

ECOLOGY
AND NOOSPHEROLOGY

ISSN 1726-1112 (Print)
ISSN 2310-4309 (Online)
Ecol. Noospher., 33(2), 74–79
doi: 10.15421/032212

Hydrochemical characteristics and anthropogenic components of the ionic effluent of the Samara river

O. V. Kotovych, V. M. Yakovenko, K. I. Ryzhenko

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 03.11.2022
Received in revised form 12.11.2022
Accepted 22.11.2022

Oles Honchar Dnipro National University, Gagarin Ave., 72, Dnipro, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-067-800-70-25
E-mail: bgz@ua.fm

Kotovych, O. V., Yakovenko, V. M., Ryzhenko, K. I. (2022). Hydrochemical characteristics and anthropogenic components of the ionic effluent of the Samara river. Ecology and Noospherology, 33(2), 74–79. doi:10.15421/032212

The aim of this work was to provide a retrospective review of the main hydrochemical indicators of the water of the Samara River and to calculate the anthropogenic component of ion flow in the modern period, to provide a comparative assessment of the relevant indicators for the entire period of scientific observations. From the average-long-term data of the hydrochemical composition of the water of the Samara River, it can be seen that the ionic composition of the water of the Samara River had chloride and chloride-sulfate classes, calcium, calcium-magnesium and sodium groups. There is a trend towards increasing water mineralization in the Samara River. So, in 1929, the total mineralization of river water ranged from 965 to 1738 mg/dm^3. During the period from 1929 to 2006, total mineralization increased by an average of 1,800 mg/dm^3. The hardness increased by 12 mg-eq/dm^3. The content of chlorine ions increased by an average of 300 mg/dm^3. The fact of the growth of these indicators can be connected, first of all, with the inflow of mine waters from the mines of Central and Western Donbass. In the modern period, the saline composition of the water of the Samara River was characterized by an increased content of salts. The dry balance as of January 2022 was equal to 4228 mg/dm^3. Such indicators can be considered record for the entire time of observations. There are several possible reasons for this phenomenon. One of them can be a change in the ratio of natural runoff and discharges of mine drainage water, with an increased share of the latter. Another factor may be the global aridization of the climate and, as a result, the reduction of the water content of the region and the reduction of the share of natural river flow. The anthropogenic component of the total removal of salts during the period from 1929 to the present has increased by 1 million 100 thousand tons, while the total amount of water-soluble salts does not grow uniformly. A sharp increase is noticeable since 1978, which coincides with the period of active commissioning of the mines of Western Donbass. Since then, the growth of the anthropogenic component has relatively stabilized. Relatively constant values of anthropogenic content – 53.5–64.4% are noted for calcium ions. Moreover, the anthropogenic component of magnesium ions at the time of our research (February 2022) was in negative dynamics. The largest percentage of the growth of the anthropogenic component of the Samara River ion flow is associated with sulfate and sodium ions. In general, anthropogenic influence on the formation of the salt composition of the Samara River water has been noted since the very beginning of observations – in the mid-thirties of the last century.

Keywords: hydrochemical state of Samara River water; retrospective analysis of ion flow; anthropogenic component of ion flow

Гідрохімічна характеристика та антропогенна складова йонного стоку ріки Самари

О. В. Котович, В. М. Яковенко, К. І. Риженко

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

Метою цієї роботи було надати ретроспективний огляд основних гідрохімічних показників води ріки Самари і розрахувати антропогенну складову йонного стоку в сучасний період, надати порівняльну оцінку відповідних показників за весь період

проведення наукових спостережень. Ретроспективний аналіз існуючих даних показав, що йонний склад води р. Самари мав хлоридний і хлоридно-сульфатний клас, кальцієву, кальцієво-магнієву та натрієву групу. Спостерігається динаміка в бік підвищення загальної мінералізації води у р. Самарі. У сучасний період сольовий склад води р. Самари характеризувався підвищеним вмістом солей. Антропогенна складова сумарного виносу солей за період з 1929 року до теперішнього часу збільшилася на 1 млн 100 тис. т, причому сумарна кількість водорозчинних солей зростала нерівномірно. Зростання помітне починаючи з 1978 року. З того часу зростання антропогенної складової стабілізувалось. Найбільший відсоток зростання антропогенної складової йонного стоку р. Самари пов'язаний із сульфат- та натрій-іонами. У цілому антропогенний вплив на формування сольового складу води р. Самари відмічається з середини тридцятих років минулого століття.

Ключові слова: гідрохімічний стан води р. Самари; ретроспективний аналіз іонного стоку; антропогенна складова йонного стоку

Вступ

Водні ресурси України є національним надбанням українського народу, однією з природних основ його економічного розвитку і соціального добробуту (Vodnyi kodeks Ukrainy, 1995). Разом з тим Україна належить до однієї з найменш водозабезпечених країн Європи, водні ресурси розподілені по території країни дуже нерівномірно і їхня якість не відповідає вимогам сучасного водокористування.

Якісні зміни водних ресурсів пов’язані як з природними, так і штучними факторами. Природні фактори визначаються кліматичними умовами, що впливають на водність водних об’єктів (Loboda et al., 2009; Gopchenko, 2000). Вплив штучних факторів має прояв як антропогенне навантаження. Основним чинником антропогенного навантаження на водні ресурси є значні обсяги споживання води і скиди забруднених вод у природні водні об’єкти (Gopchenko, 2000). Для оцінки якості води зараз використовують нормативні показники, зокрема санітарно-гігієнічні та рибогосподарські, які спираються на гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин у воді водних об'єктів. Крім того, з метою комплексної оцінки за сукупністю забруднюючих речовин у воді застосовують інтегральні показники, екотоксикологічний критерій оцінювання ступеня забруднення води тощо (Metodichne kerivnictvo, 1992; Metodika ekologichnoy ocinky, 1998).

Разом з тим кількісна оцінка хімічних елементів антропогенного генезису, що надходять до водойм, і їх виокремлення від фонових показників, які мають природний стік, надзвичайно складна, тому що розділити ці речовини на природні й антропогенні існуючими методами дуже складно (Maksimova, 1979). Тому, виходячи з цього, нами було поставлено за мету виокремити антропогенну складову йонного стоку р. Самари в сучасний період, надати порівняльну оцінку відповідних показників за весь період проведення наукових спостережень.

Матеріали та методи досліджень

Найуразливішою ланкою гідрографічної мережі є малі та середні річки з невеликим об’ємом стоку і діяльністю в їх басейнах великих промислових об’єктів. Одним з таких водних об’єктів є р. Самара, яка є джерелом водопостачання для багатьох підприємств, господарсько-побутових водоспоживачів та іригаційних потреб.

Ріка Самара є лівою притокою р. Дніпро, протікає по території Донецької, Харківської і Дніпропетровської областей. Довжина ріки – 324 км, площа басейну – 22600 км². За даними В.В. Демьянова (Demyanov, 2010), водний режим ріки характеризується весняною повінню з різким підйомом води і літньо-осінньо-зимовою меженню, яка переривається іноді дощовими паводками. Живлення р. Самари формується зі стоку поверхневих вод від дощів і сніготанення, джерельного живлення, скидання шахтних і стічних вод. Найбільші середньомісячні витрати води в басейні р. Самари спостерігаються в середньому у березні, найменші – у серпні. Середньорічний стік ріки у середньому дорівнює 0,6 м^3.

Рівневий режим характерний різким підйомом води на початку весняної повені, поступовим спадом, низькими рівнями в період літньо-осінньо-зимової межені, що перериваються короткочасними підйомами від дощових паводків. Максимальні рівні води по річках спостерігаються, як правило, при проходженні найбільших витрат весняних повеней, найнижчі рівні – у вересні–жовтні.

По руслу р. Самари та її приток р. Бик, Водяна і р. Гнилуша здійснюється скидання шахтних вод з шахт Центрального Донбасу. У басейні річок Водяна, Гнилуша розташовано 4 відстійники шахтних вод на площі 120 га. Скиди шахтних вод з шахт Західного Донбасу здійснюються по балках Свідовок, Таранова і Косьминна. Тут побудовано 3 водосховища-накопичувача шахтних вод загальним об'ємом 11,3 млн м^3 і площею 320 га.

Методика розрахунку антропогенної складової йонного стоку р. Самари. Методика розрахунку антропогенної складової йонного стоку та її обґрунтування були розроблені М. П. Максимовою (Maksimova, 1985). В основі оцінювання антропогенної складової йонного стоку річкових вод прийнято положення про сталість концентрацій гідрокарбонатних іонів, оскільки їхній вміст у річкових водах визначається рухомою карбонатно-кальцієвою рівновагою. Це пов’язано з низькою розчинністю $CaCO_3$, концентрація якого може змінюватися лише за наявності у воді надлишку CO_2, у разі чого діоксид вуглецю переводить слаборозчинний карбонат кальцію в більш розчинний бікарбонат кальцію. При зростанні загальної мінералізації води концентрація гідрокарбонатних іонів також мало змінюється, у той час як концентрація йонів кальцію зростає за рахунок зменшення коефіцієнтів активності з ростом іонної сили розчину (у рівновазі із твердою фазою карбонатів).

Відношення вмісту гідрокарбонатних іонів до вмісту інших компонентів сольового складу вод не пов'язане з коливаннями водного стоку, це дозволяє не враховувати коливання водності. Сталість величин відношення гідрокарбонатних іонів до компонентів сольового (аніонно-катіонного) складу в природному річковому стоці, не забрудненому антропогенними добавками, дозволяє використати їх як «фонові емпіричні» коефіцієнти для оцінки антропогенної складової йонного стоку. Для розрахунку антропогенної складової йонного стоку використовували формулу

$$G' = G_{сум} - \frac{G_{HCO_3^-}}{K_ф},$$

де G' – антропогенна складова стоку одного з компонентів сольового складу за розрахунковий період; $G_{сум}$ – сумарний винос компонента сольового складу за розрахунковий період, який містить природну та антропогенну складові; G_{HCO3^-} – винос гідрокарбонатного йона за розрахунковий період; $K_ф$ – фоновий емпіричний коефіцієнт, що дорівнює відношенню вмісту гідрокарбонат-іона до вмісту відповідного компонента йонного складу в початковий період дослідження, відносно якого розраховують збільшення антропогенної складової сольового стоку. Розраховується за допомогою формули

$$K_{\phi} = \frac{C^{I}_{HCO_3^-}}{C^{I}_{\text{іона}}};$$

де C – концентрація йонів у початковий період спостережень, мг/дм^3.

Іонний стік розраховували за формулою

$$G = \sum_{i=t}^{n} C_i Q_i \Delta t,$$

де G – іонний стік за рік; n – число спостережень протягом року; Δt – проміжок часу між спостереженнями; C_i – концентрація йону за період Δt; Q_i – середні витрати води за період Δt.

Гідрохімічна класифікація проводилась відповідно до загальновживаної класифікації О. А. Альокіна (Alekin, 1948, 1950). Аналіз компонентів іонного стоку проводили відповідно до діючих на момент проведення досліджень державних стандартів України (ISO 6058:2003; ISO 6059:2003; ISO 9297:2007; ISO 9963-1:1994).

Результати та їх обговорення

Гідрохімічна характеристика води р. Самари (ретроспектива та сучасний стан)

Хімічний склад води р. Самари формується під впливом поверхневого стоку, підземного живлення, мінералізованих шахтних і стічних вод, процесів фізичної і фізіологічної транспірації з поверхонь ставків і водосховищ, причому частина поверхневого стоку досягає 81,3 %, а підземного – 15,7 % (Konenko, 1952). Системних історичних відомостей про хімічний склад води р. Самари небагато, здебільшого дослідження проводилися співробітниками Дніпровського національного університету в різні часи. Перші наукові дані, які містяться в доступних джерелах, можна зустріти у працях М. А. Грімайловської (Grimailovska, 1930), С. А. Гусінської (Gusinska, 1937), Л. С. Калітаєвої (Kalitaeva, 1948). Пізніше над цією проблематикою із різною науковою метою працювали Л. П. Травлєєв (Travleev, 1973), А. І. Корабльова (Korableva, 1989), Н. І. Варенко (Varenko et al., 1992), В. М. Зверковський (Zverkovskiy et al., 2007), О. В. Котович (Kotovych, 2015) та ін.

Осереднені багаторічні дані гідрохімічного складу води р. Самари наведені в табл. 1. Із наведених даних видно, що йонний склад води р. Самари характеризувався мінливими показниками і мав хлоридний і хлоридно-сульфатний клас, кальцієву, кальцієво-магнієву та натрієву групу.

На початковому етапи спостережень, у кінці двадцятих – середині тридцятих років минулого століття, у воді р. Самари йони хлору і сульфат-іони за еквівалентною кількістю становили приблизно однакову кількість, тому вода мала сульфатно-хлоридний або хлоридно-сульфатний клас. У всі наступні періоди спостережень сульфат-іони у півтора–два рази за кількістю переважали йони хлору. Катіонний склад був не таким мінливим і завжди відповідав кальцієвій та кальцієво-магнієвій групі. Із середини сімдесятих років помітно стале збільшення вмісту всіх іонів, окрім гідрокарбонатних.

У багаторічному розрізі спостерігається динаміка в бік підвищення мінералізації води у р. Самарі. Так, у 1929 р. загальна мінералізація річкової води коливалась у межах 965–1738 мг/дм^3, мінімальні значення фіксувалися в літній, а максимальні – у зимовий період – червень і січень 1929 р. відповідно (Grimailovska, 1930). Загальна жорсткість у цей період коливалась у межах 16,7 – 29,8 мг-екв/дм^3. Вміст іонів хлору – від 210 до 400 мг/дм^3. За період з 1929 по 2006 р. гідрохімічні показники води р. Самари суттєво змінилися. Загальна мінералізація зросла в середньому на 1800 мг/дм^3. Жорсткість збільшилася на 12 мг-екв/дм^3.

Вміст іонів хлору збільшився в середньому на 300 мг/дм^3. При цьому в багаторічному розрізі клас води, а саме сульфатний, на фоні зростання загальної мінералізації не змінився, оскільки кількість сульфат-іонів в іонному складі також пропорційно збільшилася.

Зміни йонного складу природних вод можливі за умов антропогенного втручання або при зміні кліматичних параметрів. Якщо прийняти до уваги той факт, що активна розробка покладів кам'яного вугілля почалась на початку сімдесятих років, то ці зміни можна пов'язати саме з техногенним втручанням. Так, при розробці родовищ на поверхню підіймають велику кількість шахтної породи, яка містить пірит (дисульфід заліза), який при окислюванні утворює сірчану кислоту з наступним утворенням сульфатів. Сульфати, потрапляючи до водойм, сприяють докорінним змінам іонного складу і підвищенню загальної мінералізації.

Факт зростання показників, що формують іонний річкової стік, можна пов'язати перш за все із притоком шахтних вод шахт Центрального та Західного Донбасу. Так, об'єм вод, що скидаються в р. Самару на території Західного Донбасу, становить близько 30 млн м^3/рік, з яких 7 млн м^3 – господарсько-побутові стоки. Середня мінералізація їх становить у середньому 4,1 г/дм^3. Шахти

Таблиця 1

Осереднені дані про йонний склад води р. Самари, мг/дм^3, ретроспективний аналіз за даними Grimailovska, 1930; Gusinska, 1937; Kalitaeva, 1948; Travleev, 1973; Korableva, 1989; Kotovych, 2015

Період	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	∑ іонів
1929 р.	305,0	349,0	270,0	130,0	80,2	153,9	1288,1
1935 р.	416,0	616,0	219,0	221,0	145,2	27,4	1644,6
1947 р.	196,0	616,0	354,0	173,0	68,0	234,0	1641,0
1978 р.	439,6	1091,2	353,8	449,0	179,5	536,3	3049,4
1982 р.	637,2	1180,1	325,7	230,7	139,5	926,8	3440,0
2006 р.	692,0	1389,8	276,4	299,2	256,2	438,1	3541,3

Центрального Донбасу скидають у р. Самару та її притоки (р. Бик і Вовча) 87 млн м^3/рік шахтних вод з мінералізацією 2,0–6,0 г/дм^3 (Zverkovskiy et al., 2007). В цілому сумарний об'єм вод шахтного водовідливу становить близько 110 млн м^3/рік, що становить майже четверту частину від обсягу загального річкового стоку. Таким чином, слід визначити, що на мінералізацію води р. Самари крім природних чинників впливають ще й антропогенні фактори, які є результатом діяльності вуглевидобувної промисловості.

У сучасний період сольовий склад води р. Самари характеризується підвищеним вмістом солей. Сухий залишок на січень 2022 р. дорівнював 4228 мг/дм^3. За співвідношенням іонів річкова вода відноситься до сульфатного класу натрієвої групи третього типу. Іонний індекс води – S_{III}^{Na}. Реакція pH – слабколужна. За ступенем жорсткості – дуже жорстка (табл. 2).

Такі показники можна вважати рекордними за весь час спостережень. Причин виникнення цього явища можна припустити кілька. Однією з них може бути зміна співвідношення природного стоку і скидів вод шахтного водовідливу при збільшенні частки останнього. Іншим фактором може бути глобальна аридизація клімату і, як наслідок, зменшення водності регіону і зменшення частки природного річкового стоку (Loboda, et al., 2009; Gopchenko, 2000).

Таблиця 2
Іонний склад води р. Самари

Дата	Катіони				Аніони				pH	Жорсткість загальна	Сухий залишок
		мг/дм^3	мг-екв/дм^3	%-екв		мг/дм^3	мг-екв/дм^3	%-екв	од. pH	мг-екв/дм^3	мг/дм^3
Січень 2022 р.	Na^+	780,2	33,95	52,9	SO_4^{2-}	1660,4	34,57	53,8	7,29	29,82	4228,5
	K^+	16,7	0,43	0,7	Cl^-	835,0	23,55	36,7			
	Ca^{2+}	505,0	25,20	39,3	HCO_3^-	372,2	6,10	9,5			
	Mg^{2+}	56,1	4,62	7,2							
	Σ		64,20	100,0	Σ		64,22	100,0			

Антропогенна складова йонного стоку р. Самари і його компонентів

Проведення моніторингових досліджень за станом природних об'єктів передбачає отримання порівняльних даних з об'єктів, які не піддаються антропогенному впливу, або ті, що були отримані на початковому етапі досліджень. Оскільки на сьогодні наслідки техногенної діяльності людини простежуються у всіх елементах навколишнього середовища, знайти незаймані водні об'єкти майже неможливо. За таких умов за реперну (відправну) точку здебільшого використовують дані, які були отримані на початковому етапі спостережень. У нашому випадку для цього можна використовувати гідрохімічні показники 1929 р.

Дані, отримані раніше, а також наші власні розрахунки антропогенної складової йонного стоку р. Самари показали, що цей показник знаходиться у постійній позитивній динаміці (табл. 3). Так, антропогенна складова сумарного виносу солей за період з 1929 р. до теперішнього часу збільшилася на 1 млн 100 тис. т, причому сумарна кількість водорозчинних солей зростає нерівномірно.

Різке збільшення помітне починаючи з 1978 р., що за часом збігається з періодом активного введення в експлуатацію шахт Західного Донбасу. З того часу зростання антропогенної складової відносно стабілізувалось. Серед показників іонного складу найбільшу позитивну динаміку серед аніонів мають сульфат-іони – частка їхнього антропогенного вмісту збільшилась з 55 % у 1935 р. до 74 % у 2006 р. Частка хлоридів у антропогенної складової є значно меншою і не перевищувала 12,6 % у 2006 р. за весь час спостережень.

Показники катіонного складу також знаходяться у постійній позитивній динаміці. Найбільше зростання відмічається по йонах натрію – до 73 % у сучасний період. Відносно сталі значення антропогенного вмісту – 53,5–64,4 % відмічаються по іонах кальцію. Причому антропогенна складова за магній-іонами на час наших досліджень за лютий 2022 р. знаходилась у негативній динаміці.

Таким чином, можна визначити, що найбільший відсоток зростання антропогенної складової йонного стоку р. Самари пов'язаний із сульфат- та натрій-іонами. У цілому антропогенний вплив на формування сольового складу води р. Самари відмічається з самого початку спостережень – середини тридцятих років минулого століття.

Висновки

У багаторічному розрізі спостерігається динаміка в бік підвищення мінералізації води у р. Самарі. Так, у 1929 р. загальна мінералізація річкової води коливалась у межах 965–1738 мг/дм^3, мінімальні значення фіксувались у літній, а максимальні – у зимовий період – червень і січень 1929 р. відповідно.

У сучасний період сольовий склад води р. Самари характеризується підвищеним вмістом солей. Сухий залишок на січень 2022 р. дорівнював 4228 мг/дм^3. За співвідношенням іонів річкова вода відноситься до сульфатного класу натрієвої групи третього типу. Іонний індекс води – S_{III}^{Na}. Реакція pH – слабколужна. За ступенем жорсткості – дуже жорстка.

Показники катіонного складу також знаходяться у постійній позитивній динаміці. Найбільше зростання відмічається по йонах натрію – до 73 % у сучасний період.

Антропогенна складова йонного стоку знаходиться в постійній позитивній динаміці. Сумарний винос водорозчинних солей за період з 1929 року до теперішнього часу збільшився на 1 млн 100 тис. т.

Найбільший відсоток зростання антропогенної складової йонного стоку р. Самари забезпечується сульфат- та натрій-іонами.

Відносно сталі значення антропогенного вмісту – 53,5–64,4 % відмічаються по йонах кальцію. Антропогенна складова за магній-іонами на час наших досліджень (лютий 2022 р.) знаходилась у негативній динаміці.

References

Alekin, O. A. (1948). Gidrohimichna klasifikacia richok [Hydrochemical classification of rivers]. Trudy gidrogeologichnogo institute, 4, 111 (in Russian).

Alekin, O. A. (1950). Do vyvchenya kilkisnyh zalejnostey mij mineralizacieuy, ionym skladom ta vodnym rejymom richok [To the study of quantitative dependences between mineralization, ion composition and water regime of rivers]. Trudy gidrogeologichnogo institute, 25, 27 (in Russian).

Demyanov, V. V. (2010). Gidrologichna harakteristika baseynu riky Samara [Hydrological characteristics of the Samara River basin]. Izdatelstvo Dnepropetrovskogo Universiteta, Dnepropetrovsk, 67–76 (in Russian).

Gopchenko, E. D. (2000). Ocenka vzmojniyh izmeneniy vodnyh resursov Ukrayiny v usloviah globalnogo potepleniy [Assessment of possible changes in water resources of Ukraine under global warming conditions]. Hydrobiological Journal, 39(4), 67–78 (in Russian).

Grimailovska, M. A. (1930). Gidrohimiya riky Samary [Hydrochemistry of the Samara River]. Izdatelstvo Dnepropetrovskogo Universiteta, Dnepropetrovsk, 187 (in Russian).

Gusinska, S. A. (1937). Himichny sklad vody porojustoy chastyny riky Dnipro, doplyviv ta vodoym balok, yogo zminy v himizmi, vyklykani pobuduvanyam grebli Dniprelstanu [The chemical composition of water in the porous part of the Dnipro River, inflows and reservoirs of streams, its changes in chemistry caused by the construction of the Dnieperstan]. Visnik Dnipropetrovskoy gidrobiologichnoy stanci, 2, 52–62 (in Russian).

ISO 6058:2003 (2004). Water quality dermination of calcium. Content – EDTA titrimetric method. Kyiv. Derjspojyvstandart Ukrainy. 10.

ISO 6059:2003 (2004). Water quality – Determination of the sum of calcium and magnesium – EDTA titrimetric method. Kyiv. Derjspojyvstandart Ukrainy. 10.

Таблиця 3
Антропогенна складова йонного стоку води р. Самари

Рік	Річний стік HCO_3^- іона, тис. т	Іони Cl^- (фон. коефіц. 0,88)			Іони SO_4^{2-} (фон. коефіц. 0,77)			Іони Ca^{2+} (фон. коефіц. 2,07)			Іони Mg^{2+} (фон. коефіц. 3,36)			Іони Na^+ (фон. коефіц. 1,75)			Сума іонів (фон. коефіц. 0,21)		
		Винос тис. т	Антропогенна складова		Винос тис. т	Антропогенна складова		Винос тис. т	Антропогенна складова		Винос тис. т	Антропогенна складова		Винос тис. т	Антропогенна складова		Винос тис. т	Антропогенна складова	
			Тис. т	%		Тис. т	%		Тис. т	%		Тис. т	%		Тис. т	%		Тис. т	%
1929*	166,5	260,9	–	–	249,9	–	–	56,4	–	–	17,9	–	–	91,45	–	–	909,4	–	–
1935*	131,4	249,5	104,8	42,0	369,7	203,2	54,9	132,4	70,8	53,5	86,9	48,9	56,3	16,22	-111,1	–	986,1	359,6	36,5
1978*	222,9	276,9	32,0	11,5	687,5	405,3	59,0	282,9	178,7	63,2	113,1	48,7	43,0	321,78	194,41	60,4	1921,1	859,7	44,7
2006**	165,84	415,20	226,75	54,6	833,89	618,51	74,20	179,52	99,40	55,40	153,72	104,36	67,9	262,86	168,10	63,9	2011,0	1061,4	49,95
2022	223,32	501,00	247,23	49,3	996,25	706,22	70,9	303,00	195,12	64,4	33,66	-32,80	–	468,12	340,51	72,7	2535,4	1471,9	58,06

* Згідно з даними Korableva, 1989.
** Згідно з даними Kotovych, 2015.

ISO 9297:2007 (2009). Water quality Determination of chloride. Silver nitrate titration with chromate indicator (Mohr's method). Kyiv. Derjspojyvstandart Ukrainy. 10.

ISO 9963-1:1994 (2007). Water quality – Determination of alkalinity – Part 1: Determination of total and composite alkalinity. Derjspojyvstandart Ukrainy. 8.

Kalitaeva, L. S. (1948). Gidrohimiya riku Samaru [Hydrochemistry of the Samara River]. Visnik Dnipropetrovskoy gidrobiologichnoy stanci, 8, 107–112 (in Russian).

Konenko, A. D. (1952). Gidrohimichna harakteristika maluh richok Ukrayiny [Hydrochemical characteristics of small rivers]. Akademiyi Nauk Ukrayiny, 26, 171 (in Ukrainian).

Korableva, A. I. (1989). Antropogenaya sostavlayucja ionogo stoka reki Samary – osnovnogo pritoka Zaporojskogo vodohranilicja. Hydrobiological Journal, 16 (in Russian).

Kotovych, O. V. (2015). Ekologo-gidrohimichna harakteristyka gruntovyh vod Prisamaray Dniprovskogo yak indykator stanu etalonyh ta destruktyvnyh biogeocenoziv [Ecological and hydrochemical characteristics of groundwater of Prysamary Dniprovskyi as an indicator of the state of reference and destructive biogeocenoses]. Gruntoznavstvo, 16(1-2), 89–101 (in Ukrainian).

Loboda, N. S., Melnik, S. V. (2009). Bagatorichna minlyvist klimatu i vodnuy rejymu richok Podolii [Long-term variability of the climate and water regime of the rivers of Podolia]. Ukrainskiy gidrometeorologichnuy journal, 5, 184–191 (in Ukrainian).

Maksimova, M. P. (1979). Kriteriy antropogenoy evtrofikaci rechnogo stoka i raschet antropogenoy sostavlyushey biogenogo stoka [Criteria for anthropogenic eutrophication of river runoff and calculation of the anthropogenic component of biogenic river runoff]. Vodnye resursy, 1, 35–41 (in Russian).

Maksimova, M. P. (1985). Kriteriy ocenki antropogenyh izmeneni i raschet antropogenoy sostavlayshey ionogo stoka rek [Criteria for evaluating anthropogenic changes and calculation of the anthropogenic component of ion flow of rivers]. Vodnye resursy, 3, 71–75 (in Russian).

Metodichne kerivnictvo po rozrachunku antropogenogo navantajenya i klasifikaci ekologichnogo stanu malyh richok Ukrayiny (1992) [Methodical guide for calculating the anthropogenic load and classification of the ecological state of small rivers of Ukraine]. NTD 33-4759129-03-04-92. Ukrainskiy NDI vodogospodarsko-ekologichnyh problem (in Ukrainian).

Metodika ekologichnoy ocinky yakosti povrhnevyh vod za vidpovidnymi kategoriyamu (1998). [Methodology of environmental assessment of surface water quality by relevant categories] (in Ukrainian).

Nacionalna dopovid pro stan navkolyshnigo seredovysha v Ukrayiny u 2015 rotsi (2017) [National report on the state of the natural environment in Ukraine in 2015]. Minesterstvo ekologii ta pryrodnyh resursiv Ukrayiny (in Ukrainian).URL: https://menr.gov.ua/news/31768.html

Travleev, L. P. (1973). O mineralizaci i himicheskom sostave gruntovyh vod lesnyh biogeocenozov verhnego i srednego techeniya reki Samary [On the mineralization and chemical composition of groundwater of forest bigeocenoses of the upper and middle reaches of the Samara River]. Pytanya stepovogo lisoznavstva, 4, 41–48 (in Russian).

Varenko, N. I., Kovtun, T. M., Murzina, T. A. (1992). Zminy himichnogo skladu vody riky Samaru (Dniprovskoy) pid vplyvom gospodarskoy diyalnosti [Changes in the chemical composition of water of the Samara (Dnipro) River under the influence of economic activity]. Hydrobiological Journal, 28(5), 93–97 (in Russian).

Vodni kodeks Ukrayiny vid 06.06.1995 r. [Water Code of Ukraine] № 213/95-BP. (in Ukrainian). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-D0%B2%D1%80?find=1&text=%F2%E2%E0%F0%E8%ED#w112

Zverkovskiy, V. M., Kotovych, O. V., Gritcan, Y. I., Polyashenko, N. O. (2007). Biologichne obgruntuvanya meliorativnogo zahystu pidtoplenyh teritori u girnichovydobuvnyh regionah. [Bioecological substantiation of reclamation protection of flooded areas in mining regions]. Ekologichny visnyk, 3(43), 14–17 (in Ukrainian).