

*Джулай Марія Володимирівна*

кандидат хімічних наук,  
художник-реставратор творів з кістки та рогу III-ї кат.  
відділу наукової реставрації пам'яток,  
Національний музей історії України  
(Київ, Україна)  
[mashadjulai386@gmail.com](mailto:mashadjulai386@gmail.com)

*Андріанова Олена Борисівна*

кандидат хімічних наук,  
директор,  
Бюро науково-технічної експертизи "АРТ-ЛАБ"  
(Київ, Україна)  
[andria.elena@gmail.com](mailto:andria.elena@gmail.com)

*Біскулова Світлана Олександрівна*

кандидат хімічних наук,  
провідний науковий співробітник,  
Бюро науково-технічної експертизи "АРТ-ЛАБ"  
(Київ, Україна)  
[sabiskulova@gmail.com](mailto:sabiskulova@gmail.com)

*Mariia V. Dzhulai*

Candidate of Chemical Sciences (PhD),  
Third category art restorer of born and horn objects,  
National Museum of Ukrainian History  
(Kyiv, Ukraine)

*Olena B. Andrianova*

Candidate of Chemical Sciences (PhD),  
Director,  
Bureau of Scientific and Technical Expertise "ART-LAB"  
(Kyiv, Ukraine)

*Svitlana O. Biskulova*

Candidate of Chemical Sciences (PhD),  
leading researcher,  
Bureau of Scientific and Technical Expertise "ART-LAB"  
(Kyiv, Ukraine)

## **ПАНСЬКІ ЛЮЛЬКИ З КОЛЕКЦІЇ НМУІУ: ТЕХНОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, РЕСТАВРАЦІЯ ТА АТРИБУЦІЯ**

### **GENTLEMEN'S PIPES FROM THE NMUH'S COLLECTION: TECHNOLOGICAL RESEARCHES, RESTORATION, AND ATTRIBUTION**

#### **Анотація**

У статті описані дослідження та реставрація чотирьох люльок з колекції Національного музею історії України, які у інвентарній книзі були записані як кістяні. З метою встановлення матеріалу виготовлення люльок та подальшого підбору оптимальних реставраційних методик було проведено техніко-технологічні дослідження в ультрафіолетовому та інфрачервоному діапазонах, методами рентгено-флуоресцентного аналізу, інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є та методом оптичної мікроскопії. На основі досліджень матеріалу люльок нами підтверджено структуру сепіоліту (складного силікату магнію  $Mg_4(Si_6O_{15})(OH)_2$ ), з якого виготовлені усі люльки. У статті також описана та обґрунтована методика реставрації люльок із сепіоліту, проведена атрибуція предметів. За формою та наявними клеймами на срібній окантовці встановлена дата виготовлення однієї з люльок. Отримані результати комплексного дослідження корисні для працівників музеїв при розрізненні подібного за зовнішнім виглядом матеріалу люльок (кістка чи сепіоліт), при підборі методики реставрації та при атрибуції люльок за клеймами.

**Ключові слова:** люлька, пінка, сепіоліт, реставрація, техніко-технологічна експертиза, рентгено-флуоресцентний аналіз, інфрачервона спектроскопія з перетворенням Фур'є.

## Summary

The article reveals the researches and restoration of the four smoking pipes from the collection of the National Museum of Ukrainian History, which were characterized in the inventory book as made of bone. The studies in ultraviolet and infrared rays were undertaken in order to establish the material from which the pipes were made. It became possible due to the use of the methods of X-ray fluorescence analysis, Fourier transform infrared spectroscopy and optical microscopy. Based on the research of the material of the pipes, we confirmed the structure of sepiolite (complex magnesium silicate  $Mg_4(Si_6O_{15})(OH)_2$ ), from which all the pipes are made. The report also describes and justifies the method of restoring pipes from sepiolite; the attribution of objects is carried out. According to the form and available brands on the silver border, the date of manufacture of one of the pipes was established. Thus, the obtained results can be useful for museum workers in determining the material of the pipes as sepiolite is very similar to bone, which is can be attributed while choosing a method of restoration and attributing the pipes behind the brands.

**Key words:** pipe, meerschaum, sepiolite, restoration, technical and technological expertise, X-ray fluorescence analysis (XRF) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR).

Задовго до появи у Старому Світі тютюну люди курили канабіс, коноплю та інші ароматичні трави. Вдихання диму мало терапевтичний ефект, наприклад, знеболювальний, або наркотичний. Після відкриття у 1492 р. Христофором Колумбом Америки, з Нового Світу ринув потік невідомих для європейців рослин, зокрема був завезений тютюн.

Поширення тютюну дало поштовх розвитку різних приладів для його жування, нюхання та куріння: кисетів, табакерок та люльок. Спочатку європейські люльки, як і індіанські, виготовляли з глини. Люльки були атрибутами моряків, які служили на кораблях, що ходили до Нового Світу. На межі XVI та XVII ст., коли споживання тютюну було вже на досить високому рівні, відповідно зріс попит на люльки, які виготовляли, як і в давнину, з глини, металу, венеційського скла, різних порід деревини, іноді з порожнистих кісток та мармуру. З середини XVII ст. увійшли в моду порцелянові чашечки для люльок, що були жаростійкі і мали естетичний вигляд.

Одночасно з порцеляною, в середині XVII ст. для виготовлення люльок почали використовувати пінку (meerschaum – силікат магнію) – мінерал, який своїм кольором нагадує морську піну. Історію виробництва пінкових люльок пов'язують з іменем австрійського графа Андраші, якому під час поїздки до Туреччини піднесли оригінальний подарунок – шматок білого каменю. Граф віддав камінь на обробку майстру-люлькарю Карлу Коватесу<sup>1</sup>, який вирізав дві люльки, одну з яких залишив собі<sup>2</sup>. За кілька місяців Коватес зауважив, що люлька темніє: виявилось, що пінка змінила колір під впливом тютюнового соку і смол. Згодом, коли люльки з силікату магнію увійшли в широкий ужиток, знавці стали цінувати глибокий каштановий колір, що є ознакою старої, добре обкуреної люльки. Пінкові люльки дуже дорогі, оскільки пінку добувають лише в Туреччині, а від 1961 р. її не експортують у зв'язку з державною монополією<sup>3</sup>.

Люльки є складовою частиною культури куріння і тому їм приділяють значну увагу фахівці Європи та всього світу. У 1984 р. була заснована Міжнародна академія люльок (Academie Internationale de la Pipe<sup>4</sup>) для зібрань світових фахівців з люльок та обміну інформацією між ними (Академія організовує щорічні конференції в різних містах Європи<sup>5</sup>).

Опис музейних колекцій, дослідження люльок за допомогою сучасних фізико-хімічних методів та порівняльний аналіз отриманих результатів можуть допомогти у майбутньому при їх реставрації та атрибуції.

До відділу наукової реставрації Національного музею історії України (далі – НМІУ) на реставрацію надійшли чотири панські люльки (інв. №№ Р-354, Р-356, Р-358 та Р-359 (рис. 1)), записані до інвентарної книги як кістяні. Усі вони мали колір, подібний до слонової кістки, але забарвлення було нерівномірне, у коричневих плямах. При візуальному дослідженні люльки виглядали як виробі зі слонової кістки.

Проте, після ознайомлення з історією виготовлення люльок, виникло питання щодо матеріалу пам'яток і було зроблене припущення, що вони виготовлені з меєршауму (сепіоліту). З метою встановлення матеріалу люльок та подальшого підбору оптимальних реставраційних методик було проведено техніко-технологічне дослідження в Бюро науково-технічної експертизи “АРТ-ЛАБ”. Вироби були досліджені в ультрафіолетовому (УФ) та інфрачервоному (ІЧ) діапазонах, методами рентгено-флуоресцентного аналізу (РФА), ІЧ-спектроскопії з перетворенням Фур'є (FTIR) та оптичної мікроскопії.

Дослідження в УФ-діапазоні (315–400 нм) показали, що матеріал люльок в УФ-світлі виглядає тьмяним бузковим (не флуоресцює), що типово для природних мінералів<sup>6</sup>. Для проведення порівняльного аналізу світіння матеріалу люльок з кісткою та пінкою використовували кістяні піхви меча вакідзасі (інв. № 3–683), а також пінковий мундштук. Матеріал піхов в УФ-променях мав молочано-блакитне світіння, типове для кістки<sup>7</sup>. При дослідженні в УФ-променях було встановлено, що поверхня люльок просочена речовиною, яка має в УФ-діапазоні світіння насиченого жовто-оранжевого відтінку (спостерігається на перерізах люльок), типове для смол. В УФ-діапазоні були помітні значні поверхневі забруднення люльок та подряпини. Металеві деталі, використані при створенні люльок, в УФ-світлі виглядали темно-фіолетовими (не

1 Algan E., *Eskişehirde Lületaş* // Anadolu Üniversitesi Sanat & Tasarım Dergisi. – 2015. – V. 5 (8). – 31 p.

2 Шпаковський В. PR-дизайн і PR-продвиження / Шпаковський В., Егорова Е. // Litres, 2018. – С. 273–288.

3 Crole R. *The Pipe: The Art and Lore of a Great Tradition* / Crole R. – Prima Publishing, 1999. – P. 83.

4 Borrero Luis Alberto. *Adaptation in Archaeology* // Encyclopedia of Global Archaeology. – 2014. – P. 23–26.

5 Academie Internationale de la Pipe. *Conferences* / [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.pipeacademy.org/conferences> (last access: 20.12.2018). – Title from the screen.

6 Wilkins A. *Ultraviolet Light and its Use with Fluorescent Minerals* / Wilkins A. C., Coto de Caza C. A. // FMS member #894, 2013. – P. 3.

7 Grant M. S. *The Use of Ultraviolet Induced Visible-Fluorescence, Part II* // National Park Service, Conserve O Gram. – 2000. – 1 / 10. – P. 1–4.

флуоресціювали), що властиво металам.

Дослідження методом РФА показало, що у складі матеріалу люльок є сполуки кальцію (9–46%), нікелю (до 25%), калію (8–34%), домішки сполук заліза, міді, цинку та свинцю. Сполуки кальцію, калію та заліза є одними з основних компонентів сепіоліту<sup>8</sup> – мінералу, який використовують для виготовлення люльок<sup>9</sup>. Домішки нікелю зустрічають у складі сепіоліту з турецьких родовищ<sup>10</sup>.

У табл. 1 наведені дані<sup>11</sup> щодо природного сепіоліту з різних районів Анатолії (Туреччина).

Наявність сполук свинцю у складі люльок може пояснюватися адсорбцією матеріалом люльки важких металів, які містять тютюновий дим<sup>12</sup>. Встановлено, що металеві деталі люльки виготовлено зі срібла з домішкою міді.

Метод РФА<sup>13</sup> не дає змоги виявити у складі матеріалу люльок такі легкі елементи, як Si, Mg, Al, Na, P, тому було досліджено його склад методом ІЧ-спектроскопії з перетворенням Фур'є та здійснено порівняльний аналіз ІЧ-спектрів зразків матеріалів люльок зі спектрами природного та паленого сепіоліту<sup>14</sup> (рис. 2).

Порівняння спектрів дало змогу зробити висновок про збіг ІЧ-спектрів люльок з колекції НМІУ та зразків сепіоліту (на рис. 2 показані смуги коливань, характерні для сепіоліту). Характеристичні смуги коливань в межах 3 685–3 690 см<sup>-1</sup> відповідають коливанням розтягування гідроксильних груп, пов'язаних з октаедричним іоном Mg, смуга при 650 см<sup>-1</sup> – коливанням згинання груп Mg<sub>3</sub>OH і смуга 450 см<sup>-1</sup> – коливанням Si-O-Mg (октаедричні-тетраедричні зв'язки). У межах 896–1 100 см<sup>-1</sup> спостерігаються інтенсивні поглинання поєднаних смуг груп Si-O та смуги плоских вібрацій груп Si-O-Si в силікатах. Таким чином, на основі проведених досліджень матеріалу люльок нами підтверджено структуру сепіоліту (складного силкату магнею Mg<sub>4</sub>(Si<sub>6</sub>O<sub>15</sub>)(OH)<sub>2</sub>), з якого виготовлені всі люльки. На поверхні люльок нами знайдені ознаки побутування – білкові сполуки, смоли, сліди олії тощо.

Мікроскопічні дослідження та порівняльний аналіз поверхні матеріалу люльок та кістки піхов, зроблених за допомогою USB-мікроскопа, виявили помітну різницю у структурі матеріалів (рис. 3).

Таким чином, проведене дослідження дає змогу зробити висновок, що люльки були виготовлені з сепіоліту (пінки), яка походить з одного з районів Анатолії (Туреччина).

Встановивши, що матеріалом люльок є пінка (сепіоліт), була обрана загальна методика реставрації. Очищували люльки розчином ферментів кімнатної температури за допомогою ватних тампонів. Срібні частини усіх люльок були вкриті міцним шаром тютюнових смол. Для їх розчинення та видалення був обраний диметилсульфоксид, з якого робилися компреси для розчинення забруднень. Нашарування сульфиду срібла видаляли розчином на основі аміаку з подальшою обробкою інгібітором (бензотріазолом) та консервацією.

Як вже було зазначено вище, пінка (сепіоліт, меершаум) рідко зустрічається у природі. Цей матеріал легко обробляється і полірується, тому вже наприкінці XVIII – на початку XIX ст. пінкові люльки швидко завоювали європейський ринок, ставши статусною річчю для своїх власників, і були популярними серед курців до початку XX ст. Центри виготовлення люльок були у Франції, Німеччині, Бельгії та Австро-Угорській імперії. Майстри вирізали на люльках батальні та мисливські сцени, портрети відомих історичних осіб, гравіювали на металевих частинах ініціали власників. Розмір люльки також підкреслював суспільне становище. За декором люльки можна поділити на неоготичні, неокласичні та неорококо<sup>15</sup>.

На люльках P-354 та P-359 клейм немає. Перша люлька має великий розмір, що вказує на достаток її власника, проста за формою і має гравіювані ініціали "I B" (імовірно, власника) на кришці (рис. 4). За декором вона аналогічна люлькам XIX ст. країн Європи. На люльці P-359 зображена стилізована батальна сцена зі знаменами, кірасами, трубами та короною у центрі. На нижній поверхні є візерунок у формі рокайль, що дає змогу зарахувати її до стилю неорококо (рис. 5).

Люлька P-356 має форму "лебединої шиї", модної у XIX ст.<sup>16</sup>. На стінці курильної камери люльки готичним шрифтом вирізані літери "R" та "L" (рис. 6), що може вказувати на виготовлення люльки у Німеччині або Австрії. На срібній окантовці горловини тютюнової камери є два клейма (рис. 7), одне з яких, очевидно, вказує на частку срібла у сплаві. Клеймо стерте,

8 Öztürk N. Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials / Öztürk N., Bektaş T. E. // Journal of Hazardous Materials. – 2004. – V. 112 (1–2). – P. 156.

9 Stoyanova R. Study of the composition of a stone tobacco pipe from the archaeological reserve "Pautalia-Velbudzhd-Kyustendil", Bulgaria / Stoyanova R., Vitov O., Marinova I. // Geoarchaeology and Archaeomineralogy: Proceedings of the International Conference, 29–30 October 2008, Sofia.

10 Kadır S. Mineralogy, Geochemistry, and Genesis of Sepiolite and Palygorskite in Neogene Lacustrine Sediments Eskışehir Province, West Central Anatolia, Turkey / Kadır S., Erkoyun H., Eren M., Huggett J. & Önalgin N. // Clays and Clay Minerals, 2016. – V. 64 (2). – P. 145–166; St. Ivan Rilski Sofia, 2008. – P. 141–146.

11 Öztürk N. Nitrate removal from... – P. 159; Akyüz S. Fourier transform Raman and Fourier transform IR Spectroscopy Investigation of Pyrazine adsorbed by Sepiolite and Bentonite from Anatolia / Akyüz S., Akyüz T. A. et al // J. of Raman Spectroscopy. – 1995. – V. 26. – P. 884.

12 Pappas R. S. et al. Cadmium, lead, and thallium in mainstream tobacco smoke particulate / Pappas R. S., Polzin G. M., Zhang L., Watson C. H., Paschal D. C. & Ashley D. L. // Food and Chemical Toxicology. – 2006. – V. 44 (5). – P. 715; Chiba. Toxic and trace elements in tobacco and tobacco smoke / Chiba, Momoko, Masironi R. / Bulletin of the World Health Organization. – 1992. – V. 70 (2). – P. 271.

13 Обмеженням при використанні методу РФА на спектрометрі ElvaX-ART є те, що на шляху рентгенівського променю під час аналізування є повітря, внаслідок чого відбувається послаблення низьких енергій характеристичних рентгенівських ліній, значне для елементів з малим атомним номером (Z). Незважаючи на обмеження методу РФА, дослідження може надати велику кількість цінної інформації про природу мінералів. Аналіз і обробка результатів вимірювань проводиться автоматично з подальшим встановленням процентного елементного складу досліджуваних зразків, нормованого до 100% визначених у зразку елементів.

14 Akyüz S. Fourier transform Raman... – P. 886; Ongen A. Adsorption of Astrazon Blue FGRL onto sepiolite from aqueous solutions / Ongen A., Ozcan H. K., Ozbas E. E. & Balkaya N. // Desalination and Water Treatment. – 2012. – V. 40 (1–3). – P. 129–136.

15 Дивна Гачиш. Лиле з музејских збирки зрбије. – Нови сад: Музеј града Новог Сада Тврђава 4, Петроварадин, 2011. – 218 с.

16 Дивна Гачиш. Лиле з музејских... – С. 56.

тому точно вказати рік виготовлення люльки важко (імовірно, 1830-ті рр.). На другому клеймі є латинські літери “I” та “N”, що вказують на львівське походження люльки. Львів у 1772–1914 рр. перебував у складі Австрійської імперії, а згодом Австро-Угорщини, тому можна припустити, що люлька була замовлена у львівського майстра німцем або австрійцем.

Під час реставрації було відновлено втрачений елемент кріплення кришечки люльки Р–356, який виготовили з мідного сплаву. Всі відновлені деталі були вкриті шаром срібла хімічним методом і потім змонтовані – кришечка була припасована до горловини люльки (рис. 8).

Люлька Р–358 надійшла на реставрацію у поганому стані: дуже забруднена, розламана на дві частини, без кришечки. На срібній окантовці люльки є два клейма та вирізаний на пінці напис (рис. 9). Перше клеймо вказує, що це 13-лотове срібло (форма клейма типова для маркування срібних виробів Австро-Угорщини), а виріб був таврований в 1845 р. Друге клеймо аналогічне клейму на люльці Р–356. Вирізаний на поверхні пінки напис “scherer”, імовірно, є назвою майстерні або прізвищем.

Після видалення бруду частини люльки Р–358 були склеєні спиртовим розчином ПВБ, місця склейки замастиковані з додаванням мінеральних пігментів, відповідних за кольором (рис. 10).

Отримані результати комплексного дослідження корисні для працівників музеїв при розрізненні подібного за зовнішнім виглядом матеріалу люльок (кістка чи сепіоліт), при підборі методики реставрації та при атрибуції люльок або інших предметів зі срібла за клеймами.

Варто зазначити, що з середини XIX ст. люльки з бріару (коріння вереску) практично витіснили пінкові. Люльки з морської пінки виробляються дотепер, але їхня висока вартість та ламкість значно зменшують попит на них і, відповідно, виробництво. Великі, вишукані, вкриті багатим різьбленням люльки у срібних оправах залишилися у позаминулому сторіччі, тому колекція пінкових люльок, що зберігається у НМІУ, щороку стає унікальнішою і потребує подальшого вивчення.

## ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Academie Internationale de la Pipe. Conferences / [Electronic resourc]. – Access mode: <https://www.pipeacademy.org/conferences> (last access: 20.12.2018). – Title from the screen.
2. Akyüz S. Fourier transform Raman and Fourier transform IR Spectroscopy Investigation of Pyrazine adsorbed by Sepiolite and Bentonite from Anatolia / Akyüz S., Akyüz T. et al. // J. of Raman Spectroscopy. – 1995. – V. 26. – P. 883–888.
3. Algan E. Eskişehirde Lületaşı // Anadolu Üniversitesi Sanat & Tasarım Dergisi. – 2015. – V. 5 (8). – 31 p.
4. Borrero Luis Alberto. Adaptation in Archaeology // Encyclopedia of Global Archaeology. – 2014. – P. 23–26.
5. Chiba. Toxic and trace elements in tobacco and tobacco smoke / Chiba, Momoko, Masironi R. / Bulletin of the World Health Organization. – 1992. – V. 70 (2). – P. 271.
6. Crole R. The Pipe: The Art and Lore of a Great Tradition / Crole R. – Prima Publishing, 1999. – P. 83.
7. Grant M. The Use of Ultraviolet Induced Visible-Fluorescence, Part II // National Park Service, Conserve O Gram. – 2000. – 1 / 10. – P. 1–4.
8. Kadır S. Mineralogy, Geochemistry, and Genesis of Sepiolite and Palygorskite in Neogene Lacustrine Sediments Eskişehir Province, West Central Anatolia, Turkey / Kadır S., Erkoyun H., Eren M., Huggett J. & Önalgil N. // Clays and Clay Minerals, 2016. – V. 64 (2). – P. 145–166.
9. Ongen A. Adsorption of Astrazon Blue FGRL onto sepiolite from aqueous solutions / Ongen A., Ozcan H. K., Ozbas E. E. & Balkaya N. // Desalination and Water Treatment. – 2012. – V. 40 (1–3). – P. 129–136.
10. Öztürk N. Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials / Öztürk N., Bektaş T. E. // Journal of Hazardous Materials. – 2004. – V. 112 (1–2). – P. 155–162.
11. Pappas R. S. et al. Cadmium, lead, and thallium in mainstream tobacco smoke particulate / Pappas R. S., Polzin G. M., Zhang L., Watson C. H., Paschal D. C. & Ashley D. L. // Food and Chemical Toxicology. – 2006. – V. 44 (5). – P. 715.
12. Stoyanova R. Study of the composition of a stone tobacco pipe from the archaeological reserve “Pautalia-Velbudzhd-Kyustendil”, Bulgaria / Stoyanova R., Vitov O., Marinova I. // Geoarchaeology and Archaeomineralogy: Proceedings of the International Conference, 29–30 October 2008, Sofia. St. Ivan Rilski Sofia, 2008. – P. 141–146.
13. Wilkins A. Ultraviolet Light and its Use with Fluorescent Minerals / A. Wilkins C., Coto de Caza C. A. // FM Smember. – #894. – 2013. – P. 3.
14. Дивна Гачић. Лиле з музејских збирки зрбије. – Нови сад: Музеј града Новог Сада Тврђава 4, Петроварадин, 2011. – 218 с.
15. Шпаковский В. PR-дизайн и PR-продвижение / Шпаковский В., Егорова Е. // Litres, 2018. – С. 273–288.

## REFERENCES

14. Дивна Гачић. Lile z muzejskikh zbirki zrbije – Novi sad: Muzej hrada Novoh Sada Tvrđava 4, Petrovaradyn, 2011. – 218 s.
15. Shpakovskiy V. PR-dizayn i PR-prodvizheniye / Shpakovskiy V., Egorova E. // Litres, 2018. – S. 273–288.

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) – інфрачервона спектроскопія з перетворенням Фур’є.

ПЧ – інфрачервоний.

НМІУ – Національний музей історії України.



РФА – рентгено-флуоресцентний аналіз.

УФ – ультрафіолетовий.

**Перелік ілюстрацій:**

**Рис. 1.** Люльки Р-354 та Р-356 до реставрації.

**Рис. 2.** ІЧ-спектри матеріалу люльок та паленого сепіоліту.

**Рис. 3.** Мікрофотографії поверхні люльки та кістки піхов.

**Рис. 4.** Кришка люльки Р-354.

**Рис. 5.** Люлька Р-359, фронтальне фото.

**Рис. 6.** Люлька Р-356, готичні літери на стінці курильної камери.

**Рис. 7.** Клейма на люльці Р-356.

**Рис. 8.** Люлька Р-356 під час реставрації. Відновлення елемента кріплення кришечки.

**Рис. 9.** Клейма та напис на люльці Р-358.

**Рис. 10.** Люлька Р-358 після реставрації.

**Таблиця 1**

**Хімічний аналіз (wt %) сепіолітів: I – район Mihalliccik-Eskisehir, II – район Kilriscik-Bolu, Anatolia (Turkey)**

Clay	SiO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	Ni	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cu	FeO+ Fe <sub>2</sub>
Sepiolite I	58,0	25,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,05	0,1	–	–	–	0,05
Sepiolite II	70,6	10,5	5,2	0,8	0,7	0,2	0,05	–	0,1	0,01	0,002	0,07

14% – втрати при горінні зразка



Рис. 1

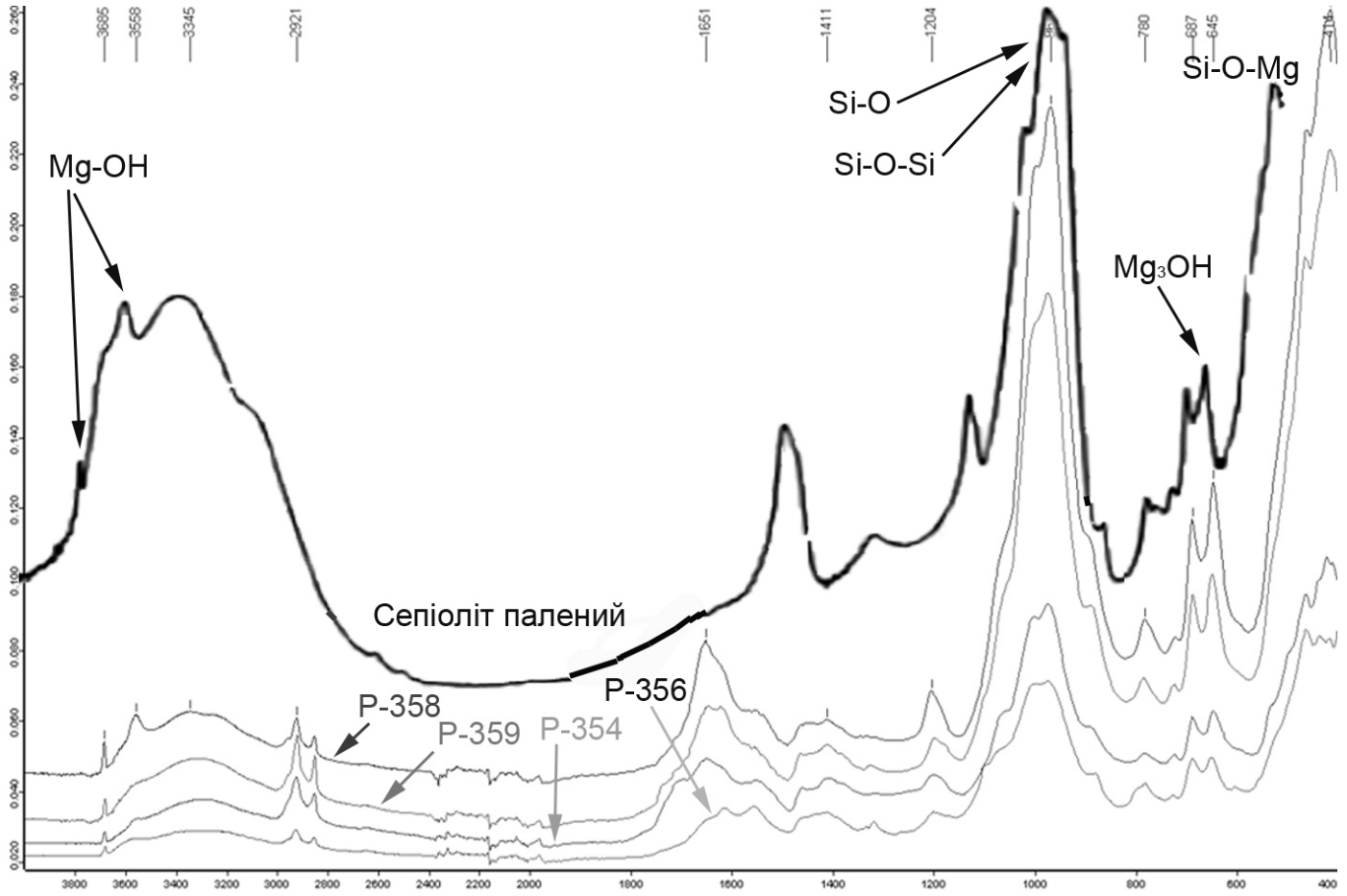


Рис. 2

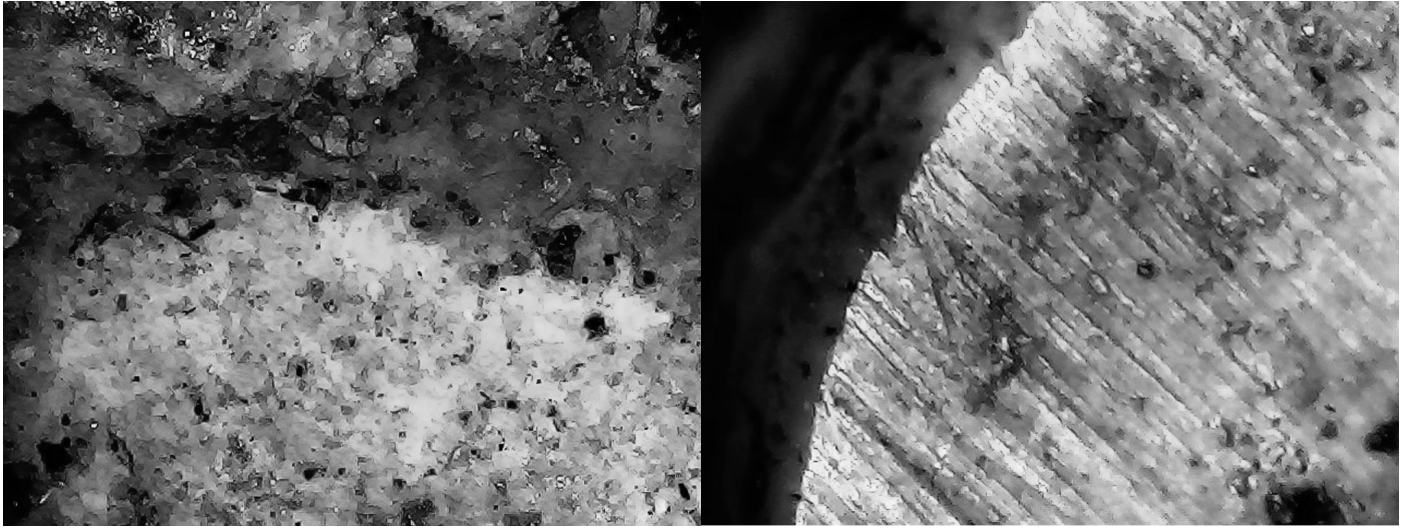


Рис. 3





Рис. 4



Рис. 5





Рис. 6

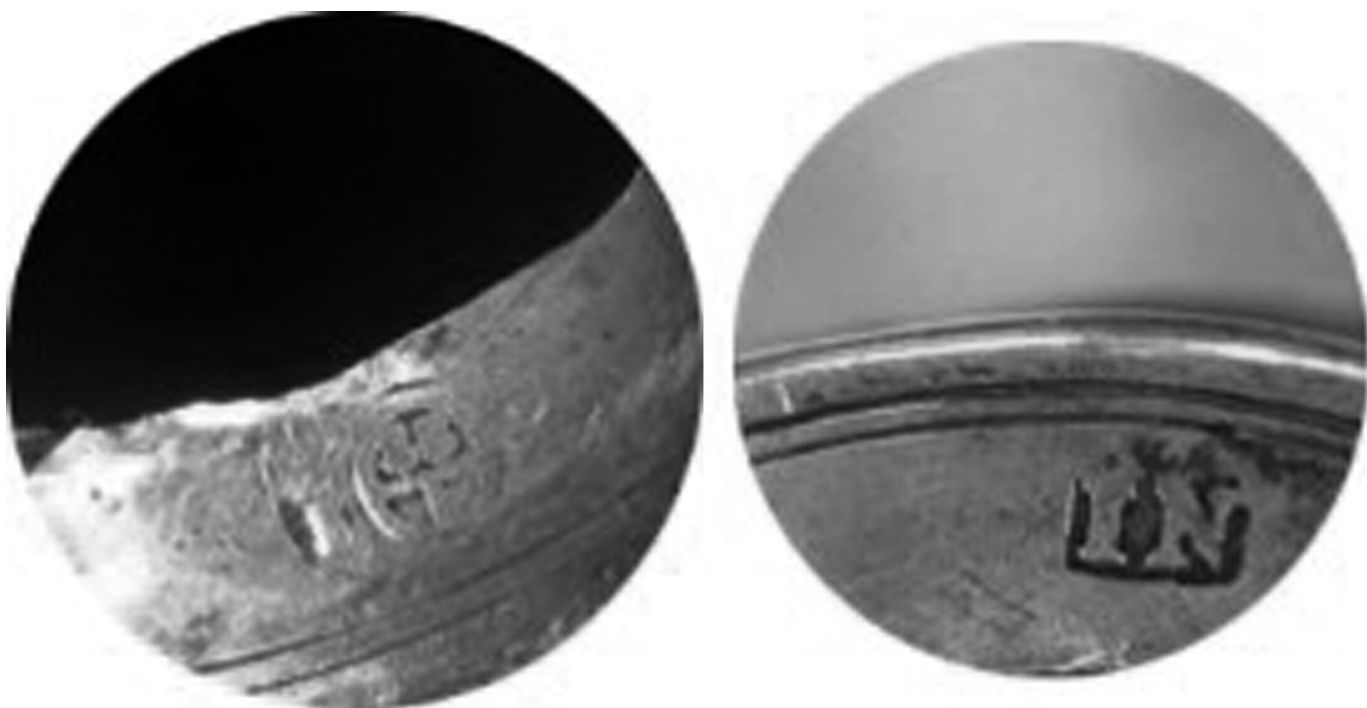


Рис. 7





Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10