УДК 556.53:556.114.6/.7(477.4)

***Кравчинський Р.Л.***
*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

# СТІК РОЗЧИНЕНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН З ВОДАМИ р. ІНГУЛЕЦЬ

***Ключові слова:*** *іонний стік, біогенні речовини, мікроелементи, концентрація хімічних елементів, об'єм стоку, фази водного режиму*

**Актуальність питання.** З точки зору класичних методологічних підходів, що використовуються при гідрохімічних дослідженнях цілісно-функціональних систем або окремих регіонів значний науковий і практичний інтерес має вивчення виносу розчинених хімічних речовин з річковими водами.

Під стоком розчинених речовин розуміють кількість неорганічних та органічних сполук в іонно-молекулярному і колоїдному стані, які виносяться водотоками з даної території за певний проміжок часу (рік, сезон, місяць тощо) [1, 6].

Величина стоку окремих елементів з водотоками є важливим показником функціонування природно-територіальних комплексів, що характеризують переміщення і трансформацію речовин та енергії в річковому басейні. Разом з тим, визначення умов формування стоку відіграє головну роль в процесі вивчення сучасного стану водного об'єкту і його зміни в майбутньому.

Річка Інгулець бере свій початок з джерел у балці біля с. Топила Знам'янського району Кіровоградської області, на висоті 180 м над рівнем моря. Довжина річки становить близько 549 км, площа водозбору - 13700 км$^2$. Тече вона переважно у південному напрямку і впадає у Дніпро з правого берега на 46 км від його гирла біля с. Садове Херсонської області. [2].

Таким чином кількість винесених розчинених хімічних елементів з інгулецькими водами може суттєво впливати, в першу чергу, на стан гідроекосистеми пригирлової ділянки Дніпра та Дніпровського лиману – місць нересту різних видів риб та зон відпочинку місцевих жителів і туристів.

Стік розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець носить досить складний характер і вивчений недостатньо. Досить ґрунтовною і цікавою в даному аспекті є робота В.А. Іванова [4], де приведено кількісну оцінку річного виносу біогенних та специфічних забруднюючих речовин з річковими водами (по гідроствору в с. Садове) за багаторічний період.

В праці вчених Київського національного університету імені Тараса Шевченка В.К. Хільчевського, В.В. Маринич, В.М. Савицького [8] показано особливості стоку головних іонів р. Інгулець по основних сезонах (весняна повінь, літньо-осіння і зимова межінь) для двох періодів 1981-1990 рр. та

1991-2000 рр. Загальні риси стоку хімічних речовин з річковими водами певною мірою охарактеризовано в роботі [3].

**Мета роботи -** на основі архівних даних та натурних спостережень на території басейну встановити особливості формування та сезонний розподіл стоку розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець.

**Методика досліджень.** Вивчення умов та кількісної оцінки стоку розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець ґрунтуються на результатах моніторингових спостережень Інституту геологічних наук НАН України (2002-2004 рр.) та Дніпровського БУВРу (2002-2007 рр.). Для дослідження був обраний гідрологічний пост, розташований в с. Андріївка. Вибір цього створу зумовлений, головним чином, розміщенням нижче основних об'єктів-забруднювачів басейну (замикаючий створ) і наявністю достатньої кількості гідролого-гідрохімічної інформації. Відстань від поста до гирла становить близько 272 км, площа водозбору – 9310 км$^2$.

Кількісні характеристики іонного стоку визначалися за $HCO_3^-$, $SO_4^{2-}$, $Cl^-$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Na^+$, $K^+$, а також їх сумою ($\Sigma_i$); кількісні характеристики стоку біогенних речовин визначалися за такими показниками: $NH_4^+$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $N_{заг}$, $P_{мін}$; стік мікроелементів – за концентраціями $Fe_{заг}$, $Cu$, $Zn$, $Mn$.

Стік досліджених хімічних речовин протягом конкретного сезону певного року в абсолютних величинах **R** розраховувався за рівнянням:

$$\mathbf{R} = \mathbf{W} \cdot \mathbf{C}, \qquad (1)$$

де **W** – водний стік, м$^3$; **C** – середня концентрація хімічного компонента, приведена у відповідності до вмісту в 1 м$^3$ води.

Крім абсолютних значень стоку головних іонів та інших розчинених речовин обчислювалися також показники зазначеного стоку $\mathbf{P_i}$, розмірність яких визначається в тоннах з 1 км$^2$ площі водозбору за визначений проміжок часу. Ці показники тісно пов'язані з величиною іонного стоку **R** з відповідної території:

$$\mathbf{P_i} = \frac{\mathbf{R}}{\mathbf{F}}, \qquad (2)$$

де **F** – площа водозбору, км$^2$ [6].

**Результати досліджень та їх обговорення.** Умови формування стоку хімічних речовин з водами р. Інгулець визначаються сукупністю природних та антропогенних факторів.

Однією із основних складових стоку розчинених хімічних елементів є стік води [4]. Річкова мережа басейну складається з р. Інгулець, 43 річок довжиною більше 10 км кожна, 142 річок меншої довжини, а також великої кількості балок, які не мають постійного стоку води.

Водний режим р. Інгулець типовий для рівнинних річок півдня України. Основна область живлення розташована у верхній частині басейну, що межує з Лісостеповою зоною. У весняний і, значною мірою, зимовий періоди річка та її притоки живляться за рахунок талих вод. В інший час річковий стік підтримується припливом підземних вод та частково опадами. Через

незначні об'єми підземного припливу багато малих річок влітку пересихають. Повеневий стік складає в середньому 70 % від річного, а підземний складає 10-20 % від поверхневого [2].

Регіональні відмінності фізико-географічних умов території досліджень визначають особливості хімічного складу води р. Інгулець та її приток. На склад та властивості поверхневих вод значний вплив здійснюють дреновані річкою засолені морські відклади багаті солями NaCl та $CaSO_4$ [7]. Згідно класифікації О.О. Алекіна за ступенем мінералізації [1] та відповідно до «Схематичної карти районування малих річок УРСР за ступенем мінералізації» [5] поверхневі води верхів'я басейну р. Інгулець відносяться до третього району (води з підвищеною мінералізацією – 500-1000 мг/дм$^3$), решта території – до четвертого району (високомінералізовані води - понад 1000 мг/дм$^3$). Тому річковий стік деяких приток (зокрема рр. Бокова та Боковенька ), вода яких характеризується підвищеним природним вмістом окремих хімічних компонентів, помітно впливає на склад і властивості води основної річки.

Антропогенний вплив на формування стоку розчинених хімічних елементів з водами р. Інгулець визначається скидами неочищених господарсько-побутових стічних вод міст Знам'янка та Олександрія Кіровоградської області, м. Кривий Ріг, м. Жовті Води та м. П'ятихатки Дніпропетровської області. Крім того, до рр. Інгулець та Саксагань щорічно скидають близько 60 млн.м$^3$ забруднених стічних вод понад 50 промислових підприємств Кривбасу [2].

Стоку річки Інгулець, зазвичай, недостатньо для розбавлення стічних вод до дозволених граничних концентрацій, тому періодично проводиться промивка її русла за рахунок подачі води по каналу Дніпро-Інгулець (60-65 млн.м$^3$).

Як правило, відразу після закінчення промивки русла вводять в дію агрегати Снігурівської головної насосної станції (ГНС) і закачують воду до магістрального каналу Інгулецької зрошувальної системи. По штучно заглибленому руслу вода антирікою прямує з Дніпра вверх на 70 км по руслу р. Інгулець до водозабору ГНС. Тому у вегетаційний період (травень-жовтень) стан гідроекосистеми на даному відрізку річки формується під впливом дніпровських вод, а перенесення хімічних речовин з водами р. Інгулець до Дніпра практично відсутнє.

***Іонний стік.*** Середньорічний іонний стік з водами р. Інгулець в створі с. Андріївка за період 2002-2007 рр. становив 1013,1 тис. т/рік (табл. 1). Розподіл іонного стоку за фазами водного режиму має свої особливості. Найбільша частка (близько 60%) в іонному річному стоці припадає на час проходження весняної повені. У цей період у виносі розчинених мінеральних речовин річковою водою переважають сульфатні іони. Їх частка у сумарному іонному стоці перевищує 40%.

*Таблиця 1.* **Середньорічний та сезонний іонний стік р. Інгулець – с.Андріївка ***

| Період | Q, м³/с | W, км³ | Головні іони | | | | | | $\Sigma_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $HCO_3^-$ | $SO_4^{2-}$ | $Cl^-$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Na^+ + K^+$ | |
| **Весняна повінь** | 39,1 | 0,304 | 37,1 / 3,98 | 262,1 / 28,2 | 100,3 / 10,8 | 40,1 / 4,31 | 28,9 / 3,10 | 128,9 / 13,9 | 600,5 / 64,5 |
| **Літньо-осіння межень** | 6,3 | 0,049 | 6,1 / 0,66 | 44,2 / 4,74 | 58,8 / 6,32 | 12,9 / 1,39 | 8,0 / 0,86 | 40,2 / 4,32 | 162,0 / 17,4 |
| **Зимова межень** | 9,3 | 0,096 | 8,4 / 0,90 | 52,1 / 5,59 | 93,7 / 10,1 | 17,1 / 1,83 | 10,3 / 1,10 | 62,5 / 6,71 | 250,6 / 26,9 |
| **За рік** | 16,1 | 0,510 | 51,6 / 5,54 | 358,3 / 38,5 | 252,9 / 27,2 | 70,1 / 7,53 | 47,1 / 5,06 | 231,6 / 24,9 | 1013,1 / 108,8 |

*Примітка: * над рискою – тис.т, під рискою – т/км²*

У період літньо-осінньої та зимової межені спостерігалось зменшення виносу головних іонів (приблизно у 2,5-4,5 рази). Разом з тим, якщо порівнювати стабілізаційні періоди низьких рівнів, то частка зимового іонного стоку є більшою в порівнянні з літньо-осіннім періодом (табл. 2).

Під час межені основною складовою в іонному стоці є хлориди. Їх відносний вміст в період літньо-осінньої та зимової межені становить відповідно 23% та 37% від річного.

*Таблиця 2.* **Сезонний іонний стік р. Інгулець – с. Андріївка, % від річного**

| Період | Головні іони | | | | | | $\Sigma_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $HCO_3^-$ | $SO_4^{2-}$ | $Cl^-$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Na^+ + K^+$ | |
| **Весняна повінь** | 72 | 73 | 40 | 57 | 61 | 56 | 59 |
| **Літньо-осіння межень** | 12 | 12 | 23 | 18 | 17 | 17 | 16 |
| **Зимова межень** | 16 | 15 | 37 | 24 | 22 | 27 | 25 |

Сумарний внесок $HCO_3^-$ та $Mg^{2+}$ в річний іонний стік є найменшим і становить близько 5%.

***Стік біогенних речовин*** (БР). Абсолютні значення величин стоку біогенних речовин з водами р. Інгулець (табл. 3) помітно менші, ніж головних іонів.

*Таблиця 3.* **Середньорічний та сезонний стік біогенних речовин з водами р. Інгулець – с.Андріївка ***

| Період | Q, м³/с | W, км³ | $N–NH_4^+$ | $N–NO_2^-$ | $N–NO_3^-$ | $N_{заг}$ | $P_{мін}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Весняна повінь** | 39,1 | 0,304 | 0,085 / 0,009 | 0,030 / 0,003 | 0,730 / 0,078 | 0,845 / 0,091 | 0,091 / 0,010 |
| **Літньо-осіння межень** | 6,3 | 0,049 | 0,047 / 0,005 | 0,010 / 0,001 | 0,594 / 0,064 | 0,651 / 0,07 | 0,033 / 0,004 |
| **Зимова межень** | 9,3 | 0,096 | 0,038 / 0,004 | 0,029 / 0,003 | 1,012 / 0,109 | 1,080 / 0,116 | 0,036 / 0,004 |
| **За рік** | 16,1 | 0,510 | 0,171 / 0,018 | 0,069 / 0,007 | 2,34 / 0,251 | 2,576 / 0,277 | 0,160 / 0,017 |

*Примітка: * над рискою – тис.т, під рискою – т/км²*

В середньому за рік разом з річковою водою через гідроствор в с. Андріївка виноситься близько 2-3 тис. т біогенних речовин. Максимальний їх виніс характерний, як і в попередньому випадку, для періоду весняної повені. В цей час з водами р. Інгулець переноситься близько 0,845тис.т $N_{заг}$, що становить 33% від середньорічної величини (табл. 4). Під час весняної повені домінуючими у стоці біогенних речовин є нітрати (близько 730 тис. т), а найменші значення характерні для нітритів (0,030 тис. т). При цьому мінерального фосфору виноситься близько 0,091 тис. т, що становить 57% від річного стоку.

*Таблиця 4.* **Сезонний стік біогенних речовин з водами р. Інгулець– с.Андріївка, % від річного**

| Період | $N–NH_4^+$ | $N–NO_2^-$ | $N–NO_3^-$ | $N_{заг}$ | $P_{мін}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Весняна повінь** | 50 | 44 | 31 | 33 | 57 |
| **Літньо-осіння межень** | 28 | 14 | 25 | 25 | 20 |
| **Зимова межень** | 23 | 42 | 43 | 42 | 23 |

До періоду літньо-осінньої межені частка стоку біогенних речовин зменшується в 1,5-2,5 рази і, як правило, трохи збільшується в період зимового стабілізаційного періоду. На літньо-осінню та зимову межень припадає відповідно 25 та 42% від річного стоку $N_{заг}$.

Детальний аналіз середньорічного та сезонного стоку біогенних речовин з водами р. Інгулець дозволяє побачити близькість між величинами стоку амонійного азоту та мінерального фосфору.

Розподіл стоку біогенних речовин по фазам водного режиму в основному співпадає з розподілом водного стоку.

***Стік мікроелементів.*** Валова частка стоку мікроелементів в басейні р. Інгулець формується під впливом скидів промислових стічних вод підприємств Кривбасу. Найбільшими величинами стоку характеризується залізо через його достатньо великі концентрації у воді р. Інгулець. Під час весняної повені через гідрологічний створ в с. Андріївка проходить близько 0,064 тис. т $Fe_{заг}$, що становить 57% від середньорічного (табл. 5 – табл. 6).

*Таблиця 5.* **Середньорічний та сезонний стік мікроелементів з водами р. Інгулець– с.Андріївка ***

| Період | Q, $м^3/с$ | W, $км^3$ | $Fe_{заг}$ | $Cu$ | $Zn$ | $Mn$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Весняна повінь** | 39,1 | 0,304 | 0,064 / 0,007 | 0 | 0 | 0,027 / 0,003 |
| **Літньо-осіння межень** | 6,3 | 0,049 | 0,029 / 0,003 | 0 | 0 | 0,014 / 0,002 |
| **Зимова межень** | 9,3 | 0,096 | 0,019 / 0,002 | 0 | 0 | 0,007 / 0,001 |
| **За рік** | 16,1 | 0,510 | 0,111 / 0,012 | 0 | 0 | 0,048 / 0,005 |

*Примітка: * над рискою – тис.т, під рискою – т/км²*

Частка літньо-осінньої межені у стоці $Fe_{заг.}$ становить 26%, а зимової – 17%. За даними гідрохімічних досліджень у воді р. Інгулець в створі гідрологічного поста біля с. Андріївка на період спостережень концентрація $Cu$ та $Zn$ була досить низькою (нижче рівня чутливості аналізу). Тому стік даних хімічних елементів можна вважати таким, що не впливає на споживчу якість води (тобто близьким 0).

*Таблиця 6.* **Сезонний стік мікроелементів з водами р. Інгулець– с.Андріївка , % від річного**

| **Період** | $Fe_{заг}$ | $Cu$ | $Zn$ | $Mn$ |
|---|---|---|---|---|
| **Весняна повінь** | 57 | 0 | 0 | 57 |
| **Літньо-осіння межень** | 26 | 0 | 0 | 30 |
| **Зимова межень** | 17 | 0 | 0 | 13 |

Абсолютні значення стоку марганцю дещо менші порівняно з загальним залізом. Під час весняної повені з водами р. Інгулець виноситься близько 57% $Mn$, в період літньої та зимової межені – відповідно 30 та 13% від середньорічного значення.

**Висновки.** Стік розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець формується під комплексним впливом природних та антропогенних факторів. Найбільший вплив на формування стоку розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець здійснюють скиди промислових стічних вод підприємств залізорудної та переробної промисловості Кривбасу.

Найбільш суттєво впливають на стік розчинених речовин головної річки її притоки – р. Саксагань і р. Жовта, що розташовані в межах впливу Криворізького ТВК та канал Дніпро-Інгулець. Важливий внесок у формування стоку розчинених хімічних елементів здійснюють рр. Бокова та Боковенька, води яких характеризуються підвищеними природними фоновими значеннями окремих компонентів.

Враховуючи особливості господарської діяльності в нижній течії басейну, де річковий стік у вегетаційний період практично відсутній можна зробити висновок, що в середньому за рік виніс хімічних елементів до р. Дніпро розподілився наступним чином: загальний іонний стік становить близько 850 тис. т, біогенних речовин – 2 тис. т, мікроелементів – 0,12 тис. т. Решта розчинених хімічних речовин (а це біля 200 тис. т головних іонів, 0,68 тис. т біогенних речовин та 0,014 тис. т мікроелементів) під час поливного сезону надходить з водами р. Інгулець до Інгулецького магістрального каналу.

**Список літератури**

**1.** *Алекин О.А.* Общая гидрохимия (химия природных вод) / О.А. Алекин. − Л.: Гидрометеоиздат, 1948. – 208 с. **2.** *Багрій І.Д.* Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення / [І.Д. Багрій, П.Ф. Гожик, Е.В. Самоткал та ін.]. – К. : Фенікс, 2005. – 213 с. **3.** *Закревский Д.В.* Сток химических компонентов рек Украинской ССР / Д.В. Закревский, В.И. Пелешенко, В.К. Хильчевский // Водные ресурсы. – 1988. – т.15, № 6. – С. 63-73. **4.** *Иванов В.А.* Морские устья рек Украины и устьевые процессы. Учебник в 2-х частях / В.А. Иванов, Р.Я. Миньковская. – Севастополь : НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – С. 806. **5.** *Никаноров А.М.* Гидрохимия / А.М. Никаноров. – Л.:

Гидрометеоиздат. 1989. – 351 с. **6.** *Пелешенко В.І.* Загальна гідрохімія / В.І. Пелешенко, В.К. Хільчевський. – К. : Либідь, 1997. – 384 с. **7.** *Руденко Р.В.* Про зміну хімічного складу води річки Інгулець / Р.В.Руденко, В.К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2005. – № 8. – С. 47–61. **8.** *Хільчевський В.К.* Характеристика іонного стоку річок басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, В.В. Маринич, В.М. Савицький // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т.5. – С.226-240.

**Стік розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець**

***Кравчинський Р.Л.***

*На основі натурних спостережень і лабораторних досліджень встановлені особливості формування стоку розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець і його сезонний розподіл. Оцінено сумарний внесок кожного хімічного елементу по сезонам у середньорічний стік.*

***Ключові слова:*** *іонний стік, біогенні речовини, мікроелементи, концентрація хімічних елементів, об'єм стоку, фази водного режиму.*

**Сток растворимых химических веществ с водами р. Ингулец**

***Кравчинский Р.Л.***

*На основе натурных наблюдений и лабораторных исследований установлены особенности формирования стока растворенных химических веществ с водами р. Ингулец и его сезонное распределение. Оценен суммарный вклад каждого химического элемента по сезонам в среднегодовой сток.*

***Ключевые слова:*** *ионный сток, биогенные вещества, микроэлементы, концентрация химических элементов, объем стока, фазы водного режима.*

**Transfer the chemical components with water flow of Ingulets river**

***Kravchinskiy R.L.***

*On the basis of model supervisions and laboratory researches set the features of forming and seasonal division the flow of the dissolved chemical matters with waters of Ingulets river. It is also appraised the content of every chemical element on seasons in an average annual waters flow.*

***Keywords:*** *ionic flow, biogenic matters, oligoelements, concentration of chemical elements, volume flow, seasonal water mode.*

***Надійшла до редколегії 27.01.10***