

**Шомко В.В.,**  
*студентка 2-го року навчання освітнього ступеня «магістр»*  
**Давидова І. В.,**  
*к. с.-г. н., доцент кафедри екології*  
*Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир*

### ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДИ В ОЗЕРАХ ПІВНІЧНОЇ ІТАЛІЇ

У північній частині Італії знаходиться величезна кількість озер як у гірській місцевості та і у передгір'ях. Їх сезонний стан значною мірою визначається різноманітними процесами, що залежать від теплового режиму водних мас та гідродинаміки. Процеси нагрівання та охолодження води, в свою чергу, пов'язані з щільністю води. Під тиском 1 атм пік щільності прісної води досягає 3,98 °С. При замерзанні води молекули води організуються в структурі льоду, досягаючи найнижчої щільності при 0 °С. З цієї причини лід плаває на поверхні холодних водних масах. На великій висоті та в континентальних регіонах крижана шапка, яка поступово набухає на поверхні озера, уникає втрат тепла, чим унеможливує замерзання водної маси. Таким чином, водна біота може вижити, хоча атмосферна температура на багато градусів нижча нуля.

Щільність води також поступово зменшується у випадку зростання її температури від 3,98 °С до ~30 °С. Енергія, необхідна для зміни температури води на 1 °С, залежить від початкової температури води. Наприклад, енергія, необхідна для підвищення температури води з 29 °С до 30 °С, майже в 40 разів перевищує ту кількість, яка необхідна для підвищення температури з 4 °С до 5 °С. Отже, водна маса має тенденцію накопичувати тепло, стаючи менш щільною, ніж донні води. За цих умов озера стають стратифікованими, а відносний термічний опір змішуванню зростає.

У стратифікованих озерах можна виділити три основні шари: епілімніон, поверхневий шар, рівномірно теплий і досить турбулентний; гіполімніон, глибокий і прохолодний шар, більш щільний і спокійний. Ці два шари розділені перехідним шаром - металемніоном, що збігається з термоклінією, зоною з максимальною швидкістю зниження температури.

У помірних регіонах послідовність нагрівання та охолодження води чітко виділяється вертикальними температурними профілями (рис. 1а). З весни до кінця літа температура поверхневої водної маси зростає, тоді як у глибоких водах вона залишається майже постійною. Наприкінці літа через охолодження атмосфери чисті втрати тепла від водної маси поступово зростають. Поверхневі води охолоджуються і у випадку коли їхня температура стає близькою до температури нижче розташованої водної маси, щільність стає більшою в холодному поверхневому горизонті, який опускається, спричиняючи підняття донної води, що викликає змішування. Перемішування води відбувається також в кінці зими, коли поверхневі води досягають максимальної щільності.

На основі моделей циркуляції озера в розділяються на три групи: 1) арктичні озера, постійно стратифіковані через екстремальні умови навколишнього середовища, 2) голоміктичні озера, що показують принаймні одну повну вертикальну подію змішування: серед них є диміктичні озера, які змішуються двічі на рік, навесні та восени, 3) мероміктичні озера, які циркулюють лише частково, донні води постійно стратифікуються. Змішування води пов'язане не просто з тепловою стратифікацією, оскільки на щільність води також впливають зважені тверді частинки, наприклад, що надходять з річкового стоку, та процеси розчинення в гіполімніоні. Крім того, очікується, що кліматичні зміни суттєво вплинуть на розшарування озер, головним чином через підвищення температури та появу екстремальних метеорологічних подій.

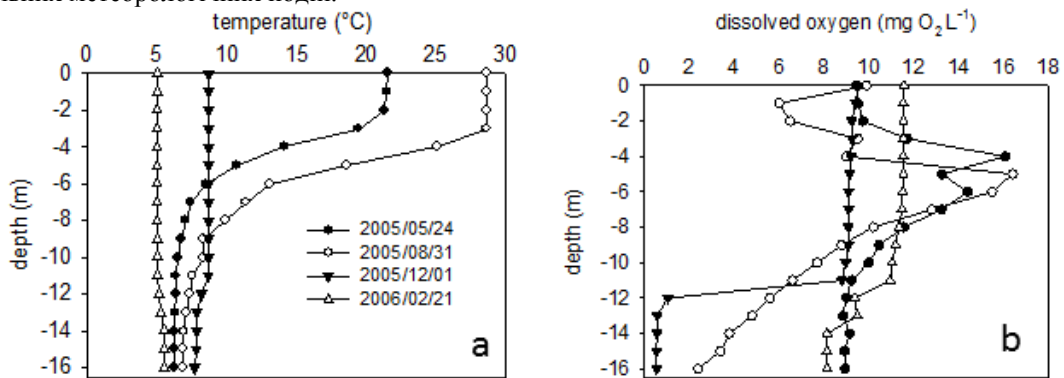


Рис. 1. (а) Типова термічна стратифікація в диміктичному озері на рівнині По та (б) кисневі профілі вздовж максимальної глибини товщі води.

Термічна стратифікація має ряд наслідків для хімії води. Фотосинтетично активне випромінювання (ФАВ) проникає лише у верхній шар води, підтримуючи первинне утворення фітопланктону. Проникнення світла у водну масу залежить від численних факторів, в тому числі і від помутніння або кольору води. Сам фітопланктон також може обмежити проникнення сонячної радіації у більш глибокі шари води, оскільки збільшення його кількості призводить зростання каламутності води. Таким чином, у глибоких озерах фотосинтез є ефективним лише у самій верхній частині товщі води, де інтенсивність світла досить висока, щоб підтримувати автотрофну діяльність фітопланктону.

Проникнення світла є одним з основних обмежень у функціонуванні озерних екосистем, оскільки воно контролює товщину шару води, в якому може відбуватися фотосинтез та пов'язане з цим виробництво кисню. Розчинений кисень важливий для більшої частини водних організмів, і його наявність контролює шляхи та частку інших хімічних елементів. Концентрація кисню у товщі води залежить від різних абіотичних (температура, тиск, солоність, гідродинаміка) та біотичних (фотосинтез, дихання та біологічно опосередковані окислення) факторів. Кисень має низьку розчинність у воді, і його концентрація в рівновазі майже в 300 разів нижча, ніж в атмосфері. Розподіл кисню по товщі води, як правило, пов'язаний з температурними профілями,

Фітопланктон, завдяки процесу фотосинтезу, постачає кисень до водної маси, тоді як протилежні реакції (дихання та мікробне та хімічне окислення) призводить до зниження його вмісту. Якщо споживання кисню переважає його виробництво, більшість водних організмів страждають від його дефіциту. З цієї причини в стратифікованих озерах оксигенація глибоких шарів води і, в свою чергу, виживання донної фауни, залежить майже виключно від перемішування води.

Дисбаланс між об'ємами виробництва та споживання кисню, викликане розшаруванням води, має значний вплив на метаболізм в озері. Епіліметичні води часто збагачені  $O_2$ , а  $CO_2$ . Навпаки, дефіцит кисню в глибокому гіполіміоні шарі води може стимулювати анаеробну мінералізацію, яка регенерує переважно неорганічний вуглець, амоній, фосфати та реакційноздатні силікати (рис. 2).

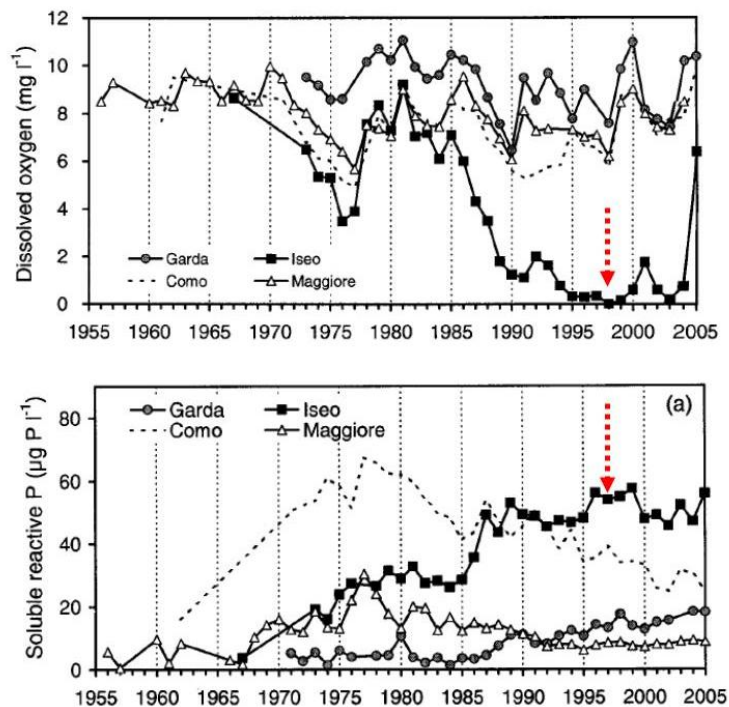


Рис. 2. Приклади розчиненого кисню та неорганічного розчиненого фосфору в придонних водах основних судово-альпійських озер. Стрілки вказують на найбільш критичні умови, що встановились в озері Ізео після приблизно 20 років термічної стратифікації