

32. Park G.S. The role and distribution of total suspended solids in the macrotidal coastal waters of Korea // Environ. Monit. Assess. – 2007. – Vol. 135. – P. 153-162.
33. Yong R., Jia-mo F.U., Guo-ying S., Beckett R., Hart B.T. Suspended particulate and colloidal matter in natural waters // J. Environ. Sci. – 2000. – Vol. 12, N 2. – P. 129-137.
34. Zhu G.W., Chi Q.Q., Qin B.Q., Wang W.M. Heavy-metal contents in suspended solids of Meiliang Bay, Taihu Lake and its environmental significances // J. Environ. Sci. – 2005. – Vol. 17, N 4. – P. 672-675.

Інститут гідробіології НАН України, Київ

Жежеря В.А., Линник П.Н., Зубенко И.Б.

Содержание и формы нахождения металлов в озерах системы Опечень (г. Киев)

Приведены результаты исследований содержания и форм нахождения алюминия, железа, меди, марганца, хрома, титана, цинка, кадмия и свинца в воде озер системы Опечень и устья р. Сырец. Установлено загрязнение исследуемых водных объектов соединениями Al(III), Fe(II), Cu(II), Mn(II), Zn(II) и Pb(II). Важную роль в потенциальной детоксикации исследуемых мета-

лов играют процессы комплексообразования с участием растворенных органических веществ и адсорбции на поверхности взвешенных веществ.

Ключевые слова: металлы, формы нахождения, взвешенные вещества, загрязнение, озера системы Опечень.

Zhezherya V.A., Linnik P.N., Zubenko I.B.

The content and coexisting forms of metals in the system Opechen' lakes (Kiev City)

The results research of content and coexisting forms of aluminum, iron, copper, manganese, chromium, titanium, zinc, cadmium and lead in water of the system Opechen' lakes and mouth of the river Syrets are given. Pollution of investigated water bodies by compounds Al(III), Fe(II), Cu(II), Mn(II), Zn(II) and Pb(II) was established. The complexation of metals with dissolved organic substances and their adsorption on the surface of suspended matter were playing an important role in the potential detoxification of studied metal compounds.

Keywords: metals, coexisting forms, suspended matter, pollution, the system Opechen' lakes.

УДК 556.531.3/.4 + 556.551

Ю.А. Лузовіцька, Н.М. Осадча, В.А. Артеменко

ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ БІОГЕННОГО СКЛАДУ РІЧКИ ДЕСНИ ЗА ДОПОМОГОЮ СУМАРНИХ ТА РІЗНИЦЕВИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ КРИВИХ

Виявлено неоднорідність забруднення за довжиною річки Десна. Визначено кількісні параметри виносу біогенних елементів з водним стоком р. Десни. Показано, що основну частку стоку досліджених параметрів становлять сполуки силіцію, частка яких досягає 86 %. Графічним методом виконано кількісну оцінку впливу точкового джерела м. Чернігів на забруднення вод р. Десни біогенними елементами. Зроблено висновок про доцільність застосування графічних методів для дослідження навантаження річкових вод забруднювальними речовинами.

Ключові слова: біогенні елементи, точкові та дифузійні джерела забруднення, сумарні криві, різницеві інтегральні криві.

Вступ

Евтрофікація до цього часу залишається однією з найважливіших проблем функціонування водних екосистем. Уперше це явище було визначено в середині ХХ ст. і відтоді воно швидко набуло глобального характеру. Незважаючи на значні зусилля вчених різних країн, остаточно справились із цим явищем досі не вдалося.

Евтрофікація пов'язана зі зростанням умісту у воді таких біогенних елементів (БЕ) як сполуки азоту й фосфору. Наявність достатньої кількості поживних елементів стимулює неконтрольоване зростання біологічної продуктивності водних об'єктів. У разі її десятикратного підвищення виникає так зване явище «цвітіння». Розкладання постмортальних решток значної маси гідробіон-

тів спричиняє активне витрачання кисню на їхнє окиснення, накопичення патогенної мікрофлори та специфічних токсинів. Унаслідок цього погіршуються органолептичні показники води та санітарний стан об'єкта, створюються умови для виникнення задухи. Вода загалом стає непридатною для питного та господарського користування.

Азот належить до найпоширеніших на земній кулі елементів. Його основна частина зосереджена в атмосфері, у газовому складі якої масова частка азоту сягає близько 75 %. Азот вкрай необхідний для живих організмів елемент, які в процесі життєдіяльності переводять його в складні органічні молекули (амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти). Кругообіг азоту в природі є динамічною системою, до якої входять вода, атмосфера та ґрунт. Здатність азоту існувати в 9 валентних станах зумовлює високу мобільність цього елемента в природі. У літосфері його вміст становить $1 \cdot 10^{-2}$ масових %, у ґрунтах – коливається від 1,5 т/га до 15 т/га. Уміст сполук азоту у водних об'єктах коливається від 0,3-0,7 мг/дм³ в оліготрофних; 0,7-1,3 у мезотрофних до 0,8-2,0 у евтрофних екосистемах.

Єдиним природним джерелом фосфору є вивержені та осадові породи земної кори (апатити й фосфорити), у складі яких сумарний вміст фосфору не перевищує 1 %. Унаслідок контакту з континентальними водами фосфор зазнає розсіювання й переноситься в моря й океани. Уміст сполук фосфору в забруднених водних об'єктах коливається в межах тисячній-соті частки мгР/дм³.

У водних об'єктах більшості країн вміст сполук азоту й фосфору значно перевищує їхні природні концентрації, що зумовлено інтенсифікацією культурного землеробства, ростом урбанізованих територій, значними обсягами скидів стічних вод очисних споруд.

Для розробки заходів з мінімізації забруднення принциповим є розуміння основних шляхів надходження біогенних елементів у водну екосистему.

Забруднювальні речовини надходять до водних об'єктів від зосереджених (точкових) та розподілених (дифузних) джерел. Перші з них мають постійну локалізацію, не залежать від зовнішніх умов, відзначаються відносно постійними кількісними характеристиками та переліком забруднювальних компонентів. Дифузне забруднення істотно залежить від водного стоку, а кількісні параметри варіюють протягом часу в широких межах.

Тривалий час основні водоохоронні заходи були націлені на зниження забруднення від точко-

вих джерел, що супроводжувалось будівництвом очисних споруд, поглибленням ступеня очистки стічних вод. Незважаючи на значні фінансові затрати, які були задіяні розвиненими країнами, уміст біогенних елементів у поверхневих водах суттєво обмежити не вдалося. Це було викликано впливом дифузних джерел, роль яких до цього часу недооцінювалась. Так, згідно з 2-им Планом управління, розробленим міжнародною комісією із захисту басейну Дунаю, дифузні джерела зумовлюють 42 % загального забруднення річки сполуками азоту та 28 % – сполуками фосфору [7]. Для зменшення забруднення від дифузних джерел у ЄС системно поєднується використання законодавчих норм (зокрема, Директива з нітратів) з Кодексами найкращих практик. Нині країни ЄС приступили до розробки узагальнюючого Керівництва зі стійкого сільськогосподарського виробництва. Загальну характеристику впливу антропогенних чинників на процеси формування якості поверхневих вод описано в [1, 2].

В Україні до цього часу контроль над забрудненням поверхневих вод біогенними елементами в основному зосереджений на регулюванні впливу точкових джерел. Ступінь впливу дифузних джерел невідомий. Беручи до уваги значний розвиток сільськогосподарського сектора економіки, він, априорі, може бути високим. Крім того, зобов'язання, взяті країною під час підписання Угоди про асоціацію з ЄС, спонукають до активних дій у зазначеному напрямку.

Метою цієї роботи було проведення досліджень щодо встановлення наявності впливу дифузних джерел на забруднення поверхневих вод у басейні р. Десна, водні ресурси якої є важливим джерелом питного водозабезпечення м. Києва та супутніх міст.

Матеріали та методи досліджень

Вихідними даними були результати щоденних спостережень ПАТ «Київводоканал» у замкальному створі Десни поблизу с. Літки за вмістом мінеральних форм азоту, фосфору, силіцію, чисельністю фітопланктону за період 1991-2011 рр. Дані про витрати води та вміст ортофосфатів у створі с. Літки, а також хімічний склад води у створі м. Чернігова взято з бази даних мережі гідрометеорологічних спостережень ДСНС України. Указана інформація має певні особливості. Якщо для витрат води забезпечуються щоденні дані, то частота відбору проб на хімічний склад не перевищує 1 разу на квартал. Це призводить до виникнення значних похибок під час проведення розрахунків хімічного стоку. Для подолання зазначеного недоліку ми задіяли обробку

наявних рядів спостережень методом кубічних сплайнів [2].

Роботу було сконцентровано на визначенні стоку біогенних елементів, дослідженні його динаміки та умов формування на середній та нижній частинах української ділянки басейну р. Десни за період 1991-2011 рр. Хімічний стік обчислено на підставі щоденних даних про витрати води та вміст забруднювальних речовин за загальноприйнятим методом [1]. Крім цього, задіяно сумарні та подвійні інтегральні криві, різницево-інтегральні криві та графіки зв'язку між водним стоком і виносом біогенних елементів.

Результати та їх обговорення

Загальна оцінка стану поверхневих вод басейну р. Десни

Оцінкою екологічної якості поверхневих вод р. Десни, виконаною за методикою [4], показано, що найбільше забруднення відбувається такими показниками, що визначають екологічний стан екосистеми, зокрема, сполуками фосфору, нітритів, амонію та органічними речовинами. За величиною групового трофо-сапробіологічного індексу якість води в замикальному створі поблизу с. Літки (рис. 1) – «задовільна» за станом, слабо забруднена, евтрофна (4 категорія III класу).

Стік біогенних елементів

Для детальнішого вивчення умов і чинників, що викликають забруднення води р. Десна, ми провели кількісну оцінку стоку біогенних елементів на середній та нижній ділянках річки в створах м. Чернігів та с. Літки (рис. 2).

Серед біогенних елементів основну частку стоку становлять сполуки силіцію, частка яких

у створі м. Чернігів та с. Літки близька за значенням (85 % та 87 % відповідно).

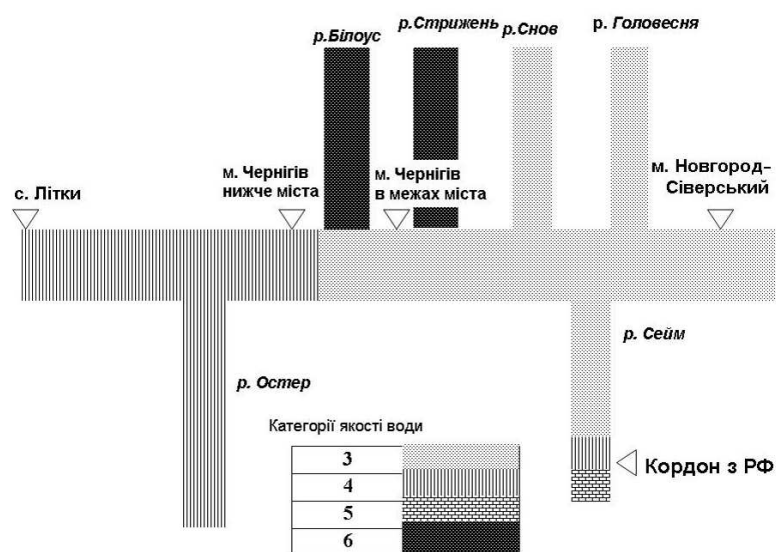
Порівняно із силіцієм значно меншу роль у виносі біогенних елементів відіграють сполуки азоту – 13 % у створі м. Чернігів та 11 % поблизу Літок. Незважаючи на те, що частка азоту в обох створах близька за значенням, у їхньому виносі існує істотна відмінність. Так, на середній ділянці річки, у створі м. Чернігів домінує азот у формі амонійних сполук (69 %). Цей факт пов'язаний з тим, що м. Чернігів – великий обласний центр із населенням близько 300 тис. чол. Як відомо, протягом доби від життєдіяльності 1 особи в стічні води надходить 7-8 г $N-NH_4^+$, що становить 2,7 кг $N-NH_4^+$ /рік. Отже, сумарно від м. Чернігова за рік може надходити > 800 т $N-NH_4^+$. На очисних спорудах міста застосовується другий, мікробіологічний, тип очищення. Ефективність цього методу дещо вища за 50 %, тобто зі стічними водами міста орієнтовно може скидатися 300-400 т $N-NH_4^+$ /рік. Наведені дані переконливо підтверджуються даними державної статистичної звітності 2-ТП Водгосп. Стічні води м. Чернігова спочатку надходять до невеликої притоки р. Білоус, яка протікає поблизу міста. Екосистема зазначеної річки фактично приймає на себе більшу частину забруднення стічними водами, вміст амонійних сполук азоту в її водах утрічі перевищує ГДК.

Останніми роками відзначається тенденція до зменшення частки вносу амонійних сполук азоту в створі м. Чернігова. Найвірогідніше, це пов'язано із започаткуванням доочищення стічних вод у біоставках.

У створі с. Літки основну частину сполук азоту представлено нітратною формою – > 63 %. Надходження $N-NO_3^-$ у річкові води більшою мірою пов'язано з їхнім зливом із поверхні водозбору від розподілених джерел. У сільськогосподарському виробництві широко застосовуються азотні добрива, які належать до легкокорозчинних сполук. Недотримання норм і строків внесення, невідповідні умови зберігання добрив призводять до їх винесення атмосферними опадами в річкові системи.

Частка вносу мінерального фосфору найменша серед БЕ (2 % на обох пунктах спостережень). За досліджуваний період для сто-

Рис. 1. Горизонтальна структура забруднення води р. Десни за трофо-сапробіологічним індексом



ку БЕ відзначено тенденцію до збільшення, що встановлено за допомогою непараметричного тесту Манна-Кендалла.

Визначення чинників формування виносу мінеральних сполук азоту та фосфору

Дослідження однорідності стоку БЕ було проведено з використанням сумарних кривих водного та хімічного стоку (рис. 3). Як видно з рис. 2 (а), водний стік на обох ділянках річки характеризується однорідністю, на кривих відсутні різкі відхилення та екстремуми.

Разом із тим сумарні криві хімічного стоку мають низку відхилень і такі відхилення найбільше проявляються в створі м. Чернігів. Цей факт свідчить про значний вплив антропогенного джерела. Слід зауважити, найбільший вплив м. Чернігова відзначався в 1980-1990 рр., коли активно функціонували всі галузі економіки. З розпадом СРСР у 1991 р. виробництво різко скоротилося, занепало сільське господарство, це призвело до істотного зменшення стоку сполук азоту. До теперішнього часу винос сполук азоту в створі м. Чернігів характеризується неоднорідністю і з об'ємом водного стоку практично не пов'язаний. Це говорить про недостатнє очищення стічних вод міста, а також про наявність яскраво вираженого забруднення сполуками азоту від точкових джерел.

Сумарна крива виносу нітратного азоту поблизу Літок практично повторює аналогічну криву водного. Цей факт слугує підтвердженням формування стоку $N-NO_3^-$ змивом із поверхні водозбору. Нітратні сполуки відзначаються високою розчинністю і легко вимиваються стоком води. Порівняно з нітратними сполуками сумарна крива стоку азоту в амонійній формі має яскраво виражене відхилення 1991-1998 рр. На нашу думку, це може бути пов'язано зі зменшенням обсягів стічних вод, скороченням населення та меншим споживанням протеїновмісних продуктів унаслідок економічної кризи, що відображено в даних Держкомстату. Починаючи з 1998 р., сумарна крива стоку азоту амонійного наближається до лінії загального тренду, тобто значення впливу точкового джерела різко зменшилося.

Отримані результати свідчать, що навантаження на водну екосистему р. Десна в нижній частині її басейну визначається переважно дією дифузних джерел.

Кількісне визначення впливу міст на хімічний стік виконується різними методами. Зокрема, у [3] наведено результати, отримані для 1998 р. балансовим методом. У нашому дослідженні для оцінки впливу м. Чернігова було використано метод подвійної сумарної кривої хімічного та водного стоку.

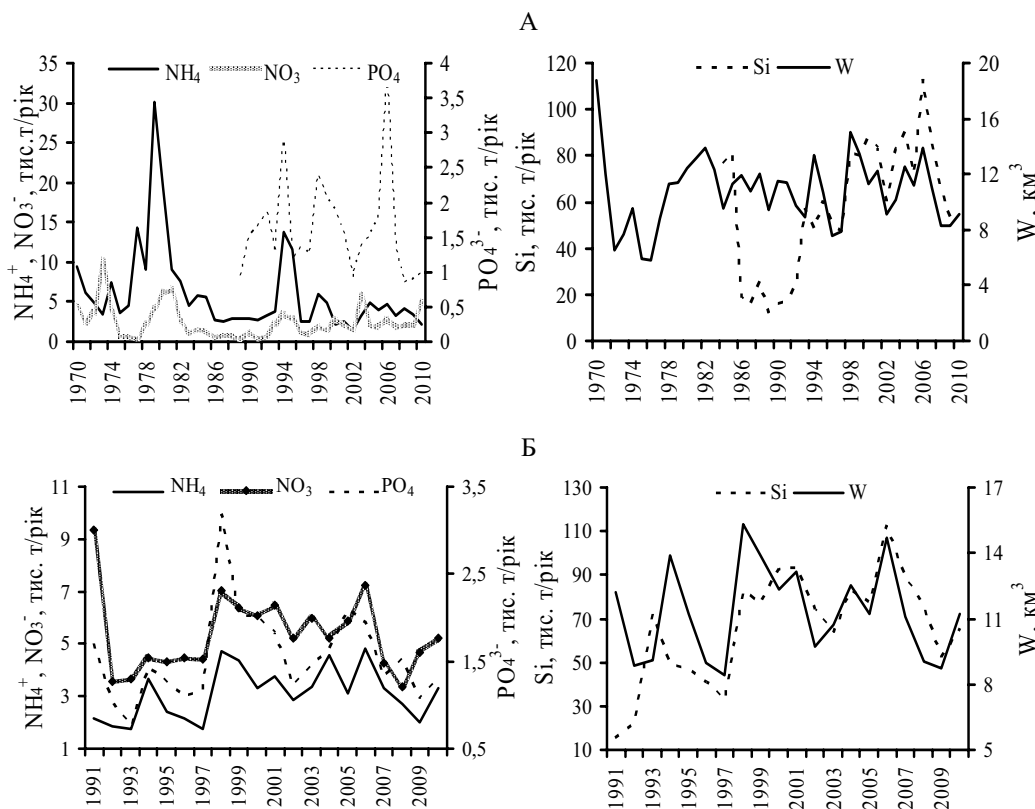


Рис. 2. Хронологічні криві водного стоку та стоку біогенних елементів у створах А – м. Чернігів та Б – с. Літки

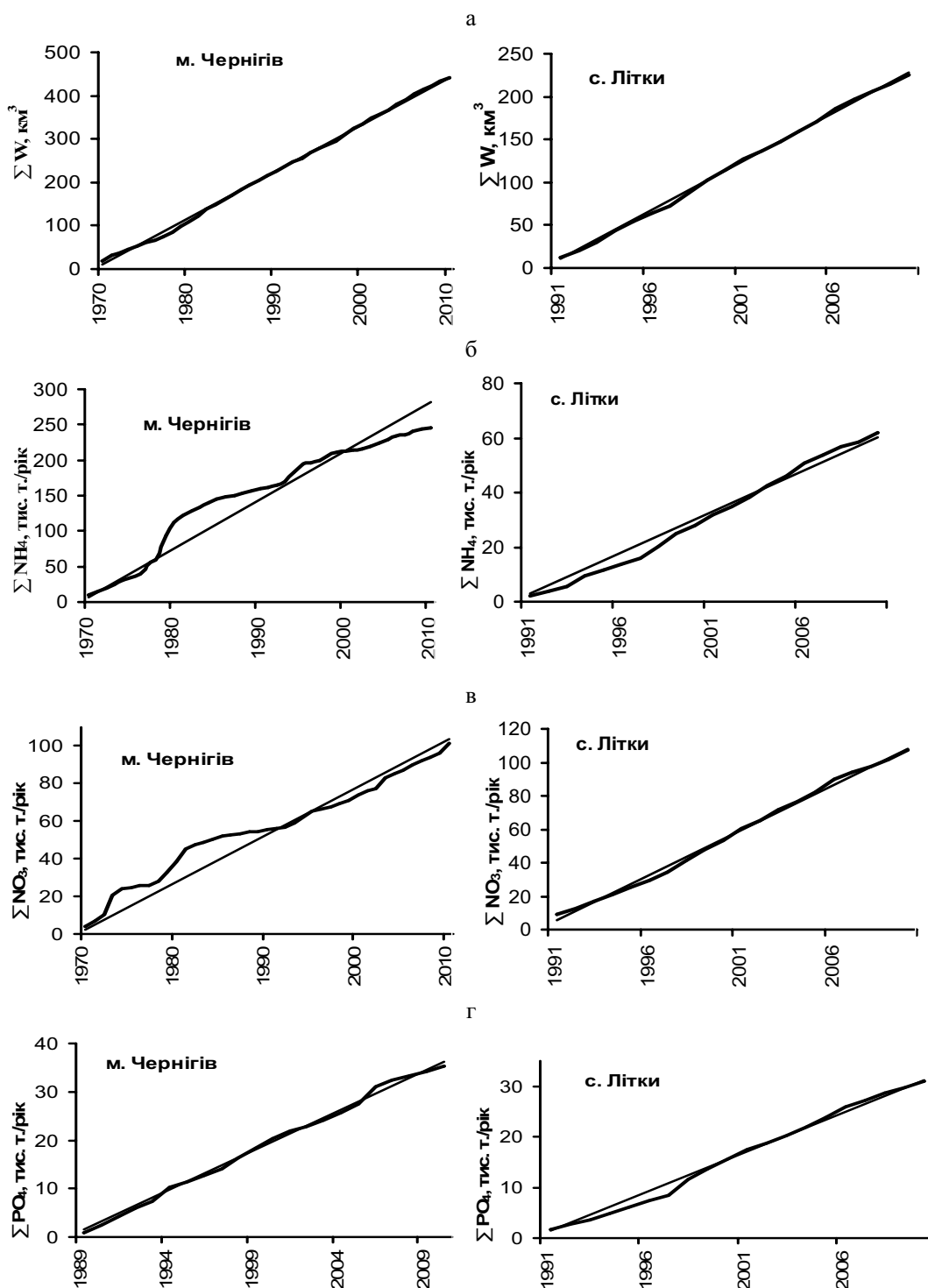


Рис. 3. Сумарні криві: а) водного стоку, б) стоку азоту амонійного, в) стоку азоту нітратного, г) стоку ортофосфатів

Середню за досліджуваний період зміну стоку біогенних елементів щодо водності обчислено на підставі вимірювання кута нахилу в початковій та кінцевій точці відхилення за формулою, наведеною в [5]:

$$Kn = \operatorname{tg} \alpha / \operatorname{tg} \alpha_1, \quad (1)$$

де Kn – середня за період зміна досліджуваної

величини, α і α_1 – кути нахилу сумарної кривої в початковій та кінцевій точці відхилення. Вимірювання кутів нахилу виконано за допомогою програмного коду, розробленого в системі FreeMat (рис. 4).

З отриманих результатів впливає неоднорідність формування умов виносу амонію біля Чернігова. Цей висновок було зроблено на підставі

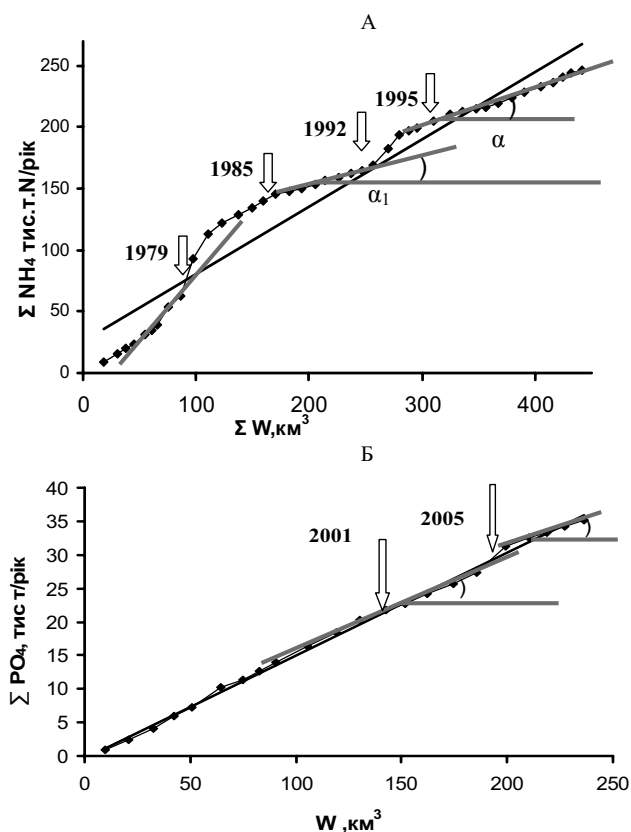


Рис. 4. Подвійна сумарна крива між виносом А – амонію та водним стоком, Б – фосфору та водним стоком р. Десна, м. Чернігів

наявності значних переломів на сумарній кривій. Перший значний перелом відмічено в 1979 р., коли величина його виносу досягла найбільшого за весь період спостережень значення. Тоді ж водний стік у цей рік перевищив середнє багаторічне значення лише на 4,6 %. Очевидно, це було зумовлено надходженням значної кількості недостатньо очищених господарсько-комунальних стоків.

Друга група переломів була направлена в бік зменшення й спостерігалася в період 1985-1992 рр. Підставивши значення отриманих кутів нахилу кривої стоку амонійного азоту у формулу (1), отримали, що ступінь відхилення досягав

0,34 або 66 %. Причини такого зменшення вказано вище і зумовлені вони розпадом СРСР.

Третя група переломів спостерігалася протягом 1993-1994 рр., коли стік амонійного азоту знову зріс на фоні відповідного зростання водного стоку. Із 1995 р. відзначено зменшення виносу амонійних сполук відповідно до попереднього періоду на 67 %. За даними роботи [3] в багатководному 1998 р. відносний вплив м. Чернігова на стік амонійного азоту становив 26,5 %.

Подвійна сумарна крива стоку мінерального фосфору й водного стоку в створі м. Чернігів також носить неоднорідний характер, але порівняно з $N-NH_4^+$ має менші кути відхилень і характеризується двома переломними періодами. Перший з них тривав з 2001 до 2005 (α_1), другий – з 2006 до 2010 (α). Звідси випливає, що

$$Kn = \frac{\text{tg}(6^\circ)}{\text{tg}(9^\circ)} = 0,11/0,165 = 0,66$$

Отже, зменшення виносу фосфатів за останній період відбулось на 34 %. Очевидно, це було зумовлено зменшенням скидів стічних вод та проведенням політики обмеження використання фосфоровмісних мийних засобів.

Визначення чинників формування виносу сполук силіцію

Сумарні криві стоку силіцію в середній та нижній частинах басейну р. Десни (створи м. Чернігів та с. Літки) мають схожий характер (рис. 5).

До початку 2000-х рр. в обох пунктах відзначалось суттєве відхилення від загального тренду. Силіцій – найпоширеніший елемент у природі, його вміст у воді не залежить від антропогенного впливу. На нашу думку, зменшення стоку силіцію до 2000 р. було зумовлено асиміляцією фітопланктоном. За даними авторів [6], основою альгофлори р. Десна є діатомові водорості. Цей вид водоростей відзначається наявністю кремнеземного панцира, на спорудження якого водорості споживають силіцій із води.

Після 2000-х рр. у воді р. Десни спостеріга-

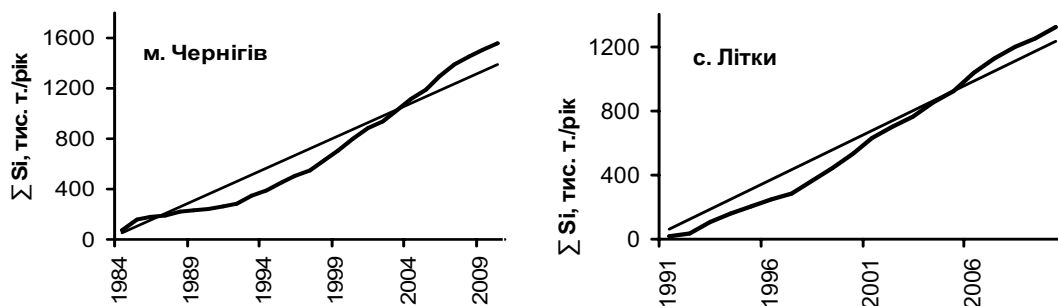


Рис. 5. Сумарні криві стоку силіцію на середній (м. Чернігів) та нижній (с. Літки) ділянках р. Десни

ється збільшення концентрацій силіцію, що призвело до збільшення його загального стоку. Очевидно, що причиною стало зменшення кількості фітопланктону, що й підтверджується відповідною різницевою інтегральною кривою (рис. 6). На розвиток та життєдіяльність діатомей впливає низка чинників. Передусім, температура та ступінь освітленості [8]. Оскільки температура води визначається зональними кліматичними характеристиками, а її сезонний хід залежить від сезонного ходу температури повітря, цей чинник вважали стабільним.

Як видно з рис. 6, з 2000 р. спостерігається фаза зростання водного стоку. Басейн Десни розташований у гумідній зоні, містить заболочені території, з яких вимиваються органічні речовини гумусового походження. Останні мають жовто-коричневе забарвлення і надають воді колірності, в результаті чого зменшується її прозорість. Це перешкоджає проникненню в товщу води променів сонячного світла, від якого залежить процес фотосинтезу.

Взаємозв'язок відзначених параметрів чітко

простежується на різницевих інтегральних кривих умісту сполук силіцію, водного стоку та колірності води.

На підтвердження висловленого припущення було побудовано подвійні сумарні криві між виносом силіцію й чисельністю фітопланктону, а також колірністю й фітопланктоном (рис. 7). Лінії перелому на обох графіках мають подібні обриси, з чого випливає, що надмірна колірність лімітує розвиток фітопланктону, наслідком чого є зростання виносу силіцію.

Висновки

Оцінка екологічної якості поверхневих вод басейну р. Десни свідчить про їх незадовільний стан та евтрофованість. У замикальному створі поблизу с. Літки вода р. Десна – «задовільна» за станом, слабо забруднена, евтрофна (4 категорія III класу). Це свідчить про те, що однією з основних водно-екологічних проблем басейну р. Десна є забруднення біогенними елементами.

Ступінь забруднення води р. Десна трофосапробіологічними показниками зростає від верх-

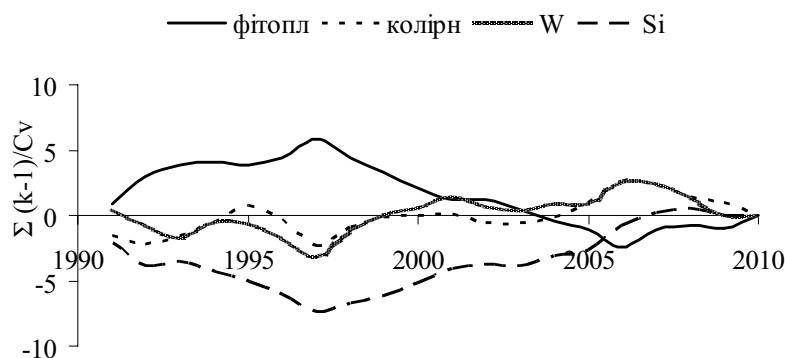


Рис. 6. Різницеві інтегральні криві коливань водності, стоку силіцію, колірності та чисельності фітопланктону у воді р. Десна, с. Літки

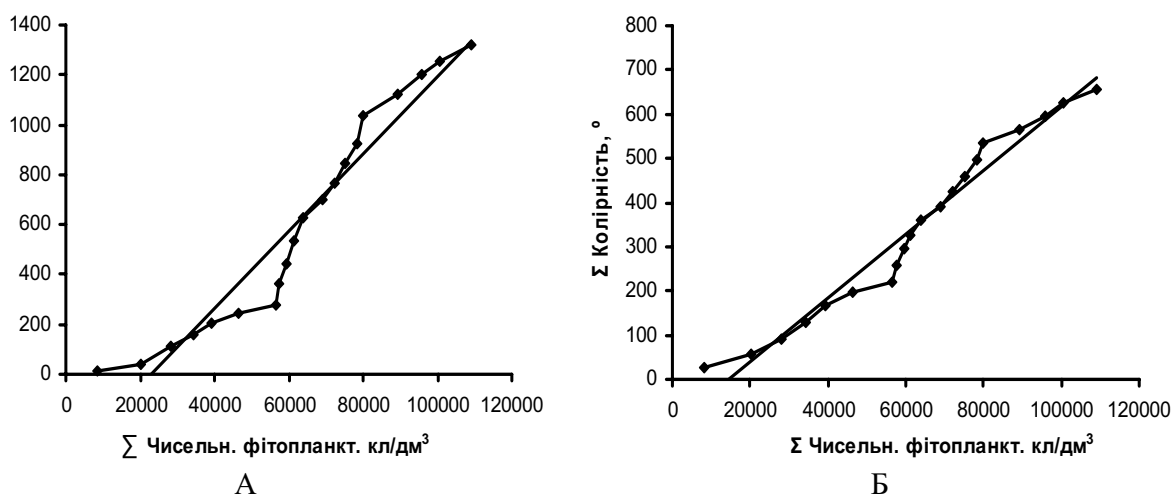


Рис. 7. Подвійна сумарна крива між (А) виносом силіцію і чисельністю фітопланктону та (Б) колірністю і чисельністю фітопланктону р. Десна, с. Літки

ньої до нижньої частини. Значний тиск відзначено в середній частині в районі м. Чернігова.

На підставі розрахунку стоку біогенних елементів показано, що його основну частину становлять сполуки силіцію, частка яких досягає 86 %. Порівняно з силіцієм значно меншу роль відіграють сполуки азоту — 12 %, а частка фосфору найменша — 2 %. У стоці азоту поблизу м. Чернігів домінують амонійні сполуки, що є ознакою надходження стічних вод і свідчить про значний вплив точкового джерела. У нижній частині басейну річки (с. Літки) домінуюча частка сполук азоту представлена його нітратними формами, які через високу розчинність легко вимиваються з ґрунтового покриву і надходять у руслову мережу через дифузний змив. У зв'язку з цим назріла термінова необхідність розробки методів оцінки надходження біогенних елементів від розподілених джерел.

Графічним методом виконано кількісну оцінку впливу точкового джерела м. Чернігів на стік сполук азоту й фосфору за весь період спостережень. Зазначено, що в створі м. Чернігова з 1995 р. зафіксовано зменшення виносу амонійних сполук відповідно до попереднього періоду на 67 %. З 2006 р. по 2010 р. відзначено зменшення виносу сполук фосфору мінерального на 34 %.

Сумарні криві стоку силіцію характеризуються тривалим відхиленням від основного тренду протягом 1988-2004 рр. як на середній ділянці річки, так і в її пониззі. У цей період відзначено тісну кореляцію виносу силіцію з кількістю фітопланктону. З початку 2000-х стік силіцію варіював відповідно до змін водного стоку. Причиною стало зростання колірності води на фоні збільшення водності річки з наступним пригніченням розвитку фітопланктону через зменшення прозорості води.

Отримані результати показали доцільність та практичність застосування методів сумарної, подвійної сумарної та різницевої інтегральної кривої для дослідження навантаження річки забруднювальними речовинами. Беручи до уваги, що біогенний стік Десни формує 35 % стоку NO_3^- , 25 % стоку PO_4^{3-} від їх загального виносу з водами р. Дніпро в Чорне море [3], можна говорити про глобальні наслідки надлишку біогенних речовин у воді досліджуваної річки.

* *

1. Алевкин О. А., Бражникова Л. В. Сток растворенных веществ с территории СССР — М.: Наука, 1964. — 144 с.
2. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение. — М.: Мир, 2001. — 575 с.
3. Лузовіцька Ю. А., Осадча Н. М., Осадчий В. І. Винос

біогенних елементів з басейну річки Десни // Наук. пр. УкрНДГМІ, 2011, Вип. 261. — С. 117-138.

4. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Під ред. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П та інші. — К., 1998. — 28 с.
5. Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. — Л.: Гидрометеоздат, 1974.
6. Усов А. Е., Афанасьев С. А., Гулейкова Л. В. и др. Экологические риски, возникающие вследствие сброса загрязненных вод г. Чернигова в водотоки // Гидробиол. журн. — 2008. — Т. 44, №1. — С. 45-59.
7. Management Plans for the Danube River Basin published 2015 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: www.icpdr.org/main/management-plans-danube-river-basin-published. Дата звернення 2.03.2015.
8. Poulsen N., Sumper M., Kröger N. Biosilica formation in diatoms: Characterization of native silaffin-2 and its role in silica morphogenesis (англ.) // PNAS. — 2003. — Vol. 100, no. 21. — P. 12075-12080.

Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ

Ю.А. Лузовицкая, Н.М. Осадчая, В.А. Артеменко

Определение факторов формирования биогенного состава реки Десны с помощью суммарных и разностных интегральных кривых

Обнаружено неоднородность загрязнения по длине реки Десны. Определены количественные параметры выноса биогенных элементов с водным стоком реки. Показано, что основную долю стока исследованных параметров составляют соединения силиция, доля которого в среднем составляет 86 %. Графическим методом выполнено количественную оценку влияния точечного источника г. Чернигова на загрязнение вод р. Десны биогенными элементами. Сделан вывод о целесообразности применения графических методов для исследования нагрузки речных вод загрязняющими веществами.

Ключевые слова: биогенные элементы, точечные и диффузные источники загрязнения, суммарные и разностные интегральные кривые.

Yu. A. Luzovitska, N. M. Osadcha, V. A. Artemenko

Determination of the factors of the nutrient composition formation of the Desna River using the mass curves and the residual mass curves

Water pollution along the Desna River is inhomogeneous. The quantitative parameters of nutrients discharges with the Desna River were found. Silicon compounds accounts for 86% of the nutrient flow. The quantitative assessment of the point source impact of the Chernihiv city on the Desna River water pollution by the nutrients was done by graphic method. The conclusion about the expediency of the graphic methods using for the research of the river water pollution was made.

Keywords: nutrients, point and diffuse sources of pollution, mass curve, residual mass curve.