

О. Л. Шевченко

**ОБУМОВЛЕНІСТЬ ПРОЦЕСІВ ВОДНОГО ВИНЕСЕННЯ ПРОДУКТІВ  
РАДІОАКТИВНОЇ ТА НЕРАДІОАКТИВНОЇ ПРИРОДИ***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Проаналізовано залежність режиму розчинних органічних речовин гумусової природи у водах дренажної мережі каналів лівобережжя р. Прип'ять від гідродинамічних та гідрологічних чинників. Доведено існування залежності концентрації  $^{90}\text{Sr}$  у воді від вмісту в ній фульвокислот. Дано кількісну оцінку винесення гумусових кислот ґрунтовими водами та поверхневим стоком. Підкреслюється основна роль у винесенні гумусових речовин і суттєва в мобілізації  $^{90}\text{Sr}$  процесів вторинного заболочування водозборів та евтрофікації водотоків, що розвинулись у зоні відчуження за 25 років.

*Ключові слова:* розчинні органічні речовини, окиснюваність, фульвокислоти, евтрофікація, меліоративні канали, водне винесення,  $^{90}\text{Sr}$ , ґрунтові води, лівобережна заплава.

**Вступ**

Як відомо, у гідрогеохімії використовують такі поняття, як сторонні (спеціальні та універсальні) гідрохімічні показники пошуку корисних копалин, у тому числі пошуку промислових підземних вод. До цих показників відносять речовини та елементи, що мають парагенетичний або сингенетичний зв'язок з корисними елементами. Вони можуть бути широко розповсюджені в геосфері, але збільшують концентрацію чи проявляють аномальні властивості на ділянках залягання покладів відповідних корисних копалин. Гідрохімічні дані, які ми отримуємо за останнє десятиріччя по зоні відчуження, усе більше переконують у тому, що після вивільнення з паливної матриці та певного мобілізаційного періоду  $^{90}\text{Sr}$  асоціюється, розсіюється та акумулюється в аквальних ландшафтах за геохімічними законами, які діють для його природних носіїв у зоні гіпергенезу, тобто перевідкладається на різноманітних геохімічних бар'єрах, асоціюється з полімолекулярними органічними лігандами, гідроокисами заліза, акумулюється в ортштейнах, ландшафтних елементах, збагачених на сульфати тощо. Крім того, згідно з дослідженнями М. Г. Валяшко та Гіббса, присвячених термодинамічній або хімічній рівновазі вихідних іонів та їхніх сполук, існують найбільш вірогідні хімічні зв'язки між аніонами та катіонами (на основі вільних енергій Гіббса) як на макро-, так і на мікрокомпонентному рівнях.

Поширюючи ці підходи на вивчення обумовленості вмісту  $^{90}\text{Sr}$  в поверхневих та ґрунтових водах можна дійти висновку, що його вміст на сьогодні обмежується буферністю природних розчинів, яка, у свою чергу, значною мірою залежить від ступеня евтрофікації та сапробності вод або від концентрації у воді органічних речовин, рН та деяких компонентів неорганічної природи. Проаналізовані нами зв'язки вмісту  $^{90}\text{Sr}$  з мінеральними макро- і мікрокомпонентами виявились менш вагомими, ніж його залежність від загального вмісту фульвокислот та легкорозчинної органічної речовини (за перманганатною (ПО) і біхроматною (БО) окиснюваністю) [1, 2]. Так, коефіцієнти парної кореляції між вмістом  $^{90}\text{Sr}$  та ПО поверхневих вод визначені в межах від 0,61 до 0,85 (для різних водотоків), а найбільший коефіцієнт зв'язку між вмістом  $^{90}\text{Sr}$  та вмістом одного з неорганічних іонів ( $\text{HCO}_3$ ) становив 0,66, причому лише на одному з восьми об'єктів.

Для більшості меліоративних каналів чорнобильської зони відчуження (далі - зона відчуження), особливо для каналів другого порядку, на водозборах яких поширені гідроморфні ґрунти, характерні відновлювальні умови, що пов'язується з надходженням великої кількості органічної речовини, яка зв'язує кисень, а також перевищенням сумарної швидкості дихання гідробіонтів над темпами аерації води. До підвищення вмісту органічної речовини та об'ємної активності вод річок зони відчуження найчастіше призводить одна й та сама причина – затоплення берегових схилів та заплав, винесення органічного матеріалу різного

© О. Л. Шевченко, 2011

ступеню розкладу під час високих повеней із заболочених ділянок. Середньорічні показники вмісту гумінових (ГК) і фульвокислот (ФК) у водах р. Прип'ять за найбільш показовий багатоводний період 1995 - 2000 рр. змінювались переважно в межах: ГК – 0,75 (1995) - 2,25 (1998); ФК – 16,6 (2000) - 26,2 (1997) мг/дм<sup>3</sup> [3], приймаючи максимальні значення у найбільш багатоводні роки [4]. Тобто надходження гумусових кислот у поверхневі води тісно пов'язано з обсягами водного стоку й рівнями поверхневих та ґрунтових вод.

Для більш чіткої уяви про формування органічного та вторинного радіаційного забруднення водотоків зони відчуження перед подальшими дослідженнями було поставлено мету: гідрогеологічними методами надати кількісну оцінку обсягам винесення <sup>90</sup>Sr та органічних речовин ґрунтовими водами та встановити значення останніх у винесенні цих компонентів.

Щодо визначення винесення ґрунтовими водами та їхньої ролі в загальному водно-радіаційному балансі водотоків, то цей аспект уже детально розглядався нами в інших публікаціях [5 - 7]. У цій статті більше уваги приділяється кількісному визначенню винесення органічних речовин і факторній обумовленості його значень.

### Залежність вмісту <sup>90</sup>Sr та органічних речовин у воді від типу водообміну

Проаналізувавши ряди гідрохімічних спостережень, починаючи з 1987 р., ми дійшли висновку, що макроіонні складові хімічного складу не створюють помітного впливу на концентрацію <sup>90</sup>Sr в поверхневих і ґрунтових водах доти, поки переважна більшість твердофазних стронцієвмісних частинок не дисоціює і <sup>90</sup>Sr рівноважно не розподілиться між твердою та рідкою фазами. Прискорити мобілізацію радіонуклідів здатні розчинні органічні речовини, серед них, у першу чергу, ФК. Тобто хімічний склад вод зони відчуження з наявним діапазоном рН та концентраціями макрокомпонентів майже не впливає на інтенсивність руйнування паливних частинок. Кількість радіонукліда, що спонтанно мобілізується з них, нівелює вплив хімічного складу. Лише після завершення процесів мобілізації <sup>90</sup>Sr можна очікувати деяких змін його концентрацій у зв'язку із змінами хімічного складу води.

Мобілізація та обмінна адсорбція <sup>90</sup>Sr протікають досить швидко. При цьому його відносний розподіл за хімічними формами для окремих водотоків упродовж тривалого часу (4 - 6 років) залишається незмінним. Зміни в розподілі на окремих об'єктах обумовлювались суттєвими змінами гідродинамічної обстановки та режиму поверхневих вод (заростання каналу та уповільнення течії, розчистка каналу, ліквідація підпірних споруд тощо). Виходячи з цього, дослідні балансові майданчики вибирались за критерієм відмінності гідродинамічної обстановки, що враховує характер водообміну між ґрунтовими та поверхневими водами. Таким чином, було виділено ділянки: 1) з відкритою дренажною мережею (за відсутності закритого дренажу) з неусталеним відтоком ґрунтових вод у бік каналу; 2) діючого закритого дренажу з переважно сезонним припливом дренажних вод у канал; 3) з відтоком поверхневих вод з каналу на поповнення запасів ґрунтових вод (зони підпору); 4) двостороннього протягом року неусталеного руху ґрунтових вод.

На ділянках відкритої дренажної мережі з постійним притоком ґрунтових вод до каналу (ділянки типу 1) вміст органічних речовин у поверхневих водах на порядок вищий, ніж у ґрунтових водах, відібраних із свердловини. Відношення БО і ПО ґрунтових вод до БО і ПО поверхневих вод на ділянках, де ґрунтові води постійно живлять поверхневі (крім ділянок з торфами на водозборі), найменші серед чотирьох наведених типів. Вміст у поверхневих водах ФК та ГК повністю відповідає їхньому вмісту у водах поверхнево-схилового стоку. У верхній частині слабопроточного каналу К-99 лівобережної Прип'ятської системи вміст цих кислот (24,7 і 1,3 мг/дм<sup>3</sup> відповідно) майже ідентичний їхній кількості в дощовому стоці (24,7 і 1,4 мг/дм<sup>3</sup>).

Для каналів, що проходять через менш забруднені території і мають у нижній течії більш проточний режим, подібно каналу МК-1 Прип'ятської системи, від витоків до гирла синхронно зменшуються окиснюваність з 65 до 11 мг О/дм<sup>3</sup> та вміст <sup>90</sup>Sr з 27,4 до 1,9 Бк/дм<sup>3</sup>.

У верхніх частинах каналів на ділянках типу 2, де стік формується за рахунок ґрунтових вод, вміст і склад розчиненої органічної речовини у воді каналів порівняно невисокий і відповідає її концентрації та складу в ґрунтових водах, відібраних із дренажних колекторів. Однак після дощів це співвідношення суттєво змінюється: з площинним стоком у канал надходить більше, порівняно з дренажним стоком, легкоокиснюваної органічної речовини. На ділянках діючого закритого дренажу концентрації ГК, ФК та показники окиснюваності ґрунтових вод, відібраних із дренажних колекторів, практично відповідають значенням відповідних показників поверхневих вод водоприймачів. Навесні в дренажному стоці показники ПО та БО, а також вміст ФК зростають порівняно з осінніми та стають вищими, ніж у водах водоприймачів. Суттєво зростає весною (майже на порядок) об'ємна активність  $^{90}\text{Sr}$  як у ґрунтовому, так і в поверхневому стоці. Цікаво, що із вмістом ГК відбуваються протилежні зміни: восени їхній вміст хоча й не вищий, ніж весною, але в ґрунтових водах більший, ніж у поверхневих. На верхніх ділянках каналів, до яких примикає систематичний закритий дренаж, 75 - 100 % вмісту ФК і ГК у поверхневих водах забезпечено винесенням із дренажних колекторів. Але найбільш помітне зростання їхньої кількості в поверхневих водах каналів та річок, що живляться водами з меліоративних систем, відбувається не в періоди спаду паводків та в межень – при спрацьовуванні рівнів ґрунтових вод, - а після дощів та затримки поверхневої води, що піднялась на укоси.

На ділянках живлення ґрунтових вод за рахунок фільтраційних втрат із перекритих каналів (3-й тип водообміну) у ґрунтових водах фіксуються найвищі значення БО, що може свідчити й про підвищене надходження  $^{90}\text{Sr}$  до ґрунтових вод.

На ділянках перемінного протягом року руху ґрунтових вод (до і від каналу) у період припливу ґрунтових вод у канал у них утримується гумусових речовин помітно менше, ніж у поверхневих водах (4-й тип). У періоди, коли поверхневі води живлять ґрунтові, концентрації органічних речовин у тих та інших найбільш близькі. Установлені закономірності зберігаються й для  $^{90}\text{Sr}$ .

### Оцінка винесення гумусових кислот ґрунтовими та поверхневими водами

Незважаючи на певні невизначеності, пов'язані з браком даних по підземному стоку з різних типів ґрунтів, спробуємо розрахувати абсолютне та відносне значення обсягів винесення гумусових кислот з водозбору окремого каналу (МК-7 лівобережної Прип'ятської системи), на якому в 1997 - 2000 рр. проводились регулярні вимірювання витрат. Попередньо, методом скінчених різниць, розраховуються значення бічного притоку ґрунтових вод до каналу [5, 6]. Помноживши отримані значення на виміряні концентрації гумусових речовин, можна визначити об'єми винесення останніх з ґрунтовим стоком. Так, отримано, що на один погонний метр каналу в 2000 р. з ґрунтовими водами надходило в пригирловій частині:

$$111,42 \text{ м}^3/\text{рік} \cdot 0,04 \text{ г/м}^3 = 4,457 \text{ г/рік ГК з одного боку і } 8,9 \text{ г/рік} - \text{з обох боків};$$

$111,42 \text{ м}^3/\text{рік} \cdot 0,8 \text{ г/м}^3 = 89,14 \text{ г/рік ФК з одного боку каналу і } 178,3 \text{ г/рік} - \text{з обох боків.}$

Пригирлова частина каналу має найглибший базис ерозії. Тут найбільші, витримані в часі градієнти підземного потоку, які становлять 0,01. Тому визначені значення винесення ГК і ФК є максимальними для мінеральних ґрунтів на водозборі даного каналу.

До української частини каналу (довжина 5,63 км) надходить близько 50,1 кг/рік ГК і 2007,7 кг/рік ФК. Але отримані результати носять більшою мірою орієнтовний характер, оскільки у зв'язку із значною плямистістю типів ґрунтів на водозборі, а також змінами інтенсивності дренажності, не можуть бути абсолютно коректними.

Щоб виконати більш точну оцінку, було зроблено поправку на зменшення величини ґрунтового стоку по довжині магістрального та бічних до нього каналів, урахування існування підпорів від бобрових гребель, залишених перемичок, напівзачинених заслінок шлюзів. Середня витрата була близько  $25,2 \text{ м}^3/\text{рік}$ . Слід урахувати й строкатість ґрунтового покриття. Так, у верхній частині переважають торф'яники та лучні ґрунти, загальна площа яких

на водозборі каналу становить близько 70 %, а поблизу гирла – мінеральні піщані ґрунти. Порівнюючи вміст ФК та ГК у водах свердловин на піску і в торфі, було виявлено, що в ґрунтових водах з торф'яних ґрунтів концентрація цих кислот в 30 разів більша. У той же час стік із верхньої підтопленої і зарегульованої частини, де поширені торф'яні ґрунти, становить близько 45 % від загального стоку каналу МК-7. Загальний вимірний стік каналу ( $Q_k$ ) за 2000 р. був 9,782 млн м<sup>3</sup>. Звідси, з водозбору, на якому поширені торфовища, надійшло близько 4,4 млн м<sup>3</sup> із водозбору, складеного мінеральними ґрунтами – 5,382 млн м<sup>3</sup>. Частка ґрунтового стоку із заторфованого водозбору становить близько 20 %, у складі стоку з іншої частини водозбору – 38 - 40 % ґрунтового стоку. Якщо концентрація ГК і ФК у ґрунтовому стоці була 1,2 та 22,5 г/м<sup>3</sup> відповідно, то винесення ґрунтовими водами ГК і ФК із заторфованої частини водозбору приблизно дорівнюватиме:  $\Sigma W_{ga} = 0,88 \text{ млн. м}^3 \cdot 1,2 \text{ г/м}^3 = 1056 \text{ кг}$  і  $\Sigma W_{fa} = 0,88 \cdot 22,5 = 19800 \text{ кг}$ . Відповідно з іншої частини водозбору винесено:  $\Sigma W_{ga} = 2,642 \text{ млн м}^3 \cdot 0,04 \text{ г/м}^3 = 105,68 \text{ кг}$  ГК і  $\Sigma W_{fa} = 2,642 \cdot 0,8 = 2113,6 \text{ кг}$  ФК.

Таким чином, із усієї площі водозбору ґрунтовим стоком винесено 1,162 т ГК і 21,914 т ФК. Якщо каналом за рік винесено приблизно 7,0 т ГК і 150,55 т ФК, то внесок ґрунтових вод у загальне винесення 16,5 і 14,6 % відповідно.

Із системи балансових рівнянь можна більш точно порахувати частку ґрунтового стоку в сумарному, якщо для концентрації ГК і ФК у власне поверхневому стоці прийняти значення, отримані для площинного стоку з укосів під час дощів: ГК – 1,39 г/м<sup>3</sup>, ФК – 24,65 г/м<sup>3</sup>.

$$\left. \begin{aligned} C^{ga} Q_k &= C_1^{ga} Q_{zp} - C_2^{ga} Q_{нов.} \\ C^{fa} Q_k &= C_1^{fa} Q_{zp} - C_2^{fa} Q_{нов.} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

або

$$\left. \begin{aligned} 0,04 Q_{zp} + 1,39 Q_{нов.} &= 0,72 \cdot 9,782 \\ 0,8 Q_{zp} + 24,65 Q_{нов.} &= 15,39 \cdot 9,782 \end{aligned} \right\}.$$

Але дана система рівнянь виявилась некоректною. Кращі результати дають системи балансових рівнянь виду:

$$\left. \begin{aligned} Q_{нов.} &= Q_k - Q_{zp} \\ C^{ga} Q_k &= C_1^{ga} Q_{zp} - C_2^{ga} Q_{нов.} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

або

$$\left. \begin{aligned} Q_{нов.} &= Q_k - Q_{zp} \\ C^{fa} Q_k &= C_1^{fa} Q_{zp} - C_2^{fa} Q_{нов.} \end{aligned} \right\}$$

Підставивши у друге рівняння кожної із систем замість річних об'ємів поверхневого стоку  $Q_{нов.}$  перше рівняння, отримаємо, що в балансі ГК у системі "ґрунтові - поверхневі води" величина річного стоку ґрунтових вод ( $Q_{zp}$ ) дорівнює 4,852 млн м<sup>3</sup> або 49,6 %; з балансу ФК впливає значення стоку об'ємом 3,795 млн м<sup>3</sup> або 38,8 % від сумарного стоку каналу ( $Q_k$ ). Друге значення близьке до величини отриманої з розчленування гідрографу – 3,522 млн м<sup>3</sup> (36 %).

Перевіримо отримані значення іншим методом – за розрахованими модулями підземного стоку. У 2000 р. модуль підземного стоку до каналу МК-7 був близький до 4,5 л/с км<sup>2</sup>. Тоді модуль винесення ГК дорівнюватиме  $M_{ga} = 4,5 \text{ (л/с км}^2) \cdot 0,04 \text{ (мг/л)} = 0,18 \text{ (мг/с/км}^2)$ .

Для площі водозбору 20 км<sup>2</sup> винесення ГК становитиме  $0,18 \text{ (мг/с/км}^2) \cdot 20 \text{ (км}^2) \cdot \times 86400 \text{ (с/добу)} = 311,04 \text{ г/добу}$  або 114,0 кг/рік.

Відносне винесення ГК за рахунок ґрунтового стоку у сумарному стоці ГК каналу дорівнюватиме  $114,0 \cdot 100/7043,04 = 1,6 \%$

Це значення за рахунок низької концентрації ГК, характерної для піщаних ґрунтів, скоріш за все занижене. До того ж модуль підземного стоку можливо був дещо більшим. Оскільки модуль сумарного поверхневого стоку дорівнював  $15,5 \text{ л/с/км}^2$ , то очевидно, що по відношенню до нього частка стоку ґрунтових вод становитиме близько 27 %.

Якщо згідно з масовим співвідношенням стоків з органігенних та мінеральних ґрунтів оперувати середнім значенням концентрації ГК у змішаному ґрунтовому стоці  $0,33 \text{ мг/дм}^3$ , то отримаємо модуль винесення  $1,5 \text{ мг/с/км}^2$ , а загальне винесення ґрунтовим стоком –  $0,94 \text{ т}$  (13,4 %), що достатньо близько до раніше отриманого значення  $1,16 \text{ т}$ .

Аналогічно, при середній концентрації ФК  $6,23 \text{ мг/дм}^3$ , отримаємо модуль їхнього підземного винесення, рівний  $28 \text{ мг/с/км}^2$ , загальне винесення ґрунтовим стоком –  $17,7 \text{ т}$  (11,8 % від сумарного). Вірогідно, що реальний відсоток винесення гумусових кислот ґрунтовими водами лежить у діапазоні між двома отриманими різними методами значеннями: 13,4 - 16,5 для ГК і 11,8 - 14,6 % для ФК.

За розрахунками, забезпеченими більш регулярними вимірюваннями та більшою кількістю пробовідборів, винесення  $^{90}\text{Sr}$  ґрунтовими водами становило за цей рік 2,1 % від сумарного винесення каналом.

У 2000 р. з достатньою частотою проводились спостереження за вмістом органічних речовин у поверхневих водах каналу МК-5, одному з основних каналів лівобережжя, що забезпечує скидання води в Прип'ять з найбільш забрудненої північно-західної частини Прип'ятської системи (через проран в дамбі № 7). За 315 діб (з 1 січня по 10 листопада 2000 р.) було винесено  $37,5 \text{ т}$  легкоокиснюваної органічної речовини гумусової природи (визначено за ПО). При цьому за рахунок ґрунтового стоку – не більше  $10 \text{ т}$ . Графік винесення має три екстремуми – в середині липня після руйнування перемички, у серпні та наприкінці вересня. Середнє значення ПО за рік в каналі  $24,86 \text{ мг О/дм}^3$ . Сумарне винесення органічних речовин через окремі підвідні канали до прорану в дамбі № 7 і в річку, за період наявного стоку з 12 лютого до 10 листопада 2000 р., визначено в кількості  $310,75 \text{ т}$ .

Вихід з ладу дренажних систем і збільшення кількості атмосферних опадів у 1997 - 1999 рр. та в 2001 р. викликали підвищення рівнів ґрунтових вод, що привело до зростання надходження в них органічних речовин з верхніх найбільш гумусованих шарів ґрунту (ділянки 2 - 4-х типів). Однак у слабопроточних водотоках вміст у воді ФК і  $^{90}\text{Sr}$  обумовлений більшою мірою вимиванням їх із ґрунтів при підйомі рівнів поверхневих вод.

Наявність у воді каналів меліоративних систем зони відчуження великої кількості комплексоутворюючих лігандів значною мірою обумовлюється гідрологічним режимом каналів. Через відсутність водорегулювання в періоди паводків вода затримується на зарослих рослинним покривом укосах каналів по два-три місяці, що веде до загибелі й розкладу трав'яної рослинності, листвяного опаду. В умовах підпору води відбувається заміна приканальної рослинності на гігрофільну з відмиранням видів, непристосованих до перезволоження або затоплення. Наприкінці квітня, з підвищенням температури води до  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , у водах каналів із слабопроточним або застійним режимом активно розвиваються незакріплені нитчасті водорості, вміст  $^{90}\text{Sr}$  в яких з часом зростає (за даними експериментів, до 57-ї доби). Максимальний вміст цих гідробіонтів у воді спостерігається на 40 - 45-ту добу з подальшим зменшенням. Саме ці та подібні їм форми гідробіонтів, а також їхні рештки та немінералізовані продукти розпаду, забезпечують досить високу концентрацію завислих речовин у стоячій воді каналів, яка іноді досягає  $1 \text{ г/дм}^3$  [7]. Надмірний вміст водоростей у воді спричиняє збільшення концентрації органічних речовин, що при їхньому відмиранні неодмінно супроводжується зростанням чисельності бактерій. У цілому фітобентос, що розвивається на укосах каналів, на відміну від фітопланктону, який безпосередньо знаходиться в товщі води, зазвичай виступає як непряме джерело біологічного забруднення, що має негативний вплив на якість води внаслідок надходження в неї продуктів життєдіяльності та розпаду. Тому значення бентоносних водоростей на формування якості води визначається в основному балансом процесів первинного продукування та розпаду органічної речовини [8]. Біологічне за-

бруднення викликане фітобентосом, обумовлюється зсувом балансу первинної продукції та деструкції органічної речовини в позитивний бік. Джерелом біологічного забруднення в даному випадку є залишкова органічна речовина, що не піддається розсіюванню внаслідок деструкції і залишається у воді.

### Висновки

На сучасному етапі органічні речовини гумусової природи відіграють одну з основних ролей у комплексоутворенні  $^{90}\text{Sr}$  в аквальних екосистемах. На жаль, ще й досі Центр радіоекологічного моніторингу зони відчуження не проводить систематичні спостереження за їхнім вмістом у воді, що не дозволяє виконувати широку діагностику природно-техногенної евтрофікації водотоків зони відчуження.

Накопичені до нашого часу дані режимних спостережень (Науково-інженерний центр радіогідроекологічних полігонних досліджень НАН України) щодо вмісту радіонуклідів у ґрунтових та поверхневих водах каналів меліорованих водозборів, значення витрат потоків та, урешті, дані про винесення активності у водоприймачі, дають змогу зробити балансові розрахунки, статистичний та логічно-апріорний аналіз з висновками про джерела та чинники забруднення природних вод радіонуклідами, а також відстежити зв'язки між вмістом радіонуклідів та компонентів нерадіаційної природи.

Надходження органічних речовин, так само як і  $^{90}\text{Sr}$ , у природні води відбувається насамперед у результаті розчинення та винесення їх з ґрунту атмосферними опадами, поверхневими водами при затопленні або безпосередньо з гідробіонтів при їхньому розкладанні (як у болотах). У меліоративних каналах зони відчуження із застійним режимом процеси гуміфікації відбуваються здебільшого безпосередньо в їхніх межах, інколи органічні речовини надходять з болотними водами з поверхні водозбору. Це спричинює до утворення та накопичення великої кількості умовно розчинних органічних сполук  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  як у катіонній, так і в аніонній формах.

З аналізу чинників формування концентрації органічних речовин у поверхневих водах каналів можна скласти такий їхній ряд за зменшенням впливу: тривале затоплення укосів, яке супроводжується розкладом місцевих організмів > притік болотних вод з прилеглих ділянок водозбору > змив дощовими водами під час літніх паводків > спрацювання високих рівнів ґрунтових вод та надходження дренажних вод > змив талими водами. Зважаючи на практично синхронні коливання вмісту  $^{90}\text{Sr}$  із вмістом розчиненої органічної речовини, можна припустити, що роль означених чинників у надходженні цього радіонукліда в поверхневі води зменшується в тому ж порядку. Розчинна органічна речовина є не тільки комплексоутворювачем та складовою розчинних форм  $^{90}\text{Sr}$ , вона, крім цього, є потужним каталізатором таких процесів, як руйнування паливних частинок, що веде до мобілізації радіонуклідів та ремобілізації з донних відкладів і ґрунтів.

Зростання вмісту розчиненого  $^{90}\text{Sr}$  в поверхневих водах річок, за наявності тенденції до збільшення рівня трофності каналів та водойм зони відчуження, стримується достатньо високими значеннями рН (6,6 - 8,6), що сприяє утворенню слабкорозчинних високомолекулярних асоціатів. У застійних каналах спостерігається також невисока мінералізація і низький вміст компонентів (кальцію, магнію), що сприяють витісненню  $^{90}\text{Sr}$  в розчин.

До позитивних характеристик хімічного складу вод каналів слід віднести також невисоку мінералізацію та порівняно низький вміст компонентів, що сприяють витісненню  $^{90}\text{Sr}$  в розчин (кальцій та магній).

В якості індикатора підтоплення та відновних процесів слугує підвищений вміст іонів амонію і низький вміст нітратів. В умовах аерованості ґрунту та ґрунтових вод, а також при нормальних швидкостях відтоку поверхневих вод у воді переважають нітрати. Те, що коливання вмісту  $^{90}\text{Sr}$  в поверхневих водах мають значно більш тісний зв'язок з коливаннями концентрації іонів амонію, ніж нітратів, підтверджує, що вміст  $^{90}\text{Sr}$  у воді в більшій мірі ви-

значається відновною гідрохімічною обстановкою. Зростання вмісту  $\text{NH}_4^+$  у воді здебільшого збігається з підвищенням концентрації  $^{90}\text{Sr}$ , особливо навесні, що демонструє вимивання цих компонентів з поверхні водозбору та надходження в практично відновне середовище слабо проточних, зарегульованих каналів. Досить високі значення вмісту  $\text{NH}_4^+$  відзначаються також в осінній період, але концентрації  $^{90}\text{Sr}$  при цьому або знижуються або залишаються практично незмінними.

Не допускати затоплення заболочених заплавл річковими водами та підтоплення ґрунтовими водами можна в разі ефективної експлуатації осушувальних систем на заплавлних ділянках річок. Ефективним заходом щодо оздоровлення якісного складу поверхневих вод може стати розчистка та поглиблення русел водотоків з видаленням органічно-мінеральних мулистих наносів, що забезпечить прискорення відтоку, посилення дренажу ґрунтових вод, кращу аерацію води та мінералізацію органічних решток.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевченко О.Л., Осадча Н.М. Проблеми, пов'язані з евтрофікацією водотоків, та біохімічні чинники формування сполук  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  у поверхневих водах. // Бюлетень екологічного стану Зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. - 2006. - № 28. - С. 60 - 69.
2. Шевченко О.Л., Осадча Н.М., Долін В.В. Біогеохімічні чинники формування радіонуклідів у поверхневих водах // Зб. наук. праць Ін-ту геохімії навколишнього середовища. - 2007. - Вип. 14. - С. 119 - 128.
3. Осадчая Н.Н., Осадчий В.И. Оценка выноса растворенных органических веществ гумусовой природы со стоком р. Припять // Тр. УкрНИГМИ К. - 2001. - Вып. 249. - С. 161 - 177.
4. Осадча Н.М., Осадчий В.И. Стік розчинених гумусових речовин з басейну Прип'яті: розрахунок, чинники, річний розподіл // Український географічний журнал. - 2002. - № 1. - С. 51 - 57.
5. Шевченко А.Л., Наседкин И.Ю. Естественно-антропогенные особенности формирования водообмена и распространения радиоактивных веществ на мелиоративных системах гумидной зоны // Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа; Под ред. В. М. Шестопалова / НАН Украины. - К.: ТОВ "Карбон ЛТД". - 2001. - Ч. 1. - С. 162 - 232.
6. Шевченко О.Л., Наседкин И.Ю. Водно-радіаційно-балансові дослідження для обґрунтування водоохоронних заходів у Чорнобильській зоні відчуження // Меліорація і водне господарство. - 2003. - Вип. 89. - С. 157 - 170.
7. Шевченко А.Л., Долін В.В., Наседкин И.Ю. и др. Гидрологические изменения и их влияние на радиологические показатели в Чернобыльской зоне отчуждения // Водные ресурсы. - 2002. - Т. 29, № 4. - С. 489 - 504.
8. Окслюк О.П., Олейник Г.Н., Шевцова Л.В. и др. Гидробиология каналов Украинской ССР / Ин-т гидробиологии АН УССР. - К.: Наук. думка. - 1990. - 240 с.

А. Л. Шевченко

#### ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ПРОЦЕССОВ ВОДНОГО ВЫНОСА ПРОДУКТОВ РАДИОАКТИВНОЙ И НЕРАДИОАКТИВНОЙ ПРИРОДЫ

Приведен анализ режима растворимых органических веществ гумусовой природы в водах дренажной сети каналов левобережья р. Припять и его зависимости от гидродинамических и гидрологических факторов. Доказано существование зависимости концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в воде от содержания в ней фульвокислот. Количественно оценен вынос гумусовых кислот ґрунтовыми водами и поверхностным стоком. Подчеркивается основная роль в выносе гумусовых веществ и существенная – в мобилизации  $^{90}\text{Sr}$  процессов вторичного заболачивания поверхности водосборных бассейнов и евтрофикации водотоков, которые приобрели широкое развитие на отчужденной территории за 25 лет после Чернобыльской катастрофы.

*Ключевые слова:* растворимые органические вещества, окисляемость, гумусовые кислоты, мелиоративные каналы, водный вынос,  $^{90}\text{Sr}$ , ґрунтовые воды, евтрофикация, левобережная пойма

**O. L. Shevchenko**

**CONDITIONED OF PROCESS OF WATER REMOVAL PRODUCT RADIOACTIVE  
AND NON-RADIOACTIVE GENESIS**

The analysis mode of soluble organic matter in natural humic water drainage channels left bank of. Pripjat and its dependence on the hydrodynamic and hydrological factors. Proved the existence of the concentration of  $^{90}\text{Sr}$  in the water on the content of fulvic acid in it. Quantified removal of humic acids of groundwater and surface runoff. Emphasizes the primary role in the removal of humic substances and significant - in the mobilization of  $^{90}\text{Sr}$  processes of secondary swamping of the surface watershed and eutrophication of waterways, which have acquired extensive development on the alienation of the territory for 25 years after the Chernobyl disaster.

*Keywords:* soluble organic matter, oxygen demand, humic acids, amelioration canals, water removal,  $^{90}\text{Sr}$ , ground water, eutrophication, the left-bank floodplain.

Поступила в редакцію 28.0211