготовлялися переважно з жовтуватого або зеленого скла, мензурки часто прикрашалися візерунками. Також використовувався синій колір, але лише фрагментарно. Чимало прикрас, зокрема намиста, виготовлялися зі скла. На частку орнаментованих (плямистих, «з очами» і смугастих) припадає лише невелика частина від загальної кількості намистин. Широко відомі вони в пам'ятках XI–XIII ст. на території Кавказу, Волзької Болгарії, Середньої Азії, в невеликій кількості вони зустрічаються на території давньої Русі. У XIII–XIV ст. основною територією поширення плямистих

намистин стають міста Поволжя. Разом із тим плямисті намиста продовжували існувати в пізньосередньовічних містах Середньої Азії та зрідка зустрічалися в пам'ятниках Русі [12, с. 158].

Широкий ареал і близькість типів прикрас дозволяє стверджувати, що існувала мода, що викликала попит на певні види намиста. Разом із тим для намиста з поховань характерна своя гамма кольорів (синє, біле, чорне, червоно-коричневе скло), що говорить про певне значення цих кольорів для кочових народів.

Археологи та матеріалознавці з Португалії [16, с. 412] акцентують на виготовленні прикрас зі скла, зокрема браслетів. У XIV і XV ст., поширення браслетів у Західній Європі обмежувалося Піренейським півостровом, ймовірно, це стало результатом ісламської присутності. Вони часто зустрічаються в похованнях, не лише в Аль-Андалусі (так званій «Мусульманській Іспанії»), але і на території Угорщини, у християнських та єврейських могильних склепах у центральній (Месеті), східній (Кастельоні) та північній Іспанії (Арагоні). Протягом XVII ст. номенклатура скляних предметів розширилися. Зі скла почали виготовляти обідні склянки, глечики, практичні та декоративні вази, світильники, пісуари, пристосування для медичного та гігієнічного догляду, чорнильніці тощо. До кольорів додалися темно-зелений та темно-червоний, зі скла почали виготовляти непрозорі білі чашки з крапчастим оздобленням, а також із позолотою.

На території Київського Подолу знайдено чимало залишків майстерень із виробництва скляних прикрас (нині віднайдено 10 ремісничих комплексів), виявлених у шарах XII–XIII ст. Безсумнівним доказом місцевого виробництва служать знахідки залишків печей, фрагментів тиглів із прикипілою скляною масою, сировини, інструментів, виробничого браку і відходів виробництва, що свідчить про те, що київське виробництво скляних виробів ґрунтувалося на свинцевому склі. Аналізи зразків скляної маси і виробів із п'яти майстерень показали значну присутність цього елемента в їхньому хімічному складі. Ювелірні майстерні спеціалізувалися не лише на виготовленні прикрас зі скла, металу, а й на виробництві емалі, обробці бурштину, приготуванні лаків й оліфи [23, с. 220].

У китайському місті Цзибо у провінції Шаньдун було виявлено давню скляну фабрику. Там було розкопано близько 20 пічних ям. Приклади скляних намистин, затискачів для волосся та орнаменті разом із залишками глиняних горщиків та макулатури, були зібрані з однієї з пічних ям, розташованих під землею на глибині 1,6–1,8 м. Вважається, що ця територія є місцем старовинної скляної фабрики значних масштабів виробництва, яка сягала періоду пізньої династії Юань (1271–1368) – ранньої династії Мін (1368–1644). Хімічний аналіз показав, що зразок опалового скла мав калійно-вапняний тип, багатий глиноземом і містив фтор. Деревна зола в середньовіччі використовувалася як луг на деяких європейських фабриках скла. Стародавні склянки мали надзвичайно високий вміст вапна та певну кількість P_2O_5 . Скляні вироби, в яких польові мінерали були основною сировиною, а плавиковий шпат (флюорит або CaF_2) використовувався для створення окулярів, зокрема нічного бачення, кардинально відрізнялися від окулярів, що виготовлялися на Заході в той період. Відмінності в технологіях виготовлення скла підтверджує і той факт, що плавильні печі скляного заводу працювали на коксі, а в Європі вугілля не використовувалося для палива скляних печей до початку XVII ст. [10, с. 99, 100].

Різного забарвлення скляним прикрасам надавали домішки, що містилися у вихідних компонентах або спеціально додавалися. Невелике включення кобальту додавало склу ефектного густо-синього відтінку, наявність хрому робила його яскраво-зеленим, урану – лимонно-жовтим (зауважимо, що відомості про кобальт, хром, уран як окремі елементи задокументовано значно пізніше). Яскравий жовтий колір отримували в разі використання колоїдного срібла. У червоний колір скляну масу забарвлювали, додавши до неї колоїдне золото, а за певних умов – дешевшу мідь. За допомогою міді отримували також і бірюзові тони. З'єднання заліза, залежно від концентрації та температурних умов надавали склу зеленуватого, жовтуватого або червонувато-бурого

відтінку. Рентгенівсько-дифракційний аналіз скла, знайденого в Англії, датованого X ст., показав, що непрозоре лимонно-жовте скло містило сульфід миш'яку. Напівпрозорий зелений колір отримували забарвленням міддю, цинком і незначною кількістю свинцю. Аналіз китайського скла династії Цін показав, що для отримання напівпрозорого зеленого кольору до скла додавали латунні стружки [7, с. 104, 105]. Нині саме залістисті домішки фарбують у зелений відтінок звичайну пивну пляшку. Однак навіть невеликі неточності в рецептурі можуть значно вплинути на властивості речовини, що одержують у кінцевому результаті.

Дослідження з археометалургії показали, що найчистішим матеріалом для виготовлення скла був кварцовий пісок, що використовувався венеціанськими виробниками скла та імпортувався з інших італійських регіонів. Кварцовий пісок найбільш стійкий до вивітрювання. Однак одержання виробів із нього відбувається за доволі високих температур 1750–1900 °С, тому SiO_2 розбавляють більш легко топкими компонентами. Разом із тим «місцевий» (зокрема португальський) пісок, багатий польовим шпатом, також активно використовувався майстрами-склодувами [4, с. 14]. Сьогодні відомі великі родовища польових шпатів у Швеції, Норвегії, США, Україні, Індії, Таджикистані, Японії, на Мадагаскарі. До складу польового шпату входять Al_2O_3 (окис алюмінію), Na_2O (окис натрію), K_2O (поташ) з SiO_2 (двоокис кремнію). Ці мінерали відповідали за технічні характеристики виробу. Так, додавання Al_2O_3 знижує коефіцієнт термічного розширення скла, збільшує його механічну міцність і термічну стійкість, покращує кристалізацію. Додавання до 12% оксиду бору (B_2O_3) до скла знижує температуру переходу у склоподібний стан, а також збільшує ударну міцність скла майже у 2 рази. Оксиди магнію і цинку підвищують в'язкість скла при низьких температурах, але зменшують при високих [14, с. 15].

Необхідно зазначити, що польовий шпат використовували і для виготовлення блакитно-білого тонкого фарфору. У персидських рукописах XIII ст. білий різновид польового шпату називали «цукровим каменем» і «основним матеріалом» для виготовлення фаянсу. Порошок польового шпату використовувався й для виготовлення кольорових емалей, якими прикрашали предмети побуту в Індії, Китаї, Єгипті, країнах Сходу [4, с. 15].

За визначенням Ю.Л. Щапової [21], рівновага використання скляних прикрас та виробів для побутового вжитку збігається з початком I тисячоліття н.е. Свої розрахунки авторка представила у вигляді рисунку (рис. 1)

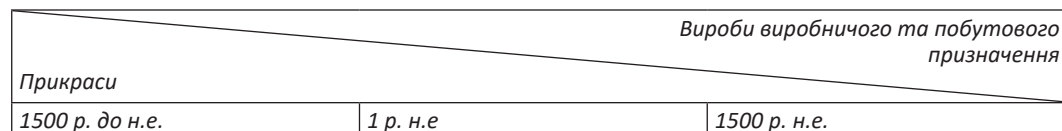


Рис. 1. Номенклатура скляних виробів у хронологічному аспекті [21, с. 193]

Саме з цього часу у виробництві скла був освоєний найважливіший технологічний прийом – видування, що й визначило місце і значення скла у виробництві й культурі.

Провідними центрами виробництва скла стали Італія (венеціанське скло), Чехія (богемське скло) та Німеччина. Для виготовлення венеціанського скла необхідно було контролювати склад сировини, що характеризувалася низьким вмістом домішок. Хімічний аналіз такого скла показав високий вміст глинозему, що не відповідав жодному європейському [13, с. 1239].

У XIII ст. скло з Південної Європи: з Італії та частково з Балкан надійшло у південну частину Моравії, а також південно-західну Словаччину. Важливу роль у відносинах із півднем відіграли близькість транспортної артерії – річки Дунай, а також сприятливі для ввезення предметів розкоші економічні умови, що з'явилися завдяки видобутку срібної руди. Відомо, що в XIII ст. велика частина монет у Венеції була викарбувана з моравського срібла. Ще одним джерелом появи технології виробництва скла у той час були колоністи, які прибували з німецьких земель, де вже з XII в. функціонували скляні майстерні [19, с. 266, 267].

З XIII ст. розпочалося виробництво принципово нових скляних виробів. Так, наприкінці XIII ст. у Венеції почали виготовляти скло для окулярів. У XVI ст. на острові Мурано винайшли дзеркальне скло. Спочатку як дзеркало використовували шліфований метал або гірський кришталь. Такі дзеркала були далекі від досконалості. Склороби Мурано наносили на олов'яну пластину дуже тонкий шар ртуті, а потім покривали його шаром прозорого скла. Цей метод спочатку становив таємницю мешканців «скляного» острова, але потім поступово поширився європейськими країнами. Майже три століття знадобилося, щоб ртуть замінили сріблом, що забезпечило вищу якість дзеркал [3, с. 22].

Поступово скло займало міцніші позиції в повсякденному житті. Лише у XVII ст. в Західній Європі навчилися виготовляти звичні нам прямокутні шибки, а не у формі кола, як це було раніше. Для цього виготовляли скляний циліндр, розрізали його уздовж й акуратно розтягували. Приблизно в цей же час вперше стали продавати вино у скляних пляшках. У 1661 р. англієць Джон Колнет запатентував винну пляшку і отримав із цього чималий прибуток. Пляшка Дж. Колнета була зроблена з темного, міцного і важкого скла. Пляшка мала кулясту форму, а дно її було злегка приплюснуте для стійкості. Навколо горлечка розташовувалося кільце для зміцнення, а також щоб утримувати мотузку, яка фіксувала пробку. У наступні 30–40 років форма пляшки стала більш циліндричною, а горлечко – коротшим. Новий винахід здійснив революцію в торгівлі вином, стрімко поширюючись європейськими країнами [3, с. 23].

Висновки. Отже, в добу Відродження та ранньомодерний час з'явилася нагальна потреба систематизації нових матеріалів і розробки нових технологій. У цей період спостерігалися принципові нові напрями розвитку матеріалознавства. Емпіричний досвід нарешті отримав початкове наукове підґрунтя. Були відкриті нові хімічні елементи та сплави, з'явилися нові технології в гірничій справі, металургії, хімії.

Попри домінування кустарного виробництва розпочалася спроба налагодити масове виробництво. Особливо плідно розвивалося скловиробництво. Проявилися осередки виробництва, що нині є ознакою тих чи інших міст, зокрема унікальне венеціанське скло, богемське, муранське скло тощо. Особливо збагатилася кольорова гамма. З'явилися скляні вироби, що раніше не виготовлялися. Ці предмети були принципово новими за функціональним призначенням. Створення телескопів та мікроскопів стимулювало розвиток технологій виробництва скла, яке почали широко використовувати в хімічних лабораторіях. Нарешті прозоре скло почали активно застосовувати як у будівництві як релігійних споруд, так і в житлових приміщеннях простих городян. Можна стверджувати, що період Відродження та ранньомодерного часу характеризується активним розвитком усіх галузей матеріалознавства. Наприкінці XVIII ст. процес акумуляції знань про метали і сплави набув прискореного розвитку і вперше спостерігалось використання наукового підходу до їх здобуття.

REFERENCES

1. *Agrikola, H.* (2014). Pro hirnychu spravu XII knyh: (kn. I–VI); porivnialnyi per., nauk. red. y koment. V. Biletskyi, H. Naika [On the mining business XII books: (books I–VI); comparative trans, science. ed. and comment. V. Biletsky, G. Gajko]. Donetsk, 227 p. (in Ukrainian).
2. *Aimar, Marta* (2019). The Renaissance in material culture *in the book* The Routledge Handbook of Archeology and Globalization, London and New York, pp. 669–686.
3. *Bespalova, Natalia* (2011). Iskusstvo izgotovleniya stekla. Istoriya, tehnologii i neraskrytye sekrety [The art of glass making. History, technology and unsolved secrets]. *Science and technology*, 9(64), pp. 20–25. URL: <https://naukatehnika.com/steklodelie.html> (in Russian).
4. *Burukovskaya, T. G.* (1983). Jetot udivitel'nyj pesok [This amazing sand]. Kaliningrad, 144 p. (in Russian).
5. *Himicheskaya tehnologija stekla i metallov* (1958). [Chemical technology of glass and metals]. Ed. Doct. Tech. Sciences, prof. Pavlushkin N.M. Moscow: Stroyizdat, 431 p. (in Russian).
6. *Emsley, John* (2002). The 13th Element: The Sordid Tale of Murder, Fire, and Phosphorus. Wiley, 346 p.

7. *England, Pamela, Watt, James C. Y., Van Zelst, Lambertus* (1991). Analyses of some qing period chinese glasses: an interim report [in]: Scientific Research in Early Chinese Glass. The Corning Museum of Glass, pp. 103–108.
8. *Hohti Erichsen, Paula* (2020). Artisans, Objects, and Everyday Life in Renaissance Italy: The Material Culture of the Middling Class. *Journal of Design History*, 364 p. doi: 10.5117/9789463722629
9. *Horvath, Viktoria* (2016). Színesfémleletek a 14–17. Századi budai Királyi Palotából [Non-Ferrous metal findings from the 14–17 century Royal Palace of Buda]. Budapest Régiségei (XLIX), pp.145–166 (in Hungarian).
10. *Jialiang, Yi, Shujin, Tu* (1991). Chinese glass technology in boshan around the 14th century [in]: Scientific Research in Early Chinese Glass. The Corning Museum of Glass, pp. 99–102.
11. *Krasickij, V. A.* (2010). Istorija otkrytija allotroponyh modifikacij fosfora [The history of the discovery of allotropic modifications of phosphorus]. *Chemistry and Chemists*, 6, URL: http://chemistry-chemists.com/N1_2016/ChemistryAndChemists_1_2016-P10-1.html (in Russian).
12. *Kuryshova, N. P.* (2015). Busy iz stekla v pogrebal'nih pamjatnikah XIII–XIV vekav Nizhnego Povolzh'ja [Glass beads in burial monuments of the XIII–XIV centuries in the Lower Volga region: [in the book] Glass from Eastern Europe from Antiquity to the Early XXth Century]. SPb.: Nestor-History, 400 p. (in Russian).
13. *Lima, Augusta, Medici, Teresa, Pires, De Matos, Antonio, and Verita, Marco* (2012). Chemical analysis of 17th century *millefiori* glasses excavated in the Monastery of Sta.Clara-a-Velha, Portugal: comparison with Venetian and façon-de-Venise production. *Journal of Archaeological Science*, 5, pp. 1238–1248.
14. *Losyk, M. V., Zvir, O. M.* (2018). Tekhnolohichni ta fizyko-khimichni vlastyvoli skla [Technological and physicochemical properties of glass]: Textbook. Lviv: LNAM, 40 p. (in Ukrainian).
15. *Madison, R. E. W.* (1969). The Life of Honourable Robert Boyle FRS. Taylor and Francis, London, 332 p.
16. *Medici, Teresa, Coutinho, Ines, Alves, Luis C., Gratuze, Bernard, Vilarigues, Marcia* (2017). Looking through late medieval and early modern glass in Portugal, Conference Paper October 2017. *Conference: Annales du 20e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, pp. 412–420.
17. *Merton, Robert K.* (2001) [1938]. Science and the Economy of Seventeenth Century England. New York: Howard Fertig Press, 287 p.
18. *Ryzhova O. P., Hurzhii O. B.* (2016). Rozrobka dekoratyvnykh emalei dlia vyrobiv iz zolota, sribla ta midi [Development of decorative enamels for gold, silver and copper products]. *Technologies for food, light and chemical industries*, 2/4(28), pp. 55–59, doi: 10.15587/2312–8372.2016.63685 (in Ukrainian).
19. *Sedlachkova, G.* (2015) Vizantijskie i blizhnevostochnye sosudy i okonnoe steklo IX–XIV vekov v cheshskih zemljah [Byzantine and Middle Eastern vessels and window glass of the 9th–14th centuries in the Czech lands: [in the book] Glass from Eastern Europe from Antiquity to the Early XXth Century]. SPb.: Nestor-History, 400 p. (in Russian).
20. *Schulze, Gerhard* (1976). Kunckels Glaslaboratorium auf der Pfaueninsel – Bericht über chemische Untersuchungen an einigen Fundobjekten [Kunckel's glass laboratory on Pfaueninsel – report on chemical investigations on some found objects]. *Medizinhistorisches Journal*. Bd. 11, pp. 149–156 (in German).
21. *Shchapova, Yu. L.* (1983). Ocherki istorii drevnego steklodelija (po materialam doliny Nila, Blizhnego Vostoka i Evropy) [Essays on the history of ancient glass making (based on materials from the Nile Valley, the Middle East and Europe)]. Moscow: Moscow State University, 200 p. (in Russian).
22. *Zhuruhina, E. Ju.* (2015). Ukrashenija iz stekla: tendencii i problemy issledovanija nahodok Kievskogo Podola [Glass jewelry: trends and problems in the study of finds from Kievskiy Podil: [in the book] Glass from Eastern Europe from Antiquity to the Early XXth Century]. SPb.: Nestor-History, 400 p. (in Russian).

Received 25.01.2022

Accepted 18.02.2022