

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202102-309>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/309>

УДК 504.4:502.5

## МЕТАМОРФІЗАЦІЯ ЗОНАЛЬНОГО ГІДРОХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПОВЕРХНЕВИХ І ПІДЗЕМНИХ ВОД УКРАЇНИ ПІД ВПЛИВОМ АНТРОПОГЕННИХ І ПРИРОДНИХ ЧИННИКІВ

Ромашенко М.І.<sup>1</sup>, докт. техн. наук, Коломієць С.С.<sup>2</sup>, канд. с.-г. наук, Сардак А.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;  
<https://orcid.org/0000-0002-9997-1346>; e-mail: [mi.romashchenko@gmail.com](mailto:mi.romashchenko@gmail.com);

<sup>2</sup> Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;  
<https://orcid.org/0000-0002-4329-4382>; e-mail: [kss2006@ukr.net](mailto:kss2006@ukr.net);

<sup>3</sup> Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;  
<https://orcid.org/0000-0002-0540-9492>; e-mail: [anastasiabilobrova1993@gmail.com](mailto:anastasiabilobrova1993@gmail.com)

**Анотація.** Представлений інтегральний метод функціонального діагностування басейнових геосистем через кількісну оцінку впливу антропогенних (осушувальні меліорації), а можливо і природних чинників (клімат) на зміну гідрохімічного складу поверхневих і підземних вод. Метод базується на природній широтній і вертикальній зональності гідрохімічного складу поверхневих і підземних вод, як прояв геомембранних властивостей педосфери. Етапами проведеної кількісної оцінки впливу нарощення площ осушувальних меліорацій у басейнах річок Стир та Ірпінь було проведення лінійного регресійного аналізу хронологічних рядів вмісту кожного з макрокомпонентів хімічного складу річкової води у замикаючому створі за 1947-1989 рр. і динаміки нарощування площ меліорації та проведення кореляційного аналізу одержаних залежностей. Для підвищення тісноти кореляційного зв'язку гідрохімічний склад був представлений у %-еквівалентній формі, яка найточніше характеризує співвідношення макрокомпонентів, але не залежить від загальної мінералізації води. Статистично достовірно встановлено при наростанні площ осушення зниження вмісту таких типоморфних іонів як гідрокарбонати та кальцій і підвищення вмісту інших макрокомпонентів та мінералізації. Загалом із зростанням площ осушувальних меліорацій відбувається аридизація гідрохімічного складу річкової води. За екологічний критерій допустимості меліорованості басейну прийнята зміна гідрохімічного типу річкової води відповідно до класифікації О.О. Алюкіна. Отримані параметричні моделі часових трендів вмісту макрокомпонентів гідрохімічного складу дозволили визначити граничну площу меліорованості басейнів двох річок і спрогнозувати зміни гідрохімічного типу води у бік її аридизації.

Припинення будівництва нових меліоративних систем та зниження ефективності сільсько-господарського використання осушуваних земель призводить до відновлення гідрохімічного складу річок у напрямку їх до меліоративного освоєння.

Апробація створеного методу функціонального діагностування проведена на п'яти меліоративних системах Прикарпаття та у басейні р. Західний Буг і його притоків, довела його високу ефективність і перспективність для створення параметричних моделей впливу природних і антропогенних чинників на хімічний склад і якість водних ресурсів.

**Ключові слова:** гідрохімічний склад води, макрокомпоненти, площі меліорації, регресійний і кореляційний аналіз, аридизація хімічного складу води, прогнозна модель

**Постановка проблеми.** При розв'язанні проблем управління якістю водних ресурсів за басейновим принципом в Україні встановлено суттєву метаморфізацію зонального гідрохімічного складу поверхневих і підземних вод під впливом антропогенної діяльності та інтенсивних кліматичних змін [1]. Загальним сучасним спрямуванням зміни гідрохімічного складу вод є зростання їх аридизації, тобто зміна іонного складу і мінералізації, характерного для південніших регіонів з більш аридним кліматом.

В Україні спостерігається широтна гідрохімічна зональність поверхневих і підземних вод першого від поверхні ґрунтового водоносного горизонту, що закономірно змінюється від ультрапрісних гідрокарбонатно-кальцієвих вод на півночі в гумідній зоні Полісся, до високо-мінералізованих розсолів хлоридно-натрієвого і хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвого складу на півдні України в зонах Одещини, Присивашся і Криму [2]. До речі, така ж вертикальна послідовність гідрохімічної зональності порових розчинів і водорозчинних

солей спостерігається і в ґрунтах та породах потужної зони аерації, що характерна для автоморфних умов ґрунтоутворення. З поверхні до глибини перших метрів (3–5 м) спостерігається гідрокарбонатно-кальцієвий склад порових розчинів, а глибше в порових розчинах і поровому просторі зростає частка катіонів  $Mg^{2+}$  і  $Na^+$  та аніонів  $SO_4^{2-}$  і  $Cl^-$  і їх солей. Така вертикальна зональність порових розчинів досліджувалась нами у первинно ненасичених водою ґрунтах і породах межиріччя Дніпро-Молочна у Степу та Лісостепу України [3], а також у Сиртовому Заволжі Росії [4]. Для кліматично стабільних умов другої половини минулого сторіччя на рівнинній території України гідрохіміками визначено 23 однорідних гідрохімічних поля, для яких була проведена статистична оцінка іонного складу і мінералізації поверхневих і ґрунтових вод для основних гідрологічних фаз року [2].

Однак аналіз багаторічних хронологічних рядів іонного складу води в характерні гідрологічні фази свідчить про наявність певної динаміки гідрохімічного складу по більшості моніторингових пунктів контролю річкових вод України, яка через недосконалість методів опрацювання інформації не дозволяє створювати параметричні моделі впливу конкретних факторів на якість водних ресурсів. Зокрема багаточисленна література із впливу осушення на водний режим і якість річкових вод не дає однозначної відповіді на це питання [5].

Метою досліджень є ідентифікація впливу осушувальних меліорацій, чи будь-яких антропогенних або природних чинників на хімічний склад поверхневих і підземних вод та створення прогнозу такої впливу з метою ефективного контролю і управ-

ління якістю водних ресурсів за басейновим принципом.

**Матеріали і методи дослідження.** Для аналізу даних хронологічних рядів іонного складу результати аналізів води були представлені в процент-еквівалентній формі (%-екв.), що загалом підвищувало їх кореляцію з чинниками виникнення цих часових трендів. Суть такої процедури полягала в підрахунку суми макрокомпонентів хімічного складу води – окремо катіонів ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) і аніонів ( $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ) з якої вираховували відсоток кожного іона. Таке представлення хімічного складу чутливо реагує на зміну співвідношення іонів, за яким визначають гідрохімічний тип води, приміром згідно класифікації природних вод О.О. Альокіна [6], яка представлена на рис. 1 і табл. 1 [7]. При цьому з тренду виключаються коливання мінералізації води, тобто вплив абсолютних значень вмісту іонів на їх співвідношення.

Проведений лінійний регресійний і кореляційний аналіз хронологічних рядів гідрохімічних спостережень для річок Стир та Ірпінь за межений період 1947–1989 рр. (43 роки) [8] дозволив встановити загальний тренд зміни кожного макрокомпонента (%-екв.). Період межени був вибраний свідомо через найбільший вплив на склад річкової води в цей період розвантаження потоку підземних і дренажних вод.

**Результати дослідження і їх обговорення.** Загальними закономірностями зміни гідрохімічного складу річкової води за цей час є зниження вмісту таких зональних типоморфних іонів [9] як гідрокарбонати ( $HCO_3^-$ ) та кальцій ( $Ca^{2+}$ ) і зростання вмісту всіх інших макрокомпонентів і мінералізації. Основним

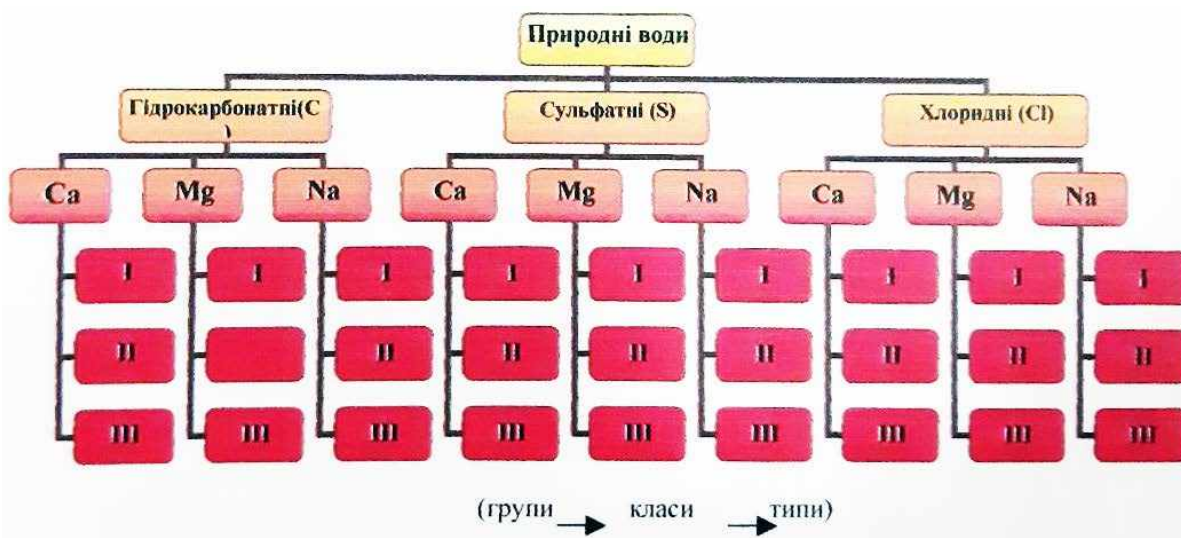


Рис. 1. Класифікація природних вод за О.О. Альокінім [6]

## 1. Визначення природних вод за співвідношенням іонів [6]

Типи води	Співвідношення іонів	Характеристика води	Хімічні типи води у сольовій формі*
I	$HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Вода переважно пов'язана з виверженими кристалічними породами	$Ca(HCO_3)_2, Mg(HCO_3)_2, Na_2SO_4, NaHCO_3, NaCl$
II	$HCO_3^- < Ca^{2+} + Mg^{2+} \ll HCO_3^- + SO_4^{2-}$	Тип змішаних вод, до якого належать підземні води, що вміщуються в осадових відкладах, та більшість поверхневих вод	$Ca(HCO_3)_2, Mg(HCO_3)_2, Ca_2SO_4, MgSO_4, Na_2SO_4, NaCl$
III	$Cl^- > Na^+$ або $HCO_3^- + SO_4^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Дуже мінералізовані води, води морів, океанів і солоних лиманів	$Ca(HCO_3)_2, Mg(HCO_3)_2, Ca_2SO_4, MgSO_4, Na_2SO_4, NaCl$
IV	$HCO_3^- = 0$	Типові кислі солі, які звичайно пов'язані з рудними сільфідними родовищами	
III*а	$Cl^- > Na^+, Cl^- < Na^+ Mg^{2+}$	Найбільш характерні для морської води	$Ca(HCO_3)_2, Mg(HCO_3)_2, Na_2SO_4, MgCl_2, NaCl$
III*б	$Cl^- > Na^+ Mg^{2+}$	Характерні для глибинних розсолів	$Ca(HCO_3)_2, Mg(HCO_3)_2, Ca_2SO_4, Na_2SO_4, CaCl_2, MgCl_2, NaCl$

\* з доповненням Е.В. Посохова [7]

чинником виникнення цих закономірних змін було проведення інтенсивного меліоративного освоєння території басейнів цих річок. За лінійним регресійним і кореляційним аналізом встановлено значиму кореляцію хронологічних рядів кожного макрокомпонента з динамікою наростання площ осушуваних меліорацій в басейнах річок Стир та Ірпінь (табл. 2).

2. Кореляційні співвідношення між вмістом макрокомпонентів хімічного складу (%-екв) та площами меліорованих земель (тис. га) у басейні р. Стир та р. Ірпінь за період з 1947 по 1989 рр.

На основі лінійного регресійного аналізу створена прогнозна математична модель впливу осушувальних меліорацій на хімічний

склад річкової води у замикаючому створі річкового басейну. Графічна інтерпретація цієї прогнозової моделі представлена на рис. 2 та 3. При цьому регресійні рівняння наростання площ осушуваних земель (S, тис.га) у басейні р. Ірпінь (Мостище) має вигляд  $S = 0,398t - 744,82$ , а у басейні р. Стир (Луцьк)  $S = 2,1932t - 4282,8$  де t – поточні значення років, починаючи з 1947. Рис. 4 наочно демонструє динаміку нарощування площ меліорації у басейні р. Стир.

За екологічний критерій граничного рівня меліоративного навантаження на річковий басейн, згідно цієї прогнозової моделі, був прийнятий час зміни гідрохімічного типу річкової води згідно з класифікацією природних вод О.О. Альокіна та граничних

2. Кореляційні співвідношення між вмістом макрокомпонентів хімічного складу (%-екв) та площами меліорованих земель (тис. га) у басейні р. Стир та р. Ірпінь за період з 1947 по 1989 рр.

Назва річки	Макрокомпоненти					
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
р. Ірпінь (Мостище)	-0,707	0,119	0,779	-0,823	0,808	0,758
р. Стир (Луцьк)	-0,783	0,723	0,607	-0,872	0,779	0,863

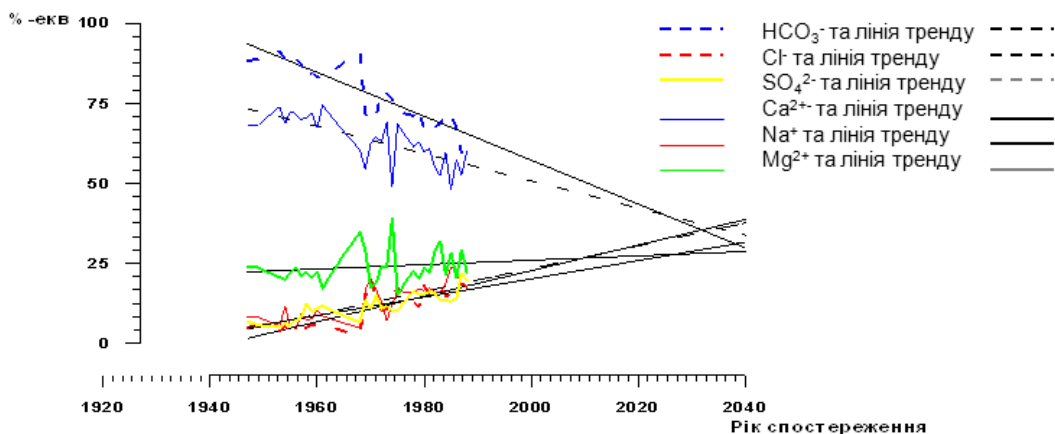


Рис. 2. Графічний аналіз змін хімічного складу річкової води за збереження тенденції збільшення площ меліорованих земель у басейні р. Ірпінь (Мостице)

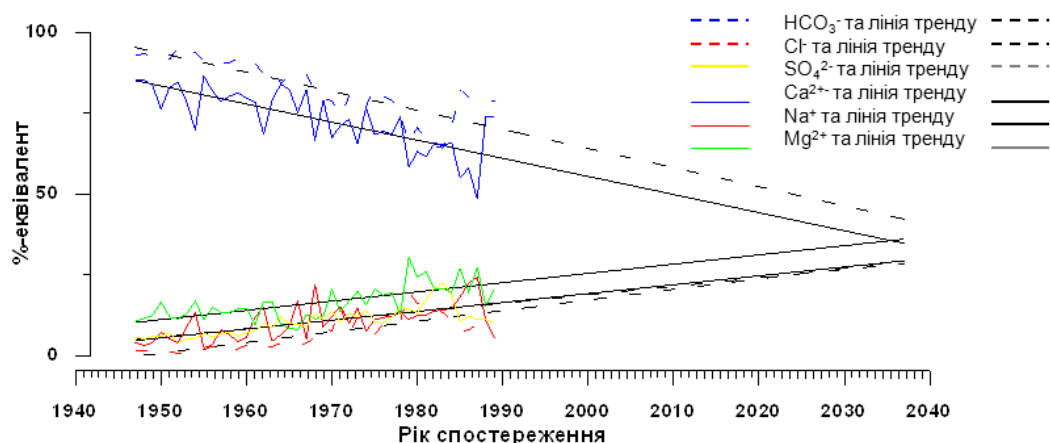


Рис. 3. Графічний аналіз змін хімічного складу води р. Стир (Луцьк) (%-екв) за роки спостережень з продовженням лінійних трендів

співвідношень макрокомпонентів при визначенні груп-класів-типів поверхневих природних вод (табл. 1).

Зміна гідрохімічного типу річкових вод, як екологічний критерій антропогенного навантаження, узгоджується із закономірностями широтної зональності хімічного складу поверхневих вод і загрожує непередбачуваними наслідками зміни у субаквальних і супераквальних екосистемах річкового басейну. Для розглядуваних басейнів р. Стир та р. Ірпінь трансформація хімічного складу річкових вод під впливом розвитку осушувальних меліорацій призводить до певної «аридизації», тобто зміни хімічного складу, характерного для південніших, більш аридних зон.

Момент зміни гідрохімічного типу річкової води розраховують шляхом вирішення системи рівнянь лімітуючих співвідношень макрокомпонентів класифікації О.О. Альокіна [6] шляхом підстановки одержаних регресійних рівнянь відповідного

макрокомпонента відносно площі меліоративного освоєння басейну (S). Тобто одержують граничну площу меліоративного освоєння басейну, при якій відбувається зміна гідрохімічного типу річкової води, з якої нескладно розрахувати граничну частку (%) меліоративного освоєння цього басейну, яка, зазвичай, співставляється і порівнюється із часткою площ болотного фонду цього басейну.

В таблиці 3 наведено результати вирішення системи цих рівнянь для басейнів р. Стир та р. Ірпінь. Тут же наведені прогностичні терміни зміни гідрохімічного типу річкової води, за умови збереження тренду меліоративного освоєння цих басейнів. Для басейну Ірпіня – це 2112 рік, а для басейну р. Стир – 2012 рік.

Однак після 1989 р. життя внесло суттєві корективи у темпи меліоративного будівництва і ефективність використання меліорованих земель в Україні. Зокрема

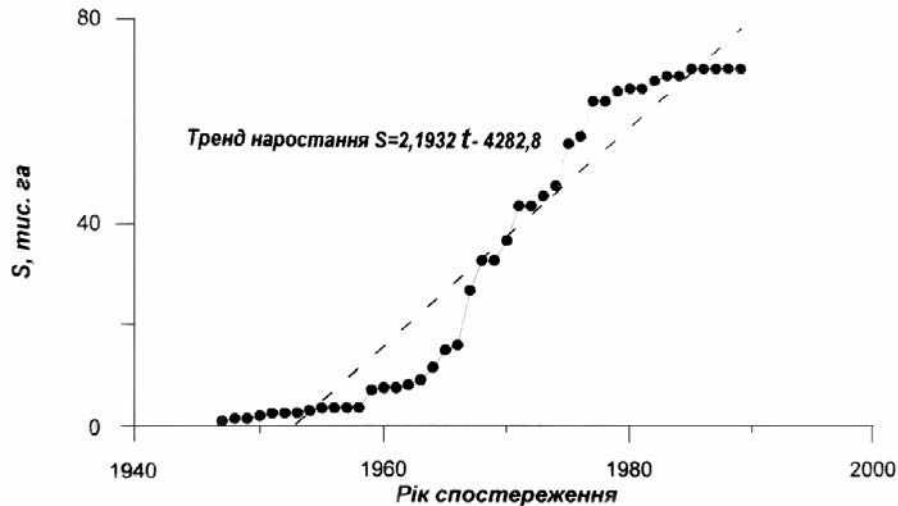


Рис. 4. Хронологічний графік наростання меліорованих площ  $S$ , тис. га., у басейні р. Стир

у басейні р. Ірпінь площі меліорації наближались до площі болотного фонду, що знизило потребу в осушенні. Апробація даної методики шляхом перевірки прогнозу впливу осушення на хімічний склад річкової води для басейну Ірпіння у 2009 році для обґрунтування схеми комплексного використання водних ресурсів і заплавної земель водного фонду р. Ірпінь, тобто через двадцять років після

завершення хронологічного ряду, дозволяє констатувати, що вміст більшості макрокомпонентів у річковій воді, за рахунок зниження ефективності використання осушуваних земель та припинення будівництва нових меліоративних систем у басейні, знизився до рівня середини 80-х років минулого сторіччя. Тобто, спостерігається ефект відновлення якості води, зміненої розвитком осушу-

### 3. Результати визначення гідрохімічного типу річкової води за класифікацією Альокіна О.О. [6] та умови його зміни у зв'язку з осушувальними меліораціями

Басейн	Гідрохімічна класифікація річкової води			Умова зміни гідрохімічного типу води з II на III тип	Гранична площа меліорваності басейну, $S_{гр}$ , тис.га	Гранична частка меліорваності басейну, %	*Прогнозний термін зміни гідрохімічного типу річкової води, рік
	група	клас	Тип II				
	C-S-Cl	Ca-Mg-Na	$HCO_3^- < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3^- + SO_4^{2-}$ за умов $S=0$	$HCO_3^- + SO_4^{2-} = Ca^{2+} + Mg^{2+}$ $C_{HCO_3}(S) + C_{SO_4}(S) = C_{Ca}(S) + C_{Mg}(S)$			
р. Ірпінь	гідрокарбонатні	кальцієві	$HCO_3 = 87,414$ $Ca = 69,533$ $Mg = 23,121$ $SO_4 = 7,4036$ $87,414 < 69,533 + 23,121 < 87,414 + 7,4036$	$-1,5229S + 87,414 + 0,654S + 7,4036 = -0,9509S + 69,533 + 0,1145S + 93,121$	66,6	23,4	2112
р. Стир	гідрокарбонатні	кальцієві	$HCO_3 = 91,910$ $Ca = 81,694$ $Mg = 11,755$ $SO_4 = 6,5369$ $91,910 < 81,694 + 11,755 < 91,910 + 6,5369$	$-10,2701S + 91,91 + 0,1162S + 76,5369 = -0,2514S + 81,694 + 0,1357S + 11,755$	130,8	18,2	2012

\* За умови збереження темпів нарощування меліорованих площ

вальних меліорацій. Однак серед макрокомпонентів визначаються маркери антропогенного впливу ( $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ), вміст яких продовжує збільшуватись. Але це, найвірогідніше, пов'язане вже не з осушувальними меліораціями, а з іншими видами антропогенної діяльності у басейні р. Ірпінь, зокрема збільшенні скидів стічних вод населених пунктів.

Отже існування обернено-циклічних процесів відновлення якості річкової води за зниження ефективності регулювання водного режиму та інтенсивності сільськогосподарського використання земель, було використане для інтегральної оцінки ефективності сільськогосподарського використання осушуваних земель в басейні р. Західний Буг [10] та на меліоративних системах Прикарпаття у Івано-Франківській області, де були отримані аналогічні закономірності [11]. Поняття обернено-циклічних процесів більшою мірою характерне для ґрунтових процесів [12]. Приміром коли після глибокого меліоративного розпушення відновлюються властивості ґрунтів, тобто період післядії цього агро меліоративного заходу, за якою встановлюють термін проведення повторного розпушення. Однак аналогічний циклічний процес зафіксований при відновленні до меліоративного складу підземних і дренажних вод на меліоративних системах Прикарпаття за зниження ефективності регулювання водного режиму ґрунту та інтенсивності його сільськогосподарського використання. Зокрема було встановлено високу чутливість хімічного складу ґрунтових і дренажних вод до антропогенних поллютантів на меліоративній системі «Копанки» де у 2000, 2010 та 2011 рр. фіксувалось підвищення їхньої мінералізації з 0,7-0,8 г/дм<sup>3</sup> до 2,0 г/дм<sup>3</sup> за рахунок випадіння переважно хлоровмісних сполук в результаті аварійних викидів до атмосфери ЗАТ «Лукор» [13].

**Висновки.** На прикладі басейнів р. Ірпінь та р. Стир доведено існування значимого кореляційного зв'язку між площами осушуваних земель у басейнах річок та вмістом і співвідношенням макрокомпонентів хімічного складу річкової води річок-водоприймачів дренажного стоку.

Метаморфізація якості річкової води під впливом меліорації полягає у певній «аридизації», тобто у зниженні вмісту гідрокарбонатів і кальцію та підвищенні вмісту інших

макрокомпонентів, характерних для південніших, більш аридних, природних зон.

Створена на основі лінійного регресійного аналізу прогнозна математична модель трансформації хімічного складу річкової води під впливом наростання площ осушуваних земель дозволяє визначити граничний рівень меліоративного освоєння басейну, при якому змінюється гідрохімічний тип річкової води (за О.О. Альокінім), а також термін цієї зміни. Для р. Ірпінь це мало б відбутися за умови доведення площі меліорованих земель до 66,6 тис. га, що відповідає рівню меліорованості 23,4%. Для басейну р. Стир це мало б статися вже у 2012 р. при меліорованості 18,16% басейну, що становить 130,8 тис. га за умови збереження після 1989 р. тренду наростання меліорованих земель, визначеного для періоду 1947–1989 рр.

Представлений метод оцінювання впливу осушувальних меліорацій, що базується на закономірній зміні співвідношень макрокомпонентів хімічного складу у річковій воді, а не їх абсолютних значень, є методом функціонального діагностування басейну річки на відміну від кризового моніторингу забруднень, застосування якого дозволяє забезпечити локалізацію забруднень та розробляти превентивні заходи з попереджувального нормування антропогенного навантаження на якість водних ресурсів, що формуються у цьому басейні.

Для ефективного нормування сучасного антропогенного навантаження на басейни річок і їх екологічної стабільності необхідно розвивати саме такі методи функціонального діагностування, що базуються на поглибленому аналізі ретроспективної інформації режимних гідрохімічних спостережень, але з урахуванням сучасних кліматичних змін.

Загалом слід констатувати перспективність використання закономірностей зміни співвідношення макрокомпонентів у підземних і поверхневих водах, як результату взаємодії води з ґрунтами та їх трансформації у руслових процесах, що загалом підводить нас до обґрунтування геомембранних властивостей педосфери. Особливо актуальним є впровадження цього поняття для сучасних умов глобальних змін клімату, які призводять до еволюції геомембранних властивостей ґрунтів в зоні розвитку осушувальних меліорацій.

### Бібліографія

1. Ромащенко М., Коломієць С., Мозоль Н., Овчиннікова Н. Оцінка впливу осушувальних меліорацій в басейнах річок на якість водних ресурсів. *Водне господарство України*, 2012. № 5. С. 20–24.

2. Горев Л.Н., Никаноров А.М., Пелешенко В.И. Региональная гидрохимия. Киев : Высшая школа, 1989. 280 с.
3. Коломієць С.С. Просторова оцінка ризику забруднення біогенними елементами ґрунтових вод агроландшафтів. *Агроекологічний журнал*, 2013. № 1. С. 35–40.
4. Файбишенко Б.А. Динамика солей зоны аэрации и грунтовых вод. Киев : КГУ, 1983. 112 с.
5. Гидрогеологическая роль болот и влияние их осушения на водный режим. Аннотирован библиографический указатель. Минск, 1977. 153 с.
6. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Ленинград : Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
7. Посохов Е.В. Общая гидрохимия. Ленинград : Недра, 1975. 208 с.
8. Гидрологический ежегодник 1947–1989 гг. Т.2. Вип. 2–4.
9. Перельман А.И. Очерки геохимии ландшафта. Москва : ГИЗ географической литературы, 1955. 392 с.
10. Коломієць С.С., Ясенчук Т.О. Відтворення зонального гідрохімічного типу поверхневих вод як показник екологічної стабільності басейну р. Західний Буг. Досягнення та перспектива розвитку водогосподарської галузі до 100-річчя від дня народження Гаркуші М.А. – першого міністра меліорації і водного господарства України. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 11–12 вересня 2014 року. Київ : ДІУЕВР, 2014 р. С. 33–36.
11. Мельник І., Коломієць С., Ясенчук О. Закономірності еволюційних змін ґрунтових режимів і властивостей осушуваних мінеральних ґрунтів Івано-Франківщини за різної інтенсивності їх господарського використання. Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва : матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, м. Тернопіль, 18–19 вересня 2013 р. Тернопіль, 2013. С.47–50.
12. Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропогенных взаимодействий / отв. ред. В.О. Торгульян, С.В. Горячкин. Москва : Издательство ЛКН, 2008. 692 с.
13. Коломієць С.С., Ясенчук Т.О. Методологія вивчення формування якості поверхневих вод за басейновим принципом. Матеріали науково-практичної конференції, присвяченої Всесвітньому дню води. Київ : ТОВ ДІА, 2015. С. 99–100.

### References

1. Romashchenko, M., Kolomiyets', S, Mozol', N, & Ovchynnikova N. (2012). Otsinka vplyvu osushival'nykh melioratsiy v baseynakh richok na yakist' vodnykh resursiv [Assessment of the impact of drainage reclamation in river basins on the quality of water resources]. *Vodne gospodarstvo Ukrainy*, 5. 20–24. [in Ukrainian]
2. Horev, L.N., Nykanorov, A.M., & Peleshenko, V.Y. (1989). Rehyonal'naya hydrokhiymiya [Regional hydrochemistry]. Kyev: Vyshcha shkola. [in Russian]
3. Kolomiyets', S.S. (2013). Prostorova otsinka ryzyku zabrudnennya biohennymi elementamy gruntovykh vod ahrolandshaftiv [Spatial assessment of the risk of nutrient contamination of groundwater in agricultural landscapes]. *Ahroekologichnyy zhurnal*, 1, 35–40. [in Ukrainian]
4. Faybyshenko, B.A. (1983). Dynamika soley zony aeratsyy hruntovykh vod [Dynamics of salts of the aeration zone and groundwater]. Kiev : KHU. [in Russian]
5. Hydrogeologicheskaya rol' bolot y vlyyanye ykh osushenyua na vodnyy rezhym [Hydrogeological role of bogs and the influence of their drainage on the water regime]. (1977). Annotyrovanyy bybl. ukazatel'. Mynsk. [in Russian]
6. Alekyn, O.A. (1970). Osnovy hidrokhiimii [Basics of hydrochemistry]. Leninhrad : Hydrometeoizdat. [in Russian]
7. Posokhov E.V. (1975). Obshchaya hidrokhiimiia [General hydrochemistry]. Leninhrad : Nedra. [in Russian]
8. Hidrologicheskyy ezhegodnik 1947-1989. [Hydrological Yearbook]. Vol.2 Iss. 2(2–4). [in Russian]
9. Perel'man, A.Y. (1955). Ocherki heokhiimii landshafta [Essays on landscape geochemistry]. Moskva : NYZ heograficheskoy literatury. [in Russian]
10. Kolomiyets', S.S., & Yasenchuk, T.O. (2014). Vidtvorennya zonal'noho hidrokhiimichnoho typu poverkhnevyykh vod yak pokaznyk ekolohichnoyi stabil'nosti baseynu r. Zakhidnyy Buh [Reproduction of zonal hydrochemical type of surface waters as an indicator of ecological stability of the Western Bug river basin]. *Dosyahnennya ta perspektyva rozvytku vodohospodars'koyi haluzi do 100-richchya vid dnya narodzhennya Harkushi M.A.* – pershoho ministra melioratsiyi i vodnoho gospodarstva

Ukrayiny. Materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Kyiv : DIUEVR, 33–36. [in Ukrainian]

11. Mel'nyk, I., Kolomiyets', S., & Yasenchuk, O. (2013). Zakonomirnosti evolyutsiynykh zmin gruntovykh rezhymiv i vlastyvostrykh osushuvanykh mineral'nykh gruntiv Ivano-Frankivshchyny za riznoyi intensyvnosti yikh hospodars'koho vykorystannya [Regularities of evolutionary changes of soil regimes and properties of drained mineral soils of Ivano-Frankivsk region at different intensity of their economic use]. Perspektivni napryamy rozvytku haluzey APK i pidvyshchennya efektyvnosti naukovooho zabezpechennya ahropromyslovooho vyrobnytstva : materialy III mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh, m. Ternopil'. Ternopil', 47–50. [in Ukrainian]

12. Torhul'yan, V.O., & Horyachkyn, S.V. (2008). Pamyat' pochv: Pochva kak pamyat' byosferno-heosferno-antropohennykh vzaymodeystviy [Memory of soils: Soil as a memory of biosphere-geosphere-anthropogenic interactions] / otv. red. Moskva : Izdatel'stvo LKN. [in Russian]

13. Kolomiyets', S.S., & Yasenchuk, T.O. (2015). Metodolohiya vyvchennya formuvannya yakosti poverkhnevyykh vod za baseynovym pryntsypom [Methodology for studying the formation of surface water quality by the basin principle]. Materialy naukovo-praktychnoyi konferentsii, prysvyachenoyi Vsesvitn'omu dnyu vody. Kyiv : TOV DIA, 99-100. [in Ukrainian]

**М.И. Ромащенко, С.С. Коломиец, А.С. Сардак**

**Метаморфизация зонального гидрохимического состава поверхностных и подземных вод Украины под влиянием антропогенных и природных факторов**

**Аннотация.** Представлен интегральный метод функционального диагностирования бассейновых геосистем путем количественной оценки влияния антропогенных (осушительные мелиорации), а возможно и природных факторов (климат) на изменение гидрохимического состава поверхностных и подземных вод. Метод основан на природной широтной и вертикальной зональности гидрохимического состава поверхностных и подземных вод, как проявление геомембранных свойств педосферы. Этапами проведенной количественной оценки влияния наращивания площадей осушительных мелиораций в бассейнах рек Стырь и Ирпень было проведение линейного регрессионного анализа хронологических рядов содержания каждого из макрокомпонентов химического состава речной воды в замыкающем створе за 1947-1989 гг. Для повышения тесноты корреляционной связи гидрохимический состав был представлен в %-эквивалентной форме, наиболее точно характеризующей соотношение макрокомпонентов, но не зависящей от общей минерализации воды. Статистически достоверно установлено, что при нарастании площадей осушения происходит снижение содержания таких типоморфных ионов как гидрокарбонаты и кальций, но повышение содержания других макрокомпонентов и минерализации. В целом, с ростом площадей осушительных мелиораций происходит аридизация гидрохимического состава речной воды. За экологический критерий допустимости мелиорированности бассейна принято изменение гидрохимического типа речной воды в соответствии с классификацией А.А. Алекина. Полученные параметрические модели временных трендов содержания макрокомпонентов гидрохимического состава позволили определить предельную площадь мелиорированности бассейнов двух рек и спрогнозировать время изменения гидрохимического типа воды в сторону аридизации.

Прекращение строительства новых мелиоративных систем и снижение эффективности сельскохозяйственного использования осушаемых земель приводит к восстановлению гидрохимического состава рек в направлении их домелиоративного освоения.

Апробация созданного метода функционального диагностирования проведена на пяти мелиоративных системах Прикарпатья и в бассейне Западного Буга и его притоков, доказала его высокую эффективность и перспективность для создания параметрических моделей воздействия природных и антропогенных факторов на химический состав и качество водных ресурсов.

**Ключевые слова:** гидрохимический состав воды, макрокомпоненты, площади мелиорации, регрессионный и корреляционный анализ, аридизация химического состава воды, прогнозная модель

**M.I. Romashchenko, S.S. Kolomiyets', A.S. Sardak**

**Metamorphization of zonal hydrochemical composition of surface and groundwater of Ukraine under the influence of anthropogenic and natural factors**

**Abstract.** An integrated method of functional diagnostics of basin geosystems through quantitative assessment of anthropogenic (drainage reclamation) or natural factors (climate) on the change of hydrochemical composition of surface and groundwater is presented. The method is based on the



*natural latitudinal and vertical zonation of the hydrochemical composition of surface and ground-water, as a manifestation of the geomembrane properties of the pedosphere. The stages of the quantitative assessment of the impact of increasing drainage reclamation areas in the Styr and Irpin river basins, were a linear regression analysis of chronological series of the content of each of the macro-components of the river water composition in the closing line for 1947–1989, and also the dynamics of increasing reclamation areas and correlation analysis of the obtained dependencies. To increase the closeness of the correlation, the hydrochemical composition was presented in %-equivalent form, which most accurately characterizes the ratio of macrocomponents, but does not depend on the total mineralization of water. A decrease in the content of such typomorphic ions as hydrocarbons and calcium and an increase in the content of other macrocomponents and mineralization were found statistically significantly with increasing drainage areas. In general, with increasing areas of drainage reclamation, there is an aridization of the hydrochemical composition of river water. The change of hydrochemical type of river water according to the classification of O.O. Alekina. The obtained parametric models of time trends of the content of macrocomponents of hydrochemical composition allowed to determine the limiting area of reclamation of the basins of two rivers and to predict changes in the hydrochemical type of water in the direction of its aridization.*

*Stopping the construction of new reclamation systems and reducing the efficiency of agricultural use of drained lands leads to the restoration of the hydrochemical composition of rivers in the direction of their reclamation development.*

*Approbation of the created method of functional diagnostics was carried out on five reclamation systems of Prykarpattia and in the basin of the Western Bug river and its branches proved its high efficiency and perspective for the creation of parametric models of the influence of natural and anthropogenic factors on chemical composition and quality of water resources.*

**Key words:** *hydrochemical composition of water, macrocomponents, reclamation areas, regression and correlation analysis, aridization of chemical composition of water, forecast model*