

УДК 551.782.1.563.12 (477.87)

**Роман ПАНЬКІВ<sup>1</sup>, Володимир КОЛОДІЙ<sup>1</sup>, Юзеф ХОВАНЕЦЬ<sup>2</sup>,  
Орися МАЙКУТ<sup>1</sup>, Ірина САХНЮК<sup>1</sup>, Марія КОСТЬ<sup>1</sup>, Роман КОЗАК<sup>1</sup>,  
Ігор БЕРЕЗОВСЬКИЙ<sup>1</sup>, Олена ПАЛЬЧИКОВА<sup>1</sup>**

**ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА  
ТРАНСКОРДОННИХ РІЧОК ЯВОРІВЩИНИ**

<sup>1</sup>Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,  
e-mail: igggk@mail.lviv.ua

<sup>2</sup>Державний геологічний інститут, Карпатський відділ, Краків, Польща,  
e-mail: jozef.chowaniec@pgi.gov.pl

Досліджено гідрохімічний склад річок Шкло, Завадівка, Смолінка, Гребелька Яворівського району Львівської області. Вміст більшості компонентів у межах норми, і лише на окремих ділянках сульфати, органічні і завислі речовини перевищують ГДК.

*Ключові слова:* транскордонні річки, гідрохімія, санітарні норми, класи вод.

Дослідження природного гідрохімічного фону поверхневих вод Яворівщини з метою визначення їхнього екологічного стану проведені у співпраці співробітників відділу нафтогазової гідрогеології, геохімії і охорони гідросфери ІГГК НАН України та Карпатського відділу Державного геологічного інституту (Польща). У процесі сумісних польових робіт (осінь 2005 р., весна й осінь 2006 р.) були випробувані водотоки (річки Шкло, Гноєнець, Ретичин, Завадівка, Гребелька і її притока) і ґрунтові води (криниці) у десяти пунктах Яворівського району (смт Шкло, м. Яворів, смт Краковець, села Терновиця, Руда-Краковецька, Завадів, Грушів, Салаші, Вороблячин, присілок Калитяки) (рис. 1). З 2007 р. дослідження продовжували тільки співробітники ІГГК НАН України в рамках бюджетної теми Інституту Б-3/07 “Вплив діяльності гірничо-видобувних підприємств на стан навколишнього середовища прикордонних територій України і Польщі”.

Таким чином, посезонно (навесні і восени) упродовж 2005–2007 рр. на кожному з десяти водопунктів відібрано і проаналізовано по п’ять проб води (50 проб).

Річка Шкло належить до басейну р. Вісла і є правобережною притокою р. Сян (табл. 1). Бере початок біля смт Шкло на лісистому пасмі Розточчя на території України і впадає в р. Сян на території Польщі. Довжина річки – 76 км, з яких у межах України – 32 км. Вона має чотири притоки: Терешку, Гноєнець, Віжомлю, Ретичин (Сиротюк і ін., 2007; Природа..., 1972; Еколо-

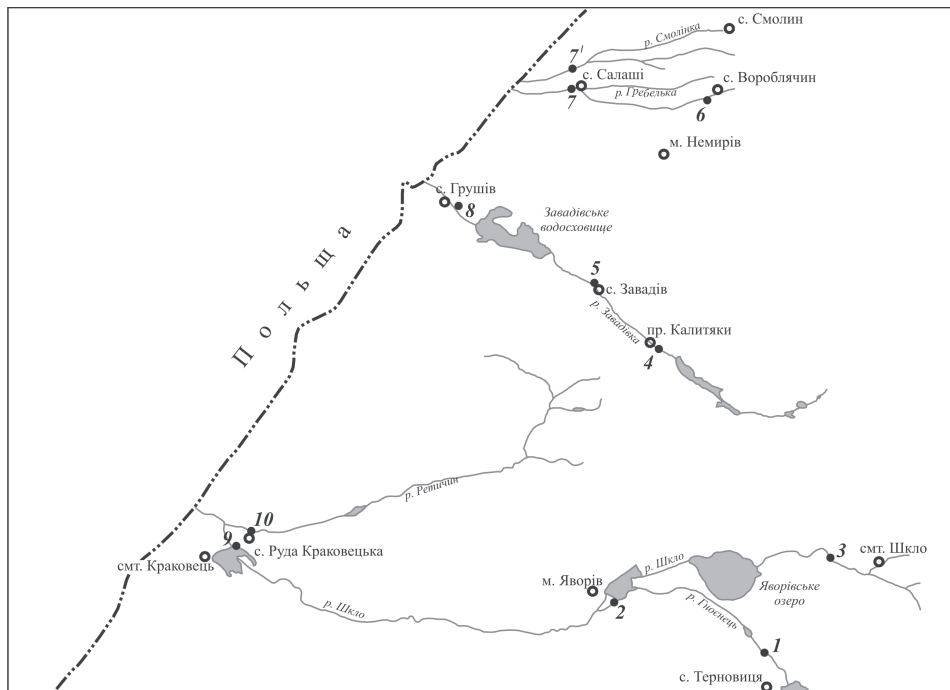


Рис. 1. Схема розташування пунктів водовипробування (водоток і найближча до нього криниця, Яворівський р-н, Львівська обл.)

Таблиця 1. Характеристика рік Яворівщини (Природа..., 1972; Околиці..., 2002)

Назва річки	Куди впадає	Права/ліва притока	Довжина, км	Площа басейну, км <sup>2</sup>
Басейн р. Шкло				
Шкло	Сян (Сан)	права	76	863
Терешка	Шкло	права	10	46
Гноєнець (Гноянець)	Шкло	ліва	19	114
Віжомля	Шкло	ліва	25	93
Ретичин	Шкло	права	23	178
Липовець	Ретичин	права	12	53
Басейн р. Смолінка				
Смолінка (Любачівка)	Сян (Сан)	ліва	–	–
Завадівка	Смолінка	ліва	36	337
Смердюк (Смердек)	Завадівка	права	16	390
Рибна (Блех)	Завадівка	права	18	31
Вонячка	Завадівка	права	9,5	–
Волена	Завадівка	права	7	–
Гнилий Потік	Завадівка	права	4	–
Гребелька	Смолінка	ліва	9,5	–
Суша Липа	Смолінка	права	14	–

Примітка: “–” – дані відсутні.

гічний..., 2007). Річка випробувана за течією в трьох пунктах: смт Шкло > м. Яворів > смт Краковець, біля кордону з Республікою Польща. Також випробувані води її приток: р. Гноєнець (с. Терновиця) і р. Ретичин (с. Руда-Краковецька).

Вода річки в *смт Шкло* перед впадінням у Яворівське озеро (на місці затопленого сірчаного кар'єру) протягом п'яти сезонів відзначається сталим хімічним складом. Мінералізація коливається від 0,31 до 0,38 г/дм<sup>3</sup>. Вміст іонів (%-екв./дм<sup>3</sup>) утворює ранжировані ряди:

аніони –  $\text{HCO}_3^-$  (65–74) >  $\text{SO}_4^{2-}$  (19–23) >  $\text{Cl}^-$  (6–10) >  $\text{NO}_3^-$  (0–2);

катіони –  $\text{Ca}^{2+}$  (78–82) >  $\text{Mg}^{2+}$  (8–10) >  $\text{Na}^+$  8 >  $\text{K}^+$  (2–3).

Хімічний склад цих вод можна представити середньою формулою Курлова:

$$M_{0,33} \frac{\text{HCO}_3 68 \text{SO}_4 21 (\text{Cl} 8 \text{NO}_3 1)}{\text{Ca} 79 (\text{Na} 8 + \text{K} 2) (\text{Mg} 9)} pH 7,05.$$

Отже, води прісні (акратопеги), слабколужні, сульфатно-гідрокарбонатні кальцієві. Гідрокарбонат-іонів утричі більше, ніж сульфатів. Ці води відображають природний гідрохімічний фон регіону.

Хімічний склад води після її витікання з Яворівського озера суттєво відрізняється від наведеного вище. Мінералізація води збільшилася у 2–3 рази, до 0,73–1,12 г/дм<sup>3</sup> (рис. 2). Найбільша мінералізація виявлена восени 2005 р. – 1,12 і восени 2007 р. – 1,04 г/дм<sup>3</sup>, такі води класифікуються як слабкосолені. Змінився їхній іонний склад. Серед аніонів домінує сульфат-іон, абсолютний

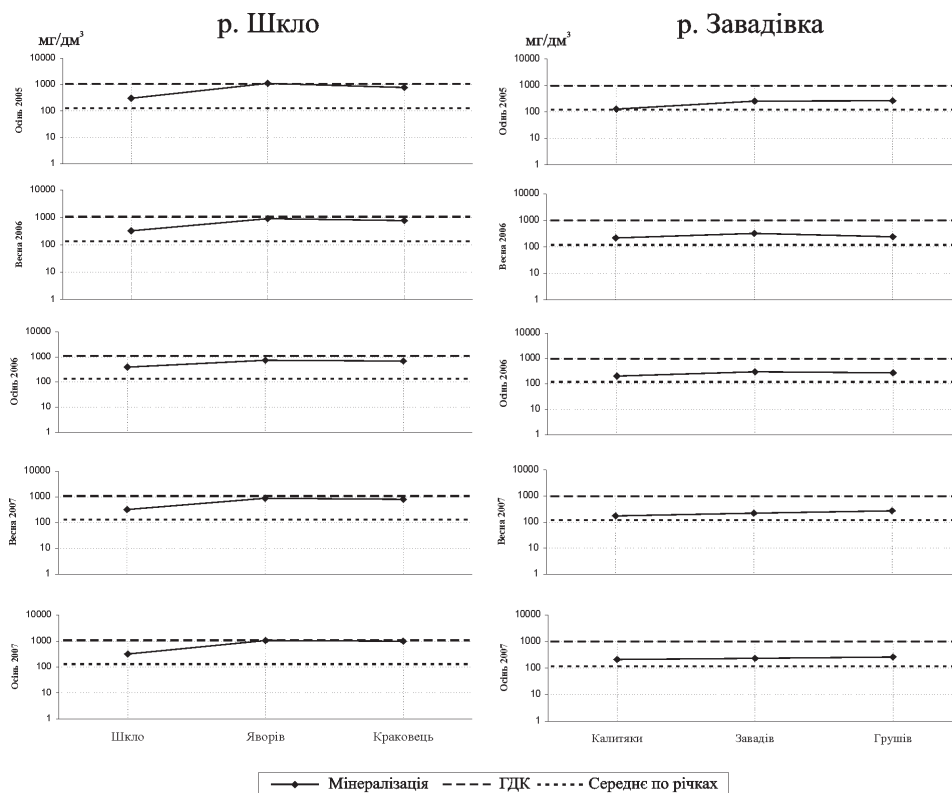


Рис. 2. Розподіл мінералізації в річкових водах протягом п'яти сезонів

вміст якого збільшився у 4,7–15,8 раза. Суттєво зріс абсолютний вміст кальцію, магнію, натрію, меншою мірою – калію і гідрокарбонатів. Можна назвати кілька джерел постачання сульфат-іона: карстові води, що розвиваються по верхньобаденських гіпсоангідритах; пластові води верхньобаденських вапняків; гідрогенсульфур пластових вод баденського горизонту; гідрогенсульфур, утворений унаслідок сульфатредукції на дні Яворівського озера.

За відносним вмістом іони утворюють такі ранжировані ряди (%-екв./дм<sup>3</sup>):

аніони –  $\text{SO}_4^{2-}$  (48–75) >  $\text{HCO}_3^-$  (19–44) >  $\text{Cl}^-$  (5–8);

катіони –  $\text{Ca}^{2+}$  (63–78) >  $\text{Na}^+$  (2–11) >  $\text{Mg}^{2+}$  (9–14) >  $\text{K}^+$  (1–2).

Таким чином, існує значне коливання мінералізації і відносних вмістів іонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Na}^+$ .

Середній хімічний склад вод за період досліджень відповідає формулі Курлова:

$$M_{0,94} \frac{\text{SO}_4 64 \text{HCO}_3 31 (\text{Cl}6)}{\text{Ca}71 (\text{Na}15 + \text{K}2) \text{Mg}12} \text{pH}7,38.$$

Це слабкомінералізовані, прісні, слабколужні, гідрокарбонатно-сульфатні кальцієві води. Кількісно сульфат-іонів є в середньому удвічі більше, ніж гідрокарбонатів.

У прикордонному смт *Краковець* води р. Шкло за хімічним складом близькі до вод м. Яворів, проте їхня мінералізація менша на 6–30 %. Зменшився на 1–12 %-екв. вміст сульфат-іона і зріс вміст гідрокарбонат-іона (на 1–8 %-екв.). Розподіл іонів можна показати відповідними ранжированими рядами (%-екв./дм<sup>3</sup>):

аніони –  $\text{SO}_4^{2-}$  (47–72) >  $\text{HCO}_3^-$  (22–42) >  $\text{Cl}^-$  (5–10) >  $\text{NO}_3^-$  1;

катіони –  $\text{Ca}^{2+}$  (64–75) >  $\text{Na}^+$  (11–17) >  $\text{Mg}^{2+}$  (10–19) >  $\text{K}^+$  2.

Найбільше коливаються відносні вмісти  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  і  $\text{Ca}^{2+}$ . Значення *pH* змінюється в межах 7,24–7,45.

Середній хімічний склад цих вод можна представити формулою:

$$M_{0,80} \frac{\text{SO}_4 57 \text{HCO}_3 34 (\text{Cl}8 \text{NO}_3 1)}{\text{Ca}69 (\text{Na}14 + \text{K}2) \text{Mg}12} \text{pH}7,35.$$

Це прісні, слабколужні, гідрокарбонатно-сульфатні кальцієві води. Сульфат-іонів у середньому в 1,7 раза більше, ніж гідрокарбонатів. Отже, річкова вода в смт *Краковець* подібна до яворівської, проте вона вже дещо менше мінералізована внаслідок змішування з водою допливів.

З наведених даних хімічного складу річкових вод можна висновити, що води р. Шкло чітко поділяються на дві категорії: води, які мають природний фоновий хімічний склад і мінералізацію (р. Шкло у верхній течії та в смт Шкло), і ті, які техногенно забруднені – суттєво збагачені, порівняно з фоном, сульфатами, натрієм, кальцієм, магнієм та іншими макрокомпонентами (м. Яворів і смт *Краковець*) (табл. 2, див. рис. 2, рис. 3–6).

Води р. Г н о є н е ц ь досліджені лише в одному пункті – біля с. *Терновиця*. Їхня мінералізація за період досліджень змінювалася у вузькому діапазоні – 0,42–0,60 г/дм<sup>3</sup>, зростаючи за останні три сезони: 0,42 > 0,50 > 0,60 г/дм<sup>3</sup>. Характеристика кислотно-лужного стану води змінюється в широких межах (*pH* – від 7,23 до 8,80).

Т а б л и ц я 2. Розподіл нормованих компонентів у водах рік Шкло, Завадівка, Гребелька та їхніх приток, мг/дм<sup>3</sup> (2007 р.)

Компонент	Пора року	р. Шкло			р. Гноєнець	р. Ретичин
		смт Шкло	м. Яворів	смт Краковець	с. Терновиця	с. Руда-Краковецька
Розчинений кисень	весна	7,1	7,0	7,0	9,8	6,5
	осінь	15,2	8,8	8,9	11,0	8,0
БСК <sub>5</sub>	весна	5,1	3,8	5,5	—	2,1
	осінь	4,2	1,9	3,5	8,6	1,8
Завислі речовини	весна	18,2	6,0	14,0	29,6	17,0
	осінь	5,0	23,0	7,4	44,0	8,4

Продовження табл. 2

Компонент	Пора року	р. Завадівка			р. Гребелька	пр. р. Гребелька	ГДКв.
		присілок Калитяки	с. Завадів	с. Грушів	с. Салаші	с. Воробляччин	
Розчинений кисень	весна	7,1	7,0	7,0	9,8	6,5	> 6,0
	осінь	15,2	8,8	8,9	11,0	8,0	
БСК <sub>5</sub>	весна	5,1	3,8	5,5	—	2,1	< 5,0*
	осінь	4,2	1,9	3,5	8,6	1,8	
Завислі речовини	весна	18,2	6,0	14,0	29,6	17,0	< 20**
	осінь	5,0	23,0	7,4	44,0	8,4	

\* для БСК<sub>5</sub> повного;

\*\* норма для прикордонних річок.

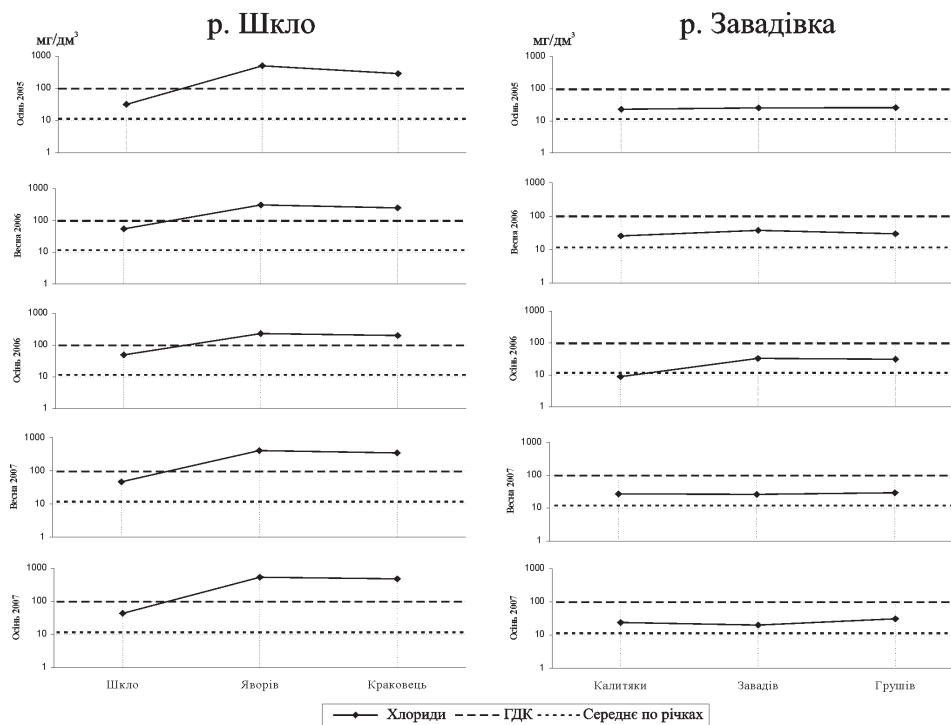


Рис. 3. Розподіл сульфатів у річкових водах протягом п'яти сезонів

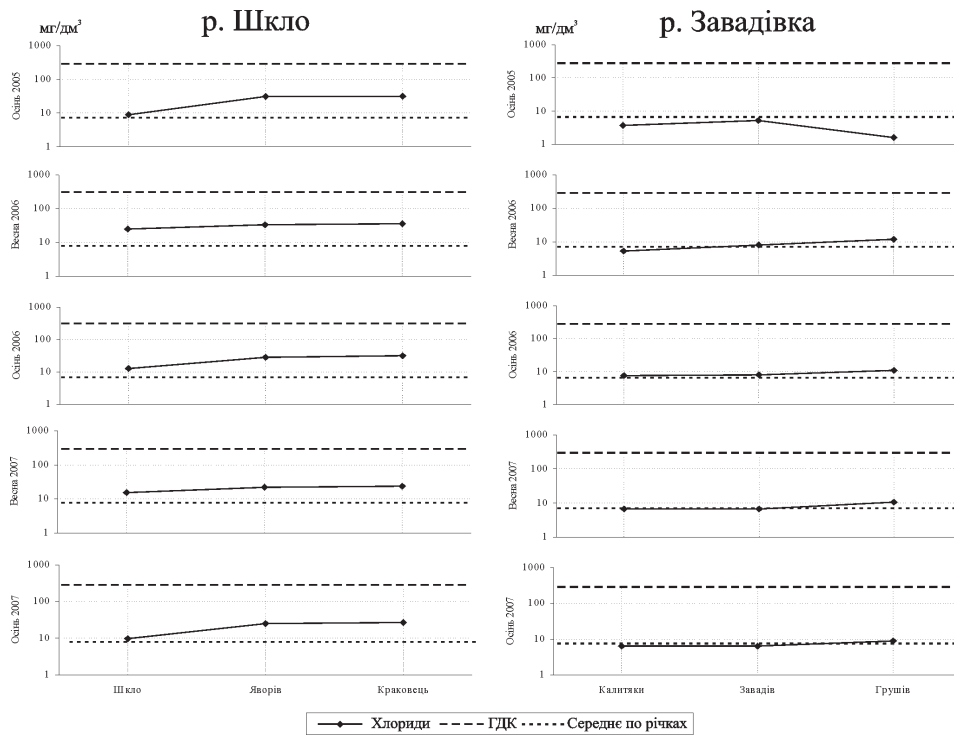


Рис. 4. Розподіл хлоридів у річкових водах протягом п'яти сезонів

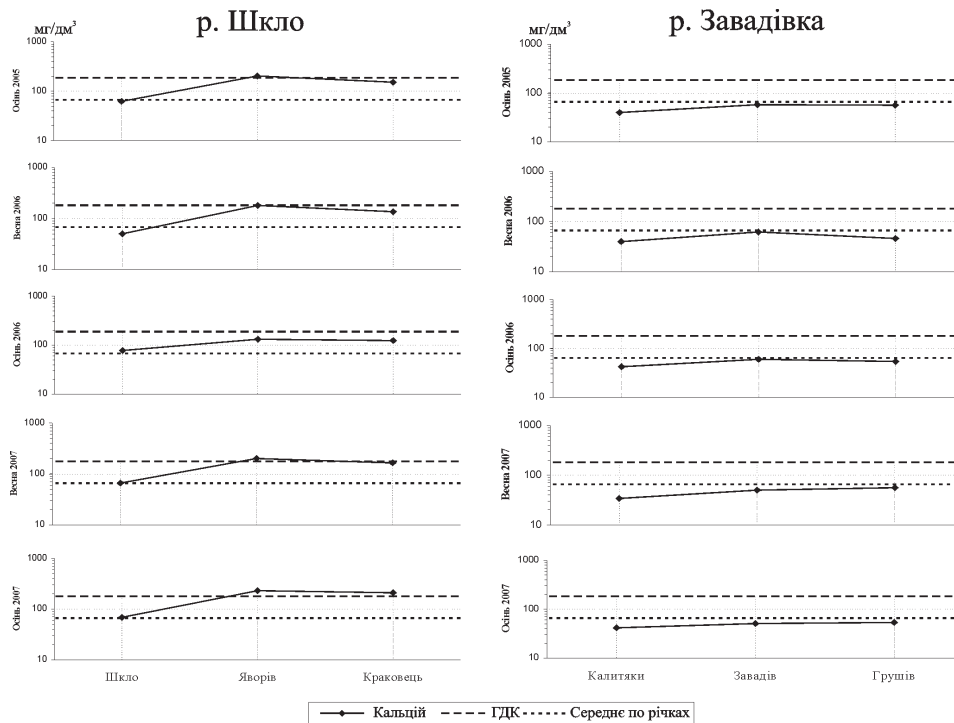


Рис. 5. Розподіл кальцію в річкових водах протягом п'яти сезонів

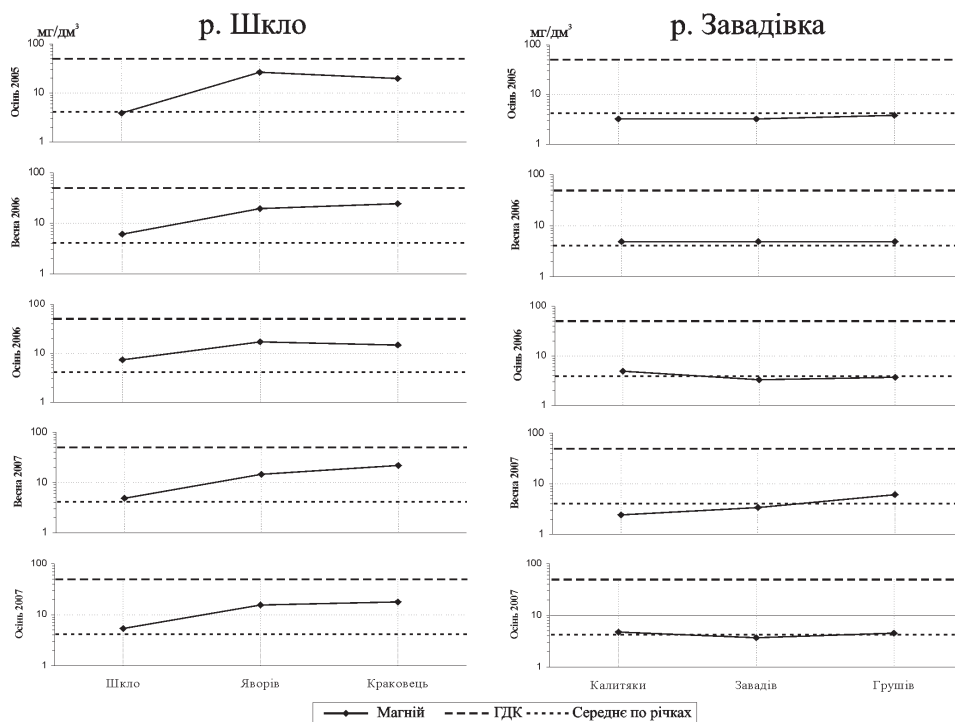


Рис. 6. Розподіл магнію в річкових водах протягом п'яти сезонів

За величиною відносних вмістів іони можна розташувати в такі ряди (%-екв./дм<sup>3</sup>):

аніони –  $\text{HCO}_3^-$  (46–73) >  $\text{SO}_4^{2-}$  (15–43) >  $\text{Cl}^-$  (9–13) >  $\text{NO}_3^-$  1;

катиони –  $\text{Ca}^{2+}$  (57–71) >  $\text{Mg}^{2+}$  (15–23) >  $\text{Na}^+$  (9–16) >  $\text{K}^+$  (2–4) >  $\text{NH}_4^+$  (1–4).

Найбільше змінюється вміст гідрокарбонат- і, особливо, сульфат-іонів, меншою мірою – кальцію. Середній склад вод р. Гноєнець виражається формулою:

$$M_{0,49} \frac{\text{HCO}_3 53 \text{SO}_4 33 \text{Cl} 11 (\text{NO}_3 1)}{\text{Ca} 66 \text{Mg} 18 (\text{Na} 12 + \text{K} 3)} \text{pH} 7,79.$$

Отже, води прісні, пониженої солоності, слабколужні, сульфатно-гідрокарбонатні кальцієві. Сульфатів у середньому в 1,6 раза менше, ніж карбонатів.

Порівняно з природним гідрохімічним фоном спостерігається підвищений і нерівномірний вміст сульфатів, хлоридів, іонів магнію, натрію, заліза, фтору, підвищені значення мінералізації. Це свідчить про техногенне забруднення річки.

Води р. Ретичин досліджені лише в с. Руда-Краковецька. Мінералізація води за період дослідження змінювалася від 0,36 до 0,56 г/дм<sup>3</sup>, причому вищі значення мінералізації спостерігалися в осінні періоди. Кисотно-лужний стан води змінювався в широкому діапазоні – від 6,61 до 7,44.

Упродовж 2006 р. (весна/осінь) хімічний склад був таким:

$$M_{0,43} \frac{\text{HCO}_3 53 \text{SO}_4 27 \text{Cl} 19}{\text{Ca} 55 (\text{Na} 24 + \text{K} 3) \text{Mg} 18} \text{pH} 7,42.$$

Вода прісна (акратопег), слабколужна, сульфатно-гідрокарбонатна натрієво-кальцієва. Сульфатів удвічі менше, ніж карбонатів.

У 2007 р. хімічний склад води зазнав значної зміни – сульфат-іонів стало у 2–3,6 раза більше, ніж гідрокарбонатів:

$$M_{0,36-0,51} \frac{SO_4(68-55)HCO_3(19-26)Cl(12-18)}{Ca(54-57)(Na22+K3)Mg19} pH6,90-7,33.$$

Вода прісна, сульфатна або гідрокарбонатно-сульфатна, натрієво-кальцієва. Отже, головними аніонами послідовно були: хлор (2005 р.), гідрокарбонат-іон (2006 р.), сульфат-іон (2007 р.) за подібного катіонного складу.

Нестабільність хімічного складу вод, збільшення мінералізації та підвищенні, порівняно з природним гідрохімічним фоном, вмісти сульфатів, хлоридів, магній- і натрій-іонів свідчать про певне техногенне забруднення р. Ретичин.

Річка Завадівка має п'ять правих приток (див. табл. 1). Її води досліджувалися в трьох пунктах за течією: присілок Калитяки > с. Завадів > с. Грушів, протягом усього досліджуваного періоду.

У присілку Калитяки хімічний склад річкової води і її мінералізація витримані. Остання коливається в межах 0,13–0,22 г/дм<sup>3</sup>. Іони утворюють такі ранжировані ряди (%-екв./дм<sup>3</sup>):

аніони –  $HCO_3^-$  (68–79) >  $SO_4^{2-}$  (16–24) >  $Cl^-$  (2–8);

катіони –  $Ca^{2+}$  (74–81) >  $Mg^{2+}$  (10–15) >  $Na^+$  (7–8) >  $K^+$  (1–4) >  $NH_4^+$ .

Середній (за п'ять сезонів) хімічний склад вод р. Завадівка в присілку Калитяки можна представити формулою Курлова:

$$M_{0,20} \frac{HCO_3 74SO_4 20(Cl5 NO_3 1)}{Ca77 Mg13(Na8 + K2)(NH_4 1)} pH7,41.$$

Отже, води прісні (акратопеги), слабколужні, сульфатно-гідрокарбонатні кальцієві. Сульфатів у 3,7 раза менше, ніж гідрокарбонатів.

У с. Завадів хімічний склад річкових вод і мінералізація (0,22–0,32 г/дм<sup>3</sup>) більш витримані в часі, ніж у присілку Калитяки. Іони утворюють такі ранжировані ряди (%-екв./дм<sup>3</sup>):

аніони –  $HCO_3^-$  (74–79) >  $SO_4^{2-}$  (15–19) >  $Cl^-$  (5–6) >  $NO_3^-$  (0, n–1);

катіони –  $Ca^{2+}$  (81–85) >  $Mg^{2+}$  (8–11) >  $Na^+$  (5–6) >  $K^+$  (1–3) >  $NH_4^+$  (0, n–1).

Середній хімічний склад річкових вод такий:

$$M_{0,27} \frac{HCO_3 76SO_4 17(Cl5 NO_3 1)}{Ca83(Mg9(Na6 + K2))} pH7,55.$$

Води прісні (акратопеги), слабколужні, гідрокарбонатні кальцієві. Сульфатів у 4,5 раза менше, ніж гідрокарбонатів.

У с. Грушів (поблизу кордону) води р. Завадівка (після її витікання з озера) характеризуються витриманим хімічним складом і мінералізацією (0,24–0,28 г/дм<sup>3</sup>). Діапазон коливань відносних вмістів іонів незначний; вони утворюють такі ранжировані ряди (%-екв./дм<sup>3</sup>):

аніони –  $HCO_3^-$  (68–78) >  $SO_4^{2-}$  (16–20) >  $Cl^-$  (6–11);

катіони –  $Ca^{2+}$  (76–82) >  $Mg^{2+}$  (9–14) >  $Na^+$  (7–9) >  $K^+$  (2–4).

Середній хімічний склад річкових вод у с. Грушів такий:

$$M_{0,26} \frac{HCO_3 73SO_4 18(Cl8)}{Ca79Mg11(Na8 + K2)} pH7,65.$$



Води належать до акратопегів, слабколужні, гідрокарбонатні кальцієві. Сульфатів у 4,1 раза менше, ніж гідрокарбонатів.

Наведені вище середні формули хімічного складу вод свідчать про тенденцію до незначного зростання мінералізації вод р. Завадівка за течією. У тому самому напрямку зростає *pH* вод і вміст хлоридів. Проте в цілому хімічний макросклад зберігається: води прісні (акратопеги) (0,20–0,27 г/дм<sup>3</sup>), слабколужні (*pH* = 7,41–7,65), гідрокарбонатні кальцієві. Загалом середній хімічний склад вод р. Завадівка (за п'ять сезонів) можна відобразити такою середньою формулою:

$$M_{0,24} \frac{\text{HCO}_3 75 \text{SO}_4 18 (\text{Cl} 6 \text{NO}_3 1)}{\text{Ca} 80 \text{Mg} 11 (\text{Na} 7 + \text{K} 2)} \text{pH} 7,54.$$

Можна висновити, що серед усіх досліджених водотоків води цієї річки є типовими для природного гідрохімічного фону поверхневих вод регіону.

Води р. Г р е б е л ь к а (притока р. Смолінки, що в Республіці Польща) досліджені лише в одному пункті – с. *Салаші*. Хімічний склад вод і мінералізація (0,34–0,38 г/дм<sup>3</sup>) протягом п'яти сезонів витримані. Розподіл іонів відображений ранжированими рядами (%-екв./дм<sup>3</sup>):

аніони –  $\text{HCO}_3^-$  (72–82) >  $\text{SO}_4^{2-}$  (8–15) >  $\text{Cl}^-$  (9–12) >  $\text{NO}_3^-$  1;  
катіони –  $\text{Ca}^{2+}$  (80–83) >  $\text{Mg}^{2+}$  (8–11) >  $\text{Na}^+$  (5–8) >  $\text{K}^+$  (2–3).

Середній (з п'яти етапів) хімічний склад вод р. Смолінка в с. Салаші представлений формулою:

$$M_{0,35} \frac{\text{HCO}_3 76 \text{SO}_4 11 \text{Cl} 10 (\text{NO}_3 1)}{\text{Ca} 82 ((\text{Na} 7 + \text{K} 3) \text{Mg} 8)} \text{pH} 7,50.$$

Води прісні (акратопеги), слабколужні, гідрокарбонатні кальцієві. Сульфатів у середньому в 7 разів менше, ніж гідрокарбонатів. Склад цих вод відображає гідрохімічний фон природних поверхневих вод району.

П р и т о к а р. Г р е б е л ь к а вивчена лише в одному пункті – у с. *Вороблячин*. Води притоки, порівняно з водами річок Завадівка і Гребелька, мають підвищену, але витриману мінералізацію – 0,54 (0,53–0,55) г/дм<sup>3</sup>. Розподіл іонів представлений такими рядами (%-екв./дм<sup>3</sup>):

аніони –  $\text{HCO}_3^-$  (68–76) >  $\text{SO}_4^{2-}$  (9–16) >  $\text{Cl}^-$  (8–10) >  $\text{NO}_3^-$  (5–7);  
катіони –  $\text{Ca}^{2+}$  (85–90) >  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  (8–10) >  $\text{Mg}^{2+}$  (3–6).

Середній (з п'яти етапів) хімічний склад вод притоки можна представити такою формулою Курлова:

$$M_{0,54} \frac{\text{HCO}_3 71 \text{SO}_4 13 (\text{Cl} 9 \text{NO}_3 6)}{\text{Ca} 89 ((\text{Na} 4 + \text{K} 3) \text{Mg} 4)} \text{pH} 7,63.$$

Води прісні, слабколужні, гідрокарбонатні кальцієві. Сульфатів у 5,5 раза менше, ніж гідрокарбонатів. Порівняно з природним гідрохімічним фоном вони мають підвищені абсолютні вмісти сульфатів, гідрокарбонатів, хлоридів, кальцію, калію і нітратів. У цілому ці води подібні до вод р. Гноєнець.

Серед компонентів вод, вміст яких лімітується граничними допустимими концентраціями (ГДК), визначали: перманганатну окиснюваність ( $\text{O}_{\text{перм}}$ ), хімічну потребу в кисні (ХПК), сполуки нітрогену (амоній, нітрити, нітрати), фосфати, фториди, силіцій, феноли, а 2007 р. також біохімічне споживання кисню після

5 днів (БСК<sub>5</sub>), розчинений кисень і завислі речовини. Розглянемо отримані дані по 50-ти пробах, порівнюючи з ГДКв. (для питних вод), ГДКв.р. (для рибогосподарських потреб) і середніми значеннями в цілому по річках (див. табл. 2, див. рис. 2–6, рис. 7–9).

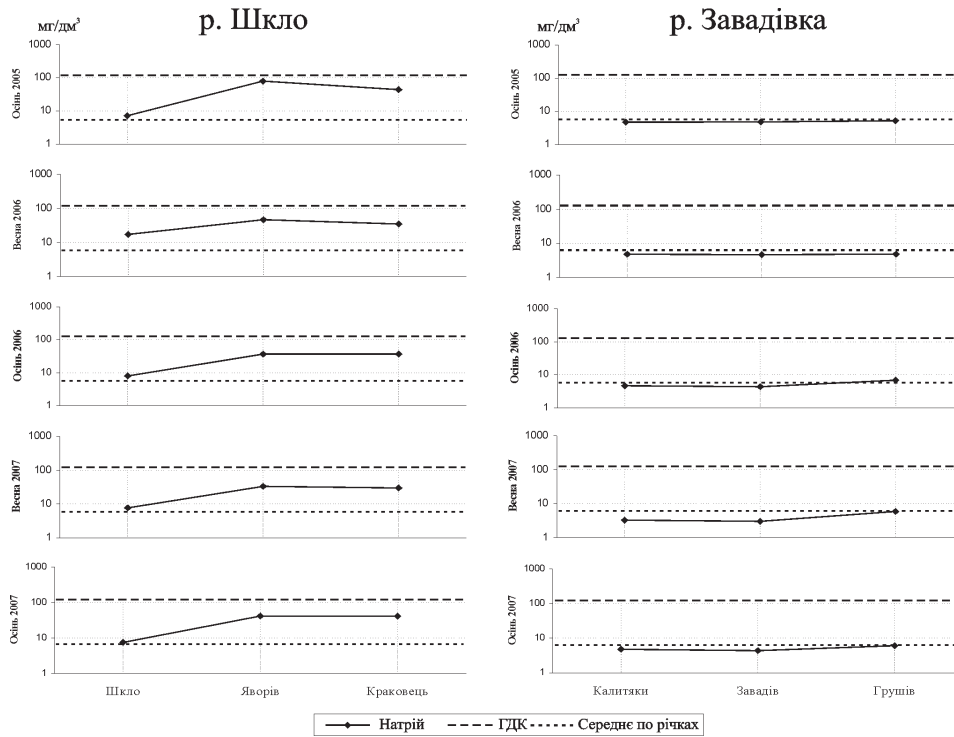


Рис. 7. Розподіл натрію в річкових водах протягом п'яти сезонів

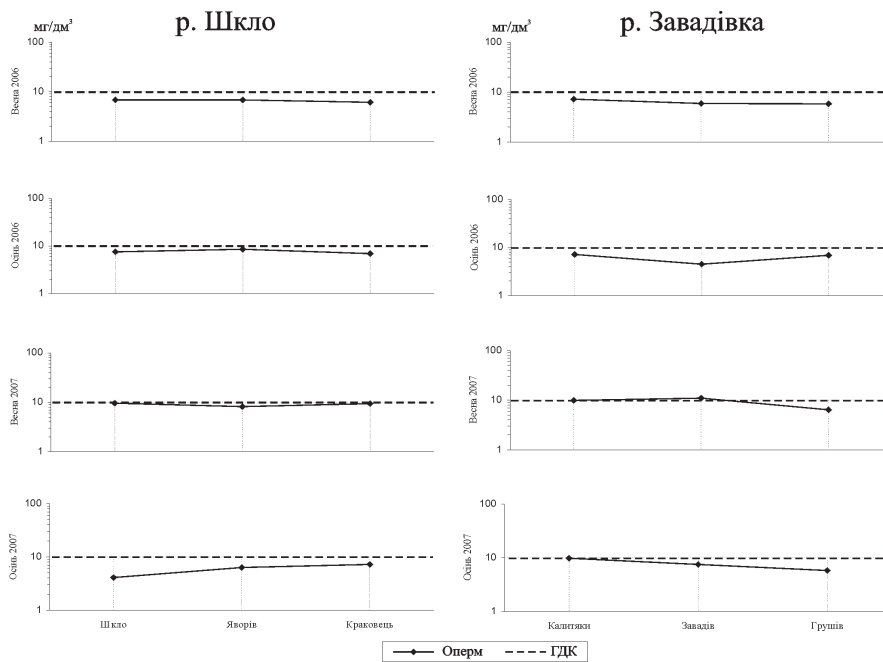


Рис. 8. Зміна перманганатної окиснюваності в річкових водах протягом чотирьох сезонів

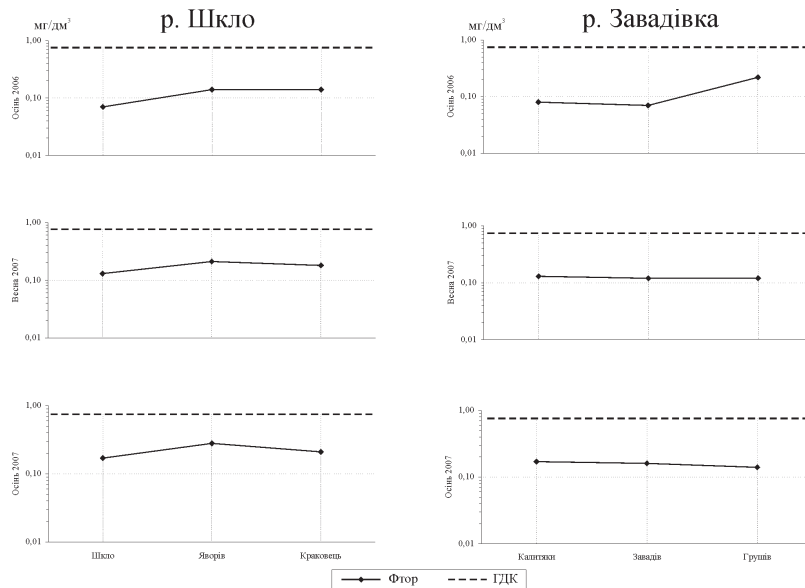


Рис. 9. Розподіл фтору в річкових водах протягом трьох сезонів

За величиною мінералізації, відповідно до загальноновизнаної венеціанської системи (Коваленко, 2001), води природного гідрохімічного фону річок Шкло (у смт Шкло), Завадівка і Гребелька можна вважати прісними гіпогалінними (< 0,5 ‰). Техногенно забруднені води р. Шкло в м. Яворів і смт Краковець належать до прісних олігогалінних (0,5–1,0 ‰), а в деякі сезони – до солонуватих мезогалінних (> 1 ‰). Проміжне положення займають води річок Гноєнець ( $M = 0,34–0,60$  ‰), Ретичин (0,36–0,56) і притоки р. Гребелька (0,25–0,55) (див. рис. 2).

Вміст сульфатів у річкових водах коливається в широких межах – від 18 до 541 мг/дм<sup>3</sup>. Невисокий сталий вміст є у водах природного гідрохімічного фону (мг/дм<sup>3</sup>): у верхів'ї р. Шкло (смт Шкло) – 45,3 (32–55), у р. Завадівка – 27,4 (20–38), у р. Гребелька – 26,7 (18–33) та її притоці – 43,7 (30–55). Ці концентрації значно нижчі від ГДКв. і ГДКв.р. Аномально високі вмісти сульфатів є в середній частині р. Шкло (мг/дм<sup>3</sup>): у м. Яворів – 398 (230–540) і в смт Краковець – 313 (200–480), що становить 2–5 ГДКв.р.; підвищені вмісти сульфатів є і в її притоках (мг/дм<sup>3</sup>): р. Гноєнець – 104 (32–153) і р. Ретичин – 130 (65–193). Спостерігається чітка тенденція до зменшення вмісту сульфатів за течією від м. Яворів до смт Краковець (див. рис. 3).

Слід зазначити, що, за даними (Татух, 2006), 2000 р. концентрація сульфатів у р. Шкло (смт Краковець) спостерігалася на рівні 8 ГДКв.р. (801,2 мг/дм<sup>3</sup>). Проте упродовж 2003–2005 рр. їхня кількість зменшилася і коливалася в межах 165,9–198,9 мг/дм<sup>3</sup>, що становить 1,7–2,0 ГДКв.р. Перевищення по сульфатах у р. Шкло 2006 р. становили 2,1 ГДКв.р. (Матеріали..., 2007), тимчасом як 2007 р. – 1,4 ГДКв.р. (Матеріали..., 2008). Підвищену кількість сульфатів (1,73 ГДКв.р.) зафіксовано в р. Ретичин (с. Руда-Краковецька) (Матеріали..., 2008).

Концентрації хлоридів у річкових водах коливаються в межах 8,9–47,3 мг/дм<sup>3</sup>, що значно нижче від ГДКв. і ГДКв.р. Найнижчі і сталі вмісти є у водах природного гідрохімічного фону (мг/дм<sup>3</sup>): у верхів'ї р. Шкло – 14,8 (9–25), у р. Зава-

дівка – 7,6 (4–12) і р. Гребелька – 17,0 (14–20), причому в р. Завадівка вміст хлоридів зростає за течією (мг/дм<sup>3</sup>): с. Калитяки – 5,9 → с. Завадів – 6,9 → с. Грушів – 8,9 (див. рис. 4). У середній частині р. Шкло (м. Яворів, смт Краковець) та в її притоках – річках Гноєнець і Ретичин, а також у притоці р. Гребелька середні вмісти становлять 24–33 мг/дм<sup>3</sup>, що у 2–3 рази більше, ніж у річках природного фону (див. рис. 4).

Вміст кальцію в річкових водах коливається від 34 до 230 мг/дм<sup>3</sup>. У всіх пробах він суттєво переважає вмісти магнію, натрію і калію. У водах річок, що представляють природний гідрохімічний фон, вмісти найнижчі і їхній розподіл рівномірний (мг/дм<sup>3</sup>): у верхів'ї р. Шкло – 65,1 (50–78), у р. Завадівка – 49,6 (34–62), р. Гребелька – 77,6 (72–86). Ці значення суттєво нижчі від ГДКв. та ГДКв.р. (див. рис. 5).

Найвищі середні вмісти кальцію, що у 2–4 рази перевищують фон, властиві водам середньої течії р. Шкло (після її витікання з Яворівського озера) (мг/дм<sup>3</sup>): у м. Яворів – 189,4 (132–231) і смт Краковець – 157,5 (124–210), що в певні сезони становить 1,1–1,3 ГДКв.р. (див. рис. 5). Такі самі концентрації характерні і для річок Гноєнець та Ретичин.

Концентрації магнію в річкових водах у середньому на порядок нижчі, ніж вмісти кальцію; діапазон їхніх коливань становить 2,4–26,4 мг/дм<sup>3</sup>, що значно нижче від ГДКв. і ГДКв.р. Найнижчі вмісти притаманні водам природного гідрохімічного фону (мг/дм<sup>3</sup>): верхів'ю р. Шкло – 5,5 (3,9–6,1), р. Завадівка – 4,1 (2,4–6,1) та р. Гребелька – 5,0 (3,6–6,1), а також притоці р. Гребелька – 3,4 (2,4–5,8) (див. рис. 6). Ці числа близькі до середнього вмісту магнію в річках світу (Хендерсон, 1985).

Найвищі вмісти магнію властиві водам середньої течії р. Шкло (мг/дм<sup>3</sup>): у м. Яворів – 18,6 (15–26), у смт Краковець – 19,7 (15–24), що в 4–5 разів перевищує фонові вмісти. Води річок Гноєнець і Ретичин за вмістом магнію займають проміжне місце між згаданими групами.

Вміст натрію в досліджуваних водах коливається в широких межах: 3,0–79,4 мг/дм<sup>3</sup>, що значно нижче від ГДКв. і ГДКв.р. Найнижчі вмісти властиві водам природного гідрохімічного фону (мг/дм<sup>3</sup>): р. Завадівка – 4,8 (3,0–6,9), р. Гребелька – 7,1 (6,3–8,1), верхів'я р. Шкло – 9,5 (7–17). Наведені числа близькі до середнього вмісту в річках світу – 6,3 мг/дм<sup>3</sup> (Хендерсон, 1985). Найвищі вмісти натрію (у *n* разів більші від фону) є у водах середньої течії р. Шкло (мг/дм<sup>3</sup>): у м. Яворів – 47,6 (33–79), смт Краковець – 37,5 (30–44), і р. Ретичин – 41,8 (28–77) (див. рис. 7). Води р. Гноєнець займають проміжне місце: натрію в них – 16,2 (14–20) мг/дм<sup>3</sup>.

Калію в досліджених водах небагато – 1,25–10,0 мг/дм<sup>3</sup>, що на порядок нижче за ГДКв.р. Найнижчі вмісти встановлені у водах гідрохімічного фону (мг/дм<sup>3</sup>): у р. Завадівка – 2,3 (1,2–4,2), причому вміст зростає за течією; р. Гребелька – 5,4 (4–8), верхів'ї р. Шкло – 4,5 (3–6). Ці числа близькі до середнього вмісту калію в річках (Коваленко, 2001). Цікаво, що відношення Na/K у водах гідрохімічного фону витримані і становлять ~ 2.

Значення перманганатної окиснюваності ( $O_{\text{перм}}$ , мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) у досліджених річкових водах коливається в межах 3,4–14,7; найвище середнє значення встановлено в р. Гноєнець (10,5), найнижче – у притоці р. Гребелька (4,0). Проте середні значення по головних річках Шкло, Завадівка, Гребелька становлять

6,3–7,3, що відповідає середній градації окиснюваності (5–10) у річкових водах (Коваленко, 2001). У водах р. Завадівка спостерігається тенденція до зменшення значень окиснюваності за течією, особливо у весняний період (див. рис. 8). Наведені середні значення  $O_{\text{перм}}$  перевищують санітарні норми (1,6–18 ГДКв.), але загалом вони нижчі від ГДКв.р., і лише в трьох пробах (р. Гноєнець і р. Завадівка) 2007 р. виявлені підвищені значення окиснюваності – 1,1–1,5 ГДКв.р. (див. рис. 8).

Хімічна потреба в кисні (ХПК,  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ ) коливається в значно ширшому діапазоні значень (7–61,5), ніж  $O_{\text{перм}}$ . Підвищені значення виявлені у 22 пробах з 50-ти – 1,1–4,1 ГДКв. Найбільші вмісти органічних речовин відмічено 2007 р.: р. Шкло – 1,2–4,1 ГДКв.; р. Гноєнець – 2,8–3,9 ГДК; р. Завадівка – 1,1–2,5 ГДК; р. Гребелька – 2,5 ГДК. Середні значення ХПК за п'ять сезонів у річках природного гідрохімічного фону становлять 18,1–18,5–19,6, що незначно перевищує санітарну норму (1,2–1,3 ГДКв.).

Амоній ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) виявлено в 98 % проб вод у кількостях, що перевищують середній вміст у річках України. Вміст його у водах природного гідрохімічного фону становить 0,24 (0,08–0,49  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ). Найвищі вмісти (0,60–3,22  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ), що перевищують санітарні норми, епізодично наявні у р. Шкло (сmt Краковець, 2005 р.) – до 1,2 ГДКв.р., р. Гноєнець – 1,2; 6,4 і 3,4 ГДКв.р. Найменше амонію у водах р. Ретичин – 0,06–0,25  $\text{мг}/\text{дм}^3$ . Таким чином, у досліджених річках вміст амонію у 2 і більше разів вищий, ніж у більшості річок України (Коваленко, 2001).

За результатами щоквартального відбору проб води р. Шкло (сmt Краковець) 2006 р. (Матеріали..., 2007) відзначено перевищення концентрації йонів амонію, які становлять 2,1–4,4 ГДКв.р. Високий рівень забрудненості води амонієм виявлено в III кв. 2006 р. – 4,4 ГДКв.р. Перевищення ГДКв.р. по йонах амонію у 2–2,5 рази встановлено у водах р. Ретичин (с. Руда-Краковецька) (Матеріали..., 2007; Матеріали..., 2008).

Нітрити ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) виявлені в 96 % проб: їхній вміст коливається в межах 0,001–1,00, розподіл нерівномірний. У водах природного гідрохімічного фону: р. Шкло (сmt Шкло), річок Завадівка і Гребелька, середні вмісти близькі до 0,04–0,053, що нижче за ГДКв.р. Підвищені вмісти зафіксовані в р. Шкло (м. Яворів і сmt Краковець) – 1,1–3,6 ГДКв.р., р. Гноєнець – 1,5–7,3 ГДКв.р. і р. Ретичин – 1,9–2,5 ГДКв.р. Спостерігається чітка тенденція до зменшення вмісту нітритів від весни до осені.

Нітрати ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) виявлені у всіх пробах у кількостях 0,1–29,6. У водах природного гідрохімічного фону їхні середні вмісти такі: 2,63 (р. Шкло, сmt Шкло), 1,46–1,73–0,86 (р. Завадівка), 1,73 (р. Гребелька).

Вміст неорганічних форм фосфору у вивчених річкових водах коливається від 0,006 до 0,556  $\text{мг}/\text{дм}^3$ . Зростання його середнього вмісту в окремих водотоках можна представити таким ранжированим рядом ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ): 0,012 (р. Ретичин) < 0,023 (р. Гребелька) < 0,045 (р. Завадівка) < 0,055 (пр. р. Гребелька) < 0,095 (р. Шкло) < 0,467 (р. Гноєнець). Для р. Гноєнець характерні стабільні й аномально високі концентрації фосфору, які на порядок більші, ніж в інших річках. У р. Шкло вміст фосфатів зменшується за течією.

За результатами аналітичних досліджень, проведених упродовж 2000–

2005 рр. (Татух, 2006), у водах р. Шкло (сmt Краковець) встановлено вмісти нітратів, нітритів, хлоридів, фосфатів нижчі від ГДКв. Періодичне перевищення вмістів по нітритах 2006 р. (Матеріали..., 2007) виявлено в р. Шкло (сmt Краковець) – 2,5 ГДКв.р. (III кв.) та р. Ретичин (с. Руда-Краковецька) – 1,13 ГДКв.р. (IV кв.).

Фтор ( $F^-$ , мг/дм<sup>3</sup>) за період осінь 2005 р. – весна й осінь 2007 р., виявлено в усіх пробах річкових вод у кількостях 0,07–0,28 мг/дм<sup>3</sup>, що значно менше від ГДКв. і ГДКв.р. та загалом вмісту по річках (1,0 мг/дм<sup>3</sup>). Найнижчі середні кількості фтору (0,12–0,13 мг/дм<sup>3</sup>) встановлені в річках Шкло (сmt Шкло), Завадівка і Гребелька. Дещо більші вмісти (0,20; 0,21 мг/дм<sup>3</sup>) – у забрудненій частині р. Шкло. Восени 2007 р. вміст фтору у всіх водотоках був вищий, ніж весною (див. рис. 9).

Силіцій виявлено у всіх пробах вод у кількостях 0,5–17,0 мг/дм<sup>3</sup>, проте більшість значень – у межах 1,4–8,3 мг/дм<sup>3</sup>. У цілому найменше силіцію у водах р. Завадівка 3,5 (2,1–4,1) мг/дм<sup>3</sup>, найбільше у водах р. Гребелька – 7,0 мг/дм<sup>3</sup>. Наведені цифри менші за ГДКв.

Загальний вміст фенолів у річкових водах коливається в межах 0,003–0,060 мг/дм<sup>3</sup>; 2007 р., навесні, вмісти фенолів були в 1,5–3,7 раза вищі, ніж восени. Середні вмісти в річках близькі (мг/дм<sup>3</sup>): р. Завадівка – 0,028, верхів'я р. Шкло – 0,029, р. Гребелька – 0,022, що трохи перевищує верхню межу вмістів фенолів у річках – < 0,020 мг/дм<sup>3</sup>. Загальний вміст фенолів дозволяє припустити, що частка летких фенолів за вмістом може перевищувати ГДКв. (0,001 мг/дм<sup>3</sup>).

Розчинений кисень ( $mgO_2/dm^3$ ) у водах усіх річок виявлено в кількостях від 6,3 до 15,2. Восени кисню у водах завжди більше, ніж навесні: весна – 7,5 (6,3–9,8), осінь – 10,2 (8,0–15,2). Наведені дані свідчать про задовільні екологічні кисневі умови в річкових водах для бактеріального окиснення органічних речовин.

Показник БСК<sub>5</sub> у досліджених водах коливається в межах 1,0–8,6  $mgO_2/dm^3$ , що вкладається в діапазон його значень, властивий річковим водам. У водах природного гідрохімічного фону району (за винятком р. Гребелька) цей показник відповідає ГДКв. (Екологічний..., 2007; Посохов, 1975; Крайнов, 1992; Коваленко, 2001).

Для р. Шкло в сmt Краковець за період спостережень 2000–2005 рр. (Про результати..., 2006) розчинений кисень і БСК<sub>5</sub> залишаються показниками, значення яких перевищують ГДКв. Середньорічні концентрації БСК<sub>5</sub> сягали 1,4–2,7, розчиненого кисню 1,6–1,9 ГДКв. Кількість БСК<sub>5</sub> у воді р. Шкло 2006 р. (III кв.) становила 3 ГДКв.р. (Матеріали..., 2007).

Завислі речовини виявлені в значних кількостях – 5–46 мг/дм<sup>3</sup>, що суттєво перевищує ГДКв., проте знаходиться в нижній частині діапазону значень (5–100), властивого річковим водам.

Перевищення вмісту завислих речовин 2006 р. встановлено в р. Шкло (сmt Краковець) і р. Ретичин (с. Руда-Краковецька) на рівні 1,5–5,8 та 3,9–6,4 ГДКв.р. відповідно. Більше їх у зимовий період (I кв. 2006 р.) (Матеріали..., 2007). За даними досліджень, проведених 2007 р. (Матеріали..., 2008), зафіксовано перевищення по завислих речовинах – 1,42 ГДК у р. Шкло (сmt Краковець).

**Висновки.** За результатами систематичного моніторингового дослідження хімічного складу річкової води Яворівщини можна поділити на три групи.

1. Води, які відображають природний гідрохімічний фон поверхневих вод району: води р. Завадівка і Гребелька, верхів'я р. Шкло. Води р. Завадівка є найтипівішими – вони мають найменшу мінералізацію (0,24 г/дм<sup>3</sup>), найбільш витриманий у часі і за течією йонний склад і найменший вміст Cl<sup>-</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>. Перевищення санітарних норм у них виявлено лише в окремих пробах за ХПК (1,03–2,5 ГДКв.р.) і нітритами (1,13–2,0 ГДКв.р.) та зумовлені вони, імовірно, комунально-побутовим забрудненням. Води двох інших водопунктів близькі за макроскладом до вод р. Завадівка, проте їхня мінералізація в півтора раза більша – 0,35 г/дм<sup>3</sup>.

2. Техногенно забруднені води поширені в середній течії р. Шкло (м. Яворів і смт Краковець); вони мають високу, порівняно з гідрохімічним фоном, мінералізацію й аномально високі вмісти сульфатів, що домінують в аніонному складі, переводячи води із гідрокарбонатного класу в сульфатний. Ці та інші показники свідчать, що їхнє забруднення відбувається шляхом підтоку баденських підземних вод.

3. Води рік Гноєнець, Ретичин і притоки р. Гребелька займають проміжне місце між описаними групами за мінералізацією та вмістом сульфатів, хлоридів, кальцію, магнію, натрію. Це зумовлено локальним і незначним живленням річок підземними водами баденського водоносного горизонту. Про виходи цих вод на земну поверхню свідчать давно відомі сірководневі джерела і назви річок – Гноєнець, Смердюк, Вонячка, Гнилий Потік (див. табл. 1).

Більшість досліджених річкових вод за хімічним складом можна віднести, згідно з класифікацією О. Алексіна (Алексин, 1970), до гідрокарбонатного і сульфатного класів кальцієвої групи другого типу. До сульфатного класу належить більшість проб р. Шкло в м. Яворів і смт Краковець (10 проб, 2005–2007 рр.) і р. Ретичин (2 проби, 2007 р.).

*Алексин О. А.* Основи гідрохімії. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 444 с.

*Екологічний атлас Львівщини* / За ред. Б. М. Матолича. – Львів, 2007. – С. 11.

*Коваленко В. Д.* Основи гідроекології. – К.: Обереги, 2001. – 728 с.

*Крайнов С. Р., Швець В. М.* Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1992. – 463 с.

*Матеріали до Національної доповіді України про стан навколишнього природного середовища у 2006 році (Львівська обл.).* – 2007. – Режим доступу: [www.URL: http://www.menr.gov.ua](http://www.menr.gov.ua).

*Матеріали до Національної доповіді України про стан навколишнього природного середовища у 2007 році (Львівська обл.).* – 2008. – Там само.

*Околиці Львова: Карта масштабу 1 : 100 000.* – К.: Київ. військ.-картограф. ф-ка, 2002.

*Посохов Е. В.* Общая гидрогеохимия. – Л.: Недра, 1975. – 208 с.

*Природа Львівської області* / За ред. К. І. Геренчука. – Львів: Вид-во ЛДУ ім. І. Франка, 1972. – 150 с.

*Сиротюк М. І., Гурська Т. І., Коберніченко Т. О.* Джерела забруднення поверхневих вод басейну р. Шкло // Ресурси природних вод Карпатського регіону (Проблеми охорони та раціонального використання): Матер. VI Міжнар. наук.-практ. конф. (Львів, 24–25 трав. 2007 р.): 36. наук. ст. – Львів: ЛВЦНТЕІ, 2007. – С. 82–86.

*Татух С.* Про результати співпраці за 2005 рік Держуправління екоресурсів у Львівській області з екологічною інспекцією Підкарпатського воєводства (РП) у галузі

охорони від забруднення прикордонних вод // Ресурси природних вод Карпатського регіону (Проблеми охорони та раціонального використання): Матер. V Міжнар. наук.-практ. конф. (Львів, 25–26 трав. 2006 р.): Зб. наук. ст. – Львів: ЛьЦНТЕІ, 2006. – С. 110–111.  
*Хендерсон П.* Неорганическая геохимия. – М.: Мир, 1985. – 341 с.

Стаття надійшла  
22.02.09

**Roman PAN'KIV, Volodymyr KOLODIY, Józef CHOWANIEC,  
Orysia MAIKUT, Iryna SAKHNYUK, Maria KOST', Roman KOZAK,  
Ihor BEREZOVSKY, Olena PALCHYKOVA**

#### **HYDROCHEMICAL CHARACTERISTIC OF THE TRANSBORDER RIVERS OF YAVORIV DISTRICT**

In the course of five seasons (2005–2007) in 50 samples of river waters macro- and microcomposition, the dissolved oxygen in particular, permanganate oxidizability, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand (after 5 days), particularly  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , Si, Fe, F<sup>-</sup>, phenols, the suspended substances have been tested. Their contents are restricted by maximum permissible concentrations. The analysis of a hydrochemical material testifies to a satisfactory condition of waters of the Zavadivka, Hrebelka Rivers located in the Yavoriv district of the Lviv Region. But waters of the River Shklo in the town of Yavoriv and urban village Krakovets are polluted – the concentration of some components exceeds the requirements of the sanitary standard several times: sulphates – 1.1–2.2 times, ferrum – 2–15 times, organic substance – 1.5–2.4 times.