

живання кисню ($7,2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) вода відноситься до 5 категорії якості.

Розрахунок індексу забрудненості води річки Каланчак за обмеженим числом інгредієнтів свідчить, що середньоарифметичні значення відповідають 4 категорії якості – забруднена.

Вода річки Каланчак містить речовини токсичної дії - ртуть, кадмій, мідь, цинк, свинець, хром, нікель, залізо, марганець, алюміній, фториди, нафтопродукти, феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, хлорорганічні та фосфорорганічні пестициди.

За Державним стандартом України на поливну воду та більшістю методів іригаційної оцінки вода придатна для зрошення ґрунтів і не вимагає поліпшення хімічного складу шляхом внесення кальцієвих солей.

Води містять велику кількість таких гіпотетичних солей як CaSO_4 , NaCl , значно меншу кількість MgSO_4 , ще меншу $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, Na_2SO_4 . При цьому лише 37,5 % проб води мали уміст токсичних солей в еквівалентах хлору менше $10 \text{ мг-екв}/\text{дм}^3$, тобто придатні для зрошення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алёкин О.А. К вопросу о химической классификации природных вод [Текст] / О.А. Алёкин // Вопросы гидротехники. - Л.: Гидрометиздат, 1946. - 240 с.
2. Антипов-Каратаев Н.И. Методика мелиоративной оценки оросительных вод / Н.И. Антипов-Каратаев, Г.М. Кадер // М., Почвоведение, 1959, № 2, - с. 96-100.
3. Барцевский Н.Е. Некоторые итоги исследований дренажного стока в зоне Северо-Крымского канала / Н.Е. Барцевский, В.В. Внучков, Ю.А. Чирва // Гидротехника и мелиорация. - 1983. - № 6. - С.69-73.
4. Бойко П. М. Особливості та місце Херсонщини в екомережі України / П. М. Бойко, М. Ф. Бойко // Екологія та ноосферологія. 2005. Т. 16, № 3.4. - С. 52-62
5. Буданов М.Ф. Система и состав контроля за качеством природных и сточных вод при использовании их для орошения / М.Ф. Буданов // Киев.: Урожай, 1970. - 48 с.
6. Вedomственный нормативный документ. Качество воды для орошения. Экологические критерии. Государственный комитет Украины по водному хозяйству. ВНД 33-5..5-02-97. Введен с 01.04.1998 г. Харьков., 1998. - 15 с.
7. Государственный стандарт Украины. Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии. ДСТУ 2730-94. Веденный с 1.01.1995 г. Киев., 1994. - 14 с.
8. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксінок О.П. та ін. - К., 2001. - 48 с.
9. Можейко А.М. Гипсование солонцеватых каштановых почв УССР, орошаемых минерализованными водами / А.М. Можейко, Т.К. Воротник // Тр. Укр. НИИ почвоведения, т. 3, С. 111-208.
10. Обеспечение экологической надежности мелиоративных объектов / Под ред. Б.П. Карука // Киев: Урожай, 1987. - 224 с.
11. Новикова Г.В. До питання про значимість аеральних солей в осолонцюванні ґрунтів Причорномор'я / Г.В. Новикова // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 73.- Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського, 2010.- С. 31-41.
12. Природа Херсонської області: Фізико-географічний нарис / Відп. ред. М.Ф.Бойко / К.: Фітосоціоцентр, 1998. - 120 с.
13. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: «Ніка-Центр», 2001. - 264 с.
14. Унифицированные методы анализа вод СССР [Текст]. - Л.: Гидрометеозидат, 1978. - 144 с.
15. Диркулар № 969 Департамента сельского хозяйства США. Классификация оросительной воды (сокр. пер. с англ.), 1955.
16. Чорний С.Г. Екологія Херсонщини / С.Г.Чорний, М.Ф. Бойко // Херсон: Терра, 2001. - 254 с.
17. Чорний С. Г., Сучасні зміни клімату на Херсонщині / С. Г. Чорний, Г.І. Тищенко, Н. С. Кувавіна // Вісник аграрної науки. - 2004. - № 2. - С.32-39.

УДК 504.453:577.4

ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ СЕЙМУ НА КОРДОНІ З РОСІЄЮ ТА ТРАНСКОРДОННЕ ПЕРЕНЕСЕННЯ РЕЧОВИН СТОКОМ

Лозовицький П.С.¹, Лозовицький А.П.²

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
Lozovitskii@gmail.com;
ТОВ «Географіка»,
вул.. Голосіївська, 18, 03039, м. Київ

Наведено результати хімічного складу й мінералізації води Сейму за періоди 1967-1970, 1971-1979, 1993-1995, 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2013 рр. та екологічної оцінки якості води за критеріями забруднення компонентами солевого складу, еколого-санітарними показниками та умістом специфічних речовин токсичної дії. Розраховано індекс забруднення води та загальна оцінка її забруднення за сукупністю показників.

Экологическая оценка качества воды Сейма на границе с Россией и трансграничное перенесение веществ со стоком. Лозовицкий П.С., Лозовицкий А.П. Приведены результаты химического состава и минерализации воды Сейма за периоды 1967-1970, 1971-1980, 1997-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2013 гг. и экологической оценки качества воды по критериям солевого состава, эколого-санитарным показателям и содержанию специфических веществ токсического действия. Рассчитаны индекс загрязнения воды и общая оценка её загрязнения по совокупности показателей.

Environmental assessment of water quality in Seym town the border with Russia and the cross-border substances transfer with the dvain. Lozovitsky P.S., Lozovitsky A.P. Comparative results of chemical composition and water salinity in Seym town are given for the periods of 1967-1970, 1971-1979, 1993-1995, 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2013. Over the same periods, the article presents the results of environmental assessment of water quality on criteria of components of the salt content pollution, environmental sanitation indexes and content of specific substances toxic effects. Index of water pollution was calculated and the overall assessment of pollution was made by the whole set of indicators.

Сейм утворюється від злиття двох річок — Сіми і Сімиці у Белгородській обл. Росії: протікає через Середньоруську височину (Белгородська й Курська обл. Росії) і Придніпровську низовину (Сумська й Чернігівська обл. України). перетинає російсько-український кордон на схід від села Бояро-Лежачі, тече переважно на захід (місцями змінює напрям на південний

або північний). а у пригирловій частині — переважно на північний захід, впадає до Десни на схід від села Мале Устя, що на південний схід від смт. Сосниці.

Довжина Сейму становить 748 км (у межах України — близько 250 км), площа басейну — 27500 км². Сейм є лівою й найбільшою притокою Десни. Долина асиметрична, завширшки до

4 км, місцями 9—12 км. Переважна ширина русла 80—100 м, завглибшки 4—5 м. Русло звивисте, розгалужене, супроводжується численними старичами і заплавними озерами. Правий берег високий (до 40 м), стрімкий, розчленований балками і ярами, лівий — пологий (заввишки 5—10 м). Заплава переважно лівостороння завширши понад 2 км. Похил річки 0,2 м/км.

Течія повільна 0,3-0,4 м/с, на переказах — до 0,7 м/с. Висота витоку 178 м, устя — 112 м над рівнем моря. Падіння ріки становить 66 метрів, ухил річки — 0,095 м/км. Середня річна витрата води поблизу Рильська — близько 70 м³/с, а поблизу с. Мутин Кролевецького району Сумської області (105 км від устя) — 99,6 м³/сек. Живлення переважно снігове, 35-40% стоку формується підземними водами. До 70-80 % річного стоку формується у весняний період. Замерзає в кінці листопада — в грудні, скресає в кінці березня — на початку квітня. У пониззі річка судноплавна. Весняний паводок продовжується близько 70 днів [2,3, 4-9].

Сейм має притоки Свапа, Амонька, Клевень (праві); Осога, Снагость, Вир, Чаша, Єзуч, Кукілка (ліві).

На річці розташовані міста Курчатов, Льгов, Рильськ (Росія), Путивль, Батурин (Україна).

Мета досліджень — установити якість води р. Сейм, виявити закономірності її зміни у часі в пункті спостережень Сейм – Тьоткіно (1967-1979 та 1993-2012 рр.), та динаміку зміни складу головних іонів, їх концентрацію й мінералізацію води в часі [13,16,17,18,19].

Методика досліджень. Для встановлення основних закономірностей

формування й зміни інгредієнтів хімічного складу води річки Сейму у просторово-часовому вимірі та виявлення впливу на ці показники господарської діяльності людини створено банк даних у пунктах Сейм – кордон з Росією, Сейм – Мутін, Сейм – гирло за показниками: вміст головних іонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), загальна мінералізація води, величина рН, уміст біогенних речовин (N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^-), загального азоту й фосфору, мінерального фосфору (P-PO_4^{3-}), зв'язаних речовин, кисню (O_2 , мг/дм³), прозорість і кольоровість води, перманганатна й біхроматна окиснюваність (ПО, БО), біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК₅), хімічне споживання кисню (ХСК), вміст важких металів і мікроелементів (Fe^{3+} , Cr^{3+} , Cr^{6+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} , F й ін.), фенолів (Phen), нафтопродуктів (НП), синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Для формування банку даних використано результати хімічних аналізів спостережень на стаціонарних гідрохімічних постах у системі Держгидрометслужби України, р. Сейм – с. Тьоткіно (1938-2012 рр.) й притоків [3-9, 14, 15, 20]. За результатами досліджень авторами визначено паралельні статистичні ряди даних хімічного аналізу води – для р. Сейм – с. Мутіно - 360 значень, Сейм – с. Тьоткіно (166 значень), Сейм – гирло (162 значення).

Математико-статистичний аналіз зроблено на персональному комп'ютері з використанням стандартних обчислювальних програм "Excel", «Costat».

Оцінка сольового складу поверхневих вод передбачає визначення галінності за ступенем мінералізації, класу

(за переважаючими аніонами), групи (за переважаючими катіонами), типу вод (за співвідношенням між іонами), а також ступеня їх антропогенного забруднення хлоридами й сульфатами [13].

Результати досліджень

Сольовий склад та мінералізація води. Формування якості води найбільш повноводною притоки Десни р. Сейм відбувається як на суміжній території Росії (біля 70 % стоку) та на території України із загальною витратою води в гирлі близько 100 м³/с або 3,134 км³ за рік.

Хімічний склад води р. Сейм на кордоні з Росією вивчали в 1967-1979 рр. та продовжили з 1993 по 2013 р. За цей період загальна мінералізація води змінювалася від 284,5 мг/дм³ (17.04.2003) до 700,2 мг/дм³ (23.06.1972) й мала значні коливання в часі (рис. 1). Так, весною 1973 р. коли-

вання мінералізації води Сейму протягом двох місяців перевищували 100 %: від 303,5 мг/дм³ (13.03.1973) до 679 мг/дм³ (23.05.1973). Аналогічне за масштабами, майже подвійне зниження мінералізації води в Сеймі спостерігали в зимово-весняний період 1998, 2003, 2010 рр. На рисунку показано, що максимальні піки загальної мінералізації води (близько 650 мг/дм³) у річці Сейм спостерігалися у різні періоди (1972, 1977, 1995, 2006, 2007, 2008, 2010 роки), частіше – у період зимової межени. Мінімальні значення мінералізації води і вмісту головних іонів (близько 350 мг/дм³ і менше) спостерігали переважно в період весняного водопілля або затяжних літньо-осінніх дощів.

Узагальнені результати математико-статистичної обробки даних хімічних аналізів води Сейму на кордоні з Росією за весь період досліджень наведено в табл. 1.

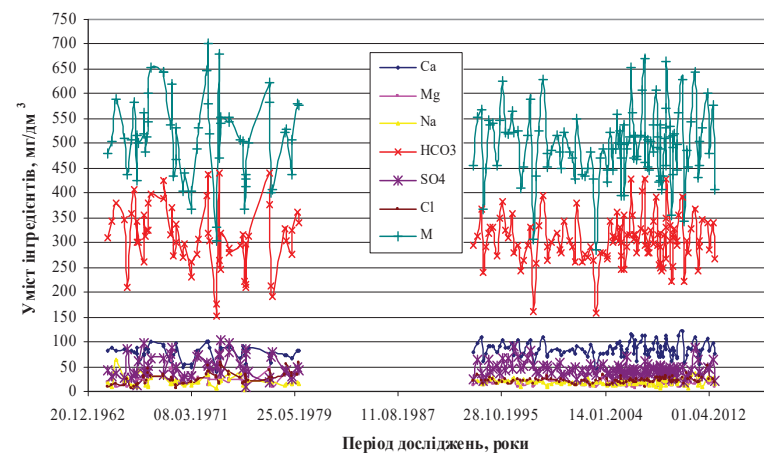


Рис. 1. Динаміка зміни в часі хімічного складу води р. Сейм – кордон з Росією

Таблиця 1.

Статистичні характеристики кількісної і якісної мінливості головних іонів та мінералізації води р. Сейм

Показники	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Рівень надійності (95%)
Сейм – кордон з Росією, 1967-1979 та 1993-2012 рр., 208 значень						
CO_3^{2-} , мг/дм ³	1,28	0,22	2,83	0	15,0	0,43
HCO_3^- , мг/дм ³	305,67	4,17	53,71	152,0	440,0	8,23
СГ, мг/дм ³	23,80	0,69	8,93	6,0	58,0	1,37
SO_4^{2-} , мг/дм ³	45,96	1,29	16,72	9,9	104,6	2,56
Ca^{2+} , мг/дм ³	82,33	1,21	15,55	38,9	120,2	2,38
Mg^{2+} , мг/дм ³	20,69	0,72	9,33	6,4	60,8	1,43
Na^+ , мг/дм ³	19,26	0,55	7,12	1,8	41,8	1,09
K^+ , мг/дм ³	4,11	0,10	1,10	1,8	8,3	0,20
Заг. мін., мг/дм ³	500,58	5,93	76,42	284,5	700,2	11,71
pH, од.	7,86	0,04	0,53	6,0	8,7	0,08
Жорсткість, мг-екв/дм ³	5,82	0,07	0,92	3,07	8,38	0,14

Розподіл показників у варіаційних рядах головних іонів і загальної мінералізації води Сейму не нормальний, а близький до нормального або логнормального розподілу ймовірностей. Наприклад, уміст домінуючого серед катіонів кальцію у річці Сейм змінювався від 38,9 (15.03.1973) до 120,2 мг/дм³ (2.03.2010). Концентрація кальцію в жодній з проб води Сейму не перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення. При цьому різні варіанти умісту кальцію при статистичному аналізі дають такі результати: 37-46,5 мг/дм³ – 3 значення або 1,81 %; 46,5-56 – 9 значень або 5,42 %; 56-65,5 – 10 значень або 6,02 %; 65,5-75,0 – 36 значень або 21,69 %; 75,0-84,5 – 50 значень або 30,12 %; 84,5-94,0 – 24 значення або 14,46 %; 94,0-103,5 – 20 значень або 12,05 %; 103,5-113,0 – 12 значень або 7,23 %; 113,0 – 122,5 мг/дм³ – 2 значення або 1,2 % (рис. 2).

Аналогічно розподілилися й інші головні катіони. Уміст магнію за ці роки змінювався від 6,4 (15.04.1998 р., 23.05.2006 р.) до 60,8 мг/дм³ (21.08.1968 р.). При цьому уміст магнію в 6 пробах з 166 або в 3,61 % перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення (40 мг/дм³). Концентрація магнію у воді Сейму має такий розподіл у варіаційному ряді: 6-12,1 мг/дм³ – 15 значень або 9,04 % проб; 12,1-18,2 – 74 (44,58 %); 18,2-24,3 – 36 (21,69 %); 24,3-30,4 – 14 (8,43 %); 30,4-36,5 – 18 (10,84 %); 36,5-42,7 та 42,7-48,8 по 3 (по 1,8 %); 48,8-54,9 – 1 (0,6 %); 54,9-61 мг/дм³ – 2 значення або 1,2 % проб води (рис. 2).

Концентрація натрію у воді Сейму змінювалася від 1,8 (12.05.1975 р.) до 41,8 мг/дм³ (21.07.1972), тобто в жодній з проб не перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення.

Розподіл даних у варіаційному ряді Na^{2+} для Сейму має вигляд: 1,5-6 мг/дм³ – 2 значення або 1,2 % проб води; 6,0-10,5 – 13 (7,83 %); 10,5-15,0 – 40 (24,09 %); 15,0-19,5 – 55 (33,13 %);

19,5-24,0 – 25 (15,06 %); 24,0-28,5 – 14 (8,43 %); 28,5-33,0 – 7 (4,22 %); 33,0-37,5 – 8 (4,22 %); 37,5-42,0 мг/дм³ – 2 значення або 1,2 % проб води (рис. 2).

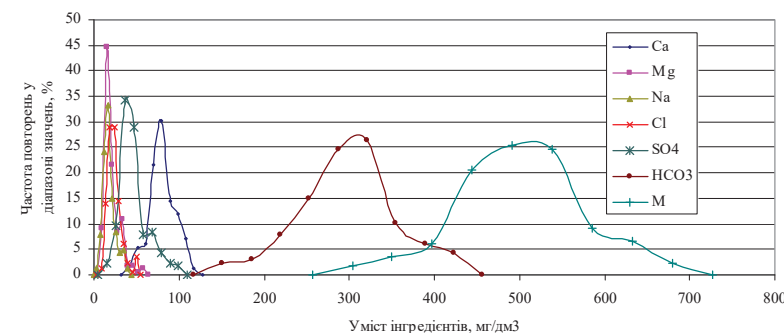


Рис. 2. Гістограми розподілу й частота повторень інгредієнтів хімічного складу води р. Сейм – кордон з Росією

У пробах води Сейму концентрація калію змінювалася від 1,8 (18.10.2010) до 8,3 мг/дм³ (28.03.2011). Для цього показника ГДК не встановлено.

Відсотково-еквівалентна форма вираження даних хімічних аналізів важлива для подальшої характеристики досліджуваної води – визначення класу, групи за переважаючими аніонами й катіонами.

Дослідження показали, що кальцій за %-екв умістом був переважаючим катіоном в 147 пробах води з 166 тобто в 88,55 % проб, магній – 4 (2,4 %), натрій – не переважав у жодній з проб. В 15 пробах води переважаючого катіону не було, але в 11 з них найбільшим був уміст кальцію, в 4 пробах – магнію. При цьому %-екв уміст кальцію в пробах води Сейму змінювався від 35,02 % (21.08.1969 р.) до 78,78 % (23.05.2006 р.), магнію – від 7,96 % (23.05.2006 р.) до 58,02 % (21.08.1968

р.), натрію – від 1,56 % (12.05.1975) до 23,32 % (21.07.1972 р.), калію – від 0,65 % (18.10.2011р.) до 3,35 % (9.06.2009 р.). Визначено середньоарифметичний %-екв умісту головних катіонів у воді Сейму: Ca^{2+} – 61,85 %, Mg^{2+} – 25,33 %, Na^+ – 11,68 %, K^+ – 1,13 %.

Серед аніонів у всіх пробах води Сейму на кордоні з Росією переважали гідрокарбонати – 152,0 (14.03.1973 р.) до 440,0 мг/дм³ (23.05.1973 р.). Розподіл показників у варіаційному ряді HCO_3^- для Сейму має такий вигляд: 150-183 мг/дм³ – 4 значення або 2,4 % проб води, 183-216 – 4 (2,4 %), 216-249 – 11 (6,63 %), 249-282 – 35 (21,1 %), 282-315 – 43 (25,9 %), 315-348 – 39 (23,5 %), 348-381 – 15 (9 %), 381-414 – 8 (4,8 %), 414-447 мг/дм³ – 7 значень або 4,2 % проб води (рис. 2).

Концентрація сульфатних іонів у воді р. Сейм змінювалося від 9,9

(9.07.75 р.) до 104,6 мг/дм³ (12.07.1973 р.). Лише в 1 пробі води з 166 уміст сульфатів був вищим за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (100 мг/дм³). Для водойм господарсько-побутового призначення граничний уміст сульфатів 500 мг/дм³. Отже, за цим показником вода є незагрозованою для водопостачання.

Вміст сульфатів у воді Сейму розподілився так: 9,5-20,1 мг/дм³ – 4 значення або 2,4 % проб води, 20,1-30,7 – 16 (9,64 %), 30,7-41,3 – 57 (34,34 %), 41,3-51,9 – 48 (28,92 %), 51,9-62,5 – 13 (7,83 %), 62,5-73,1 – 14 (8,43 %), 73,1-83,7 – 7 (4,21 %), 83,7-94,3 – 4 (2,4 %), 94,3-104,9 мг/дм³ – 3 значення або 1,8

% проб води (рис. 2).

Вміст у воді Сейму одного з найтоксичніших для рослин аніону хлориду змінювався від 6,0 (18.12.1969 р.) до 58,0 мг/дм³ (13.07.1973), що значно нижче ГДК для водойм рибогосподарського (300 мг/дм³) й господарсько-побутового призначення (350 мг/дм³). Вибірка умісту хлоридів у воді Сейму має такий розподіл: 6-11,2 мг/дм³ – 2 значення або 1,2 %, 11,2-16,4 – 23 (13,86 %), 16,4-21,6 та 21,6-26,8 – по 48 (по 28,92 %), 26,8-32,0 – 24 (14,45 %), 32,0-37,2 – 10 (6 %), 37,2-42,4 – 4 (2,4 %), 42,4-47,6 – 1 (0,6 %), 47,6-52,8 мг/дм³ – 6 значень або 3,6 % проб води (рис. 2).

Таблиця 2.

Середньоарифметичний уміст головних іонів і мінералізації води р. Сейм – с. Тьоткіно за різні періоди спостережень

Інгредієнти	1964-1970	1971-1979	1993-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2013
Уміст у мг/дм ³							
CO ₃ ²⁻	0	0,59	1,25	2,72	2,30	0,96	1,33
HCO ₃ ⁻	299,94	294,69	317,73	300,37	291,69	312,84	309,22
SO ₄ ²⁻	41,35	53,15	43,51	49,01	40,57	39,96	49,31
Cl ⁻	17,23	31,68	21,49	21,57	18,31	22,76	25,49
Ca ²⁺	74,41	74,64	88,52	86,14	82,36	86,84	84,77
Mg ²⁺	21,44	28,29	17,03	18,02	16,12	16,84	19,72
Na ⁺ + K ⁺	19,50	18,53	24,97	22,80	20,77	24,29	26,44
K ⁺	-	-	3,78	4,00	4,01	4,28	4,11
Мінералізація	473,17	500,98	512,90	497,90	469,86	503,52	514,96
Уміст у %-екв							
CO ₃ ²⁻	0,02	0,30	0,57	1,46	1,15	0,49	0,59
HCO ₃ ⁻	78,42	70,13	77,32	73,78	76,75	77,16	74,28
SO ₄ ²⁻	13,69	16,55	13,12	15,54	13,67	12,59	14,78
Cl ⁻	7,87	13,02	8,99	9,22	8,42	9,76	10,35
Ca ²⁺	61,34	54,62	65,42	64,75	66,26	65,24	61,61
Mg ²⁺	26,59	33,93	20,59	22,27	21,21	21,04	24,10
Na ⁺ + K ⁺	12,07	11,45	12,70	11,44	10,88	12,05	12,78
K ⁺	-	-	1,30	1,55	1,66	1,68	1,51

При цьому %-екв уміст гідрокарбонат-аніонів у пробах води Сейму змінювався від 51,09 % (12.07.1973 р.) до 88,1 % (25.10.2001 р.), сульфатів – від 3,7 %

(9.07.1975 р.) до 29,92 % (17.08.1977 р.), хлоридів – від 2,78 % (18.12.1969 р.) до 21,24 % (7.09.1978 р.), карбонатів – від 0 % (67,1 % проб) до 8,09 % (29.07.1998

р.). Середньоарифметичний %-екв уміст головних аніонів у воді Сейму такий: HCO₃⁻ – 74,93 %, SO₄²⁻ – 14,38 %, Cl⁻ – 10,04 %, CO₃²⁻ – 0,65 %.

Аналіз одержаних результатів показав, що вода Сейму за класифікацією О.А. Альокіна належить до гідрокарбонатного класу (С), кальцієвої групи (Ca) другого типу відповідно до відношення: HCO₃⁻ < Ca²⁺ + Mg²⁺ < HCO₃⁻ + SO₄²⁻ [1].

Сумарний уміст головних іонів у воді Сейму або загальна мінералізація змінювалася від 284,5 (17.04.2003 р.) до 700,2 мг/дм³ (23.06.1972 р.), що відповідає першій – другій категоріям якості (прісна гіпогалінна – прісна олігогалінна). Вибірка значень загальної мінералізації води Сейму розподілилась так: 280-327 мг/дм³ – 3 значення або 1,81 % проб, 327-374 – 6 (3,61), 374-421 – 10 (6,02 %), 421-468 – 34 (20,48 %), 468-515 – 42 (25,3 %), 515-562 – 41 (24,7 %), 562-609 – 15 (9,04 %), 609-656 – 11 (6,63 %), 656-703 мг/дм³ – 4 значення або 2,41 % проб.

Аналіз зміни хімічного складу води р. Сейм у часі (табл. 2) свідчить про незначне зниження мінералізації води в період 1996-2005 рр. за рахунок кальцію, натрію, гідрокарбонатів. Неодноразово поводити себе в цей період інші головні іони. Але загалом протягом усього періоду спостережень хімічний склад води р. Сейм не мав значних коливань викликаних антропогенною діяльністю.

Натомість спостерігалася деяка залежність загальної мінералізації води й умісту головних іонів від витрат та фази водного режиму. Узагальнення результатів досліджень показало, що найменшу мінералізацію води Сейму фіксували в період весняної повені, а найбільшу – у зимову межень (табл. 3). При цьому, при збільшенні витрат води у річці знижується в ній уміст кальцію, гідрокарбонатів. Інші головні іони не мають однозначного трактування за їх умістом у різні фази водного режиму.

Таблиця 3.

Характеристика хімічного складу води Сейму за фазами водного режиму, мг/дм³

Фаза водного режиму	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Мінералізація
1967-1979									
зимова межень	76,97	25,56	23,01	-	0	323,55	43,50	24,08	516,67
весняна повінь	73,58	27,85	20,05	-	0,54	294,13	56,13	28,43	500,22
літня межень	76,47	29,42	17,45	-	0,46	302,05	53,43	32,04	510,85
1993-2013									
зимова межень	98,81	17,14	25,51	4,33	0,82	343,30	48,28	23,05	556,09
весняна повінь	76,22	16,28	21,35	3,90	1,79	270,74	41,42	20,69	446,71
літня межень	82,62	18,65	23,18	4,02	2,35	305,12	41,17	21,08	491,73

Якщо середньорічні витрати води Сейму на кордоні з Росією становлять 96,5 м³/с, то на нашу територію разом з водним стоком тільки за 1 сек надходить 48,305 кг солей. За 1 годину ця

цифра зростає до 173,901 т, за добу – до 4173,636 т солей, пов'язаних з головними іонами. За рік зі стоком Сейму на територію України поступає 1523377,07 т солей тільки головних

іонів, в т.ч. 570443,777 т гідрокарбонатів, 109530,811 т – сульфатів, 76473,529 т – хлоридів, 4950,975 т – карбонатів, 471104,359 т – кальцію, 192783,368 т – магнію, 88965,221 т – натрію та 8477,593 т – калію. Дещо

менші, але співставні, є результати перенесення хлоридів та сульфатів Сеймом через кордон з Росією, які наведені російськими експертами в паспорті р. Дніпро за 2000 р. (табл. 4) [20].

Таблиця 4.

Масоперенесення через границю Російська Федерація – Україна основними притоками транскордонної ділянки басейну Дніпра (т/рік)

Показники	Десна	Сейм	Псел	Ворскла	Ворсклиця
Зважені речовини	58482	24185	8168	2556	1326
Сульфати	66631	79775	47142	16004	2312
Хлориди	48132	45554	20962	15192	951,7
ХСК	66822	40082	12446	2820	1168
БПК ₅	7543	4340	1459	445,5	163,2
Нафтопродукти	-	156,7	30,87	14,50	6,04
Феноли	-	1,43	0,774	0,510	-
СПАР	-	77,93	49,62	4,535	0,575
Азот мінеральний	1829	1890	604,1	188,8	51,38
Фосфор загальний	360	783	267,7	62,74	29,18
Залізо загальне	1022	261,2	95,89	54,82	20,30
Мідь	39,42	3,932	2,506	0,486	-
Цинк	18,64	3,435	11,73	1,376	-
Cu ⁶⁺	-	6,587	1,122	0,200	-

Загалом за критерієм мінералізації вода Сейму знаходиться на межі розділу між прісною гіпогалінною першої категорії якості та прісною олігогалінною другої категорії якості.

За критеріями забруднення компонентами сольового складу вода Сейму за вмістом хлоридів на кордоні з Росією в 1967-1979, 1993-2000 та 2006-2013 рр. відносилася до 2 класу другої категорії якості, у 2001-2005 рр. – до першої категорії якості [13].

За вмістом сульфатів вода Сейму у 1993-2013 рр. відносилася до 1 класу першої категорії якості (відмінна), а в 1967-1979 – до 2 класу 2 категорії якості (добра) [13].

Оцінка якості води за трофо-сапробіологічними критеріями

До трофо-сапробіологічних показників якості води належать жорсткість, зважені частки, прозорість, pH, вміст кисню і насичення ним води, концентрація $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $P-PO_4^{3-}$, перманганатна й біхроматна окиснюваність, біологічне споживання кисню протягом п'яти діб, хімічне споживання кисню [17].

Узагальнені результати математико-статистичного обробитку даних трофо-сапробіологічних показників аналізів води Сейму на кордоні з Росією за весь період досліджень приведено в табл. 5.

Таблиця 5.

Статистичні характеристики кількісної і якісної мінливості трофо-сапробіологічних показників води р. Сейм

Показник	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Рівень надійності (95%)
Сейм – кордон з Росією, 1967-1979 та 1993-2012 рр., до 208 значень						
Жорсткість, мг-екв/дм ³	5,68	0,07	1,07	1,86	8,37	0,14
pH, од	7,85	0,04	0,51	6,00	8,70	0,07
t°C	11,79	0,72	8,58	0	28,0	1,43
CO ₂	6,07	0,89	3,91	0,40	16,00	1,89
Si	5,80	0,24	2,08	0,80	10,60	0,49
N-NO ₂ ⁻	0,118	0,028	0,406	0	2,89	0,08
N-NO ₃ ⁻	2,937	0,191	2,364	0	15,80	0,376
N-NH ₄ ⁺	0,43	0,03	0,35	0	2,22	0,05
P-PO ₄ ³⁺	0,563	0,040	0,497	0	3,431	0,078
O ₂ , мг/дм ³	8,73	0,16	2,22	1,48	16,60	0,31
Кольоровість, град	22,44	0,66	8,04	3,00	52,00	1,30
Прозорість, см	27,42	0,48	5,82	1,00	30,00	0,95
Зважені речовини	14,97	1,18	13,95	3,50	122,00	2,34
ПО, мгО/дм ³	6,58	0,27	2,46	2,10	14,80	0,54
БО, мгО/дм ³	23,62	4,28	26,36	3,20	132,30	8,67
БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3,03	0,10	1,41	1,10	13,00	0,20
БСК ₂₀ , мгО ₂ /дм ³	4,02	0,27	2,16	1,60	15,00	0,55
ХСК, мгО ₂ /дм ³	18,07	0,48	5,34	8,00	40,00	0,55
Індекс забруднення води	1,74	0,13	1,76	0,49	17,26	0,25

Жорсткість води за період спостережень змінювалася від 1,86 (14.04.1970 р.) до 8,38 (23.05.1973 р.). Середньоарифметичні значення жорсткості води річки за весь період досліджень становили 5,68, у зимову межень – 6,25, весняну повінь – 5,35, літню межень – 5,86, що значно менше встановленого ГДК для води питного призначення (ГДК = 7 мг-екв/дм³). Для водойм рибогосподарського призначення цей показник не нормується. При цьому в 12,48 % проб жорсткість була вищою за ГДК.

Зачасом загальна жорсткість води була найвищою в 1967-1970 рр. і становила 6,37 мг-екв/дм³, а найменшою в 2001-2005 рр. – 5,45 мг-екв/дм³ (табл. 6).

Уміст **зважених часток** у воді Сейму коливався від 3,00 (6.12.2005 р.) до 122 (17.08.1977 р.) мг/дм³, а середнє арифметичне значення зважених часток за весь період спостережень – 14,90 мг/дм³. У зимову межень забруднення води зваженими частками становило 9,90 мг/дм³, у весняну повінь – 17,85, літню межень – 14,82 мг/дм³.

За середньоарифметичним вмістом звязаних часток ($58,8 \text{ мг/дм}^3$, табл. 5) вода Сейму у 1967-1970 рр. відносилася до 6 категорії якості (брудна), 1971-1979 рр. – до 5 категорії якості (помірно забруднена), у 1993-2013 рр. – до 3 категорії якості (досить чиста). Граничнодопустима концентрація звязаних часток у воді питного водопостачання має бути меншою 15 мг/дм^3 . Серед проаналізованих проб води з недопустимою концентрацією звязаних часток 20 % проб, характеризуються забрудненням води нестій-

ким у часі і одночасно високим, що інколи перевищує ГДК більш ніж у 9 разів [17].

Якщо врахувати, що середньозважений уміст звязаних часток у воді Сейму за останні 20 років становить $11,82 \text{ мг/дм}^3$, то Сеймом за 1 с переноситься $1,022 \text{ кг}$ звязаних речовин, за годину $3,68 \text{ т}$, за добу $88,338 \text{ т}$, а за рік цей показник зростає до $32243,352 \text{ т}$, що на 33,3 % більше приведенного російськими експертами за 2000 р. (табл. 4) [20].

Таблиця 6.

Середньоарифметичні значення трофо-сапробіологічних показників у воді р. Сейм у різні періоди спостережень, мг/дм^3

Інгредієнти	1964-1970	1971-1979	1993-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2013
Жорсткість, мг-екв/дм^3	6,37	6,06	5,83	5,80	5,45	5,73	5,86
pH, од	6,74	7,73	7,94	8,22	8,11	8,01	7,91
t°C	13,55	15,36	12,87	11,54	9,94	12,26	13,6
CO ₂	1,86	3,13	5,30	5,12	6,36	6,16	5,74
Si	5,35	5,48	5,28	6,03	6,68	8,75	5,27
N-NO ₂ ⁻	0,040	0,074	0,103	0,053	0,044	0,063	0,046
N-NO ₃ ⁻	0,02	1,58	3,25	3,77	2,74	3,52	2,93
N-NH ₄ ⁺	0,37	0,61	0,48	0,44	0,23	0,32	0,30
P-PO ₄ ³⁺	0,090	0,105	0,231	0,305	0,58	0,62	1,18
O ₂ , мг/дм^3	8,20	8,24	8,45	9,48	9,43	9,04	8,32
Кольоровість, град	22,75	26,33	26,25	17,50	22,43	24,19	20,96
Прозорість, см	21,00	29,80	24,64	29,70	29,89	29,96	30,00
Зважені речовини	58,08	37,60	17,40	11,09	11,82	11,53	12,91
ПО, мгО/дм^3	8,25	7,68	5,30	-	-	-	-
БО, мгО/дм^3	28,68	45,41	25,23	23,64	23,55	21,28	22,44
БСК ₅ , $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$	4,84	3,63	2,55	2,35	1,78	2,48	2,56
ХСК, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$	-	-	22,75	15,97	16,69	18,52	19,32
Індекс забруднення води	2,85	1,86	1,83	1,33	1,42	1,28	1,43

За реакцією водного середовища (показник pH) вода Сейму відноситься до нейтральної або лужної, а грани-

чні її рівні становили: найнижче значення - 6,00 (21.07.1969 р., 21.08.1969 р.), найвище - 8,7 (29.07.1998 р.). На

рис. 3 наведено гістограму розподілу значень величини pH за весь період досліджень. 28,9 % проб води мали pH у межах 7,8-8,1; 26,42 % - 8,1-8,4; 14,46 % - у межах 7,5-7,8, що в сумі становить 69,78 %.

Граничнодопустима величина pH для водойм рибогосподарського, господарсько-побутового, питного при-

значення - 6,5-8,5. Цей поріг було перевищено лише в 3,07 % проб води.

За середньоарифметичною величиною pH (6,74, 7,73, 7,94, 7,91 од., табл. 5) вода р. Сейм у 1967-1979, 1993-1995, 2011-2013 рр. відносилася до 2 категорії якості, у 2001-2010 рр. – до 3 категорії якості, в 1996-2000 рр. – до 4 категорії якості.

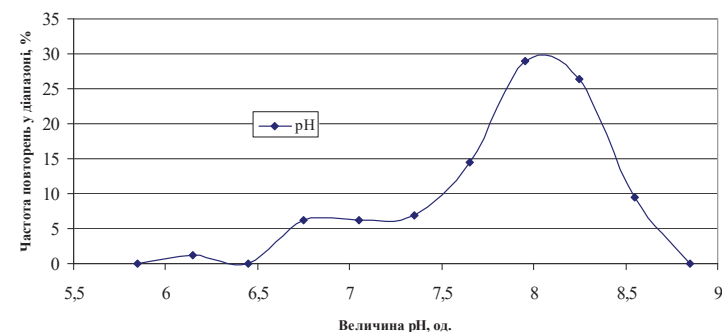


Рис. 3. Гістограма розподілу величини pH у воді Сейму за період досліджень

Уміст кисню у воді Сейму змінювався від 2,3 (27.02.1979 р.) до 16,6 (22.04.1998 р.) $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$. При цьому, 38,75 % проб води мали вміст кисню 7,0-8,6 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$; 24,38 % - 8,6-10,2;

16,25 % - 10,2-11,8; 11,25 % - 5,4-7,0 і лише 5,63 % проб води мали вміст кисню нижчий ГДК для водойм рибогосподарського призначення (менше 6 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$, рис. 4).

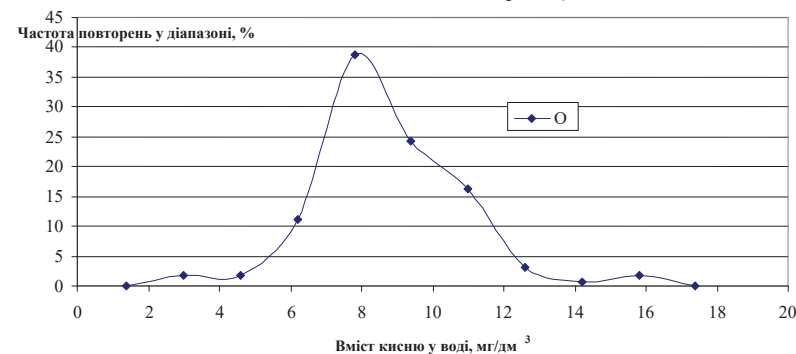


Рис. 4. Гістограма розподілу вмісту розчиненого кисню у воді Сейму за період досліджень

Якщо розглянути уміст розчиненого кисню у воді Сейму за фазами розвитку водного режиму, то найвищі його концентрації припадають на весняну повінь (9,24, мг/дм³), найнижчі – на літню межень (8,36 мг/дм³).

Середньоарифметичні значення вмісту розчиненого кисню у воді Сейму в часі змінювалися від 7,75 (1967-1970 рр.) до 9,48 (1996-2000 рр.) мгО₂/дм³ (табл. 6). Вода за вмістом кисню в 1967-1979 рр. відносилася до 2 категорії якості, в усі інші періоди досліджень – до I категорії якості – **дуже чистої**.

Концентрація N-NH₄⁺ у воді річки змінювалася від 0 (13.05.1967 р., 12.09.1967 р., 12.10.1967 р., 18.12.1968 р., 2,44 % проб) до 2,22 (13.07.1973 р.) мг/дм³. В 37,2 % проб концентрація азоту аміаку перевищувала гранично-допустимий рівень для водойм рибогосподарського призначення (0,39 мгN/дм³). У 43,9 % проб концентрація N-NH₄⁺ перевищувала граничну межу 3 категорії екологічної оцінки – 0,3 мгN/дм³ (вода досить чиста, добрий екологічний стан). Рівень забруднення води Сейму азотом аміаку за повторюваністю оцінюється як стійкий (перевищення ГДК більше ніж в 30 % проб) та високий.

Якщо розглядати концентрацію азоту аміаку у воді Сейму за фазами водного режиму, то найвищими вони є у зимову межень (0,39 мгN/дм³), найнижчими – у весняну повінь (0,33 мгN/дм³), у літню межень – 0,36 мгN/дм³. З наведених результатів виявлено, що різниця між концентраціями N-NH₄⁺ у різні фази водного режиму несуттєва.

За середньоарифметичним умістом азоту аміаку вода Сейму у 1967-1970 рр., 1993-2000 рр. та 2006-2010 рр.

відносилася до 4 категорії якості, у 1971-1979 – до 5, у 2001-2005 рр. та 2011-2013 рр. – до 3 категорії якості [13]. Аміак є кінцевим неорганічним продуктом складного процесу мінералізації органічних речовин, які містять азот. Іони амонію засвоюються рослинами при фотосинтезі й окислюються в нітрити й нітрати.

Якщо врахувати, що середня за останні 20 років концентрація азоту аміаку в Сеймі становить 0,354 мг/м³, то за нашими підрахунками, щорічно з Росії зі стоком Сейму на територію України надходить 965,664 т N-NH₄⁺.

Концентрація N-NO₂⁻ у воді Сейму змінювалася від 0 (4,4 % проб) до 0,38 мгN/дм³ (12.09.1971 р.) при середньоарифметичному значенні 0,060 мгN/дм³. При цьому в 72,96 % проб концентрація нітритів перевищувала ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,02 мгN/дм³), в 86,16 % – граничну межу 3 категорії екологічної оцінки – 0,01 мгN/дм³. Отже, забруднення води Сейму нітритами за повторюваністю є характерним (перевищення ГДК більш ніж у 50 % проб), а за рівнем – високим [4]. Середньоарифметичне значення концентрації нітритів у воді Сейму з 1967 р. й до цього часу перевищувало ГДК в 2-5 разів і становило 0,04-0,10 мгN/дм³. Вода річки за забрудненням нітритами у 1967-1970 рр., 2001-2005, 2011-2013 рр. відносилася до 5 категорії якості (**помірно забруднена**), у 1971-1979, 1996-2000, 2006-2010 рр. – до 6 категорії якості (**брудна**) у 1993-1995 рр. – до 7 категорії якості (**дуже брудна**).

Найвищий вміст нітритів у воді Сейму спостерігається в зимову межень (0,061 мгN/дм³, найнижчий – у літню межень (0,054 мгN/дм³). Середньоарифметична різниця у забруднен-

ні води за цим показником за наведеними фазами водного режиму незначна.

Якщо врахувати, що середня концентрація нітритів в Сеймі 0,060 мг/дм³, то за нашими підрахунками, щорічно з Росії зі стоком Сейму на територію України надходить 163,67 т N-NO₂⁻.

Концентрації N-NO₃⁻ у воді річки змінювалися від 0 (13.05.1967 р., 12.09.1967, 12.10.1967 р.) до 15,8 мгN/дм³ (25.02.1997 р.) при середньоарифметичному значенні 2,98. При цьому концентрації вищі за ГДК для водойм рибогосподарського призначення (9 мгN/дм³) зафіксовано в 1,54 % проб, вищі за граничну межу 3 категорії екологічної оцінки (0,5 мгN/дм³) – в 86,92 % проб. Найвищі рівні забруднення вод Сейму сполуками нітратів у межах 6-15,8 мгN/дм³ (8,46 % проб) фіксували в період зимової межні (листопад - лютий).

Середньоарифметичні значення концентрації нітратів у воді Сейму за фазами водного режиму такі: зимова межень 4,83 мгN/дм³, весняна повінь – 2,18, літня межень – 2,39 мгN/дм³.

За середньоарифметичним вмістом нітратного азоту вода Сейму в 1964-1970 рр. відносилася до 1 категорії якості (**дуже чиста**), в 1971-1979 рр. – до 6 категорії якості (**брудна**), у 1993-2013 рр. – до найгіршої 7 категорії якості (**дуже брудна**).

За нашими підрахунками, щорічно з Росії зі стоком Сейму на територію України находить 8129,036 т N-NO₃⁻.

Концентрація мінерального фосфору (P-PO₄) у воді Сейму змінювалася від 0,015 (2.09.1975 р.) до 1,911 мгP/дм³ (22.08.2012 р.) при середньоарифметичному значенні 0,551 мгP/дм³.

Вміст фосфатів у водних об'єктах

рибогосподарського призначення не нормується, але гранична межа 3 категорії екологічної оцінки становить 0,153 мг/дм³. Якщо дотримуватися цього нормативу, то 91,45 % відібраних і проаналізованих проб води мають концентрацію фосфатів вищу за цю межу. При цьому середньоарифметична концентрація фосфатів у воді Сейму під час весняної повні (0,436 мгP/дм³) дещо вища в зимову межень (0,470 мгP/дм³ або 107,8 % до концентрації весняної повні) і найвища в літню межень (0,691 мгP/дм³ або 158,48 % до концентрації весняної повні).

За середньоарифметичним значенням умісту фосфатів у воді Сейму вода річки у 1964-1970 рр. відносилася до 4 категорії якості (слабко забруднена), у 1971-1979 рр. – до 5, у 1993-1995 рр. – до 6, у 1996-2013 рр. – до 7 категорії якості (дуже брудна). Необхідно відмітити, що порівняно з періодом 1964-1970 рр. нині (2011-2013 рр.) концентрація фосфатів у воді річки зросла в 13,1 рази і вода є дуже забрудненою фосфатами.

За розрахунками російських експертів, у 2000 р Сеймом було перенесено на територію України 783 т фосфору загального [20], за нашими підрахунками – 721,386 т фосфатів. На 2012 р. ця цифра значно зросла й становить 3218,88 т.

Перманганатна окиснюваність води річки змінювалася від 3,9 (12.09.1967 р.) мгО/дм³ до 14,8 (14.08.1967 р.) мгО/дм³. При цьому 28,6 % проб мали окиснюваність у межах 6,3-7,6 мгО/дм³, 26,5 % – 7,6-8,9, 14,3 % – 5,0-6,3 мгО/дм³, 12,2 % проб – 8,9-10,2 мгО/дм³ (рис. 5). Середньоарифметичне значення ПО у воді Сейму за весь період спостережень

становило 7,87 мгО/дм³, а за фазами літню межень (7,91 мгО/дм³), найнижчим – у зимову межень (7,61 мгО/дм³).

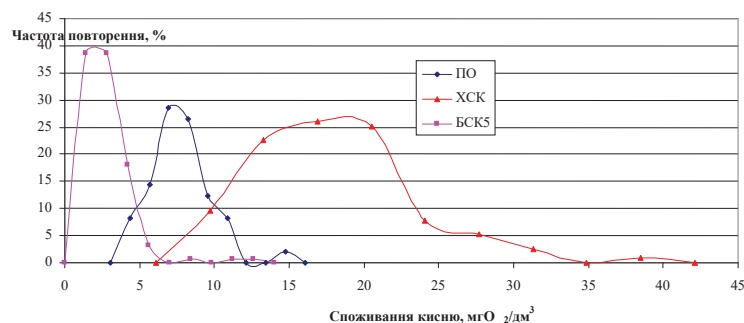


Рис. 5. Гістограми розподілу різних видів споживання кисню при окисненні органічних речовин

Вода Сейму за середньою перманганатною окиснюваністю у 1967-1970 відносилася до 4 категорії якості (слабо забруднена органічними речовинами), у 1971-1979 рр. та 1993-1995 рр. – до 3 (досить чиста відносно забруднення органічними речовинами).

Середнє перенесення органічних речовин стоком Сейму в 1993-1995 рр., за визначенням ПО становило 14457,6 т/рік.

Біхроматна окиснюваність води Сейму також мала значні коливання в часі – від 3,2 мгО/дм³ (26.01.1968 р.) до 132,3 мгО/дм³ (7.02.1979 р.) при середньоарифметичному значенні 25,46 мгО/дм³. Однак середня БО в часі мала дуже значні коливання: від 23,64 мгО/дм³ за період 1996-2000 рр. до 45,41 мгО/дм³ – за 1971-1979 рр. За фазами водного режиму значення БО були найвищими в зимову межень (62,3 мгО/дм³, 7 категорія якості), найнижчими – у весняну повінь (15,9 мгО/дм³, 3 категорія якості).

За середньоарифметичним значенням БО вода Сейму у 1967-1970 і

1993-1995 рр. відносилася до 4 категорії якості, у 1971-1979 – до 6, у 1996-2000 рр. – до 3 категорії якості [13].

Біологічне споживання кисню протягом п'яти діб (БСК₅) для окислення органічних речовин, які містяться у воді, в аеробних умовах змінювалося від 0,9 (16.07.1997 р.) до 13,0 (21.07.1967 р.) мгО₂/дм³ при середньоарифметичному значенні 2,83 мгО₂/дм³. Граничнодопустимий рівень БСК₅ у водоймах рибогосподарського призначення 2,25 мгО₂/дм³, для водойм господарсько-побутового призначення – 3, гранична межа 3 категорії екологічної оцінки – 2,1 мгО₂/дм³. Але в 56,52 % проб води БСК₅ перевищувало ГДК для водойм рибогосподарського призначення і 60,25 % проб – граничну межу 3 категорії екологічної оцінки. Гістограму розподілу значень споживання кисню протягом п'яти діб у воді Сейму наведено на рис. 5.

Середньоарифметичне значення БСК₅ у воді Сейму зменшувалося з 4,84 у 1967-1970 рр. (5 категорія якості) до 1,78 мгО₂/дм³ у 2001-2005 рр (3

категорія якості). Пізніше цей показник дещо підвищувався, але вода річки протягом періоду 2006-2013 рр. і 1971-1979 та 1993-2000 рр. досліджень відносилася до 4 категорії якості (**слабко забруднена**) (табл. 6). Якщо розглядати значення цього показника за фазами водного режиму, то найвищими вони були у весняну повінь (3,18 мгО₂/дм³), найменшими – в зимову межень (2,40 мгО₂/дм³), а в літню межень 2,77 мгО₂/дм³. За нашими підрахунками середнє перенесення легкоокиснюваних органічних речовин стоком Сейму в 2000 р. за визначенням БСК₅ становило 4967 т/рік (за розрахунками російський експертів – 4340 т/рік [20]), у 2011-2013 рр. – 6983 т/рік.

Хімічне споживання кисню при окисненні важко-окиснюваних органічних сполук почали визначати у водних об'єктах відносно недавно. Цей показник у воді Сейму змінювався в межах від 8,0 (19.11.1997 р.) до 40,0 мгО/дм³ (28.04.1994 р.), а середнє значення становить 18,04 мгО/дм³ (для прикладу: Дунай - Кілія – 28,29 мгО/дм³ [11,12], Десна - кордон з Росією – 30,68 мгО/дм³ ([10]). ГДК для водойм господарсько-побутового призначення 15 мгО/дм³. В 71,3 % проб води ХСК перевищувало ГДК для водойм рибогосподарського призначення.

За фазами водного режиму ХСК найвищими були у весняну повінь (19,76 мгО₂/дм³), найменшими – в зимову межень (15,91 мгО₂/дм³), а в літню межень 17,93 мгО₂/дм³.

За нашими підрахунками, середнє перенесення важко-окиснюваних органічних речовин стоком Сейму в 2000 р., за визначенням ХСК становило 43563 т/рік (за розрахунками російських експертів – 40082 т/рік [20]), у 2011-2013 рр. – 49210 т/рік.

Розрахунок **індексу забруднення води** (ІЗВ) проводиться за обмеженим числом інгредієнтів. Визначається середньоарифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з таких показників: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню. Знайдене середньоарифметичне значення кожного з показників порівнюється з гранично допустимими концентраціями. При цьому у випадку розчиненого кисню величина гранично допустимої концентрації ділиться на знайдене середньоарифметичне значення концентрації кисню, тоді як для інших показників це робиться навпаки [17].

Розрахунок ІЗВ за обмеженим числом інгредієнтів дав такі результати: 1967-1970 р. – 2,85 (4 клас, вода забруднена), 1971-1979 рр. – 1,86, 1993-1995 рр. – 1,83 (3 клас, вода помірно забруднена), 1996-2000 рр. – 1,33, 2001-2005 рр. – 1,42, 2006-2010 рр. – 1,28, 2011-2013 рр. – 1,43. (3 клас, вода помірно забруднена). Отже, вода річки Сейм за індексом забруднення протягом 1971-1979 та 1993-2013 рр. знаходилася під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистеми, а в період 1964-1970 рр. – вода мала порушені екологічні параметри, а екологічний стан оцінювався як екологічний регрес [17].

Оцінка якості води за специфічними речовинами токсичної дії. Уміст у природній воді нафтопродуктів, фенолів, СПАР, фторидів, ціанідів, пестицидів, важких металів та радіоактивності відноситься до специфічних показників токсичної й радіаційної дії.

Узагальнені результати математико-статистичного обробітку даних аналізів води Сейму за специфічними речовинами токсичної й радіоактивної дії

на кордоні з Росією за весь період досліджень наведено в табл. 7.

Таблиця 7.

Статистичні характеристики кількісної і якісної мінливості специфічних показників токсичної й радіоактивної дії у воді р. Сейм

Показники	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Рівень надійності (95%)
Сейм – кордон з Росією, 1967-1979 та 1993-2012 рр., до 205 значень						
Нафтопродукти	0,060	0,005	0,065	0	0,600	0,009
Феноли	0,0013	0,0001	0,0014	0	0,010	0,0002
СПАР	0,0061	0,0018	0,0188	0	0,120	0,0037
F ⁻	0,295	0,012	0,123	0,05	0,78	0,020
Fe, заг.	0,23	0,014	0,197	0	1,51	0,027
Cu ²⁺	0,002	0,0003	0,0036	0	0,017	0,0007
Zn ²⁺	0,0117	0,0018	0,0185	0	0,106	0,0035
Cr, заг.	0,0010	0,0009	0,0030	0	0,0100	0,0020
Cr ³⁺	0,00014	0,00006	0,0006	0	0,0030	0,00013
Mn ²⁺	0,1067	0,0122	0,1086	0	0,860	0,024
Ni ²⁺	0,0034	0,0011	0,0032	0	0,0080	0,0026
As ³⁺	0,0084	0,0038	0,0116	0	0,0360	0,0089
Al ³⁺	0,0952	0,0056	0,0456	0	0,2300	0,0112
⁹⁰ Sr, Бк/дм ³	0,2009	0,0115	0,0963	0,0060	0,5800	0,0231
¹³⁷ Cs, Бк/дм ³	0,0325	0,0139	0,1148	0	0,620	0,0278

Таблиця 8.

Середньоарифметичний уміст специфічних і радіоактивних показників токсичної дії у воді р. Сейм у різні періоди досліджень, мг/дм³

Інгредієнти	1964-1970	1971-1979	1993-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2013
Нафтопродукти	0,12	0,22	0,036	0,041	0,006	0,008	0,007
Феноли	-	0,002	0,0015	0,0002	0,0006	0,0014	0,003
СПАР	-	0,07	0,035	0,006	0,004	0,002	0,003
F ⁻	0,40	0,33	0,28	0,246	0,259	0,321	0,443
Fe, заг.	0,23	0,32	0,26	0,196	0,235	0,152	0,19
Cu ²⁺	-	0,0061	0,004	0,0018	0,002	0,0026	0,0015
Zn ²⁺	-	0,004	0,012	0,026	0,012	0,009	0,016
Cr, заг.	-	0,006	0,007	0,008	0,007	0,005	0,007
Cr ³⁺	-	-	0,0018	0,002	0,002	0,001	0,002
Mn ²⁺	-	-	0,016	0,027	0,123	0,109	0,110
As ³⁺	-	-	0,0011	0,0023	0,0019	0,0018	0,002
Al ³⁺	-	-	0,078	0,102	0,123	0,091	0,090
⁹⁰ Sr, Бк/дм ³	-	-	0,18	0,24	0,20	0,17	0,16
¹³⁷ Cs, Бк/дм ³	-	-	0,023	0,05	0,048	0	0

Уміст нафтопродуктів у воді Сейму (22,8 % проб) до 0,60 (15.04.1968 р.) на кордоні з Росією змінювався від 0 мг/дм³ (табл. 7) при середньоарифме-

тичному значенні 0,06 мг/дм³. За період досліджень 41,8 % проб води перевищували ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,05 мг/дм³). За середньоарифметичним умістом нафтопродуктів вода Сейму найбільш забрудненою була у 1971-1979 рр. (0,22 мг/дм³, табл. 8) і відносилися до 6 категорії якості (брудна), у 1993-2000 рр. – до 3, у 1964-1970 рр. – до 2, у 2001-2013 рр. середній уміст нафтопродуктів не перевищував 0,007 мг/дм³, а води відносилися до 1 категорії якості (дуже чисті).

Забруднення вод СПАР змінювалися від 0 (66,3 % проб) до 0,12 (25.03.1994 р., 28.04.1994 р.) мг/дм³. При цьому в жодній з проб не виявлено перевищення ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,2 мг/дм³). Вода Сейму за середньоарифметичними значеннями СПАР (табл. 8) у 1971-1979 рр. відносилася до 5 категорії якості (помірно забруднена), у 1993-1995 рр. – до 4 категорії якості (слабко забруднена), у 1996-2012 рр. – до 2 другої (чиста).

Уміст фенолів у воді Сейму змінювався від 0 (23,9 % проб) до 0,010 мг/дм³ (12.07.2011 р.) при середньоарифметичному значенні – 0,0013 мг/дм³, що перевищувало ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,001 мг/дм³). Загалом в 28,4 % проб води уміст фенолів перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення. Середньоарифметичні значення концентрації фенолів найвищими були у 2011-2013 рр. і вода відносилася до 5 категорії якості. У 1971-1979, 1993-1995, 2006-2010 рр. вода Сейму за умістом фенолів відносилася до 4 категорії якості, у 1996-2005 рр. – до 2 категорії якості. Разом із стоком Сейму в Україну потрапляє з Росії

123,76 т/рік нафтопродуктів, 12,582 т/рік – СПАР, 2,681 т/рік – фенолів. Для порівняння з стоком Десни на території України потрапляє 63,9 т/рік нафтопродуктів, 46,8 т/рік – СПАР, 17,79 т/рік – фенолів [10].

Уміст заліза у воді Сейму на кордоні з Росією високий і змінюється у значних межах – від 0 (11.07.1964, 16.05.1966, 7.08.1966, 28.05.1969 рр.) до 1,51 (12.03.1970 р.) мг/дм³. У 78,2 % проб води уміст заліза перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,1 мг/дм³), в 42,4 % проб – ГДК для водойм питного водопостачання (0,2) і в 19,2 % проб – ГДК для водойм господарсько-побутового призначення (0,3 мг/дм³). За середньоарифметичним умістом заліза (табл. 8) вода Сейму на кордоні з Росією у всі періоди досліджень відносилася до 4 категорії якості – слабо забруднена.

Концентрації цинку у воді Сейму змінювалися від 0 (55,6 % проб) до 0,106 (19.11.1997 р.) мг/дм³. При цьому 31,1 % проб води мали уміст цинку, що перевищує ГДК для водойм рибогосподарського призначення, а 24,5 % проб – перевищували граничну межу 3 категорії екологічної оцінки, тобто характеризувалися як слабо забруднені – брудні. За середньоарифметичними значеннями вмісту цинку (табл. 8) воду Сейму характеризували у 1971-1979, 2006-2010 рр. як дуже чисту (1 категорія якості), у 1993-1995, 2001-2005 рр. – 2, 2011-2013 - 3, 1996-2000 – 4 категорія якості.

Уміст міді у воді Сейму коливався в межах від 0 (68 % проб) до 0,017 (22.03.2006 р.) мг/дм³. В 5 % проб води уміст міді перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення (0,001 мг/дм³). За середньоарифметичними значеннями вмісту міді вода

Сейму на кордоні з Росією у 1996-2005 та 2011-2013 рр. відносилась до 3 категорії якості, у 1971-1979, 1993-1995, 2006-2010 рр. – до 4 (табл. 8).

Уміст нікелю у воді Сейму змінювався від 0 до 0,008 (24.03.2009 р.) мг/дм³. За середньоарифметичними значеннями концентрації нікелю у Сеймі на кордоні з Росією, вода у всі роки досліджень відносили до 2 категорії якості,

Уміст марганцю у воді Сейму змінювався від 0 (26.04.2005 р.) до 0,86 (7.07.2009 р.) мг/дм³. Лише 1,7 % проб води мали уміст марганцю нижчий за ГДК для водойм рибогосподарського призначення, а 68,96 % проб – нижчий за ГДК для водойм господарсько-побутового призначення [17]. За середньоарифметичними значеннями умісту марганцю (табл. 8) вода Сейму у 1993-1995 рр. відносилась до 2 категорії якості, у 1996-2000 – до 3, 2001-2013 рр. – 5 категорії якості (помірно забруднена).

Уміст загального хрому у воді Сейму змінювався від 0 до 0,01 (16.04.1999 р.) мг/дм³. За середньоарифметичними значеннями вмісту хрому вода Сейму у 2006-2010 рр. відносилась до 3 категорії якості, у 1971-1979, 1993-2005, 2011-2013 рр. – до 4 категорії якості.

Уміст алюмінію (для якого категорії якості не встановлені) у воді Сейму на кордоні з Росією змінювався від 0 (23.02.1993, 29.04.1993, 18.02.2006 р.) до 0,23 (13.04.2006 р.) мг/дм³. Токсична дія алюмінію для живих організмів водойм рибогосподарського призначення на сьогодні не регламентована.

З території Росії разом із стоком Сейму в середньому за рік надходить 475,57 т заліза, 220,62 т – марганцю, 20,68 т – хрому загального, 4,135 т –

міді, 24,19 т – цинку, 7,03 т – нікелю, 196,846 т – алюмінію, 609,97 т – фтору, 17,369 т – миш'яку.

Для порівняння з території Росії разом із стоком Десни за рік надходить 1089,9 т заліза, 242,67 т – марганцю, 106,43 т – хрому загального, 34,77 т – міді, 45,1 т – цинку, 55,3 т – нікелю, 400,2 т – алюмінію, 1192 т – фтору [10].

Підвищений вміст пестицидів був виявлений у пробах, відібраних у річках Сейм, Десна, Судость, Снов в 1995-2000 рр. Аналіз даних про якість води транскордонних річок свідчить про те, що в основному вони забруднені хлорорганічними пестицидами: ДДТ, його метаболітами й ізомерами ГХЦГ. В 72% проб води обстежених річок виявлений а – ГХЦГ, концентрація його коливалася в межах 0,003-0,111 мкг/дм³. Уміст γ -ГХЦГ у воді становить 0,012-0,018 мкг/дм³. Концентрація ДДТ у досліджених пробах води в основному перебувала на рівні нижче мінімально обумовленої. Майже 47% проб води досліджених річок містили ДДЕ на рівні 0,007-0,026 мкг/дм³ [4-9, 14, 20].

Уміст таких гербіцидів як трефлан, харнес, а також синтетичних пиретроїдів (карате) у пробах води в період обстеження річок знаходився на рівні нижче межі виявлення, передбаченого стандартними методиками. Тільки в пробах води, відібраних у річках Десна, Судость, був виявлений гербіцид 2,4-Д у концентрації 2,1-2,4 мкг/дм³. Результати аналізів донних відкладів досліджених річок свідчать про те, що хлорорганічні пестициди містилися в них на рівні глобального розсіювання їх у біосфері. Крім того, 38% проб донних відкладів обстежених річок містили трефлан [3-9, 14, 20].

Загальна оцінка води Сейму за всією множиною показників (за так званою функцією міри R, [17]) наведена у табл. 9 і свідчить, що вода у всі

періоди досліджень (за винятком 1964-1970 рр.) відносилась до 4 категорії якості – задовільна.

Таблиця 9.

Загальна оцінка якості води Сейму за всією множиною показників

Категорії якості води	1964-1970	1971-1979	1993-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2013
1	5	2	2	3	4	4	4
2	2	4	5	3	3	3	3
3	0	3	4	6	6	6	6
4	5	5	5	7	4	5	3
5	3	5	3	2	5	3	6
6	3	6	2	3	1	2	1
7	0	0	3	2	2	2	2
Загальна оцінка R	61/18 =3,38	100/25 =4,0	94/25 =3,76	97/25 =3,88	89/25 =3,56	89/25 =3,56	90/25 =3,60
Категорія якості	3	4	4	4	4	4	4

Висновки

Загальна мінералізація води Сейму змінювалася від 284,5 до 700,2 мг/дм³ при середньоарифметичному значенні 500,58 мг/дм³. Середньоарифметичний %-екв уміст головних іонів у воді Сейму такий: Ca²⁺ - 61,85 %, Mg²⁺ - 25,33 %, Na⁺ - 11,68 %, K⁺ - 1,13 %, HCO₃⁻ - 74,93 %, SO₄²⁻ - 14,38 %, Cl⁻ - 10,04 %, CO₃²⁻ - 0,65 %. Отже, вода Сейму за класифікацією О.А. Альокіна відноситься до гідрокарбонатного класу (С), кальцієвої групи (Ca) другого типу, що відповідає відношенню: HCO₃⁻ < Ca²⁺ + Mg²⁺ < HCO₃⁻ + SO₄²⁻ [1].

За критерієм мінералізації вода Сейму на кордоні з Росією знаходиться на межі розділу між прісною гіпогалінною першої категорії якості та прісною олігогалінною другої категорії якості.

За критеріями забруднення компонентами сольового складу вода Сейму

за вмістом хлоридів в 1967-1979, 1993-2000 та 2006-2013 рр. відносилась до 2 класу другої категорії якості, у 2001-2005 рр. – до першої категорії якості.

За вмістом сульфатів вода Сейму у 1993-2013 рр. відносилась до 1 класу першої категорії якості (відмінна), а в 1967-1979 – до 2 класу 2 категорії якості (добра) [13].

За рік зі стоком Сейму на територію України поступає 1523377,07 т солей тільки головних іонів, в т.ч. 570443,777 т гідрокарбонатів, 109530,811 т сульфатів, 76473,529 т хлоридів, 4950,975 т карбонатів, 471104,359 т кальцію, 192783,368 т магнію, 88965,221 т натрію та 8477,593 т калію. Для порівняння зі стоком Десни ця цифра становить 2056304,88 т, в т.ч. 1265926,0 т гідрокарбонатів, 179830,9 т сульфатів, 84253,2 т хлоридів, 343313,5 т кальцію, 702501,9 т магнію, 82167,0 т натрію та 17455,2 т калію.

Разом зі стоком Сейму на територію України переноситься з Росії 32243,352 т/рік звязаних речовин, Десною, відповідно, 90000,6 т/рік [10].

Середня за останні 20 років концентрація азоту аміаку в Сеймі 0,354 мг/м³. Щорічно з Росії зі стоком Сейму на територію України надходить 965,664 т N-NH₄⁺.

Середня концентрація нітритів у воді Сейму 0,060 мг/дм³. За нашими підрахунками, щорічно з Росії зі стоком Сейму на територію України надходить 163,67 т N-NO₂⁻.

За середньоарифметичним вмістом нітратного азоту вода Сейму в 1964-1970 рр. відносилася до 1 категорії якості (**дуже чиста**), в 1971-1979 рр. – до 6 категорії якості (**брудна**), у 1993-2013 рр. – до найгіршої 7 категорії якості (**дуже брудна**). За нашими підрахунками, щорічно з Росії зі стоком Сейму на територію України поступає 8129,036 т N-NO₃⁻.

Порівняно з періодом 1964-1970 рр. нині (2011-2013 рр.) концентрація фосфатів у воді річки Сейм зросла в 13,1 рази і вода дуже забруднена фосфатами. За розрахунками російських експертів, в 2000 р Сеймом було перенесено на територію України 783 т фосфору загального [20], за нашими підрахунками – 721,386 т фосфатів. На 2012 р. ця цифра значно зросла й становить 3218,88 т.

Середнє перенесення органічних речовин стоком Сейму в 1993-1995 рр., за визначенням ПО, становило 14457,6

т/рік.

За нашими підрахунками, середнє перенесення легко-окиснюваних органічних речовин стоком Сейму в 2000 р. за визначенням БСК₅ становило 4967 т/рік (за розрахунками російських експертів – 4340 т/рік [20]), у 2011-2013 рр. – 6983 т/рік.

За нашими підрахунками середнє перенесення важко-окиснюваних органічних речовин стоком Сейму в 2000 р. за визначенням ХСК становило 43563 т/рік (за розрахунками російських експертів – 40082 т/рік [20]), у 2011-2013 рр. – зросло до 49210 т/рік.

Вода Сейму на кордоні з Росією забруднена специфічними речовинами токсичної дії – нафтопродуктами, фенолами, СПАР, загальним залізом, марганцем, алюмінієм, хромом, миш'яком і ін.

Разом із стоком Сейму в Україну потрапляє з Росії 123,76 т/рік нафтопродуктів, 12,582 т/рік – СПАР, 2,681 т/рік – фенолів.

З території Росії разом зі стоком Сейму в середньому за рік надходить 475,57 т заліза, 220,62 т марганцю, 20,68 т хрому загального, 4,135 т міді, 24,19 т цинку, 7,03 т нікелю, 196,846 т алюмінію, 609,97 т фтору, 17,369 т миш'яку.

Загальна оцінка води Сейму *за всією множиною показників* (за так званою функцією міри R, [17]) свідчить, що вода у всі періоди досліджень (за винятком 1964-1970 рр.) відносилася до 4 категорії якості – задовільна.

Література

1. Алёкин О.А. К вопросу о химической классификации природных вод / О.А. Алёкин // Вопросы гидротехники. Ленинград: Гидрометиздат, 1946. 240 с.
2. Вишневський В.І. Гідрологічні характеристики річок України / В.І. Вишневський, О.О. Косовець // К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
3. Державна екологічна інспекція у Сумській області [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: www.dei.sumy.ua, вільний. – Загол. з екрану.

4. Екологічний паспорт Сумської обл. станом на 1.01.2006 р. Суми. 2006. 76 с. Документи
5. Екологічний паспорт Сумської обл. станом на 1.01.2007 р. Суми. 2007. 141 с. Документи
6. Екологічний паспорт Сумської обл. станом на 1.01.2008 р. Суми. 2008. 103 с. Документи
7. Екологічний паспорт Сумської обл. станом на 1.01.2009 р. Суми. 2009. 164 с. Документи
8. Екологічний паспорт Сумської обл. станом на 1.01.2010 р. Суми. 2010. 129 с. Документи
9. Екологічний паспорт Сумської обл. станом на 1.01.2011 р. Суми. 2011. 105 с. Документи
10. Лозовіцький П.С. Якість води Десни на кордоні з Росією та транскордонне перенесення речовин зі стоком / П.С. Лозовіцький // Часопис картографії. Вип. 9. 2013. С. 62-83.
11. Лозовіцький П.С. Трофо-сапробіологічні показники води р. Дунай – м. Кілія / П.С. Лозовіцький // Меліорація і водне господарство. 2013. Вип. 100. С. 84-99.
12. Лозовіцький П.С. Специфічні речовини токсичної дії у воді річки Дунай / П.С. Лозовіцький // Екологічні науки. 2014. №2 (6). С. 21-34.
13. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суши та естуаріїв України / Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. // К., 2001. 48 с.
14. Обобщенный информационный отчет за 2010 г. по Программе совместных исследований Межгосударственного совета по гидрометеорологии стран СНГ на период 2006-2010 гг. Сентябрь 24, 2010. Копирайт @ 2009-2012. МСГ СНГ. POGODA.BY. http://sng.pogoda.by/?cat=81
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Выпуск 2, Среднее и Нижнее Поднепровье // Под ред. М.С. Каганер. – Л.: Гидрометиздат, 1971. 656 с.
16. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии, підручник для студентів екологічних і біологічних спец. Вузів / В.Д. Романенко // – К.: Обереги. - 2001 р. - 728 с.
17. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: Підручник / С. І. Сніжко // К.: Ніка-Центр, 2001. – 264 с.
18. Таубе П.Р. Химия и микробиология воды / П.Р.Таубе, А.Г. Баранова // М.: Высш. шк., 1983. – 280 с.
19. Унифицированные методы анализа вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 144 с.
20. Экологическое состояние бассейна Днепра. Паспорт реки Днепр. 2000. gr-info.forest.ru/dnipro/html/rus/chart/chart3.3.htm