

дощ, сильний вітер і сильна хуртовина спостерігаються одночасно більше ніж у 10 областях.

За 1986-2010 рр. найчастіше (713 випадків, або понад 15% від загальної кількості) впливу СМЯ зазнавала територія АР Крим, за винятком Південного берега. Майже такою ж є повторюваність СМЯ у Закарпатській області, дещо меншою – в Івано-Франківській. Найменше СМЯ

(менше 2%) спостерігається у північних і західних областях (табл. 4).

Отримані результати свідчать про те, що за останні роки ХХ та на початку ХХІ ст. відмічається тенденція до збільшення частоти стихійних метеорологічних явищ на території України, що пов'язано з глобальними змінами великомасштабної циркуляції атмосфери.

1. Ліпінський В.М., Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Активізація стихійних метеорологічних явищ на території України – прояв глобальних змін клімату // Укр. геогр. журн. – 2007. – №2. – С. 11–20.
2. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя [1986–2005рр.] / За ред. В.М.Ліпінського, В.І.Осадчого, В.М.Бабіченко. – К.: Вид-во “Ніка-Центр”, 2006. – 312 с.

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Київ

Стаття надійшла до редакції 30.10.2012

УДК 902.672

**О.В. Волік, Ф.М.Г. МакКарті, Д. Данеш, М. Дрлєпан**  
**НЕПИЛКОВІ ПАЛІНОМОРФИ ЯК ІНДИКАТОРИ АНТОПОГЕННОГО ВПЛИВУ**  
**НА ОЗЕРНІ ЕКОСИСТЕМИ (НА ПРИКЛАДІ ОЗЕРА СІМКО, ОНТАРІО,**  
**КАНАДА)\***

**Е.В. Волик<sup>1,2</sup>, Ф.М.Г. МакКарти<sup>1</sup>, Д. Данеш<sup>3</sup>, М. Дрлєпан<sup>1</sup>**

**НЕПЫЛЬЦЕВЫЕ ПАЛИНОМОРФЫ КАК ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОЗЕРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**  
**(НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА СИМКО, ОНТАРИО, КАНАДА)**

<sup>1</sup>Університет Брока, Сент-Кетеринс, Канада

<sup>2</sup>Тернопольський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна

<sup>3</sup>Університет Квінс, Кінгстон, Канада

На прикладі палинологічного аналізу отложений із озера Симко (Онтаріо, Канада) показана можливість використання непилцевих палиноморфів (НПП) як показателів антропогенної евтрофікації водоемів. В статтю дана коротка характеристика самих розповсюджених НПП, зміни складу та концентрації яких в ядрах із Куок Бей (озеро Симко) відповідають змінам якості води під впливом розвитку сільськогосподарського господарства, урбанізації, індустріалізації на протязі всієї історії освоєння території.

**Ключевые слова:** непилцевые палиноморфы; антропогенное воздействие; антропогенная евтрофикация; Южное Онтаріо.

**O. Volik<sup>1,2</sup>, F.M.G. McCarthy<sup>1</sup>, D.C. Danesh, M. Drljepan**

**NON-POLLEN PALYNOFORMS AS PROXIES OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON LAKE ECOSYSTEM (CASE OF STUDY LAKE SIMCOE, ONTARIO, CANADA)**

<sup>1</sup>Brock University, St. Catharines, Canada

<sup>2</sup>Vladimir Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

<sup>3</sup>Queen's University, Kingston, Canada

A possibility of utilization of non-pollen palynomorphs as proxies of anthropogenic eutrophication of water bodies was studied using palynological analysis of sediments from Lake Simcoe, Southern Ontario, Canada. This paper provides short review of the most common palynomorphs that can be found in cores from Cook's Bay (Lake Simcoe), and correlation of their concentration and water quality changes due to agricultural activities, urbanization and industrialization since first human settlements in the region.

**Key words:** non-pollen palynomorphs; human impact; cultural eutrophication; Southern Ontario.

\*У статті представлені результати досліджень, отримані впродовж останніх двох років на базі палинологічної лабораторії Університету Брока під керівництвом завідуючої кафедри наук про Землю професора Френсін Марі Гісель МакКарті. Автори повідомляють, що обрали Український географічний журнал для публікації, оскільки в ньому висвітлюються здобутки фундаментальних і прикладних природничо- та суспільно-географічних наук, що дає можливість представити українській географічній спільноті новітні напрямки палинологічного аналізу (зокрема, аналіз непилкових палиноморфів), який в останнє десятиріччя набуває дедалі більшої популярності в європейському та американському науковому середовищі, а також дає можливість глибше зрозуміти причинно-наслідкові зв'язки взаємодії природи і суспільства

За майже столітню історію існування, з часу виникнення у 1916 р. палинологічний аналіз зарекомендував себе як один із найефективніших методів реконструкції умов природного середовища минулих епох і палеорослинності зокрема, більше того, він слугує також важливим інструментом для встановлення стратиграфічних меж в геологічних розрізах та вирішення низки проблем палеоекології людини.

Історично першими об'єктами палинологічного аналізу (палиноморфами) були пилок покрито- і голонасінних рослин та спори мохів, папоротей, хвощів й плавунів, саме тому палинологічний метод іноді помилково ототожнюють із споро-пилковим, тим самим применшуючи його суть і можливості.

Річ у тім, що з розвитком палинології як науки, до палиноморфів почали відносити також рештки рослин (наприклад, рослинні продири), грибів, водоростей (як одно- так і багатоклітинних), найпростіших (черепашкових амеб, циліатів та ін.), хребетних і безхребетних тварин та інших.

Зацікавленість цими непилковими палиноморфами невпинно зростає впродовж останніх десятиліть [16], оскільки їх аналіз вдало доповнює дані споро-пилкових діаграм і дуже часто виявляється ключовим елементом, що забезпечує можливість створити цілісну палеоекологічну картину, де ландшафтна сфера виступає не лише як сукупність природних умов, а також як середовище, в якому людина існує і на яке активно впливає з найдавніших часів.

Варто зазначити, що не зважаючи на значні успіхи у вивченні непилкових палиноморфів, більшість питань, пов'язаних з ними, все ще залишаються відкритими: часто скуппульозне дослідження якогось, здавалось би, вже вивченого аспекту породжує більше питань, ніж відповідей, до того ж вдосконалення методів дослідження і розширення технічних можливостей дозволяє розглянути вже вирішені проблеми на якісно новому рівні [16].

Одна із проблем, над якою зараз активно працюють палинологи світу, – значення непилкових палиноморфів як індикаторів антропогенного перетворення водних екосистем від найдавніших часів і до сучасності. З цією метою, крім звичних питань екології, таксономії та систематики, піднімаються також питання виявлення організмів, чутливих до зміни вмісту поживних речовин (фосфору та азоту) у воді, з'ясування реакції організмів на забруднення (наприклад, важкими металами, отрутохімікатами, продуктами нафтопереробки та ін.), зміну рН, зниження вмісту розчиненого кисню у воді тощо.

Вивчення непилкових палиноморфів (НПП) у південній частині провінції Онтаріо розпочалося у другій половині 80-х років ХХ століття. З того часу ряд досліджень [1, 3, 8, 11, 13] показали, що зміни у складі та концентрації НПП добре корелюються з основними етапами різних видів природокорис-

тування на цій території.

У цій статті зроблено спробу розкрити потенціал НПП як показників антропогенної евтрофікації водної екосистеми на прикладі аналізу відкладів з озера Сімко (Simcoe Lake), розташованого в Південному Онтаріо.

### Характеристика території дослідження

Південне Онтаріо – частина (приблизно 14-15%) провінції Онтаріо, що розташована південніше приблизно 45°40' пн.ш., на заході обмежується озером Гурон, на сході – озерами Онтаріо та Ері. Майже вся територія Південного Онтаріо знаходиться в межах Лаврентійської платформи, складеної відкладами палеозою, північна її частина простягається на Канадський щит. Поверхня складена переважно льодовиковими, водно-льодовиковими, флювіальними, а також озерними відкладами, оскільки була вкрита Лаврентійським льодовиком, який відступив приблизно 11 - 12 тис. років тому, залишивши після себе ряд післяльодовикових озер, найбільші з яких дали початок сучасним Великим озерам [2].

Заселення Південного Онтаріо почалось щонайменше 7 тис. років тому, проте першого відчутного антропогенного впливу природне середовище зазнало в XI – XVII ст., коли зросла кількість корінного населення (племена алгонквінів на півночі, ірокезів та гуронів на півдні) і відбулася інтенсифікація землеробства. Перші європейські поселенці з'явилися тут на початку XVII ст., а вже у XVIII ст., витіснивши корінне населення, почали активне освоєння території. Кінець XIX та початок ХХ століть характеризується процесами урбанізації та швидкого розвитку транспортної мережі у регіоні. Південне Онтаріо - найбільш густо заселений регіон Канади, тут розташований ряд мегаполісів, кількість населення яких невпинно зростає, тому проблема антропогенного перетворення середовища стоїть вкрай гостро [19].

Сімко (Lake Simcoe) – найбільше озеро (площа 722 км<sup>2</sup>), що повністю розташоване в межах Південного Онтаріо (рис.1). Озеро має середню глибину 5 - 9 м, для нього характерні чіткі літня та зимова стратифікації вод, а також два періоди перемішування (навесні та восени). В південно-західній частині озера розташовані дві затоки: вузька і глибока (понад 35 м) Кемперфелт Бей та відносно мілка (до 18 м) Кукс Бей.

Для відбору зразків обрано Кукс Бей (Cook's Bay), оскільки тут спостерігаються найбільша концентрація фосфору ( $22,7 \pm 9,8$  мкг/л) у воді та найнижчий вміст розчиненого кисню (менше 2 мг/л), що свідчить про високий рівень евтрофікації. Така ситуація склалася завдяки тому, що у затоку разом із поверххневим та річковим стоком надходить надмірна кількість сполук фосфору та

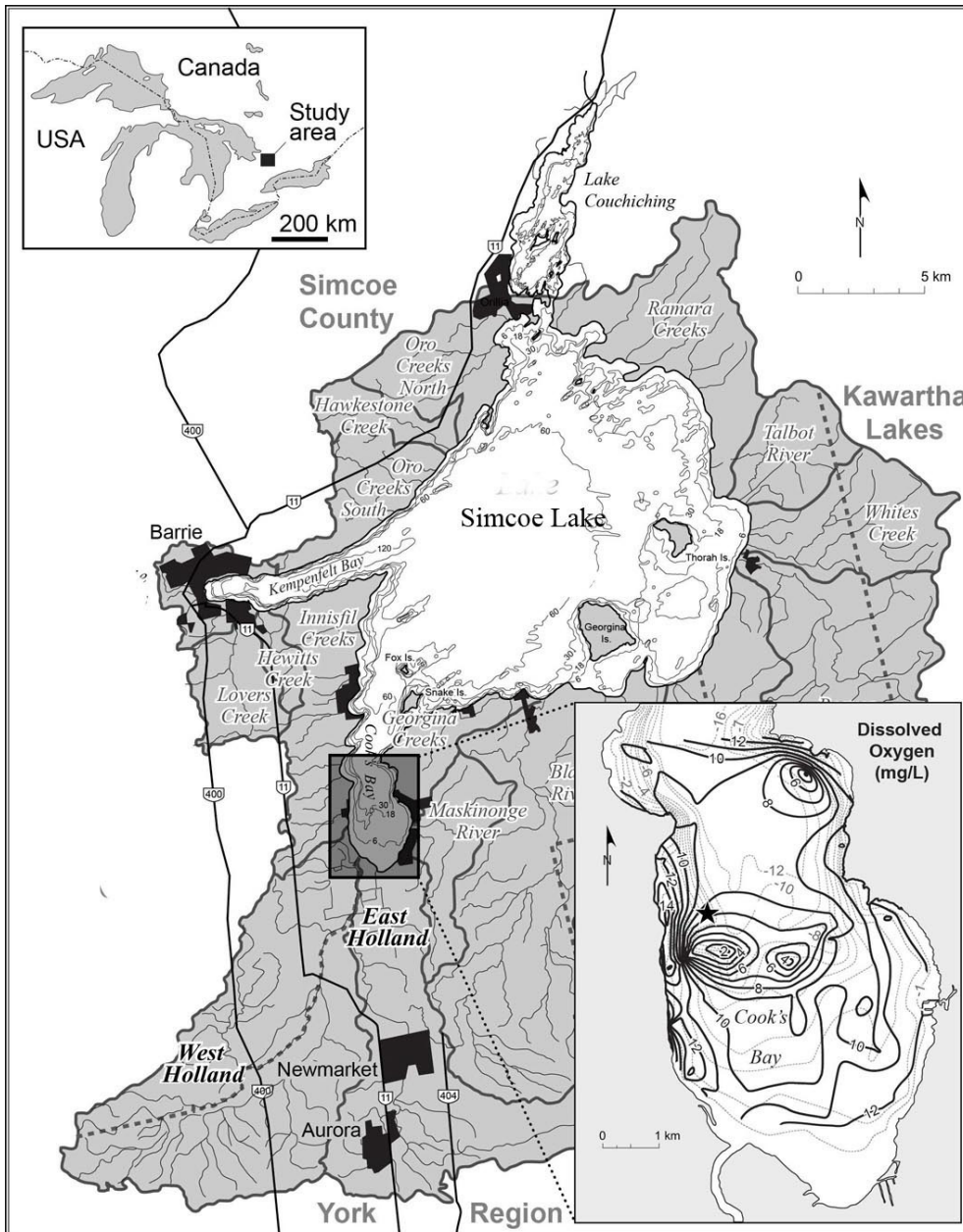


Рисунок 1. Озеро Сімко (Lake Simcoe) та його водозбір

азоту. Це пов'язано з тим, що в межах водозбору знаходиться заболочена місцевість (Holland Marsh) площею 8,5 тис. га, яка сама по собі є джерелом органічних сполук, а після меліорації у 30-х роках ХХ ст., вона ще й інтенсивно використовується для землеробства, яке, звісно, не обходиться без застосування добрив [10].

#### Методика досліджень

Для палинологічного аналізу було взято kern довжиною 1,02 м з глибини 5,87 м з центру затоки Кукс Бей (44°10'31" пн.д. -79°16'30" зх.д.).

Для аналізу пилку та НПП (за винятком черепашкових амеб) було відібрано зразки об'ємом 2,5 см<sup>3</sup> через кожні 5 см. Зразки підготовлено до аналізу за методикою, що дещо відрізняється від типової методики хімічної обробки четвертинних озерних відкладів (за Faegri and Iversen, 1975 [6]):

спочатку було застосовано 0,02% розчин слабкої основи (Calgon) для дисагрегації глинистого матеріалу, а згодом не було застосовано ацетолізу, що сприяло кращому збереженню НПП поряд із пилком та спорами. В інших відношеннях процедура була стандартною: карбонати були розчинені за допомогою гарячої 10% соляної кислоти (HCl), а силікати – за допомогою гарячої 48% плавикової кислоти, для просівання використано 10 мкм сито (Nitex), для обчислення абсолютної концентрації палиноморфів додано таблетку із спорами *Lycoperidium clavatum* (10800±200). Аналіз палиноморф виконано у препаратах гліцеринового розчину за допомогою світлового мікроскопа Leica DMLB при збільшенні 400X, а у спірних випадках – 1000X. Підрахунок пилку здійснено до 100 зерен – для дерев та до 50 – для трав; для НПП налічувалося як мінімум 50 палиноморфів у кожній групі –

інфузорії (Ciliophora), динофлагеляти (Dinophyta), колоніальні зелені водорості (зокрема, *Pediastrum*) та кон'югати (Desmidiaceae)). Обрахунок абсолютної концентрації паліноморфів здійснено за формулою:

$$K_{\Pi} = (\sum_{\text{НПП}} * N_M / \sum_{\text{ПМ}}) / H,$$

де  $K_{\Pi}$  – концентрація паліноморфів у зразку,  
 $\sum_{\text{П}}$  – сума підрахованих у зразку паліноморфів,  
 $N_M$  – кількість маркерів, доданих у зразок,  
 $\sum_{\text{ПМ}}$  – кількість маркерів, підрахованих у зразку,  
 $H$  – об'єм зразка.

Для аналізу черепашкових амеб (Thecamoebian) відібрано зразки об'ємом 2,5 см<sup>2</sup>, кожен з яких згодом був промитий під напором води через 45 мкм та 65 мкм сита; далі проведено підрахунок усіх тек у зразку за допомогою світлового мікроскопа Leica ZOOM 2000 (збільшення 100X). Обрахунок абсолютної концентрації здійснено за формулою:

$$K = \sum_T / H,$$

де  $K$  – концентрація тек у зразку,  
 $\sum_T$  – сума підрахованих у зразку тек,  
 $H$  – об'єм зразка.

### Результати досліджень

Основними НПП, виявленими нами у зразках із озера Сімко, були водорості (рід *Pediastrum*; роди *Cosmarium*, *Euastrum*, *Staurastrum*) і найпростіші (Dinoflagellata, *Codonella cratera* та черепашкові ризоподи).

**Рід *Pediastrum*** налічує приблизно 400 видів, до яких відносяться ценобіальні водорості (ценобії містять від 4 до 512 клітин) зірчастої або округлої форми. Представники роду переважно існують у мезо- та евтрофних водоймах (наприклад, *P.boryanum* var. *boryanum* (рис.2,а), *P.boryanum* var. *pseudoglabrum* (рис.2,г), *P. duplex*, *P. simplex*, *P. cornutum* (рис.2,в)), але не переносять гіперевтрофікації, так само, як і значного забруднення. Варто зазначити, що є види, які є індикаторами оліготрофних умов, наприклад, *P. integrum* (рис.2,б), *P. boryanum* var. *longicorne*, *P. kawraiskiyi* [7].

**Роди *Cosmarium*, *Euastrum* та *Staurastrum*** відносяться до родини Десмідові (Desmidiaceae). Вони являють собою одноклітинні водорості, клітини яких складаються з двох симетричних половинок, кожна з яких є дзеркальним відображенням іншої. Переважна більшість представників – мешканці оліготрофних прісних водойм, проте є види, які можуть існувати в мезотрофних водоймах (наприклад, *Euastrum bidentatum* (рис.2,и)) або в умовах значної евтрофікації (наприклад, *Staurastrum chaetoceras* (рис.2,ж), *S. pingue* (рис.2,е), *S. gracile*, *S. planctonicum*, *Cosmarium depressum* (рис.2,і), *C.botrytis*, *C. formosulum*) [18].

**Тип Динофлагеляти (Dinophyta або Dinoflagellata)** – це велика група автотрофних і гетеротрофних одноклітинних організмів, які мають внутрішньоклітинний панцир (теку) і одну або більше флагелл (джгутиків). Частина видів (15-20%) на стадії зиготи утворюють цисти (диноцисти), які й слугують паліноморфами, оскільки теки, після хімічної обробки зразків, зберігаються вкрай рідко [13]. Більшість динофлагелятів відносяться до морського планктону, масове розмноження деяких видів здатне спричинити токсичне цвітіння води (наприклад, так звані “червоні припливи”), тому їх вивченню приділяється більша увага порівняно із прісноводними (“нетоксичними”) динофлагелятами. Відомості щодо систематики, морфології, екології прісноводних динофлагелятів є досить обмеженими; досі достеменно не відомо, скільки видів здатні утворювати цисти, не до кінця також зрозуміла приналежність описаних цист до описаних (за теками) видів [8].

На даний час для палінологічного аналізу використовують лише кілька видів, цисти яких можна ідентифікувати; у нашому випадку – це *Parvodinium inconspicuum* (рис.2,є), *Peridinium willei* (рис.2,д), *P. volzii* (рис.2,г), *P. wisconsinensis* (рис.2,е). Відомо, що вище названі динофлагеляти є індикаторами евтрофікації, проте екологія цих видів потребує детального вивчення: дані про стійкість до забруднення, вплив рН, температури та інших параметрів середовища мають фрагментарний характер і не створюють цілісної картини [13].

***Codonella cratera*** (рис.2,і) – представник ряду Tintinnida типу Інфузорії (Ciliophora), якого досить часто можна бачити у палінологічних препаратах; завдяки відносно великим розмірам ідентифікація також можлива у зразках для аналізу текамеб (при збільшенні 50x). *Codonella cratera* – дуже поширений вид в озерах Південного Онтаріо (хоча у деяких джерелах [20] цей вид вважається виключно морським). Значення *C.cratera* як біоіндикатора вивчене недостатньо, але відомо, що цей вид адаптується до гіперевтрофних умов та низького вмісту розчиненого кисню у воді [4, 17].

**Черепашкові ризоподи, або текамеби (Thecamoebian)** – поліфілетична група найпростіших, до якої відносяться лобозні та філозні амеби. Представники мають розмір 30-600 мкм, характеризуються наявністю жорсткої мішкоподібної черепашки (теки), матеріал для якої може бути синтезований самим організмом (автогенні), або бути взятим з оточуючого середовища (ксеногенні). Більшість текамеб – мешканці прісних водойм, проте деякі види населяють солоні й солонуваті водойми, зволожені ділянки суходолу (вологий ґрунт, болота та ін.) [9]. Класифікація

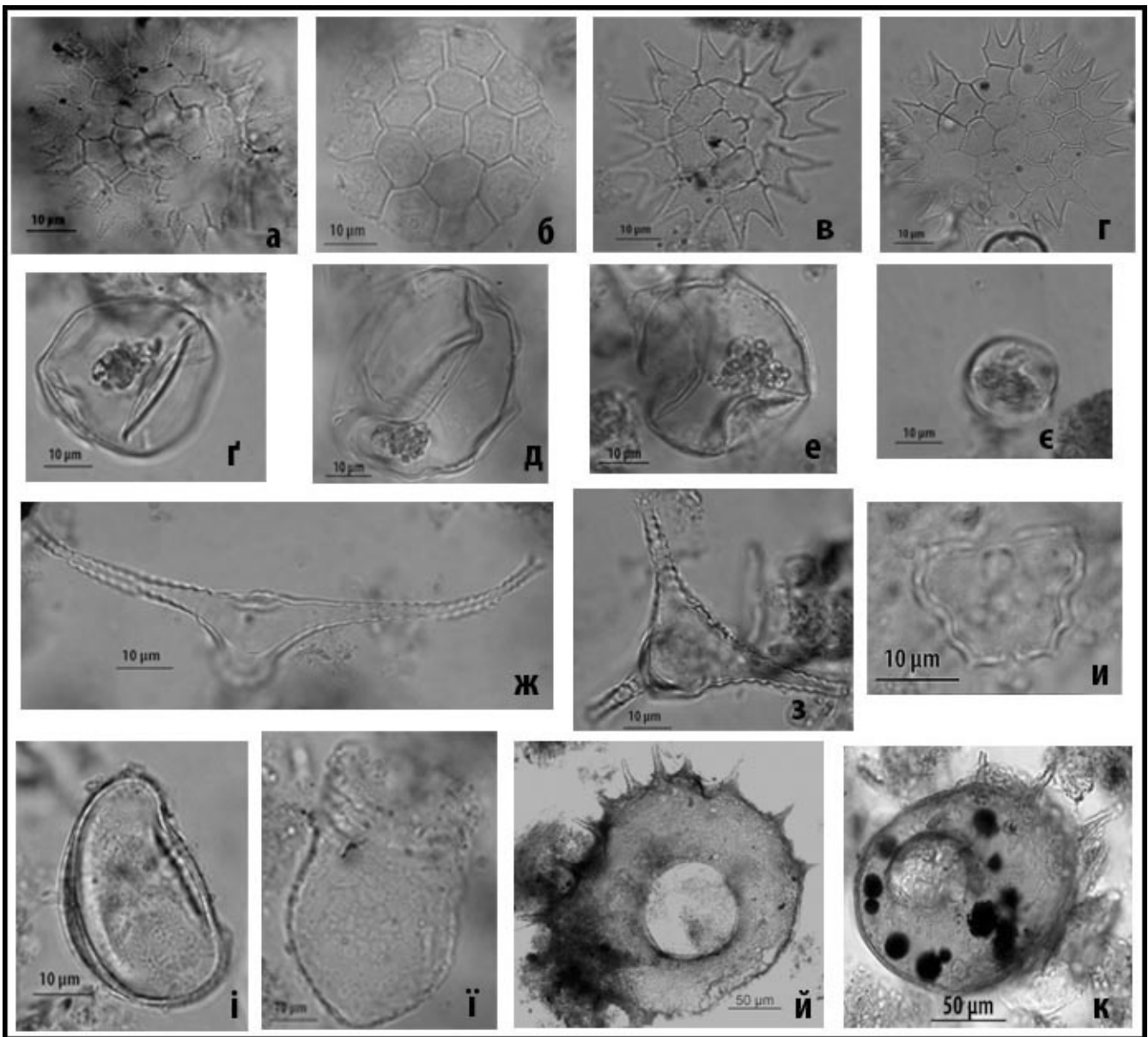


Рисунок 2. Непилкові паліноморфи з відкладів озера Сімко: а) *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*; б) *P. integrum*; в) *P. boryanum* var. *cornutum*; г) *P. boryanum* var. *pseudoglabrum*; ґ) *Peridinium volzii*; д) *P. willei*; е) *P. wisconsinensis*; є) *Parvodinium inconspicuum*; ж) *Staurostrum chaetoceras*; з) *S. pingue*; и) *Euastrum bidentatum*; і) *Cosmarium depressum*; ї) *Codonella cratera*; й) *Centropyxis aculeata*; к) *C. constricta*.

та екологія текамеб вивчені недостатньо і залишається ряд спірних та недосліджених питань, проте значення черепашкових амеб як біоіндикаторів не викликає сумнівів: текамеби, як й інші найпростіші, мають недовгий “період життя” (фактично, це час існування одного покоління між попереднім і наступним поділами клітин); більше того, тривалість їх “життя” залежить від багатьох факторів: температури, рН, розміру популяції, наявності поживи, її кількості та якості тощо. Завдяки цьому черепашкові амеби є чудовими індикаторами короточасових змін в екосистемі

[5]. У зразках із озера Сімко найчисельнішими і найінформативнішими були: *Centropyxis aculeata* (рис.2,й), *Centropyxis constricta* (рис.2,к), *Cucurbitella tricuspis*, *Diffugia proteiformis*, *Diffugia oblonga*, *Diffugia corona*, їх толерантність до різних умов середовища представлена у табл.1.

Варто зазначити, що *Centropyxis aculeata* та *Centropyxis constricta* здатні адаптуватися до екстремальних умов: вони населяють як водойми, надзвичайно бідні на поживні речовини (наприклад, постльодовикові озера), так і гіперевтрофіковані зі значним рівнем забруднення [14].

Таблиця 1 Толерантність деяких черепашкових ризопод до певних умов середовища [14]

	Евтрофні умови	Оліготрофні умови	Аноксичні умови	Високий вміст сполук					pH<6,2	Збільшення вмісту теригеного матеріалу
				Cu	Hg	Ag	As	S		
<i>Centropyxis aculeata</i>	X	X	X		X	X	X		X	
<i>C.constricta</i>	X	X		X		X			X	
<i>Cucurbitella tricuspis</i>	X		X			X	X			
<i>Diffflugia corona</i>	X			X			X	X	X	X
<i>D.proteiformis</i>	X			X	X	X	X			
<i>Diffflugia oblonga</i>	X			X					X	X

На підставі палінологічного аналізу виділено чотири періоди антропогенного впливу на озеро Сімко та затоку Кукс Бей зокрема (рис. 3).

1. Період до європейської колонізації (до середини XIX ст.). Досліджено за відкладами нижньої частини керну (від 102 см до 75 см). Відклади відносяться до пилкової зони 3d (за McAndrews, 1994). Нижня частина зони характеризується домінуванням *Tsuga* та *Fagus*, а верхня – зростанням кількості *Pinus strobus* і мінімумом *Tsuga*, що означає Малий льодовиковий вік (Little Ice Age, за Campbell and McAndrews, 1991). Варто зазначити, що вміст пилку злаків у наших зразках дещо більший порівняно з іншими описаними місцезнаходженнями в Південному Онтаріо [11], що можна пояснити появою перших європейців, які почали розчищення території для заснування перших поселень у 1790-х роках. Не зважаючи на це, вплив на озеро все ще був незначним, про це свідчить значна концентрація (~100000 півклітин/см<sup>3</sup>) решток оліготрофних видів десмід (*Cosmarium spp.*, *Euastrum spp.*, *Staurastrum spp.*) та *Pediastrum integrum*. Окремі цисти динофлагелатів з'являються лише у верхній частині (вище 80 см), проте це переважно цисти *P. wisconsinensis*, який, згідно із попередніми дослідженнями [13], був досить чисельним до європейської колонізації, коли озера ще залишались оліготрофними, але вже мало місце надходження “додаткових” органічних речовин за рахунок поселень корінних племен. Концентрація текамеб невелика (< 20 тек/см<sup>3</sup>), в нижній частині переважають *Centropyxis aculeata* та *C.constricta*, що свідчить про оліготрофні умови.

2. Період початкової колонізації (з середини XIX ст до 30-х років XX ст.) – керн від 75 до

50 см. Відклади характеризуються зростанням концентрації пилку *Ambrosia* та злаків (пилкова зона 4, за McAndrews, 1991), що означає початок масштабного вирубування лісів та інтенсивного створення сільськогосподарських угідь. У цей час також спостерігалось стрімке збільшення кількості населення, наприклад, населення двох міст, Аврори та Ньюмаркета, зросло від 600 осіб у 1841 р. до 3350 осіб у 1871 р. [10]. Посилення антропогенного впливу на озеро та його водозбір простежується у зміні складу та концентрації НПП. Спостерігається збільшення концентрації цист динофлагелатів (10000-11000 цист/см<sup>3</sup>), показовим також є те, що відбувається поступове зменшення концентрації цист *P. wisconsinensis* та збільшення концентрації цист *Peridinium willei*, *P. volzii*, що свідчить про наростання евтрофікації озера (вміст фосфору у тогочасних відкладах змінюється від 205 мг/кг (65 см) до 280 мг/кг (45 см)). Поступово зростає концентрація текамеб (приблизно до 30 тек/см<sup>3</sup>), концентрація тек *Centropyxis aculeata* та *C.constricta* майже не змінюється, проте помітно зростає кількість *Diffflugia proteiformis*, *Diffflugia oblonga*, *Diffflugia corona*, що свідчить про зростання кількості поживних речовин у воді. Концентрація десмід зменшується і досягає мінімуму (~10000 півклітин/см<sup>3</sup>) на 70 см, наступне зростання концентрації з піком на 65 см пояснюється збільшенням кількості деяких евтрофних видів (*Staurastrum chaetoceras*, *S. pingue*, *S. gracile*, *S. planctonicum*, *Cosmarium depressum*, *C.botrytis*, *C. formosulum*, *Euastrum bidentatum*). Вище 65 см повністю зникає *Pediastrum integrum*, натомість зростає концентрація мезо- і евтрофних видів (*P.boryanum var. boryanum*, *P.boryanum var. pseudoglabrum*, *P. duplex*, *P. simplex*), утворюючи пік на 54 см.

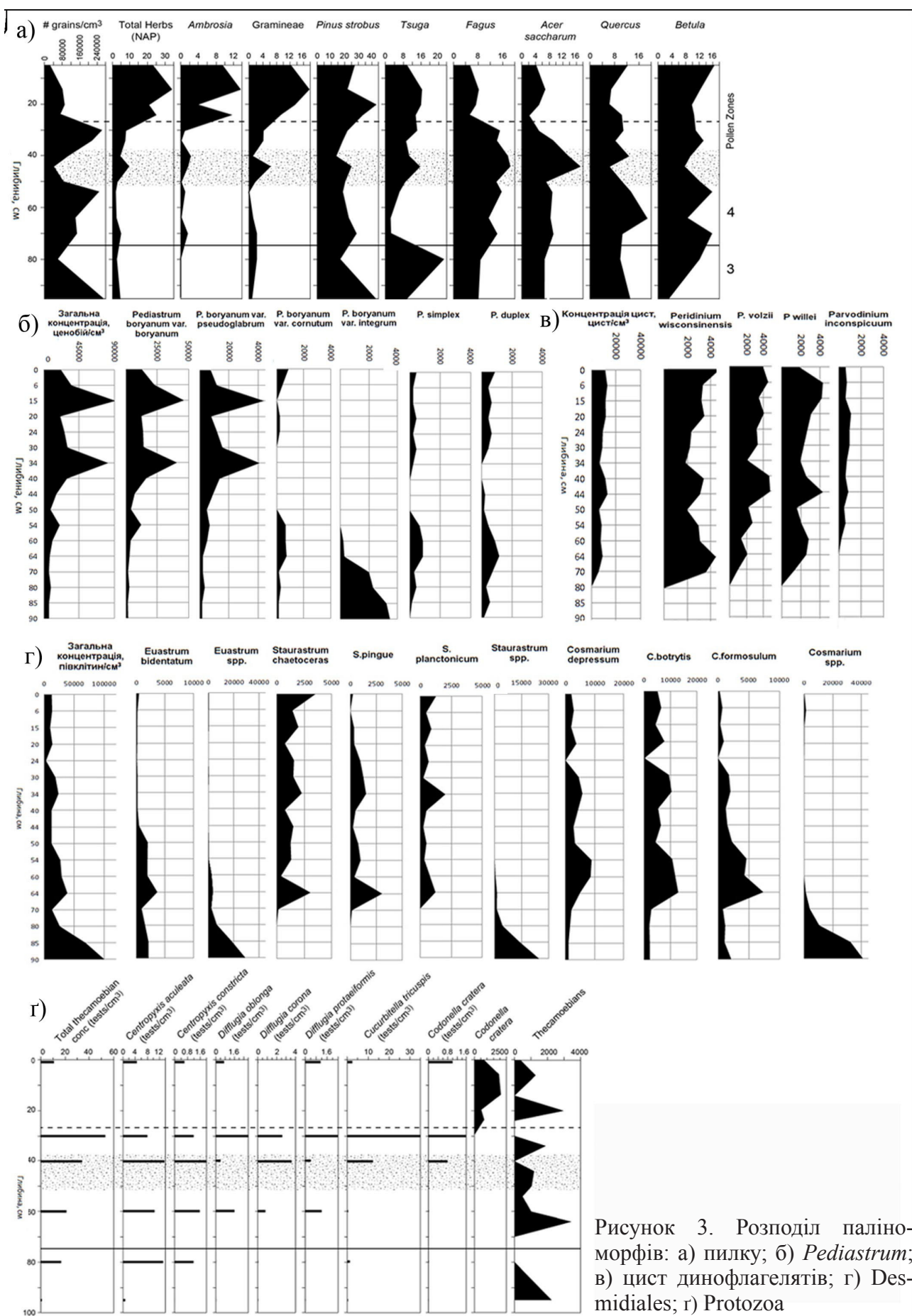


Рисунок 3. Розподіл паліноморфів: а) пилку; б) *Pediatrum*; в) цист динофлагелятів; г) Desmidiaceales; д) Protozoa

3. Період меліорації заболочених ділянок довкола Кукс Бей та інтенсифікація землеробства позначаються різким зростанням концентрації пилку *Ambrosia* та злаків (кern між 50 і 40 см), що було спричинене знелісенням території (приблизно 75%).

Осушення відбулося у 1925 – 1930 роках, а у 1934 р. 15 родин із Голандії заснували тут перше поселення, яке стало осередком землеробства. Меліорація спричинила надходження великої кількості органічних сполук у Кукс Бей, про це свідчать дані хімічних аналізів тогочасних відкладів: вміст фосфору становить приблизно 420 мг/кг. Також спостерігається різке збільшення вмісту нітратів (до 14,3 мг/кг) і зменшення вмісту нітритів (до 2,9 мг/кг), що дає підстави говорити про зменшення концентрації розчиненого кисню у воді, яке було зумовлено високою біохімічною потребою кисню (БПК – вміст кисню, що необхідний для біохімічного окиснення органічних речовин у процесі життєдіяльності аеробних бактерій).

Наростання евтрофікації озера чітко простежується у зміні розподілу НПП. Так, на 45 см спостерігається різкий пік концентрації цист динофлагелатів (понад 14000 цист/см<sup>3</sup>), у складі переважають *Peridinium willei* та *P. volzii*. Концентрація текамеб збільшується до 40 тек/см<sup>3</sup>, кількість *Centropyxis aculeata* та *C. constricta* досягає максимуму, показовим також є збільшення концентрації *Diffugia corona* у понад 2,5 рази; приблизно на 40 см з'являється *Codonella cratera*, що свідчить про початок гіпоксії та гіперевтрофікації.

Концентрація десмід зменшується приблизно до 10000 півклітин/см<sup>3</sup>, оліготрофні види відсутні; на тлі зростання загальної кількості евтрофних видів примітним є збільшення концентрації *Cosmarium botrytis* та зменшення концентрації мезотрофного *Euastrum bidentatum*. Подібна тенденція спостерігається і у зміні концентрації *Pediastrum*: кількість евтрофних *P. boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *pseudoglabrum* зменшується на 40-50 см і зростає лише вище 40 см, мезотрофні *P. duplex* та *P. simplex* на 40-50 см зникають взагалі й з'являються лише вище 40 см – все це свідчить про надмірне забруднення органічними речовинами, до якого мезотрофні види не можуть адаптуватися, а евтрофні – адаптуються частково.

4. В період активної урбанізації та індустріалізації (з середини 40-х років ХХ ст. донині) спостерігається стрімке збільшення кількості населення (тільки за період після Другої Світової війни кількість населення зросла більш як у 5 разів), що зумовило не тільки розростання міст, а й необхідність спорудження доріг, каналізаційних систем, сміттєзвалищ та інших елементів інфраструктури, що стали додатковими джерелами забруднення озера.

Відклади характеризуються максимальною концентрацією пилку *Ambrosia* (на 25 см) та злаків (на 15 см), а також зростанням вмісту фосфору (до > 720 мг/кг на 6 см) та різким збільшенням вмісту важких металів. Концентрація цист динофлагелатів зростає і досягає максимуму на 6 см, переважають *Peridinium willei* та *P. volzii*, що свідчить про евтрофні умови. Зростання кількості *P. wisconsinensis* на 1-0 см корелюється з невеликим зменшенням вмісту фосфору у відкладах (завдяки зусиллям урядових і громадських організацій за останні 50 років вдалося дещо скоротити надходження сполук фосфору з водозбору). Концентрація текамеб досягає максимуму на 30 см (понад 50 тек/см<sup>3</sup>); показовою також є максимальна концентрація *Cucurbitella tricuspis* та *Codonella cratera*, що свідчить про наростання гіпоксії. Серед десмід домінують евтрофні види (*Cosmarium botrytis* та *Staurastrum chaetoceras*), загальна концентрація залишається більш-менш сталою (приблизно 10000 півклітин/см<sup>3</sup>) вище 20 см. У концентрації *Pediastrum* спостерігаються два піки – на 35 і 15 см, домінують *P. boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *pseudoglabrum*, концентрація *P. duplex* та *P. simplex* залишається стабільно низькою.

### Висновки

Розподіл НПП у керлах із озера Сімко корелюється зі зміною антропогенного навантаження як безпосередньо на водойми, так і на їх водозбори. У відкладах періоду до європейської колонізації переважають оліготрофні види (*Cosmarium* spp., *Euastrum* spp., *Staurastrum* spp. та *Pediastrum integrum*), корінне населення мало порівняно незначний вплив на середовище, хоча дещо збільшене надходження органічних речовин спостерігалось, підтвердженням цього є зростання кількості текамеб (зокрема, *Diffugia obolonga*) та динофлагелатів (*Peridinium wisconsinensis*).

Поява європейців та кардинальна зміна характеру природокористування відобразилися у розподілі НПП: найбільш примітні зміни у складі та концентрації паліноморфів означають “піки” антропогенного навантаження. Для озера Сімко такими ключовими моментами були осушення Холланд Марш (Holland Marsh) та поствоєнні урбанізація й індустріалізація. Про наростання евтрофікації свідчать збільшення концентрації цист динофлагелатів, текамеб, евтрофних видів десмідів та *Pediastrum*; поява *Codonella cratera* та домінування серед текамеб *Centropyxis aculeata* і *Cucurbitella tricuspis* є ознаками гіперевтрофікації та гіпоксичних умов.

Мальовничість та близькість до кількамільйонного мегаполісу Торонто зробило озеро Сімко популярним місцем для відпочинку: його узбережжя та прилеглі території майже повністю зайняті



пляжами, парками та замиськими котеджами; це зумовило загострення питання екологічного стану озера серед населення.

Крім цього, в майбутньому очікується збільшення кількості населення в межах басейну Сімко за рахунок розростання мегаполісу, а це, в свою чергу, потребує розроблення генерального плану розвитку, для якого необхідне всебічне вивчення озера та його водозбору [10].

Значний внесок у створення цілісної картини взаємодії між природою та суспільством може зробити вивчення НПП: в той час, як хімічні аналізи води і відкладів дають інформацію про вміст хімічних сполук на певний момент часу в окремо взятому місці, аналіз НПП дає можливість

простежити зміну стану всієї екосистеми з моменту утворення озера і донині.

Варто зазначити, що результати наших досліджень не є остаточними і потребують продовження й деталізації: по-перше, необхідно вивчити розподіл НПП у кернах з різних частин озера, оскільки антропогенне навантаження на них є різним; по-друге, залишається ряд паліноморфів, які ще потрібно визначити і з'ясувати їх палео-екологічне значення; по-третє, на підставі аналізу умов існування сучасних представників варто з'ясувати точні числові значення різних параметрів середовища (температури, рН, вмісту P, N, O, важких металів та ін.) та їх кореляцію із розподілом непилкових паліноморфів.

1. Burden, E.T., McAndrews, J.H., Norris, G., 1986. Palynology of Indian and European forest clearance and farming in lake sediment cores from Awenda Provincial Park, Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences* 23, 43–54.
2. Chapman, L.J. and Putnam, D.F. 1984. The Physiography of southern Ontario. Ontario Geological Survey, Special Volume 2, 270 p.
3. Danesh, D. (2011). Non-pollen palynomorphs as indicators of water quality in Lake Simcoe, Ontario, Canada. Undergraduate thesis. Brock University, St. Catharines, Ontario, Canada, 74 pp..
4. Dolan, JR, Montagnes, DJS, Agatha, S., Coats, DW, Stoecker, DK, eds. (2012). The Biology and Ecology of Tintinnid Ciliates: Models for Marine Plankton. Wiley-Blackwell Publishers, 323 p
5. Ellison, R.L., Ogdan, C.G., 1987. A guide to the study and identification of fossil testate amoebae in Quaternary lake sediments. *International Review of Hydrobiology* 72, 639–652
6. Fægri, K. & Iversen, J. (1975) Textbook of pollen analysis, 3rd ed. by Knut Fægri, Scandinavian University Books, Copenhagen. 294 p.
7. Komárek, J., Jankovská, V. 2001. Review of the green algal genus *Pediastrum*; implications for pollen-analytical research. *Bibliography of Phycology* 108, 127 p.
8. Krueger, A.M., McCarthy, F.M.G., McAndrews, J.H., & Turton, C. 2011. Cultural eutrophication of Crawford Lake- a palynological perspective. *Leading Edge Conference*, <http://escarpment.org/education/conference/eleven/index.php>
9. Kumar, A., Dalby, A.P., 1998. Identification key for Holocene lacustrine arcellacean (thecamoebian) taxa. *Palaeontologia Electronica* 1, 39 pp., <http://palaeo-electronica.org/>.
10. Lake Simcoe Region Conservation Authority (LSRCA). 2009. Watershed Report Card: A Summary of Lake Simcoe Watershed and Ecosystem Health. The Queen's Printer, ON, Canada
11. McAndrews, J.H. 1988. Human disturbance of North American forests and grasslands: the fossil pollen record. In: Huntley, B., and Webb III, T. editors. *Vegetation History*. Kluwer Academic Publishers, Utrecht.
12. McAndrews, J.H. 1994. Pollen diagrams for southern Ontario applied to archaeology. In: MacDonald, R. editor. *Great Lakes Archaeology and Paleoecology: Exploring Interdisciplinary Initiatives for the Nineties*. Quaternary Sciences Institute, University of Waterloo: 179-196.
13. McCarthy, F.M.G., Mertens, K.N., Ellegaard, M., Sherman, K., Pospelova, V., Ribeiro, S., Blasco, S., & Vercauteren, D. 2011. Resting cysts of freshwater dinoflagellates in southeastern Georgian Bay (Lake Huron) as proxies of cultural eutrophication. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 166, 46-62.
14. Scott BD, Medioli FS, Schafer CT (2001). *Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators*. Cambridge University Press. Cambridge p. 177.
15. Turton, C.L., McAndrews, J.H., 2006. Rotifer loricas in second millennium sediment of Crawford Lake, Ontario, Canada. *Review of Paleobotany and Palynology* 141, 1–6.
16. Van Geel, B., 2006. 'Quaternary non-pollen palynomorphs' deserve our attention! *Review of Paleobotany and Palynology* 141, 7–8.
17. Warren, A. (2012). *Codonella cratera* Leidy, 1887. In: Warren, A. (2012) World Ciliophora Database. Accessed through: Warren, A. (2012) World Ciliophora Database at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=247937> on 2012-10-23
18. Wehr J.D, Sheath R. G. (2003). *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Academic Press, 918 p.
19. [http://www.ontario.ca/en/about\\_ontario/004563.html?openNav=people\\_and\\_culture](http://www.ontario.ca/en/about_ontario/004563.html?openNav=people_and_culture) 5.11.2012
20. <http://www.vliz.be/projects/ocean-ukraine/aphia.php?p=taxdetails&id=247937> 5.11.2012

<sup>1</sup>Університет Брока, Сент-Кетерінс, Канада

<sup>2</sup>Тернопільський національний університет імені Володимира Гнатюка, Україна

<sup>3</sup>Університет Квінс, Кінгстон, Канада