

15. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 376 с.
16. *Чугунова Н.И.* Руководство по изучению возраста и роста рыб. — М., 1959. — 164 с.
17. *Шевченко П.Г., Коваль М.В., Колесніков В.М., Медина Т.В.* Визначення коефіцієнтів уловистості контрольних знарядь лову тюльки та молоді інших видів рыб у водосховищах Дніпра // Риб. госп-во. — К.: Урожай, 1990. — Вип. 47. — С. 42–44.
18. *Шорыгин А.А.* Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря (осетровых, карповых, бычковых, окуневых и хищных сельдей). — М.: Пищепромиздат, 1952. — 258 с.
19. *Ионас В.А.* Производительность трала. — М.: Пищепромиздат, 1967. — 50 с.
20. *Аксюткина З.М.* Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. — М.: Пищевая промышленность, 1968. — 288 с.
21. *Гейна К.М.* Результати інтродукції товстолобиків у Каховське водосховище // Природничий альманах. — Херсон: ПП Вишемірський В.С., 2007. — Вип. 9. — С. 21–27.

### **ПОВЫШЕНИЕ РИБОПРОДУКТИВНОСТИ КАХОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ВИДОВОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПЛАНКТОНА**

*К.М. Гейна*

Многочисленными исследованиями установлено, что основными путями повышения эффективности интродукции толстолобиков в Каховском водохранилище выступает оптимизация их видовой структуры исключением из стада гибридных особей, внедрение в практику ведения промысла избирательного лова старших возрастных групп совместно с мелиоративными отловами тюльки.

### **RISE OF KAKHOVKA RESERVOIR FISH-PRODUCTIVITY BY OPTIMIZATION OF SPECIFIC AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF PLANKTON CONSUMERS**

*K. Geina*

Longstanding studies found that major ways of increasing efficiency of Chinese carps introduction into Kakhovka reservoir is optimization of their species structure by excluding hybrids from the stock and introduction into commercial harvest a selective catch of older-aged groups conjointly with meliorative harvest of clupeonella.

УДК 556.531.46

## **АЦИДОФІКАЦІЯ ПРІСНИХ ВОД І РОЛЬ У ЦЬОМУ ВУГЛЕКИСЛОТИ**

**В.П. Білько<sup>1</sup>, С.В. Кружиліна<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Інститут гідробіології НАНУ,

<sup>2</sup> Інститут рибного господарства УААН, м. Київ

---

*Показано, що зростання кислотності прісних водойм і ґрунтів викликане зв'язуванням вуглекислим газом та органічними кислотами мінеральних компонентів (здебільшого кальцію і магнію) і виносом їх у моря та океани. Швидкість перерозподілу кальцію тепер збільшується у зв'язку з підвищенням у біосфері вмісту сірки. Отже, природно-геологічний процес ацидофікації прісних вод посилюється кислотним забрудненням антропогенного походження.*

---

Уперше важливу роль рН у біологічних процесах водойм було показано Н.С. Скадовським [1, 2]. Його доповіді на I і II міжнародних лімнологічних конгресах у Кілі (1922) і Москві (1926) виклика-

ли великий інтерес і сприяли подальшому розширенню цих досліджень.

У цей час особливо зростає актуальність досліджень впливу рН на прісноводні екосистеми у зв'язку із прогресуючим зни-

женням величини рН водойм і ґрунтів на значних територіях Європи, Азії, Північної й Південної Америки, Австралії [3–12].

Причин для підвищення кислотності прісноводних водойм багато: заболочування, скидання стічних вод і відходів гірничодобувної промисловості, закислення ґрунтів на водозбірній площі. Але головний акцент нині припадає на випадіння кислотних атмосферних опадів у зв'язку із забрудненням повітряного середовища окислами сірки й азоту.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У статті були розглянуті такі питання: основні закономірності кислотно-лужної рівноваги гідросфери; роль вуглекислоти в її підвищенні; вплив вапнування кислих вод на іхтіофауну водойм. Для висвітлення цих питань було проаналізовано 41 публікацію із них — 15 іноземних. У дослідженнях були застосовані аналітичний та монографічний методи.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сутність процесів у внутрішніх водоймах загалом полягає у взаємодії мінеральної основи дна й вод з живими організмами, продуктами їхньої гуміфікації і мінералізації. У цій взаємодії органічна складова водойм виступає як джерело кислих з'єднань. Мінеральна частина є джерелом основи, що зв'язують ці кислоти. Залежно від складу й співвідношення з'єднань, що беруть участь у цих реакціях, у водоймах створюються певні кислотно-лужні умови, які у свою чергу визначають ступінь рухливості або стійкості мінеральних, органічно-мінеральних і органічних сполук дна й водної маси водойм. Відомі взаємний вплив і взаємозалежність водних об'єктів і суші, що різко посилилася останнім часом у результаті господарської діяльності людини.

Води більшості річок належать до гідрокарбонатного класу. Площа, яку займають басейни цих річок, становить 83% території колишнього Радянського Союзу. За складом катіонів ці води належать майже винятково до групи кальцію [13]. У зв'язку з тим, що домінуючим елементом прісних вод є кальцій, коефіцієнт кореляції між змістом  $\text{Ca}^{2+}$  і загальною мінералізацією прісних вод дуже високий (0,90–0,99) у

воді дніпровських водосховищ [14], тобто можна вважати, що мінеральна частина вод визначається  $\text{Ca}^{2+}$ .

С.Н. Скадовський [2], оцінюючи роль кальцію, зазначав, що: “серед компонентів, що формують в основному сольовий або, вірніше, іонний режим прісних вод, основне значення відіграють, безсумнівно, взаємини між режимом кальцію й активною реакцією середовища” (с. 39).

Отже, головним для процесів у внутрішніх водоймах є, безсумнівно, взаємозв'язок між  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{H}^+$ . Основним джерелом іонів водню, як відзначалося, виступає органічна речовина, а оскільки домінуючим елементом органічної речовини є вуглець, то зрозуміло, що кислотно-лужні умови водойм визначаються в основному співвідношенням кальцію й вуглецю.

### Тенденції в зміні співвідношення кальцію й вуглецю в біосфері

Завдяки життєдіяльності водних організмів близько 1,5 млрд т Са виноситься річками в моря й океани й там відкладається в раковинах молюсків, кістяках хребетних та відмерлих стеблах рослин [15]. Співвідношення Са:С (за масою) для земної кори дорівнює 7,8; у біосфері воно різко знижується й навряд чи досягає 3. Однак вирішальне значення має співвідношення Са:С у невеликому тонкому шарі ґрунту (у межах 5–15 см глибини) [16]. Видобуток і спалювання горючих копалин призводить до збільшення кількості вуглекислоти в повітрі. Сумарне надходження вуглецю з 1960 по 1983 р. зумовлене антропогенним впливом на наземну біоту, оцінюється в  $60\text{--}90 \cdot 10^{12}$  кг С, що становить 30–40% потоку вуглецю, пов'язаного зі спалюванням видобутого палива за цей самий час. Частка біогенного потоку не перевищує 15% промислового й 12% сумарного антропогенного надходження [17]. Ці дані дають змогу стверджувати, що надалі внесок біоти в загальне збільшення концентрації атмосферного вуглекислого газу буде значно менше, ніж внесок промислового.

Таким чином, при підвищенні кількості вуглецю в атмосфері й зниженні продуктивності ґрунтів і первинної продукції водойм у біосфері відбувається наростання його кількості на фоні інтен-

сивного зниження кальцію за рахунок його стоку в моря й океани і відкладення його там, викликаного передусім підвищенням кількості вуглецю.

Отже, очевидна загальна закономірність у розвитку гідросфери: це різка зміна кислотно-лужної рівноваги, тобто підвищення кислотності прісноводних екосистем на фоні збільшення лужності морів і океанів.

В історії розвитку й становлення океану його рН істотно змінюється. Дослідження й розрахунки геохіміків свідчать, що первинний океан за рахунок розчинення кислих газів атмосфери й значної частини аміаку мав рН близько 4. Однак у результаті нейтралізації водню сильних кислот основами, що надходили в океан з розчинами із суші й за рахунок розкладання порід, рН почала швидко рости. В еозойський період внаслідок ослаблення вулканічної діяльності, рН океану підвищилася до 6–7 і ще вище — в архейському періоді розвитку Землі за рахунок вносу в океан лужних металів. Виникнення життя на Землі й початок фотосинтетичної діяльності рослин і поява біогенного кисню зумовили значний вміст  $\text{CO}_2$  у водах океану й утворенню бікарбонатних і карбонатних іонів. Між  $\text{CO}_2$  атмосфери й океану встановилася динамічна рівновага, що збереглася протягом усієї наступної геологічної історії [15, 18]. Увесь цей геологічний період неодмінно діяв механізм видалення й зв'язування вуглекислоти процесами накопичення карбонатів і фотосинтетичної фіксації вуглецю зеленими рослинами. Збільшення  $\text{CO}_2$  в епоху напруженого вулканізму призводило до того, що на суші йшло більш інтенсивне вивітрювання, а в морських водах розчинялася більша кількість карбонатів. Інтенсивний розвиток рослинності сприяв поверненню  $\text{CO}_2$  до колишньої норми, в результаті чого з опадами скидалася велика кількість карбонатів, ніж в епоху вулканічного спокою [18].

Світовий океан внаслідок процесів випаровування виконує роль основного постачальника прісних вод, що випадають у вигляді атмосферних опадів. За існуючими оцінками, щороку з поверхні Світового океану випаровується 505 тис.  $\text{км}^3$ , а з поверхні континентальної частини планети — 72 тис.  $\text{км}^3$  води. Волога, що випарувалася, конденсується

й випадає у вигляді опадів на континент і є постійним джерелом для формування річок, озер, підземних вод, льодовиків [19].

Головні закономірності гідросфери в цілому встановлені С.Н. Скадовським [2]. У ряді водойм: океан > солонуваті водойми > карбонатні прісні води нейтрально-лужного типу > сульфатні води з високою активною кислотністю:

а) значення солоності як осмотичного фактора не тільки кількісно, а і якісно змінюється;

б) сталість іонних зв'язків з перевагою іонів лужних металів над лугоземельними змінюється на зворотне;

в) сталість активної лужності замінюється мінливістю рН, а у водоймах сфагнового походження — високою активною кислотністю;

г) концентрація органічних речовин зростає й збільшується їхня захисна функція, як комплексоутворювачів з іонами Са й важких металів.

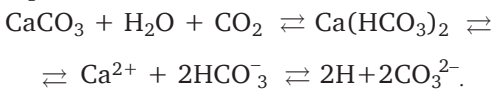
Що стосується іонів водню, то, як бачимо із чотирьох найбільш важливих особливостей фізико-хімічного режиму гідросфери, третя повністю належить до іонів водню, а всі інші в різній мірі взаємозалежні з нею.

### **Роль вуглекислоти в підвищенні кислотності прісноводних екосистем**

Ролі вуглекислоти в природі присвячено багато публікацій [9, 16, 20–27 та ін.]. Більшість дослідників вважає, що підвищення кількості вуглекислоти в атмосфері зумовить негативні екологічні наслідки глобального масштабу, зокрема зміну температурного балансу Землі, порушення процесу утворення карбонату в морях.

Проблема  $\text{CO}_2$  має глибоке соціально-економічне значення, пов'язане не тільки з найближчими змінами глобальної температури, а й з більш віддаленими наслідками. Та обставина, що зараз у атмосферу викидається за рік стільки вуглецю, скільки природа накопичувала протягом майже мільйона років, не може не вплинути на глобальний цикл вуглецю. Таким чином, за кілька століть весь органічний вуглець може бути перекачаний в океан і переведений у донні відкладення [20].

Який же механізм взаємозв'язку, зокрема впливу органічної речовини через  $\text{CO}_2$  на зміну  $\text{Ca}^{2+}$  і іонів водню в прісноводних екосистемах? Він відомий [13, 28, 29]. Парціальний тиск  $\text{CO}_2$  в атмосфері становить 0,033% (0,6 мг/л). Отже, кількості  $\text{CO}_2$  атмосфери недостатньо для розчинення  $\text{CaCO}_3$  у породах, ґрунтах, донних відкладеннях водойм. Цьому сприяє явище підвищення нагромаджень вуглекислоти в ґрунтах і придонних шарах водойм, що виникає в результаті біологічних процесів (подих живих організмів, кореневої системи в ґрунтах, біохімічного й мікробіологічного розпаду органічної речовини). У результаті цих процесів вміст  $\text{CO}_2$  зростає від 0,033%, властивих атмосферному повітрю, до 1% (й вище) у ґрунтовому повітрі, а у важких ґрунтах до 10% [28], у 500 разів за наявності  $\text{CaCO}_3$  і в 5000 —  $\text{MgCO}_3$  біля дна водойм [30], досягаючи концентрації 20–40 мг/л, тобто концентрації, за якої особливо сильним є його агресивний вплив на карбонати кальцію за реакцією:



Карбонат кальцію переходить у більш розчинну форму бікарбонат, а потім у морях і океанах, переважно екваторіальної зони, відкладається як у вигляді вулцецевих опадів, так і мінералів. Отже, зрушення карбонатної рівноваги убик розкладання карбонатів, а також біологічний витяг  $\text{CaCO}_3$  збільшує швидкість міграції кальцію із ґрунтів і водойм. Особливо сильно цей процес іде в зонах з вологим і холодним кліматом, оскільки розчинність і агресивність вуглекислоти збільшується зі зниженням температури [13]. Тому низькі концентрації кальцію в ґрунтах і низька буферність води північних територій є результатом дії механізму вилучення кальцію протягом мільйонів років. Однак цей процес різко посилюється останнім часом у зв'язку з підвищенням у біосфері антропогенної сірки й вуглекислоти. Оскільки рН прісноводних водойм залежить від водозбірної площі, становить інтерес швидкість з якою відбувається збільшення площ кислих ґрунтів на території Росії. Так, площа кислих

ґрунтів у районах Далекого Сходу за 1971–1978 рр. збільшилася на 19,3%, а в Західному Сибіру — на 17,8%, тобто відповідно на 2,4 і 2,2% у рік. Площі заболочених ґрунтів Західного Сибіру нині становлять 80%, у Нечорноземній зоні також більше 80% орних земель кислі [31], в Україні площа кислих ґрунтів становить 9,8 млн га, а це приблизно 17% всіх сільськогосподарських угідь [32].

Втрати кальцію в Росії із ґрунтів, в основному за рахунок виносу його з урожаєм, становлять щороку в середньому близько 72 кг/га, у ФРН — 160, в Англії — 80–200, у Франції — 170, в Італії — 370 кг/га [31].

Інтенсивно йде процес закислення й заболочування водойм. Так, в Іванківському водосховищі в результаті прогресуючого нагромадження рослинних залишків і утворення сплавин, мілководдя перетворюються в типову болотну драговину. Заболочування призводить до збільшення ступеня заростання водоймища. В 1957 р. вона становила 16,7% площі, а в 1972 р. уже 23,4%, тобто щорічний приріст становить 0,45% [30].

Загальна площа нерестових ділянок основних промислових видів риб Кавовського водоймища з 1973 по 1992 р. скоротилася на 58,8%, тобто по 3,2% у рік. Основна причина — заростання прибережної зони жорсткою водною рослинністю й заболочування [33]. Аналогічні дослідження всього каскаду дніпровських водоймищ показали, що площа мілководь, де розташовані нерестовища більшості видів риби, становила 138 тис. га тобто 20% всієї площі водосховищ. Водночас під впливом заростання й заболочування втратили своє первісне значення близько 45 тис. га, або 32,6% мілководь каскаду дніпровських водосховищ [34].

Крім вуглекислоти, істотну роль у вторинному закисненні водойм і ґрунтів належить сірці. Порівняння величин природних і антропогенних чинників, що впливають на потоки сірки показує, що нині загальна кількість надходження її як в атмосферу, так і у гідросферу зросло вдвічі за рахунок антропогенного впливу [35].

Велика кількість літератури, що висвітлює питання кислотних опадів на значних територіях Європи, Північної

й Південної Америки, Австралії й ін. показує, що вони істотно посилюють природно-геологічний процес прісних вод і ґрунтів, збільшуючи вміст сульфатів і сірководню в ріках, озерах і навіть у морях, що призводить до зниження їхньої продуктивності, до зміни функціонування екосистем [3–12].

### Вплив вапнування кислих вод на іхтіофауну водойм

Крім прямого впливу, іони водню спричиняють і непрямий вплив на продуктивність екосистем, змінюючи кругообіг вуглецю, азоту, фосфору, марганцю й інших мінеральних і біогенних речовин. Так, рН води впливає на доступність фосфору для рослин. Фосфор найбільш доступний у вузькому діапазоні рН у слаболужному середовищі. У лужному середовищі фосфат-іони ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) легко з'єднуються з натрієм і кальцієм, утворюючи нерозчинні з'єднання, а в кислому середовищі фосфат перетворюється в добре розчинну фосфорну кислоту. У зв'язку із практикою вапнування кислих вод у Норвегії прийнята національна програма, що передбачає дослідження властивостей різних нейтралізаторів, вивчення їхнього впливу на екосистеми, різні види риб, розробку технічних рішень для вапнування води озер і річок, розробку стратегії з урахуванням перелічених напрямів. У першу чергу передбачена робота водойм, що використовуються для рибальства і відновлення в них популяцій риб [36].

З метою зменшення кислотності води у двох рівнинних ріках штату Меріленд у березні–червні 1987 р. провели дослідне вапнування ділянок річок дрібнодисперсним (1,5 мм) кальцитом (98%  $\text{CaCO}_3$  за масою) за допомогою обладнаних мікропроцесором дозуючих пристроїв. Програма комп'ютера передбачала підтримку рН середовища 6,5. У березні–квітні того року виконали 3 серії експериментів з виживання ікри й личинок жовтого окуня, що утримувалися на початку й кінці ділянок, де відбувалось вапнування. Щодня з інтервалом у 8 років заміряли рН, мутність і електропровідність води, концентрацію основних аніонів і катіонів, вільної вуглекислоти й мономірного Al, контролювали обсяг доз нейтралізуючого розчину. Ці виміри показали, що на початку ділянки

вапнування обох річок рН, і вміст Al були значно вище, чим нижче по руслу наприкінці ділянки вапнування. Смертність ікри в одній з річок становила 72 і 18,4% відповідно. Таким чином, нейтралізація води в ріках підвищує виживання потомства риб, що пояснюється поліпшенням гідрохімічних умов [37].

Озеро Нельсон (Канада, провінція Онтаріо) на початку 70 р. ХХ ст. мало кислу реакцію води (рН 5,7) і високий вміст іонів Cu і Zn. Іхтіофауна озера перебувала у стані деградації: зник малоротий окунь (*Micropterus dolomieni*), став рідко зустрічатись озерний голец-кривомер (*Salvelinus namaycush*), у літоральній зоні переважав жовтий окунь (*Perca flavescens*) стійкий до закислення. В 1975–1976 рр. в озері проведене вапнування, у результаті чого рН підвищилось до 6,4, знизився вміст металів. Після вапнування в іхтіофауні відбулися помітні зміни: швидко впала чисельність жовтого окуня, зросла — гольця; реінтродукований малоротий окунь почав успішно розмножуватися і дав стійку й численну популяцію [38].

У 1981 р. у провінції Онтаріо розпочато роботи з дослідження можливостей іонної нейтралізації, як тимчасового заходу щодо відновлення озер, що постраждали від кислотного забруднення. У двох озерах проведене внесення у відповідній кількості вапняного порошку з літака для підвищення рН води всього озера й розпочато експерименти з локальної нейтралізації нерестових ділянок озера гольця-кривоміра (*Salvelinus namaycush*) за допомогою подрібненого вапна. Вивчення ефекту від нейтралізації почали із кривоміра через його важливість як об'єкта спортивного рибальства і відносно високої чутливості до закислення води. В озері Bowlaand (площа 108 га) через два роки після обробки рН становила 4,8–5,8; в озері Froot-Lane (площа 290 га) через 2,7 роки рН була 5,6–6,2, де живе 17 видів, зокрема кривомір [39].

Результати, отримані при хімічному аналізі поверхневих шарів води з озера Лох Фліт (Шотландія) після вапнування, розпочатого навесні 1986 р. досить обнадійливі. У струмках, що витікають із озера, і у воді самого озера на ділянках,

що прилягають до місць обробки, спостерігалось загальне підвищення рН і концентрації  $\text{Ca}^{2+}$ , а також зниження концентрації Al. Крім того, не було природної тенденції до зниження рН, концентрації  $\text{Ca}^{2+}$  під час паводку. Навесні 1987 р. озеро було заселене кумжою, яка прекрасно вижила й успішно віднерестилася взимку 1987–1988 рр. [40].

Окремі позитивні результати вапнування озер і малих річок не розв'язують проблеми ацидофікації, бо вапнування великих водойм і річок визнано економічно не вигідним. Тому подальше погіршення ситуації неминуче. Безсумнівно, дедалі більше число прісноводних водойм і водотоків, особливо в північній півкулі Землі, будуть ставати мертвими й головна причина цього — кислотне забруднення вод і водозбірних площ у результаті безповоротної втрати солей кальцію. Безумовно, тільки достатня кількість кальцію в ґрунті й воді створює сприятливі умови для рослинного й тваринного миру, оскільки кальцій є найважливішим і притому багатогранним фактором, що визначає біофізико-хімічні процеси на всіх рівнях живої й неживої природи [2, 41]. Отже, єдиний і найефективніший спосіб протидії кислотному забрудненню прісних вод і ґрунтів — їхнє вапнування.

### ВИСНОВКИ

Прогресуюче закислення ґрунтів і прісних вод в останні десятиліття наукою

й громадськістю, не без підстав, пов'язується із впливом “кислотних дощів”, що утворюються в результаті промислового забруднення атмосфери, в першу чергу, окислами сірки й азоту. Але це лише частина правди. Справа в тому, що протягом мільйонів років діє глобальний механізм підвищення кислотності прісноводних екосистем і ґрунтів. Головний механізм цієї закономірності полягає у зв'язуванні вуглекислотою й органічними кислотами мінеральних компонентів (в основному кальцію й магнію) і винос їх у моря й океани, де вони відкладаються, переважно в екваторіальній зоні, у вигляді донних відкладень. Особливо бурхливо цей процес іде в зоні з вологим і холодним кліматом, оскільки агресивність вуглекислоти збільшується зі зниженням температури. Тому низькі концентрації кальцію в ґрунтах і буферність води північних територій є результатом дії механізму вилучення кальцію протягом мільйонів років. Швидкість перерозподілу кальцію нині значно збільшилася у зв'язку з підвищенням у біосфері кількості сірки. Таким чином, природно-геологічний процес ацидофікації прісних вод посилюється кислотним забрудненням антропогенного походження. Значний досвід з вапнування озер і малих річок свідчить, що це єдиний і найефективніший спосіб протидії кислотному забрудненню. Завдяки чому підвищується виживання ембріонів, личинок риб і відновлюється їхній фауна озер.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Скадовский Н.С. Активная реакция среды в пресных водоемах и ее биологическое значение // Применение методов физической химии к изучению биологии пресных вод: Тр. Гидрофизиол. стан. ин-та эксп. биол. — М.: ГИНЗ, 1928. — С. 20–35.
2. Скадовский Н.С. Экологическая физиология водных организмов. — М.: Сов. Наука, 1955. — 337 с.
3. Almer B., Dickson W., Fkstrom C., Hornstrom F., Viller V. Effects of acidification on Swedish lakes // Ambik. — 1974. — P. 330–336.
4. Beamish R.J. Acidification of lakes in Canada by acid precipitation and the resulting effects on fishes // Water, Air and Soil Pollut. — 1976-6, № 2. — P. 501–514.
5. Beamish R.J., Hervey H.H. Acidification of the La Cloche Mountain Lakes, Ontario and resulting fish mortalities // Liid. — 1972. — 29, № 8. — P. 1131–1143.
6. Beamish R.J., Lockhart W.L., Van Loon J.C., Hervey H.H. Longterm acidification of lake and resulting effects on fishes // Ambio. — 1975. — Vol. 4, № 2. — P. 98–102.
7. Grande M. Vannets pH dens betydning for feraskvan fishes En orientering on norske underskelser of erfaringer // NIVA. — 0-139/64. — 1996. — 13 p.
8. Jensen K.W., Snekvik E. Low pH levels wipe out Salmon and trout populations in southernmost Norway // Ambio. — 1972. — Vol. 1. — P. 223–225.
9. Schfield C.L. Acid precipitation: Effects of fish // Ambio. — 1975. — 5. — P. 228–230.
10. Stokes P.M., Hutchinson T.C., Krauter K. Heavy Metal tolerance in algae isolated from polluted lakes near the Sudbury, Ontario, Smelters // Wat. Poll. Research in Canada. — 1973. — Vol. 8. — P. 177–202.

11. *Sutcliffe D.W., Carrick T.R.* Studies on montain streams in the English Lake District. I. pH, calcium and the distribution of invertebrates in the River Duddon // *Freshwat. Biol.* — 1973. — Vol. 3. — P. 437–462.
12. *Wright R.F., Lysholm C.* Regional survey of lakes in southern Norway, fall 1974. Preliminari analisis of water-chemistry data // SNSF-project. — IR 6/75. — 1975. — 24 p.
13. *Алексин О.А.* Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометиздат, 1970. — 442 с.
14. *Денисова А.И.* Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. — К.: Наук. думка, 1979. — 289 с.
15. *Виноградов А.П.* Введение в геохимию океана. — М.: Наука, 1967. — 212 с.
16. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. — М.: Наука, 1983. — 422 с.
17. *Кабак К.И.* Биотические компоненты углеродного цикла. — Л.: Гидрометиздат, 1988. — 247 с.
18. *Ронов А.Б.* Общие тенденции в эволюции состава земной коры океана и атмосферы // *Геохимия.* — 1964. — № 8. — С. 715–749.
19. *Яковенко П.И., Русинов О.А., Яковенко Ю.П.* Первое из чудес природы. — К.: Урожай, 1986. — 155 с.
20. *Борисенков Е.П., Кондратьев К.Я.* Круговорот углерода и климат. — Л.: Гидрометиздат, 1988. — 320 с.
21. *Риклефс Р.* Основы общей экологии. — М.: Мир, 1979. — 423 с.
22. *Ничипорович А.А.* Фотосинтез и “сумма жизни” на Земле // *Будущее науки.* — М., 1974. — С. 164–170.
23. *Смирнов Б.М.* Влияние человека на атмосферу Земли // *Природа.* — 1977. — С. 19–22.
24. *Волощук В.М., Бойченко С.Г., Степаненко С.Н.* та ін. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти. — К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2002. — 117 с.
25. *Бойченко С.Г., Волощук В.М.* Особливості вікової динаміки вмісту вуглекислого газу в земній атмосфері // *Наук. праці наук.-дослід. гідрометеорологічного ін-ту.* — К., 2004. — Вип. 253. — С. 72–91.
26. *Борисенко Е.П., Кондратов К.Я.* Круговорот углерода и климат. — Л.: Гидрометиздат, 1988. — 320 с.
27. *Kimball V.A.* Cabon dioxide and agricultural yiel: An assemblage and analysis of 430 prior observation // *Agron J.* — 1983. — 75. — 5. — P. 779–788.
28. *Алексин О.А., Бражникова Л.В.* Сток растворимых веществ с территории СССР. — М.: Наука, 1964. — 143 с.
29. *Осадчевий В.І., Мостова Н.М.* Математичне моделювання стану гідрохімічних систем у водоймі-охолоджувачі Запорізької АЕС // *Наук. праці наук.-дослід. гідрометеорологічного ін-ту.* — К., 2003. — Вип. 251. — С. 95–111.
30. *Экзерцев В.А., Мишулина Г.С.* О забочивании мелководий Иваськовского водохранилища // *Биология внутр. вод: Информ. бюл.* — 1976. — № 32. — С. 21–25.
31. *Орлов Д.С., Лозоновская И.Н.* Белый клад // *Химия и жизнь.* — 1980. — С. 2–6.
32. *Васильев М.Г., Новоторов О.С., Цемко В.П., Бунтова М.О.* Кислотна деградація і охорона ґрунтів // *Вісник АН УРСР.* — 1982. — № 2. — С. 86–92.
33. *Озинковская С.П., Ерко В.М., Тарасова О.М., Литвинова Т.З.* Об экологической обстановке на Каховском водохранилище // II Всесоюз. конф. по рыбохозяйственной токсикологии (ноябрь 1991 г.): Тез. докл. — СПб., 1991. — Т. 2. — С. 79–11.
34. *Семенюк О.Ф., Озінковська С.П., Коханова Г.Д., Ульянов Е.Ж., Медина Т.В., Єрко В.М.* Використання мілководь дніпровських водосховищ для створення рибних господарств з урахуванням їх впливу на екологічний стан водойм // Тез. доп. I з'їзду гідробіол. тов-ва України (Київ, 16–19 лист. 1991 р.). — К., 1995. — С. 193.
35. *Иванов М.В.* Основные потоки глобального биогеохимического цикла серы // *Глобальный биогеохимический цикл серы и влияние на него деятельности человека.* — М.: Наука, 1963. — С. 402–412.
36. *Atle H., Olav R.B.* Liming acidas watere in Norway: national policy and research and development // *Water, Air and Soil. Pollut.* 1988. — Vol. 41, № 1–4. — P. 17–24.
37. *Janicki A., Greening H.S.* The effects of stream liming on water chemistry and anadromous yellow perch spawning success in two Maryland Coastal Plain streams // *Water, Air and Soil. Pollut.* — 1988. — Vol. 41, № 1–4. — P. 359–383.
38. *Gunn J.M., Mc Murty M.J., Casselmann J.M., Keller W., Powell M.J.* Chandes in the Fish community of alimed lace near Sudbury, Ontario: effects of chemical neutralization or reduced atmospheric deposition of acids? // *Water, Air and Soil. Pollut.* — 1988. — Vol. 41, № 1–4. — P. 113–136.
39. *Dodge D.P., Booth G.M., Bichmann I.A., Keller W., Tomassini P.D.* Aan overview of lake neutralization experiments in Ontario // *Water, Air and Soil. Pollut.* — 1988. — Vol. 45, № 2. — P. 287–293.

40. Brown D.J.A., Howells G.D., Dalziel T.R.K., Stewart B.B. Loch Fleet — a research water-shed liming project // Water, Air, and Soil. Pollut. — 1988. — Vol. 41. — № 1–4. — P. 25–41.
41. Романенко В.Д., Арсан О.М., Соломатина В.Д. Кальций и фосфор в жизнедеятельности гидробиотов. — К.: Наук. думка, 1982. — 152 с.

## АЦИДОФИКАЦИЯ ПРЕСНЫХ ВОД И РОЛЬ В ЭТОМ УГЛЕКИСЛОТЫ

*В.П. Билько, С.В. Кружилина*

Показано, что повышение кислотности пресноводных экосистем и почв вызвано связыванием углекислотой и органическими кислотами минеральных компонентов (в основном кальция и магния) и выносом их в моря и океаны. Особенно сильно этот процесс осуществляется в зоне с влажным и холодным климатом, поскольку агрессивность углекислоты увеличивается с понижением температуры. Скорость перекачивания кальция в настоящее время значительно возросла в связи с повышением содержания в биосфере серы. Таким образом, естественно-геологический процесс ацидофикации пресных вод усиливается кислотным загрязнением антропогенного происхождения.

## ACIDIFICATION OF FRESH WATERS AND THE ROLE OF CARBON DIOXIDE IN THIS PROCESS

*V. Bilko, S. Kruzhilina*

It was shown that rise in acidity of freshwater ecosystems and soils was caused by binding mineral components (mainly calcium and magnesium) by carbon dioxide and organic acids and their carryover to seas and oceans. Particularly actively this process goes in the zone with humid and cold climate because aggressiveness of carbon dioxide increases with temperature decrease. Speed of calcium pumping currently significantly increased due to increased content of sulphur in the biosphere. Thus, natural geological process of fresh waters acidification is intensified by acidic pollution of anthropogenic origin.

УДК 597-19(282.247.324)

## СУЧАСНИЙ СТАН ІХТІОФАУНИ р. ДЕСНА В МЕЖАХ УКРАЇНИ

**В.О. Ткаченко<sup>1</sup>, Ю.М. Ситник<sup>2</sup>, О.В. Соляник<sup>3</sup>,  
С.М. Салій<sup>4</sup>, М.О. Борбат<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Інститут зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України,

<sup>2</sup> Інститут гідробіології НАН України,

<sup>3</sup> Національний аграрний університет,

<sup>4</sup> Київський національний університет ім. Тараса Шевченка,

<sup>5</sup> Інститут рибного господарства УААН, м. Київ

---

*Проведено аналіз змін іхтіофауни р. Десна від початку ХХ ст. до сьогодні. Поданий найповніший сучасний видовий склад іхтіофауни цієї ріки.*

---

Десна є другою за величиною після Прип'яті притокою Дніпра. Її довжина від верхів'я до гирла становить 1126 км. Територією України ріка протікає від с. Мурав'ї до гирла, довжина цієї ділянки — 605 км.

Це одна з небагатьох не зарегульованих річок у межах України, з добре

розвиненою заплавою та багатьма придатковими водоймами. Саме тому ця ріка має велике рибогосподарське значення (в основному для відтворення риб Канівського водосховища), також вона — істотна складова екологічної мережі України, бо тут проходить один із найзначніших природних транскордон-