

УДК 556.531(477.53):556.114
© 2014

Авраменко Н. І., аспірант

*(науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор П. В. Писаренко)
Полтавська державна аграрна академія*

СЕЗОННА МІНЛИВІСТЬ БІОГЕННИХ РЕЧОВИН У РІЧЦІ ВОРСКЛА

Рецензент – кандидат сільськогосподарських наук М. А. Піщаленко

Розглядаються основні чинники, що найбільше впливають на сезонну мінливість біогенних речовин у річці Ворскла. Встановлено, що важливу роль відіграють природні циклічні коливання водного стоку і його регулювання. Зазначено пряму залежність між життєдіяльністю гідробіонтів та сезонним вмістом біогенних речовин у водоймах. Наведено результати досліджень із вивчення впливу гідробіологічних (фотосинтетичних) процесів та біологічного фактора на коливання значень вмісту біогенних речовин. Підкреслюється, що рівень вмісту біогенних речовин лімітує розвиток біологічних процесів у воді. Визначено, що мінливість біогенних елементів у річкової воді має чітко виражений сезонний характер. Встановлено залежність між величиною водного стоку й розвитком гідробіологічних процесів. Охарактеризовано евтрофікаційні процеси річки Ворскла, з якої проводиться збір агроекологічної інформації.

Ключові слова: біогенні речовини, сезонна мінливість, гідробіологічні процеси, гідрохімічні показники, величина водного стоку, природні екосистеми, органічні та мінеральні сполуки, процес евтрофікації («цвітіння» водойм).

Постановка проблеми. Зі зростанням міського населення і розвитком промислового виробництва збільшилася кількість стічних вод і підвищилася концентрація забруднень, що призвело до забруднення річок і морів, стрімкого розмноження окремих водоростей, до «цвітіння» природних водойм. У результаті зникає кисень, що згубно відображається на рибах та інших мешканцях водойм. Окрім того різко знизилася швидкість течії річок, а час добігання води до гирла річки збільшився в кілька разів, що створило сприятливі умови для евтрофікації («цвітіння») води.

До біогенних елементів, що саме й спричинюють евтрофікацію, відносяться насамперед азот, фосфор та кремній у різних сполуках. Найбільше значення мають фосфор та азот, що є обов'язковими елементами тканин будь-якого живого організму. Концентрація біогенних елементів та їхній режим залежать від інтенсивності біологічних і біохімічних процесів у водоймі, а також від кількості біогенів, що потрапляють у

водойму зі стічними водами й поверхневим стоком на площі водозбору. Концентрації азоту і фосфору характеризують трофічність («кормність») водойми. Режим біогенних елементів розглядають як вихідний показник потенціальної евтрофікації.

Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Евтрофікація (від грецького eutrophia – добре харчування) – збагачення водойм біогенними елементами, що супроводжується підвищенням продуктивності водойми [4]. Евтрофікація – збільшення вмісту біогенних речовин у водоймі, що викликає бурхливе розмноження водоростей, зниження прозорості води й вмісту розчиненого кисню у глибинних шарах внаслідок розкладу органічної речовини мертвих рослин і тварин, а також масову загибель донних організмів. Евтрофікація може бути наслідком природного старіння водойми, внесення добрив або забруднення стічними водами [1].

Вважається, що надмірна евтрофікація водойм починається за вмісту у воді азоту в концентрації 0,2–0,3 мг/л, а фосфору – 0,01–0,02 мг/л. У процесі переходу від оліготрофних водойм до мезотрофних та евтрофних суттєво зростає частка амонійного азоту в його загальній кількості [5].

При регулюванні річкового стоку час проходження води від витoku до гирла зростає в 10–15 разів. Уповільнення водообміну в річкової системі супроводжується значними змінами гідрохімічного й гідробіологічного режимів. Надходження органічних і токсичних сполук, біогенних елементів сприяє виникненню умов для евтрофікації водойми, порушення процесу самоочищення, заростання, тобто масового розвитку вищої водної рослинності.

Дослідження концентрації головних іонів та біогенних речовин у річках басейну Дніпра свідчать, що антропогенний фактор істотно впливає на вміст азоту й фосфору, передусім у річках лісостепової та степової зон [6]. Частка загального фосфору у р. Ворскла становить 0,02 % [3].

Життєдіяльність гідробіонтів відіграє важливу роль у сезонній мінливості біогенних речовин у

водоймах. Загальна схема життєдіяльності гідробіонтів у водоймі наступна: навесні, і за активного розвитку фітопланктону, вміст біогенних речовин зазвичай знижується за рахунок їх споживання, відзначається збільшення вмісту розчиненого кисню та органічної речовини; збільшується влітку за рахунок зростання швидкостей бактеріального розпаду органічної речовини. В осінньо-зимовий період, коли швидкість споживання біогенних речовин відносно мала, концентрації мінеральних сполук азоту та фосфору підтримуються за рахунок біохімічного розкладання органічної речовини відмерлих водних організмів [2].

До основних особливостей річок, від яких залежить хімічний склад річкової води та її гідрохімічний режим, відносять внутрішньорічний розподіл водного стоку, що безпосередньо пов'язано з кліматичними і погодними умовами. Так, концентрації головних іонів, зазвичай, мінімальні в період повені та паводків, а в межень – найбільші [8].

Мета дослідження – вивчення впливу біогенних речовин на евтрофікаційні процеси річки Ворскла. Отримані результати дадуть змогу контролювати масове розмноження планктонних водоростей та визначити найбільш ефективні заходи боротьби з таким негативним явищем, як «цвітіння» води.

Зважаючи на вищевикладене, головними завданнями наших досліджень є:

- дослідити основні чинники, що мають найбільший вплив на сезонну мінливість біогенних речовин у річці Ворскла;
- визначити оптимальні умови для накопичення біогенних речовин;
- встановити кількісний склад біогенних речовин у річці Ворскла;
- встановити вплив різних хімічних речовин на розмноження мікроорганізмів;
- дослідити залежність процесу евтрофікації води від вмісту біогенних речовин.

Предмет дослідження: кількісні та якісні показники, що характеризують процеси евтрофікації водних об'єктів.

Матеріали і методи дослідження. Методики дослідження передбачали проведення аналітичних, натурних і лабораторних досліджень, розрахункову частину, математичну й графічну обробку отриманих результатів.

Дослідження проводили в різних районах річки Ворскли впродовж весняно-літнього періоду 2010–2012 років. Визначення вмісту речовин у воді проводили за стандартними методиками.

Колір, запах, осад, мутність, прозорість та присмак визначалися за загальними методами визначення органолептичних показників. Принцип методу визначення нітратів заснований на реакції між фенолдисульфоюкислотою. Сухий залишок визначали шляхом гравіметричного виявлення розчинних речовин. Методика визначення вмісту хлоридів ґрунтується на титрометричному їх осадженні в нейтральному середовищі нітратом срібла за наявності хромату калію в якості індикатора. Визначення сульфатів базується на осадженні їх у кислому середовищі хлоридом барію. Розчинний кисень визначали за методом Вінклера. Методика визначення загальної жорсткості ґрунтується на утворенні міцного комплексного зв'язку при рН 10,0 іонів кальцію і магнію з Na_2EDTA .

Визначення вмісту у воді азоту та фосфору проводилося за допомогою гетерополікомплексів із використанням екстракційного та сорбційного розділення.

Результати досліджень. Сезонна мінливість біогенних речовин у річці Ворскла залежить від величини водного стоку, який визначається ґрунтово-поверхневим стоком і осіданнями, метеоумовами, життєдіяльністю гідробіонтів (особливо фітопланктону), які засвоюють ці речовини, а також від надходження техногенного стоку (промислового, сільськогосподарського та комунального стоку).

Важливу роль відіграють природні циклічні коливання водного стоку і його регулювання. Вплив біологічного фактора, а саме життєдіяльності фітопланктону, через високу природню каламутність води річки Ворскла незначний, і біогенні речовини не лімітують його розвиток. Висока каламутність води інгібує розвиток фітопланктону – основного продуцента кисню.

У цей період вміст розчиненого кисню змінювався в незначних межах – 8–12 мг • дм⁻³, при насиченні 80–95 %. Річні зміни вмісту біогенних речовин залежать лише від витрати води – збільшення стоку річки призводить до їх зростання за рахунок надходження з водозбірної площі.

Гідробиологічні (фотосинтетичні) процеси річки Ворскла відіграють важливу роль у сезонній мінливості біогенних речовин. Підтвердженням активізації процесів фотосинтезу в річці в останнє десятиліття є щорічне «цвітіння» води, викликане масовим розвитком фітопланктону в теплий період року, яке супроводжується перенасиченням води киснем (близько 150 % насичення), зростанням величин рН, зниженням концентрацій біогенних сполук.

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

1. Сезонна мінливість деяких гідрохімічних параметрів (середні значення) у воді річки Ворскла за період 2010–2012 рр.

Інгредієнт	Сезон			
	зима	весна	літо	осінь
O ₂ , мг·дм ⁻³	12,8	10,8	7,4	8,2
O ₂ , % насичення	96,2	99,2	97,3	101,7
pH	7,8	7,5	7,7	7,7
PO ₄ ³⁻ , мг·дм ⁻³	0,2	0,15	0,1	0,15
P _{орг.} , мг·дм ⁻³	0,039	0,024	0,030	0,031
NH ₄ ⁺ , мг·дм ⁻³	0,378	0,247	0,060	0,148
NO ₂ ⁻ , мг·дм ⁻³	0,052	0,052	0,038	0,065
NO ₃ ⁻ , мг·дм ⁻³	1,451	1,425	0,803	0,952
N _{орг.} , мг·дм ⁻³	3,479	2,636	0,802	0,752
SiO ₃ ²⁻ , мг·дм ⁻³	3,321	2,988	1,692	2,339
Середній шар стоку, мм	64			

Дослідження, проведені в 2010–2012 рр., показали, що мінливість біогенних елементів у річкової воді має чітко виражений сезонний характер і залежить від величини водного стоку та розвитку гідробіологічних процесів.

Концентрації фосфатів, мінеральних форм азоту і кремнію знижуються від зими до літа й зростають восени. Це служить підтвердженням активного протікання процесів фотосинтезу у воді в теплий період року і мінералізації органічної речовини восени.

Восени в зв'язку з мінералізацією органічної речовини концентрації біогенних речовин – фосфатів, амонійного азоту, нітритів – збільшуються. Це пов'язано з надходженням цих сполук із теригенними стоками в період дощів. Для сполук кремнію відзначено деяке зростання концентрацій восени.

Нами встановлено, що взимку в роки з мінімальним стоком у воді відзначали максимальні за весь період спостережень концентрації фосфатів і нітратів – удвічі більше, ніж у багатоводні роки. Це пов'язано, на нашу думку, з тим, що в роки підвищеної водності відбувається розбавлення біогенного стоку річки теригенними водами, які несуть значну кількість зважених речовин, кремнію й органічного азоту (табл. 2).

Навесні (табл. 3), з ростом температури води і активізацією біологічних процесів, які, в першу чергу, пов'язані з фотосинтезом і створенням нової органічної речовини, максимальні значення азоту амонійного (0,607 мг·дм⁻³), нітратів (2,319 мг·дм⁻³), фосфатів (0,307 мг·дм⁻³), кремнію (4,641 мг·дм⁻³) відзначали в роки із середнім стоком.

2. Мінливість гідрохімічних показників (середні значення) взимку у воді річки Ворскла в роки з різною величиною водного стоку

Інгредієнт	Роки		
	маловодні	середні за водними стоками	багатоводні
T, °C	–	6,7	2,4
O ₂ , мг·дм ⁻³	–	12	13,1
% насичення	–	100	96
pH	–	7,5	7,7
PO ₄ ³⁻ , мг·дм ⁻³	0,288	0,176	0,116
P _{орг.} , мг·дм ⁻³	0,103	0,061	0,105
NH ₄ ⁺ , мг·дм ⁻³	0,39	0,463	0,041
NO ₂ ⁻ , мг·дм ⁻³	0,017	0,065	0,015
NO ₃ ⁻ , мг·дм ⁻³	2,201	1,209	0,715
N _{орг.} , мг·дм ⁻³	3,005	3,362	4,862
SiO ₃ ²⁻ , мг·дм ⁻³	3,259	2,99	4,378
ПО, мг O·дм ⁻³	14,28	10,67	6,27

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

3. Мінливість гідрохімічних показників (середні значення) навесні у воді річки Ворскла в роки з різною величиною водного стоку

Інгредієнт	Роки		
	маловоддя	середні за водністю	багатоводні
T, °C	12,1	12	6,5
O ₂ , мг·дм ⁻³	9,33	9,5	12,8
% насичення	88	95	107
pH	7,5	7,7	7,6
PO ₄ ³⁻ , мг·дм ⁻³	0,188	0,38	0,082
P _{орг.} , мг·дм ⁻³	0,128	0,026	0,023
NH ₄ ⁺ , мг·дм ⁻³	0,39	0,61	0,95
NO ₂ ⁻ , мг·дм ⁻³	0,104	0,05	0,018
NO ₃ ⁻ , мг·дм ⁻³	2,182	2,319	0,958
N _{орг.} , мг·дм ⁻³	3,149	1,71	3,471
SiO ₃ ²⁻ , мг·дм ⁻³	4,132	4,641	1,589

Це пов'язано з додатковим надходженням цих сполук із ґрунтово-поверхневим стоком з водозбірної площі під час випадання опадів.

Для років із максимальною величиною стоку у весняний період характерні високі значення розчиненого кисню, рН (7,6), низькі значення фосфатів, нітратів, кремнію, що вказує на активний розвиток процесів фотосинтезу у річковій воді.

Влітку максимальні концентрації фосфатів, мінеральних форм азоту – азоту амонійного, нітритів, нітратів, максимальні значення азоту органічного – 4,6 мг·дм⁻³ відзначали в маловодні роки (табл. 4).

У роки з середньою величиною водного стоку відзначали максимальні для розглянутого періоду концентрації кремнію, тому саме для цих років характерні високі витрати води в літні місяці (понад 30 % річного стоку), зазначені сполуки надходять із водозбірної площі з опадами.

Восени у воді дельти відзначали стабілізацію значень органічних сполук азоту і фосфору.

Максимальні значення фосфатів, азоту-амонійного і нітритів відзначали в роки з мінімальним стоком, а органічного азоту – з максимальним.

Було відзначено, що для років із мінімальним водним стоком характерні максимальні коливання у вмісті фосфатів (0,064–0,572 мг·дм⁻³), фосфору органічного (0–1,21 мг·дм⁻³), нітритів (0,004–0,71 мг·дм⁻³) і нітратів (0,01–5,735 мг·дм⁻³) (табл. 6).

Роки з середньою величиною стоку характеризувалися максимальним діапазоном коливань амонійного азоту (0,014–1,265 мг·дм⁻³) і кремнію (0,586–7,555 мг·дм⁻³).

Надвисокі значення органічного азоту 30 мг·дм⁻³ відзначали в роки з максимальним стоком.

4. Мінливість гідрохімічних показників (середні значення) влітку у воді річки Ворскла в роки з різною величиною водного стоку

Інгредієнт	Роки		
	маловодні	середні за водністю	багатоводні
T, °C	23,4	25,1	24
O ₂ , мг·дм ⁻³	6,25	6,61	8,17
% насичення	77,48	84,34	97,46
pH	7,8	7,5	7,7
PO ₄ ³⁻ , мг·дм ⁻³	0,172	0,094	0,086
P _{орг.} , мг·дм ⁻³	0,06	0,04	0,05
NH ₄ ⁺ , мг·дм ⁻³	0,13	0,118	0,025
NO ₂ ⁻ , мг·дм ⁻³	0,09	0,02	0,016
NO ₃ ⁻ , мг·дм ⁻³	1,255	0,894	0,659
N _{орг.} , мг·дм ⁻³	4,60	3,327	2,869
SiO ₃ ²⁻ , мг·дм ⁻³	1,624	1,913	2,049

5. Мінливість гідрохімічних показників (середні значення) восени у воді річки Ворскла в роки з різною величиною водного стоку

Інгредієнт	Роки		
	маловодні	середні по водності	багатоводні
T, °C	23,4	22,3	18
O ₂ , мг·дм ⁻³	8,26	8,06	9,87
% насичення	97	93	105
pH	8,09	8,3	7,94
PO ₄ ³⁻ , мг·дм ⁻³	0,243	0,163	0,083
P _{орг.} , мг·дм ⁻³	0,062	0,085	0,019
NH ₄ ⁺ , мг·дм ⁻³	0,632	0,176	0,048
NO ₂ ⁻ , мг·дм ⁻³	0,122	0,062	0,035
NO ₃ ⁻ , мг·дм ⁻³	0,984	1,0	0,530

6. Межі коливань гідрохімічних параметрів у роки з різною величиною водного стоку в річці Ворскла

Інгредієнт	Роки		
	маловодні	середні по водності	багатоводні
O ₂ , мг·дм ⁻³	5,75–10,72	5,0–14,13	6,23–12,15
% насичення	69,2–100	65,6–123	80,5–121
pH	7,6–7,7	7,6–7,8	7,6–7,8
PO ₄ ³⁻ , мг·дм ⁻³	0,064–0,572	0,011–0,50	0,032–0,178
P _{орг.} , мг·дм ⁻³	0–1,21	0–0,35	0–0,225
NH ₄ ⁺ , мг·дм ⁻³	0,012–0,72	0,014–1,265	0–0,355
NO ₂ ⁻ , мг·дм ⁻³	0,004–0,71	0–0,485	0–0,089
NO ₃ ⁻ , мг·дм ⁻³	0,01–5,735	0,018–3,565	0,031–1,932
N _{орг.} , мг·дм ⁻³	0,34–13,5	0,08–8,989	0,25–30
SiO ₃ ²⁻ , мг·дм ⁻³	0,589–5,988	0,586–7,555	0,665–5,134

Такі зміни у змісті розчинених біогенних і зважених речовин, а також органічних сполук пов'язані не тільки з розвитком біологічних процесів, але й з нерівномірністю надходження ґрунтово-поверхневого стоку та опадів у роки з різним водним стоком.

Зазвичай, у роки з маловодним стоком максимальні витрати припадають на весняні місяці, в роки з середньою водністю – на весну-літо, з максимальним стоком – на кінець зими та весну.

Повені в багатоводні роки сприяють винесенню біогенних сполук, тому концентрації біогенних сполук у весняно-літній період у воді невеликі.

У роки з середнім стоком паводок тривалий у часі й утилізація біогенних сполук у теплу пору року йде більш активно, рівень біогенних сполук знижується, відзначається зростання вмісту розчиненого кисню і рН.

Таким чином, сезонна мінливість органічних і мінеральних сполук азоту та фосфору перебуває в тісному зв'язку з часом і кількістю надходження опадів, а рівень вмісту біогенних речовин лі-

мітує розвиток біологічних процесів у воді.

Відомо, що в збалансованих природних екосистемах, коли синтез органічної речовини знаходиться в рівновазі з його споживанням і деструкцією, співвідношення N:P дорівнює співвідношенню азоту і фосфору в органічній речовині – 16:1 або близько до такого [7].

Антропогенний вплив, що виявляється в евтрофікації води, призводить до порушення балансу біогенних елементів: форм сполук і співвідношень між окремими компонентами.

Слід зазначити, що і до початку евтрофікування води в річці Ворскла співвідношення мінеральних сполук азоту та фосфору становило 12:1 взимку й навесні (за середнього значення 8:1), тобто екосистема річки відчувала значний брак сполук азоту.

У пік розвитку евтрофікації річки Ворскла середньорічне значення цього співвідношення становило 10:1, а взимку і навесні 12:1 і більше, тобто надлишкове надходження з'єднань азоту не компенсувалося надходженням фосфорних сполук із водозбірного басейну.

7. Співвідношення N:P у річці Ворскла в роки з різною величиною водного стоку

Сезон	2010–2012 рр.		
	маловодні	середні за водністю	багатоводні
зима	9 : 1	9 : 1	6 : 1
весна	14 : 1	10 : 1	12 : 1
літо	8 : 1	10 : 1	8 : 1
осінь	7 : 1	7 : 1	7 : 1
Середнє	10 : 1	9 : 1	8 : 1

Це пов'язано з тим, що величина надходження мінерального азоту з теригенними стоками значно перевищує надходження фосфору в період посилення антропогенного навантаження на водозбірній площі річки.

У теплий період року (весна-осінь), в процесі активного розвитку фотосинтетичних процесів сполуки азоту помітно перевищують сполуки

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Колобанов С. К., Колобанова Е. С., Белый Л. М. Вода в природе и технике. – К. : Кондор, 2002. – С. 97.
 2. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / [О. П. Оксуюк, В. Н. Жукинский, Л. П. Брагинский и др.] // Гидробиологический журнал. – Т. 29. – № 4. – 1993. – С. 62–72.
 3. Полтавська область: Географічний та історико-економічний нарис / За ред. К. О. Маца. – Полтава : Полтавський літератор. – 1998. – С. 45; 304.

фосфору в екосистемі, тобто при достатньому надходженні ортофосфатів «цвітіння» води, викликане масовим розвитком фітопланктону, могло б бути ще інтенсивнішим.

Отже, згідно з результатами проведених дослідів, можна зробити **ВИСНОВОК**, що:

- мінливість біогенних елементів у річковій воді має чітко виражений сезонний характер і залежить від величини водного стоку та розвитку гідробіологічних процесів;
- концентрації фосфатів, мінеральних форм азоту і кремнію знижуються від зими до літа й зростають восени;
- для років із мінімальним водним стоком характерні максимальні коливання у вмісті фосфатів, фосфору органічного, нітритів і нітратів;
- сезонна мінливість органічних і мінеральних сполук азоту та фосфору перебуває в тісному зв'язку з часом і кількістю надходження опадів, а рівень вмісту біогенних речовин лімітує розвиток біологічних процесів у воді.

4. Проверьте свои знания: Энциклопедия / Под ред. Н. Л. Вадченко. – Д. : Стаклер, 1997. – С. 126.
 5. Ронин В. С., Старобинев Г. В. Руководство по практическим занятиям по методам клинических лабораторных исследований. – Ярославль, 1991. – С. 119–120.
 6. Сиренко Л. А., Козицкая В. Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. – К. : Наук. думка, 1988. – 256 с.
 7. Яцик А. В. Гідроекологія А. В. Яцик, В. А. Шмаков. – К. : Урожай, 1992. – 193 с.