

УДК 551.77:561/58.08 (477) DOI: doi.org/10.30970/pal.54.03

ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИК МАЦЕРАЦІЇ ВЕРХНЬОКАЙНОЗОЙСЬКИХ ВІДКЛАДІВ УКРАЇНИ ДЛЯ ЦІЛЕЙ СПОРОВО-ПИЛКОВОГО АНАЛІЗУ

Олена Сіренко

*Інститут геологічних наук НАН України,
вул. Олесь Гончара, 65-5, Київ, Україна, 01601
e-mail: o_sirenko@ukr.net*

Результативність палеонтологічних досліджень значною мірою залежить від застосування найбільш оптимальних методик мацерації, тому завдання удосконалення методичної основи палеонтологічних досліджень наразі дуже актуальне. Особливо значимо це для субаеральних верхньокайнозойських відкладів, з яких екстрадиція спор та пилку зазвичай є дуже складною. Важливим аспектом сучасного етапу палеонтологічних досліджень кайнозойських відкладів України є оптимізація методик мацерації для збільшення їх економічності та зменшення тривалості. Мета нашого дослідження - експериментальні роботи з визначення ефективності застосування методики мацерації Хорватського геологічного інституту для екстрадиції пилку та спор з субаеральних верхньокайнозойських порід України та підбір найбільш оптимального методу мацерації для цих відкладів. Для експерименту було обрано континентальні відклади верхнього пліоцену та голоцену, розкриті у двох відслоненнях, розташованих у межах Харківської та Херсонської областей України. Обидва розрізи є унікальними, тому що в межах регіонів досліджень наразі проходять бойові дії і зазначені об'єкти ще довгий час не будуть досяжні для проведення наукових досліджень. Для мацерації зразків було паралельно застосовано дві методики – одна, що використовують в Інституті геологічних наук НАН України; інша – в Хорватському геологічному інституті. Наведено детальний опис зазначених методик мацерації та результати аналізу отриманих даних. З'ясовано позитивні та негативні аспекти застосування важкої рідини $ZnCl_2$, яку використовують у Хорватському геологічному інституті, для сепарації пилку з верхньокайнозойських порід України. Обґрунтовано висновок про те, що для субаеральних відкладів пліоцену та голоцену (викопні ґрунти, міжґрунтові глини та леси) України метод Хорватського геологічного інституту неефективний. Акцентовано увагу на ефективності зазначеного методу для екстрадиції водоростей з кайнозойських відкладів, а також пилку та спор з порід іншого генезису та віку.

Ключові слова: палеонтологія, спори і пилок, мацерація, пізній кайнозой, Україна.

Вступ. Спорово-пилковий аналіз є важливою складовою геологічних досліджень. Особливого значення набувають результати спорово-пилкового аналізу під час вивчення континентальних відкладів, збіднених іншими палеонтологічними рештками. Результативними є дані спорово-пилкового аналізу і для кореляції різнофаціальних

відкладів, оскільки пилок та спори містяться як у морських, так і в континентальних породах.

Важливим аспектом проведення палінологічних досліджень відкладів будь-якого віку є урахування їх літологічних і генетичних особливостей, а також палеогеографічних умов формування.

Визначальним для успішного проведення палінологічних досліджень є вибір найбільш оптимальних методик екстрадиції пилку та спор з порід. На більшій частині території платформної України поширені континентальні відклади пліоцену, плейстоцену та голоцену, представлені у розрізах чергуванням викопних ґрунтів, глин та лесів, і лише у південних регіонах простежуються морські та лагунно-морські верхньокайнозойські відклади.

Зазвичай для мацерації верхньокайнозойських порід ми застосовуємо стандартну методику виділення пилку та спор, принцип якої розробив В. П. Гричук [1] для четвертинних відкладів. Надалі зазначену методику було модифіковано та запропоновано додатково використовувати пірофосфат натрію, що значно покращило результативність мацерації четвертинних та пліоценових відкладів. Для порід різного генезису та літологічного складу ми застосовували додатково індивідуальний комплекс методичних підходів мацерації, детально описаний у [3].

Методика мацерації, якою ми наразі користуємось для екстрадиції пилку та спор з верхньокайнозойських порід, потребує тривалого часу і великих фінансових витрат. У зв'язку з тим, що важка рідина $KJ+CdJ_2$, яку використовують під час застосування стандартної методики, не лише дуже дорога, а й дуже токсична, ми ведемо пошуки можливості застосування важкої рідини іншого складу, менш токсичної та менш дорогавартісної.

Отже, важливим завданням сучасного етапу палінологічних досліджень в Україні є здешевлення та оптимізація лабораторної методики виділення пилку та спор з порід. У зв'язку з цим нас зацікавила методика мацерації, яку застосовують в Хорватському геологічному інституті (ХГІ) як менш токсичну, а також більш економічну за витратами часу та фінансів.

Матеріали та методи. Матеріалом наших досліджень слугували зразки з двох розрізів верхньокайнозойських відкладів України. Перший розріз – відслонення субаеральних відкладів попередньо, за палеопедологічними даними, датованих пліоценом. Розріз розташований поблизу села Кам'янка Ізюмського р-ну Харківської обл. У відслоненні розкрито педокомплекс та горизонт глини. Педокомплекс складається з двох ґрунтів, нерівномірно забарвлених, червоноколірних, глинистих за складом, з домішкою піску. Глини сіроколірні, гідроморфні, сильно записочені.

Другий розріз розташований поблизу села Республіканець Береславського р-ну Херсонської обл. (археологічна пам'ятка, захисний вал Консулівського городища). У розрізі представлено голоценовий опіщаний викопний ґрунт.

Обидва розрізи є унікальними, тому що в межах регіонів досліджень наразі проходять бойові дії і зазначені об'єкти ще довгий час не будуть досяжні для проведення наукових досліджень.

Для визначення можливості застосування методики ХГІ для екстрадиції пилку та спор з субаеральних верхньокайнозойських порід України ми, разом з лаборантом Хорватського геологічного інституту Драгіцею Ковачич (Dragica Kovačić), провели відповідний експеримент з порівняння результатів мацерації за методиками, які використовують у ХГІ та Інституті геологічних наук НАН України (ІГН). Для експерименту було

обрано два зразки (№ 12 і № 13) з розрізу с. Кам'янка та один зразок (№ 30) – з розрізу с. Республіканець. Зразки відбирали саме з викопних ґрунтів, оскільки вони зазвичай містять більшу кількість пилку та спор, ніж міжґрунтові глини та леси.

Кожний зразок розрізу поблизу сіл Кам'янка був розділений на дві частини. Одну частину обробляла Драгіца Ковачіч (Dragica Kovačić) за стандартною методикою, яку використовують у Хорватському геологічному інституті (методика 1). Іншу частину – за методикою, прийнятою в Інституті геологічних наук для субаеральних верхньокайнозойських відкладів (методика 2), обробляли ми.

Методика ХГІ передбачала такі етапи: породу було проварено 40 хв на водяній бані за температури 80° з пірофосфатом натрію ($\text{Na}_2\text{P}_4\text{O}_7$), потім осад просіювали через спеціальну тканину і промивали звичайною водою. Наступний етап – проварювання осаду на водяній бані з 20 % HCl (80°) 30 хв та декантація дистильованою водою у центрифугі. Далі осад проварювали на водяній бані (80°) з HF 40 % протягом 30 хв, після декантації у центрифугі знов обробляли HCl 20 %. Після декантації проводили одноразову сепарацію породи в ZnCl з питомою вагою 2,1. Після сепарації отриманий мацерат промивали звичайною водою через тканину з використанням краплі мийного засобу.

Методика ПН охоплювала такі етапи: обробка породи 10 % соляною кислотою (HCl) 100° 7-10 хв; декантація дистильованою водою; обробка 10 % пірофосфатом натрію ($\text{Na}_2\text{P}_4\text{O}_7$) 100° 5-7 хв; декантація дистильованою водою; обробка 10% лугом (KOH) 100° 5-7 хв; декантація; обробка 10 % HCl без кип'ятіння (12 год); декантація; дворазова сепарація у важкій рідині. Зазвичай в Україні ми використовуємо калій-кадмієву важку рідину ($\text{KJ} + \text{CdJ}_2$) з питомою вагою 2,3 і 2,2. Під час експериментальних робіт у лабораторії Хорватського геологічного інституту було використано важку рідину ZnCl з питомою вагою 2,1. Перший раз сепарація тривала 30 хв, другий – 15. Обробку порід зазначеними хімічними реагентами проводили у термостійких склянках, обсягом 1 л, на електричній плиті. Для декантації дистильованою водою використовували сифон та термостійку склянку.

Зазначимо, що, незалежно від ступеня карбонатності порід, їх обов'язково обробляють соляною кислотою. Експериментальними дослідженнями О. П. Кондратене (1996) з'ясовано, що в мацератах зразків, оброблених HCl , міститься більше пилку дрібного розміру, ніж у пробах без такої обробки. За даними О. П. Кондратене [2], соляна кислота позитивно впливає на пилок, просочений гідроокислами металів, що стосується насамперед пилку сосни та ялини.

Зразок № 30 із голоценового викопного ґрунту розрізу поблизу с. Республіканець також був розділений на дві частини. Одну частину обробляли за стандартною методикою ХГІ, описаною вище (методика 1), а другу – за методикою, що була успішно використана нами для піщаних верхньокайнозойських порід Приазов'я (методика 3). Ураховуючи той факт, що досліджувані породи були слабо карбонатними та піщанистими, процес мацерації передбачав такі етапи: проварювання породи з HF 40 % (на водяній бані, за температури 80 °С) – декантація – кип'ятіння породи на плиті у хімічній склянці з HCl 20 % протягом 7 хв – декантація дистильованою водою – кип'ятіння породи з 10 % KOH протягом 7 хв – декантація – обробка 10 % HCl без кип'ятіння (осад залитий кислотою на 12 год) – декантація дистильованою водою. Перед сепарацією осад був залитий важкою рідиною ZnCl питомою вагою 2,1 на 12 год. Після цього провели дворазову сепарацію у важкій рідині. Після сепарації отриманий мацерат був розділений на дві частини (3а і 3б). Одну частину (3а) було відмити від важкої рідини у хімічній скля-

нці, як це передбачено стандартною методикою ІГН, іншу (3б) - через тканину з мийною речовиною за методикою ХГІ.

Основні результати. Проаналізовано під мікроскопом по два препарати з кожного мацерату зразків № 12 та № 13, отриманих за двома методикам. Загалом вивчено вісім препаратів. Пилок та спори в мацераті зразка № 12, що обробляли за методикою ІГН, не виявлено. В мацераті зразка, отриманого під час застосування методики ХГІ, зафіксовано чотири пилокві зерна сучасних рослин.

У мацератах зразка № 13 визначено невелику кількість пилку. Отримані результати наведено у табл. 1 та рис. 1.

Таблиця 1

Таксономічний і кількісний склад пилку та спор мацерату зразка № 13 з відкладів розрізу поблизу с. Кам'янка

Метод 1 ХГІ		Метод 2 ІГН	
<i>Pinus</i> sp. subg. <i>Diploxylon</i> Koehne.	1 п.з.	<i>Pinus</i> sp. subg. <i>Diploxylon</i> Koehne.	2 п.з.
<i>Ulmus</i> sp.	1 п.з.	<i>Alnus</i> sp.	1 п.з.
Asteraceae	1 п.з.	<i>Betula</i> sp.	3 п.з.
Lamiaceae	1 п.з.	<i>Quercus</i> sp.	1 п.з.
Brassicaceae	1 п.з.	<i>Fagus</i> sp.	1 п.з.
Сучасний пилок	5 п.з.	<i>Salix</i> sp.	1 п.з.
		Poaceae	2 п.з.
		Asteraceae	7 п.з.
		<i>Artemisia</i> sp.	1 п.з.
		Alismataceae	1 п.з.
		<i>Sphagnum</i> sp.	1 п.з.

Аналіз таблиці таксономічного складу пилку та рисунків показав, що обидві методики як ІГН, так і ХГІ для виділення пилку та спор з пліоценових субаеральних відкладів розрізу поблизу с. Кам'янка не були достатньо результативними. Відносно більша кількість пилку та більш значне його таксономічне різноманіття отримано під час застосування методики ІГН. Наразі продовжуються дослідження з вибору найбільш ефективної методики для мацерації порід цього розрізу.

З кожного мацерату зразка № 30 із голоценових викопних ґрунтів розрізу поблизу с. Республіканець, отриманих з використанням методик 1, 3а і 3в, було переглянуто по два препарати, усього вивчено шість препаратів. Вивчення мацерата, отриманого під час застосування методики 3б ІГН, продовжується.

Отримані результати наведено у табл. 2 та на рис. 3-5.

Аналіз таблиці таксономічного складу пилку і аналіз рисунків засвідчують, що методика Хорватського геологічного інституту не є ефективною для порід дослідженого розрізу. Хороший результат показала методика, яку ми запропонували.

Подальші мацераційні роботи для зразків з відкладів зазначеного розрізу ми проводили за запропонованою методикою (3б). Після завершення лабораторних робіт усі отримані мацерати містили пилок та спори у достатній кількості для отримання репрезентативних палеонтологічних даних та побудови спорово-пилкової діаграми.

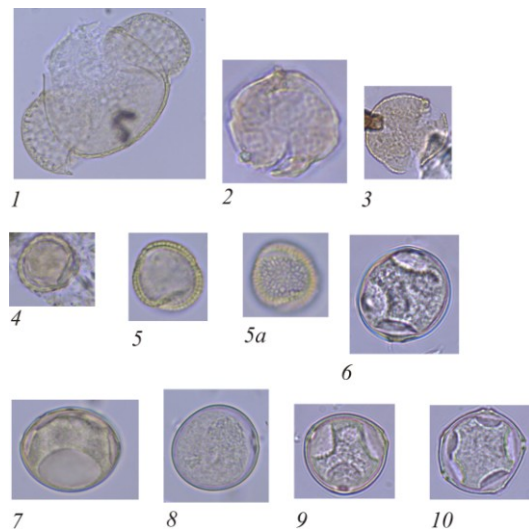


Рис. 1. Пилок та спори мацерату зразка № 13 з відкладів розрізу с. Кам'янка (методика 1).
Усі форми збільшено в 600 разів.
1 – *Pinus* sp. subg. *Diploxylon* Коehne.; 2 – *Ulmus* sp.; 3 – Lamiaceae; 4 – Asteraceae;
5-5a – Brassicaceae; 6-10 – сучасний пилок

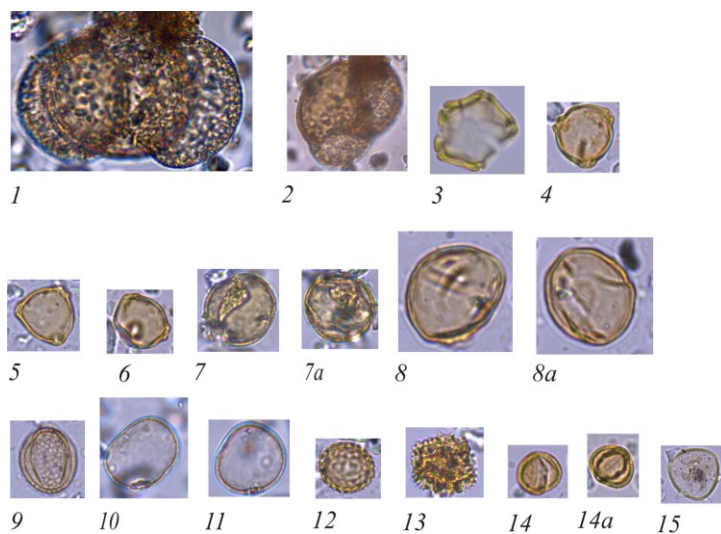
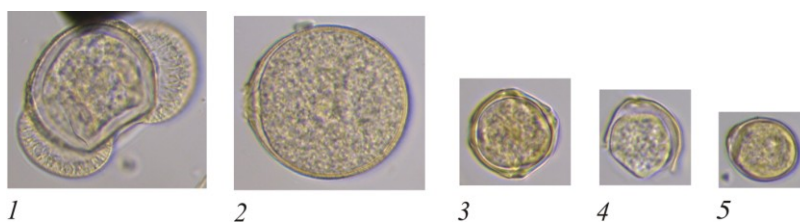
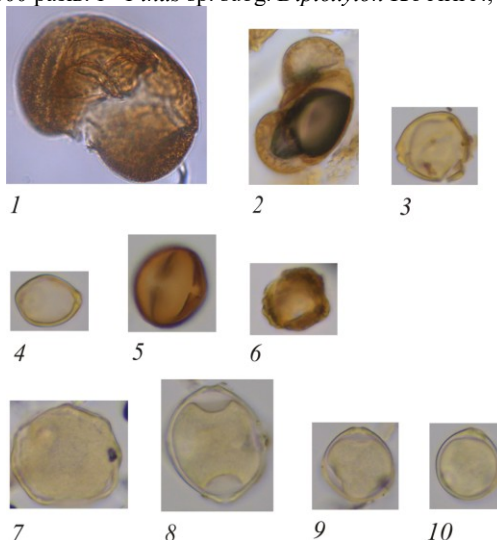


Рис. 2. Пилок та спори мацерату зразка № 13 з відкладів розрізу с. Кам'янка (методика 2).
Усі форми збільшено в 600 разів.
1-2 – *Pinus* sp.; 3 – *Alnus* sp.; 4-5 – *Betula* cf. *pendula* Roth.; 6 – *Betula* sp.; 7-7a – *Quercus* cf. *robur* L.; 8-8a – *Fagus* sp.; 9 – *Salix* sp.; 10-11 – Poaceae; 12-13 – Asteraceae; 14-14a – *Artemisia* sp.;
15 – *Sphagnum* sp.

Таблиця 2

Таксономічний і кількісний склад пилюк мацерату зразка № 30
з відкладів розрізу поблизу с. Республіканець.

Метод ХГІ		Метод ІГН			
		3а		3б	
<i>Pinus</i> sp. subg. <i>Diploxylon</i> Коенне	1 п.з	<i>Picea</i> sp.	1 п.з	<i>Pinus</i> spp.	8 п.з
Сучасний пилок	4 п.з.-	<i>Pinus</i> sp.	1 п.з	<i>Betula</i> cf. <i>pendula</i> Roth.	5 п.з.
		<i>Betula</i> sp.	1 п.з	<i>Carpinus</i> cf. <i>betulus</i> L.	1 п.з.
		<i>Corylus</i> sp.?	1 п.з	<i>Corylus</i> cf. <i>avellana</i> L.	1 п.з.
		Asteraceae.	2 п.з	Poaceae	3 п.з.
		Polygonaceae	1 п.з.	Chenopodiaceae	20 п.з.
		Сучасний пилок	4 п.з	Asteraceae	15 п.з.
				<i>Artemisia</i> spp.	17 п.з.
				Fabaceae	1 п.з.
				<i>Typha</i> sp.	1 п.з.

Рис. 3. Пилюк мацерату зразка № 30 з відкладів розрізу поблизу с. Республіканець (методика 1). Усі форми збільшено в 600 разів. 1 – *Pinus* sp. subg. *Diploxylon* Коенне.; 2–5 – сучасний пилокРис. 4. Пилюк мацерату зразка № 30 з відкладів розрізу поблизу с. Республіканець (методика 3а). Усі форми збільшено в 600 разів. 1 – *Picea* sp.; 2 – *Pinus* sp.; 3 – *Corylaceae-Betulaceae*?; 4 – *Betula* sp.; 5 – *Polygonaceae*; 6 – *Asteraceae*; 7–10 – сучасний пилок

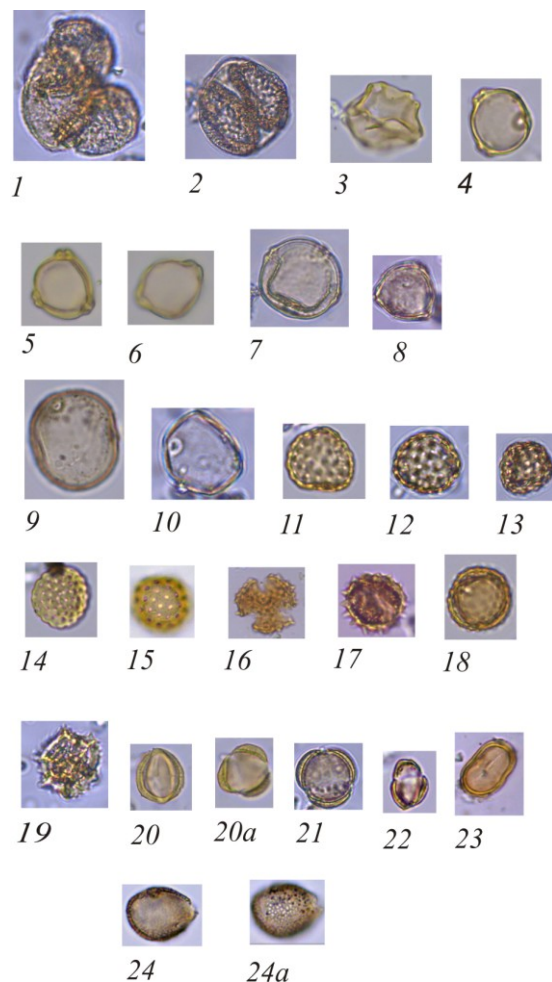


Рис. 5. Пилки мацерату зразка № 30 з відкладів розрізу поблизу с. Республіканець (методика 3б). Усі форми збільшено в 600 разів; 1-2 – *Pinus* spp.; 3 – *Alnus* sp.; 4-6 – *Betula* spp.; 7 – *Carpinus* cf. *betulus* L.; 8 – *Corylus* cf. *avellana* L.; 9-10 – Poaceae; 11-15 – Chenopodiaceae; 16-18 – Asteraceae; 19 – Cichoriaceae; 20, 20a – 22 – *Artemisia* spp.; 23 – Apiaceae; 24, 24a – *Typha* sp.

Висновки. Важку рідину ZnCl можна використовувати для роботи з неогеновими та плейстоценовими відкладами України. До недоліків можливо зачислити більш значну забрудненість осаду мінеральними частками, без промивання мацерату на тканині, порівняно з рідиною KJ + CdJ2.

Метод мацерації, який використовують у Хорватському геологічному інституті, може бути застосований для мезозойських відкладів України та, ймовірно, буде ефективним під час дослідження морських палеогенових і міоценових відкладів України. Експерименти з цією методикою будуть продовжені в Україні. Методика також може бути використана в Україні для виділення диноцист із мезо-кайнозойських відкладів. Про це свідчить велика кількість диноцист, які ми фіксували під час вивчення мацератів зразків з голоценових відкладів розрізу Корнаті (Хорватія). Для екстракції мікрофосилій з

відкладів зазначеного розрізу було застосовано стандартну методику Хорватського геологічного інституту.

Для континентальних субаеральних відкладів пліоцену та голоцену (викопні ґрунти, міжґрунтові глини та леси) України метод Хорватського геологічного інституту неефективний. Під час просіювання осаду та мацерату через тканину зафіксовано значну втрату пилоквих зерен, особливо дрібного розміру, та пилку з тонкою екзиною.

Низьку ефективність відмічено також під час використанні стандартної методики, яка застосовується в Інституті геологічних наук України для порід розрізу поблизу с. Кам'янка. Експериментальна робота з вибору найбільш ефективної методики для відкладів цього розрізу продовжується.

Досліджений розріз голоценових відкладів поблизу с. Республіканець розташований у південній частині України, в Херсонській області, в межах південної підзони сучасної степової зони. Степова зона в цьому регіоні існує з другої половини пліоцену до наших днів. Майже всі пилокві зерна трав'янистих рослин родини Asteraceae (особливо роду *Artemisia*) і Chenopodiaceae, а також дрібний пилок деревних порід (рід *Betula*) були втрачені під час застосування методу мацерації, прийнятому в Хорватському геологічному інституті, що повністю спотворює склад спорово-пилкового спектра.

Очевидно, що промивання субаеральних порід варто проводити тільки шляхом відмочування, можливо центрифугування, але не просіювання.

Промивання мацерату на тканині після важкої рідини, яке проводили звичайною водою, призвело до наявності в мацератах великої кількості сучасного пилку. Цей же факт також був зафіксований автором під час дослідження мацератів зразків з голоценових відкладів розрізу Корнаті (Хорватія).

Проведені дослідження підтвердили, що для верхньокайнозойських субаеральних порід, збіднених спорами та пилком, дуже ефективно залишити осад у важкій рідині на 12 год та лише після цього проводити сепарацію. Зазначений методичний підхід ми успішно використовуємо в Україні для мацерації проб пліоценових та плейстоценових відкладів, він добре зарекомендував себе у роботі в лабораторії Хорватського геологічного інституту і може бути рекомендований для подальшого застосування.

Проведені дослідження свідчать про те, що під час мацерації піщаних порід позитивний результат отримано завдяки впливу HF на породу на першому етапі, а не на наступних, як це було передбачено в методиках, які застосовували раніше. Цей прийом можна рекомендувати для обробки піщаних порід з невисоким ступенем карбонатності. В іншому випадку бажано починати роботу із застосування HCl.

Під час використання HF позитивний результат показало проварювання зразка з HF на водяній бані. Після цього та застосовуючи HCl, якщо глинистий компонент породи невисокий, можна працювати відразу з КОН, інакше – звичайний порядок: Na₂P₄O₇–декантація–КОН.

Для піщаних верхньокайнозойських порід, а також субаеральних відкладів більш прийнятною є маса породи 100 г, а не 50 г, що також було підтверджено під час експериментальних робіт.

Подяка. Автор широ вдячна директору Хорватського геологічного інституту (Hrvatski geološki institut) доктору Слободану Міко (Slobodan Miko), а також усім співробітникам відділу геології Інституту (Zavod za Geologiju) за всебічну підтримку та сприяння в проведенні досліджень. Частково дослідження профінансовано за рахунок держбюджетної програми ІГН НАН України «Розробка та апробація стратиграфічної моделі осадових басейнів палеогену, неогену та кватеру України» (КПКВК 6541030).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Гричук В. П., Заклинская Е. Д.* Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. Москва : Географгиз, 1948. 222 с.
2. *Кондратене О. П.* Стратиграфия и палеогеография квартера Литвы по палеоботаническим данным. Вильнюс : ACADEMIA, 1996. 212 с.
3. *Сиренко Е. А.* Палиностратиграфия континентальных верхнеплиоценовых-нижнеоплейстоценовых отложений южной части Восточно-Европейской платформы. Киев : Наук. думка, 2017. 165 с.

REFERENCES

1.
Grichuk V. P., Zaklinskaja E. D. Analiz iskopaemyh pyl'cy i spor i ego primenenie v paleogeografii. Moskva : Geografgiz, 1948. 222 s.
2. *Kondratene O. P.* Stratigrafija i paleogeografija kvartera Litvy po paleobotanicheskim dannym. Vil'njus : ACADEMIA, 1996. 212 s.
3. *Sirenko E. A.* Palinostratigrafija kontinental'nyh verhnepliocenovyh-nizhneneoplejstocenovyh otlozhenij juzhnoj chasti Vostochno-Evropejskoj platformy. Kiev : Nauk. dumka, 2017. 165 s.

Стаття надійшла до редколегії 02.09. 2022 р.
Прийнята до друку 02.10. 2022 р.

PRELIMINARY RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES USING OF TECHNIQUES PROCESSING OF UPPER CINOZOIC SEDIMENTS OF UKRAINE FOR THE PURPOSES OF SPORE-POLLEN ANALYSIS

Olena Sirenko

*Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine,
O. Gonchara Str., 55b, Kyiv, Ukraine, 01601
e-mail: o_sirenko@ukr.net*

The effectiveness of palynological research largely depends on the use of the most optimal of method processing, therefore the task of improving the methodological basis of palynological research is currently very relevant. This is especially significant for subaerial Upper Cenozoic deposits, from which the extraction of spores and pollen is usually very difficult. An important aspect of the modern stage of palynological research of Cenozoic sediments of Ukraine is the optimization of processing techniques to increase their efficiency and reduce their duration. The purpose of the presented research is experimental work to determine the effectiveness of the processing of the Croatian Geological Institute for the extraction of pollen and spores from subaerial Upper Cenozoic rocks of Ukraine and the selection of the most optimal processing method for these deposits. Continental deposits of the Upper Pliocene and Holocene were selected for the experiment, exposed in two outcrops located within the Kharkiv and Kherson regions of Ukraine. Both sections are unique, because within the research regions, hostilities are

currently taking place and the specified objects will not be accessible for scientific research for a long time. For the processing of the samples, two methods were used in parallel – one used at the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, the other – at the Croatian Geological Institute. The article provides a detailed description of the specified processing methods and the results of the analysis of the obtained data. The positive and negative aspects of the application of heavy liquid ZnCl₂, which is used in the Croatian Geological Institute, for the separation of pollen from the Upper Cenozoic rocks of Ukraine, have been established.

The conclusion that the method of the Croatian Geological Institute is not effective for subaerial deposits of the Pliocene and Holocene (fossil soils, intersoil clays and loess) of Ukraine is justified. Attention is focused on the effectiveness of the specified method for the extradition of algae from Cenozoic sediments, as well as pollen and spores from rocks of other genesis and age.

Key words: palynology, spores and pollen, processing, later Cenozoic, Ukraine.