

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧКИ ДУНАЙ, ЯК ОБ'ЄКТУ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ

Вступ. Річка Дунай відноситься до великих річок Європи і України. Виток бере в горах Шварцвальда у Німеччині і впадає в Чорне море, утворюючи широку дельту, розташовану на території Румунії та нашої держави. Дельта починається біля мису Ізмаїльський Чатал, де Дунай розділяється на два гирла – Кілійське та Тулчинське, нижче останнє роздвоюється на Георгіївське та Сулинське. В сучасних умовах Дунай щорічно приносить в гирлову частину в середньому 208 км³ води, що складає майже половину всього річкового стоку у Чорне море. За даними різних авторів довжина річки в межах Одеської області дорівнює 170-175 км, водозбірна площа - приблизно 6,650 тис.км² [1]. В межах української частини дельти Дунай протікає по найбільш посушливій території країни. Вода використовується для риболовства, рекреації, зрошення, судноплавства, господарсько-питного водопостачання та ін. цілей.

Актуальність роботи полягає в оцінці якості вод р.Дунай для господарсько-питних потреб. Українською ділянкою Дунаю розташовані міста Рені, Ізмаїл, Кілія, Вилкове, а також села Ізмаїльського району Одеської області, які використовують воду річки для централізованого водопостачання.

Мета та методи дослідження. Метою роботи являється визначення якості вод р.Дунай в місці питного водозабору – м.Кілія, як об'єкту централізованого водопостачання. Аналіз проводився за період 2016-2022 роки. Оцінка якості вод ґрунтується на методі детального аналізу, який полягає у порівнянні показників складу і властивостей водного середовища досліджуваного об'єкта з відповідними нормативами.

Оцінка якості вод виконувалась за гігієнічними ГДК речовин, які поділені на три групи за лімітуючими ознаками шкідливості (ЛОШ): перша

група об'єднує речовини з санітарно-токсикологічною ЛОШ (азот нітратний, азот амонійний, азот нітритний), друга – з органолептичною ЛОШ (сульфати, хлориди, нафтопродукти, феноли), третя – загально-санітарною ЛОШ (цинк). Якщо показники не мають ефекту спільної дії, то їх значення (кожного окремо) мають бути не більше за норматив:

$$C_i \leq ГДК_i \quad (1)$$

Якщо показники якості вод володіють ефектом спільної дії, то вони об'єднуються у групи і для кожної з груп показник ψ має бути не більше 1 [2]:

$$\Psi = \sum_1^n (c_i / ГДК_i) \leq 1, \quad (2)$$

де n – кількість речовин у групі ЛОШ,

C_i – концентрація i -ої речовини.

Також необхідно враховувати клас небезпеки речовин. За санітарними нормами у групи спільної дії об'єднують показники, які нормовані з ЛОШ 1 і 2 класу небезпеки. Решта показників, нормованих без ЛОШ, або з ЛОШ 3 і 4 класів небезпеки, не мають ефекту спільної дії [2].

В табл.1, для прикладу, наведено оцінку якості вод р.Дунай в межах м.Кілія за 2019 рік.

Можна бачити, що до санітарно-токсикологічної групи ЛОШ, входять три показники: азот амонійний, азот нітратний та азот нітритний, але вони мають різні класи небезпеки. Перші дві речовини належать до 3-го класу небезпеки, а азот нітритний відноситься до 2-го класу і виділяється окремо. Перевищень нормативу не спостерігається за значеннями концентрацій параметрів даної групи ЛОШ.

До загально-санітарної групи належить цинк (3-ій клас небезпеки), значення якого не перевищують відповідної ГДКг-п (1,0 мг/дм³).

Таблиця 1 – Оцінка якості вод для господарсько- питного водокористування
р. Дунай – м. Кілія за 2019 рік

ЛОШ	Клас небезпеки	Показник	Значення	ГДКі	$\frac{Ci}{ГДКі}$
-	-	Температура, °С	8,6	Тл+3	-
-	-	Розчинений O ₂ , мг/дм ³	8,04	4	-
-	-	Завислі речовини, мг/дм ³	36,14	Фон.+0,25	-
-	-	БСК ₅ , мг/дм ³	2,12	3	-
-	-	ХСК, мг/дм ³	20,48	15	не відповідає
-	-	pH	7,12	6,5-8,5	-
Сан.- токсикол	3	Азот амонійний, мг/дм ³	0,41	2,0	-
	3	Азот нітратний, мг/дм ³	3,31	10	-
Заг. сан.	3	Цинк, мг/дм ³	0,006	1,0	-
-	-	Кальцій, мг/дм ³	54,73	Не норм.	-
-	-	Магній, мг/дм ³	32,63	Не норм.	-
Органо- лептична	4	Нафтопродукти, мг/дм ³	0,009	0,3	-
	4	Сульфати, мг/дм ³	65,68	500	-
	4	Феноли, мг/дм ³	0,001	0,001	-
	4	Хлориди, мг/дм ³	33,7	350	-
Сан.- токсикол	2	Азот нітритний, мг/дм ³	0,057	1,0	-

Всі речовини, що входять до органолептичної групи ЛОШ мають 4-ий клас небезпеки і менше за відповідне ГДКг-п, або дорівнює нормі (феноли).

Речовини, які не відносяться до жодної групи ЛОШ (температура води; розчинений кисень, O₂; завислі речовини; біохімічне споживання кисню за п'ять діб, БСК₅; водневий показник, pH; біхроматна окиснюваність, ХСК), за виключенням ХСК, не перевищували своїх ГДКг-п. Вміст ХСК був в 1,36 разів більше за норму.

За аналогічною методикою були проаналізовані концентрації речовин і їх відношення до нормативних значень за весь період дослідження і складена загальна таблиця середньорічних показників якості вод р. Дунай – м. Кілія (табл.2).

Таблиця 2 - Оцінка якості вод для господарсько- питного водокористування
р. Дунай – м. Кілія (2016 – 2022 рр.)

Показник якості вод, мг/дм ³	Роки							ГДКі
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Температура, °С	---	11,8	17,0	8,6	15,8	13,8	15,9	Тл+3
Розчинений O ₂	9,58	9,93	8,85	8,04	9,54	9,99	10,3	4
Завислі речов.	76,8	14,8	35,6	36,1	32,7	21,0	12,8	Фон.+0,25
БСК ₅	2,60	1,70	1,70	2,12	2,22	1,94	2,32	3
ХСК	23,3	19,0	16,2	20,5	17,6	13,2	16,3	15
рН	8,12	8,13	8,09	7,12	7,96	8,26	7,94	6,5-8,5
Азот амонійний	---	---	---	0,41	0,19	0,74	0,35	2,0
Азот нітратний	4,45	4,20	4,78	3,31	4,32	3,99	5,39	10
Кальцій	56,3	56,3	51,6	54,7	43,8	56,4	53,6	Не норм.
Магній	12,6	13,8	13,3	32,6	17,5	12,3	16,3	Не норм.
Нафтопродукти	0,02	0,01	0,01	0,009	0,02	0,02	0,02	0,3
Сульфати	---	---	---	65,7	72,1	46,9	62,5	500
Хлориди	27,9	30,8	31,5	33,7	29,4	33,9	33,1	350
Феноли	0,002	0,002	0,001	0,001	-	-	-	0,001
Азот нітритний	0,07	0,06	0,07	0,057	0,03	0,03	0,04	1,0

Середні річні концентрації практично всіх речовин знаходяться в межах відповідних нормативних значень, за виключенням вмісту ХСК та фенолів. Спостереження за вмістом фенолів велись тільки у 2016-2019 рр. і перевищення над нормою складали 2ГДКг-п. (2016-2017 рр.). Середньорічні концентрації ХСК тільки у 2021 році відповідали ГДКг-п (15мг/дм³) і коливались на протязі іншого періоду від 16,2 мг/дм³ (2018 р.) до 23,3 мг/дм³ (2016р.). Середнє значення за час дослідження дорівнювало 18,0мг/дм³, що також більше за норму.

Азот амонійний не вимірювався на протязі 2016-2018 рр., тому в табл.2 немає значень. Його найменша середньорічна концентрація дорівнювала $0,19 \text{ мг/дм}^3$ (2020 р.), найбільша - $0,74 \text{ мг/дм}^3$ (2021 р.) при $\text{ГДК}_{\text{Г-П}}=2,0 \text{ мг/дм}^3$.

Середні річні концентрації азоту нітратного за період дослідження були найбільшими в 2022 році ($5,39 \text{ мг/дм}^3$), а азоту нітритного - в 2016 та 2018 роках ($0,07 \text{ мг/дм}^3$). Співвідношення (у %) між речовинами азотної групи представлені на рис. 1, з якого видно, що вміст азоту нітратного превалює в воді р. Дунай в місці водозабору і його значення коливаються в межах 83,8 (2021р.) – 98,6%% (2017-2018 рр) від сумарного вмісту азоту.

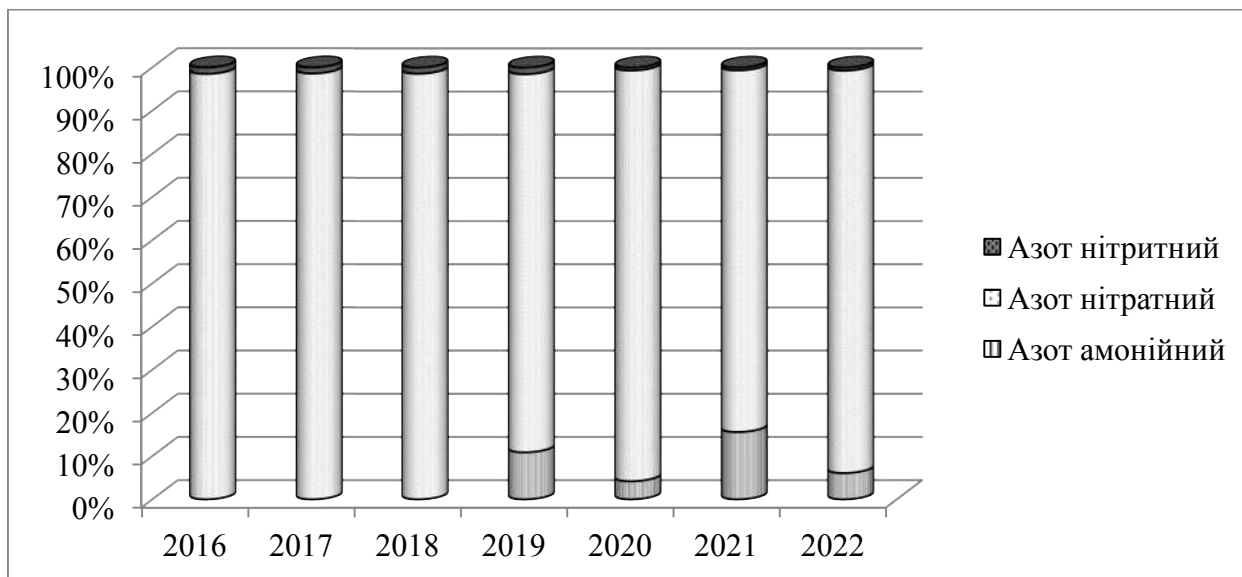


Рисунок 1 – Співвідношення (у%) вмісту речовин азотної групи в воді р. Дунай – м. Кілія (2016-2022 рр.)

Середньорічне значення БСК₅ було найбільшим в 2016 році ($2,60 \text{ мг/дм}^3$), найменшим у 2017-2018 рр. ($1,7 \text{ мг/дм}^3$); розчинений кисень коливався в межах $8,04 - 10,3 \text{ мг/дм}^3$; водневий показник рН знаходився в допустимому діапазоні: 7,12 (2019р.) – 8,26 (2021 р.).

Температура води у 2016 році не вимірювалась, а у 2019 році може не відповідати реальному середньорічному показнику, оскільки спостереження в пункті відбору проб проводились тільки півроку. Найбільша середня

температура за період дослідження склала 17,0 °C (2018 р.). Також були пропуски у спостереженнях за концентрацією сульфатів на протязі 2016-2018рр. Середні річні значення концентрацій сульфатів та хлоридів були значно менше за свої ГДКг-п.

Зовсім інша картина спостерігається при аналізі змін середньомісячних показників якості вод, коли концентрації речовин змінювались у значних межах і доволі часто перевищували відповідні ГДКг-п. Нижче наведений аналіз зміни речовин, які належать до різних груп ЛОШ.

Характеристика змін середньомісячних показників речовин санітарно-токсикологічної групи ЛОШ. Азот амонійний коливався від нульових значень (квітень-травень, липень, жовтень 2020 року та лютий 2022 року) до найбільших показників в серпні-вересні 2021 року (1,5 мг/дм³, 1,7 мг/дм³ відповідно), але не перевищував ГДКп. на протязі періоду спостереження.

Концентрації азоту нітритного коливались від 0,0 мг/дм³ (жовтень-листопад 2019 р., січень 2020 р.) до 0,345 мг/дм³ (19.02.2019 р.) при значенні ГДКг-п. = 1,0 мг/дм³.

За період дослідження вміст азоту нітратного дорівнював 0,0 мг/дм³ тільки в вересні 2019 р. Найбільші концентрації були зафіксовані 20.01.2020р. та 12.09.2022 р. (12 мг/дм³ та 20 мг/дм³ відповідно), що перевищує нормативні значення (ГДКг-п.= 10,0 мг/дм³) в 1,2 та 2,0 рази.

Характеристика змін середньомісячних показників речовин органолептичної групи ЛОШ. В пункті р. Дунай – м. Кілія концентрації нафтопродуктів за період спостереження змінювались від 0,0 до 0,25 мг/дм³ (20.01.2020р. та 21.01.2016р. відповідно) при ГДК=0,3мг/дм³ для вод господарсько-питного призначення, тобто знаходилися в допустимих межах.

Вміст фенолів дорівнював 0,000 мг/дм³ 17 квітня 2019 р., а найбільший показник спостерігався 22 травня 2017 р. і перевищував норму у три рази (0,003 мг/дм³).

Концентрації сульфатів та хлоридів були менше своїх нормативних значень і змінювались в межах 0,9 мг/дм³ (13.12.2021 р.) – 253,9 мг/дм³

(23.09.2019 р.) та 21 мг/дм^3 (16.08.2016 р.) – $177,3 \text{ мг/дм}^3$ (18.12.2019 р.) відповідно.

Характеристика змін середньомісячних показників речовин загально-санітарної групи ЛОШ. Концентрації цинку коливались від $0,00 \text{ мг/дм}^3$ до $0,018 \text{ мг/дм}^3$ (липень 2018р.), що значно менше за ГДКп. ($1,0 \text{ мг/дм}^3$).

Характеристика змін середньомісячних показників, які не відносяться до груп ЛОШ:

Температура води являється важливим показником, який впливає на органолептичні та інші властивості вод. «Температура впливає на швидкість і ефективність процесів очищення і знезараження води на водопровідних станціях. Так, з підвищенням температури до $20\text{-}25^\circ \text{C}$ в теплий період року поліпшуються процеси освітлення і знебарвлення води поверхневих водойм за рахунок коагуляції. Водночас погіршується ефективність її фільтрації через активоване вугілля в результаті зменшення його адсорбційних властивостей» [3]. Найбільш холодним місяцем за період дослідження був січень, коли температура води коливалась від 0°C (23.01.2017 р.) до 4°C (23.01.2018 р.). Найбільш прогрівалася вода р. Дунай у липні та серпні. Максимальні температури води були зафіксовані: 12.07.2021р. (29°C) та 08.08.2022 р. (28°C). Також значна літня температура спостерігалась і в 2017-2018 рр. – 26°C .

Концентрації розчиненого кисню за період 2016-2022 рр. знаходились в межах ГДКг-п. і змінювались від $5,3 \text{ мг/дм}^3$ (19.08.2019 р.) до $12,6\text{-}12,8 \text{ мг/дм}^3$ (23.01.2017р. та 21.04.2016 р. відповідно). Видно, що зменшення вмісту кисню відбувається в теплий період року, а його збільшення – в холодний.

Від розміру рН залежить розвиток і життєдіяльність водних рослин, сталість різноманітних форм міграції хімічних елементів, токсичність забруднюючих речовин [4]. Значення водневого показника рН практично на протязі всього періоду знаходились в межах норми $6,5\text{-}8,5$. Його найменші значення спостерігались у липні 2019 р. та у листопаді 2020 р. ($6,79$ та $6,86$ відповідно). Перевищення верхньої межі було зафіксовано один раз:

13.09.2021 р. і дорівнювало 8,63, а 24.05.2021 р. значення рН практично досягло нормативного рівня (8,48).

Концентрації БСК₅ в воді Дунаю багато разів перевищували нормативний показник, якій дорівнює 3 мг/дм³, але ці перевищення не були значними. Так, максимальний вміст БСК₅ спостерігався 25.11.2019 року та 18.05.2020 року і відповідно склав 1,43 та 1,33 ГДКГ-п. Взагалі, ще перевищення нормативу або випадки, коли значення дорівнювали йому, були в січні 2016 – 2017 рр., у лютому та липні 2019 року, у червні та липні 2020 року та у січні і липні 2022 року. Ці показники коливались від 3 до 3,6мг/дм³. Найменша концентрація БСК₅ дорівнювала 1,0 мг/дм³ і була зафіксована у липні і грудні 2017 року, липні і вересні 2018 року, у квітні 2019 року. Внутрішньорічні зміни БСК₅ можна бачити на рис.2.

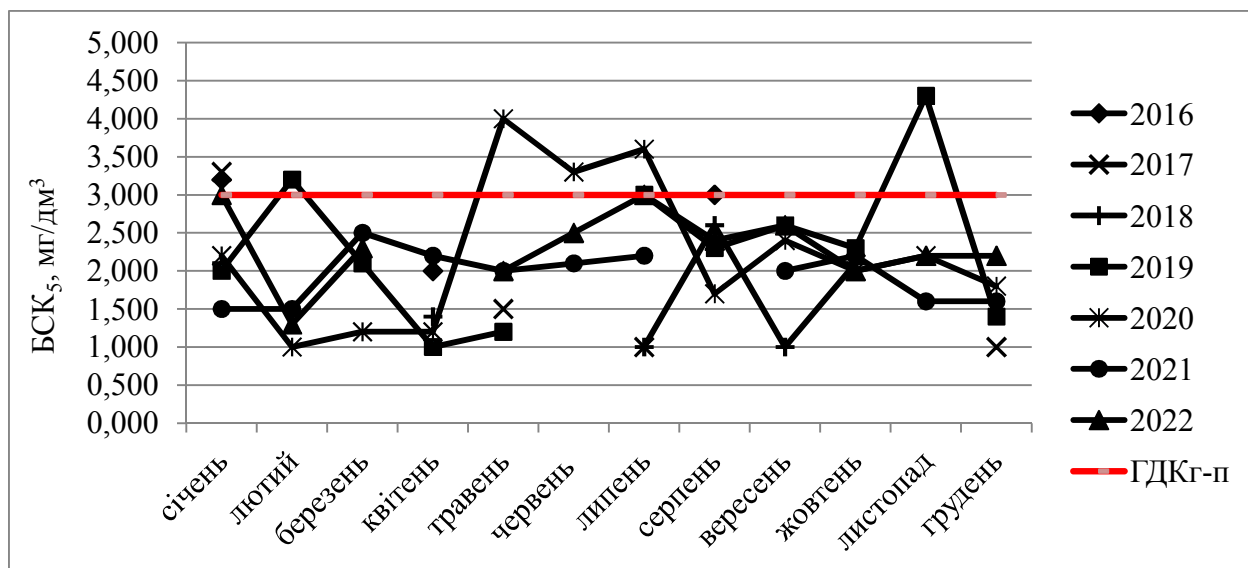


Рисунок 2-Внутрішньорічні зміни БСК₅ в воді р.Дунай–м.Кілія (2016-2022рр)

Вміст завислих речовин у воді, призначеної для господарсько-питних цілей, може погіршувати органолептичні властивості води такі, як смак, прозорість та ін. Завислі речовини спричиняють замулювання водних об'єктів, впливають на проникнення світла та температуру, склад і розподіл

відкладів та швидкість мулоутворення, адсорбцію токсичних речовин, сприяють сорбції вірусів на частках глини та перенесенню їх течією води [4].

Коливання концентрацій завислих речовин відбувалось у широкому інтервалі: від 1 мг/дм³ (23.01.2017 р.) до 149,5 мг/дм³ (18.10.2016р.). На рис.3 можна спостерігати їх зміну на протязі кожного року дослідження. Окрім описаних концентрацій, слід звернути увагу на значне підвищення вмісту завислих речовин у 2018 та 2020 роках. Видно, що підйом концентрацій відбувався в основному в літньо-осінній період, скоріш за все, під час дощових паводків в європейських країнах (наприклад Німеччина та інші) або аварійних скидів в межах території України. Зв'язку між витратами води і вмістом завислих речовин в межах створу відбору проб не спостерігалось.

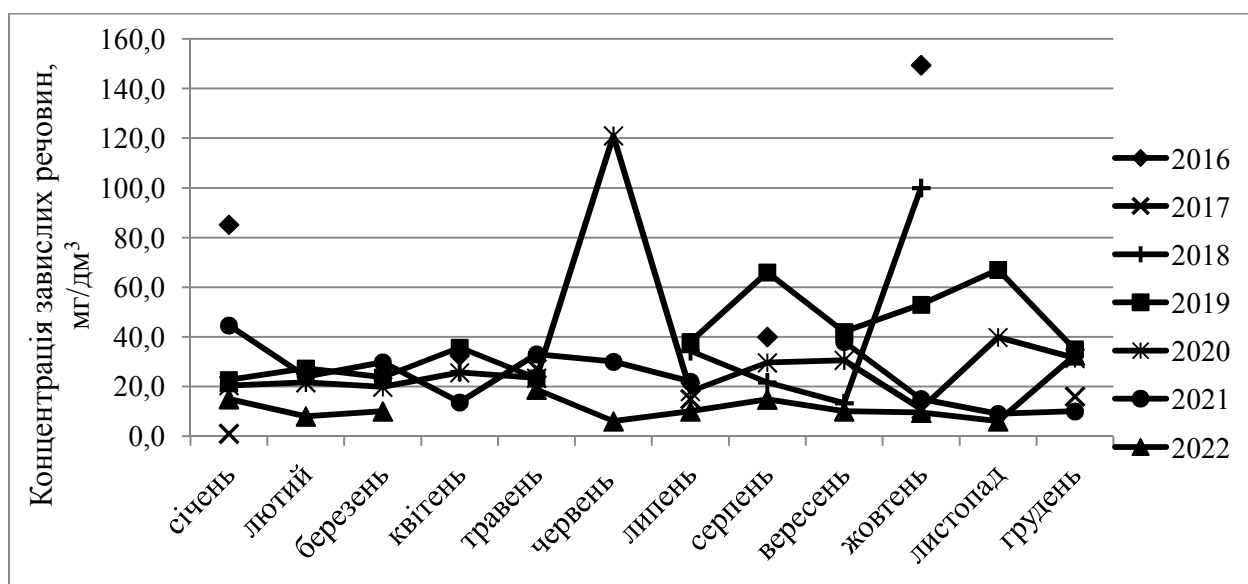


Рисунок 3-Внутрішньорічні зміни концентрацій завислих речовин в воді р.Дунай–м.Кілія (2016-2022рр.)

ХСК - є одним з основних показників ступеня забруднення питних, природних і стічних вод органічними сполуками. Найбільші відхилення від нормативних значень з усіх параметрів якості вод р.Дунай – м.Кілія спостерігались саме за вмістом ХСК, що було показано в табл.2. Динаміка внутрішньорічного розподілу представлена на рис.4.

Доволі часто концентрації ХСК були вищими за ГДК води господарсько-питного призначення. На протязі 2016 року за лінією тренду простежується чітке зростання ХСК. Всі значення були вищими за норму і змінювались від 18 мг/дм³ (січень) до 32 мг/дм³ (жовтень). У 2017 році найбільша концентрація була в січні і дорівнювала 20 мг/дм³, зменшуючись к кінцю року до 12 мг/дм³. У 2019 році тільки в липні, жовтні та листопаді значення ХСК були нижчими за норму. На протязі року концентрації змінювались від 3,2 мг/дм³ (жовтень) до 52,6 мг/дм³ (серпень), що складає 3,5 ГДКг-п.

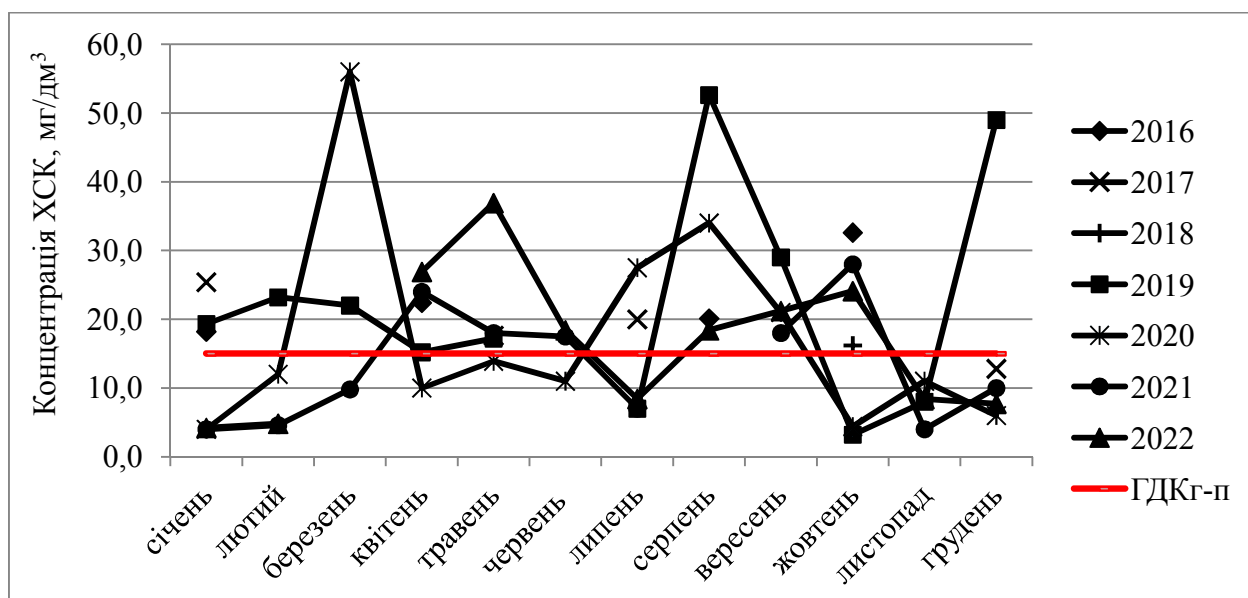


Рисунок 4-Внутрішньорічні зміни концентрацій ХСК в воді р. Дунай–м. Кілія (2016-2022рр.)

Найбільший вміст ХСК за період дослідження був зафіксований 16 березня 2020 року, коли концентрація дорівнювала 56 мг/дм³, але, в цілому в цей рік за лінією тренду, спостерігалось зменшення значень у часі. Знов ріст ХСК відзначався у 2021 році, хоча і незначний. Концентрації коливались в межах 4 (січень, листопад) - 26 мг/дм³ (жовтень). Також не суттєве збільшення значень ХСК (за лінією тренду) в воді р. Дунай–м. Кілія було і в

2022 році. Чіткого внутрішньорічного розподілу параметру не спостерігалось.

Висновки. Вода річки Дунай має велике значення як джерело питного водопостачання населених пунктів Ізмаїльського району Одеської області. За багатьма параметрами якість вод Дунаю відповідає нормативним значенням. До них належать, наприклад: сульфати, хлориди, нафтопродукти, цинк, азот амонійний, азот нітритний, розчинений кисень, концентрації яких не перевищували відповідних норм ГДКг-п не тільки за середньорічними даними, але й за середньомісячними.

Деякі речовини були більшими за нормативні показники один-два рази на протязі періоду дослідження. Наприклад, максимальний вміст фенолів спостерігався лише 22 травня 2017 р. і перевищував норму у три рази. Концентрації азоту нітратного були більшими за ГДКг-п тільки 20.01.2020р. та 12.09.2022 р. (в 1,2 та 2,0 рази відповідно). Перевищення верхньої межі рН було зафіксовано один раз: 13.09.2021 р. і дорівнювало 8,63, а 24.05.2021р. значення рН практично досягло нормативного рівня (8,48).

Параметри, які безпосередньо впливають на органолептичні властивості вод, але не обмежені нормативами, а саме, температура води та вміст завислих речовин, змінювались у значних межах. Температура води коливалась від 0 °С (23.01.2017 р.) до 29 °С (12.07.2021р.), а концентрації завислих речовин - від 1мг/дм³ (23.01.2017 р.) до 149,5 мг/дм³ (18.10.2016р.).

Найбільш значні відхилення від ГДКг-п були притаманні вмісту БСК₅ та ХСК в воді р.Дунай. Не було жодного року, щоб концентрації цих показників не були б вищими за норматив або дорівнювали йому. Максимальна концентрація БСК₅ за період дослідження дорівнювала 1,43 ГДКг-п., а ХСК - 3,73 ГДКг-п.

Щоб питна вода мала задовільний санітарно-гігієнічний стан, необхідно в місці водозабору провести доочистку річкової води по тих компонентах, які знаходяться вище або нижче відповідних нормативів та провести обеззараження.

Також треба зменшити скиди стічних вод, особливо це стосується сіл та селищ, які не мають централізованого водовідведення (каналізації); покращити якість існуючих очисних споруд на підприємствах та побудувати нові.

Література

1. Кілійська частина дельти Дуная навесні 2000 р.: стан екосистем і наслідки техногенних катастроф в басейні /Під ред. Б.Г.Александрова; НАН України, Одеська філія Інституту біології південних морів. Одеса, 2001. 128 с.
2. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод /Підручник. Київ: Ніка-центр, 2001. 264 с.
3. Гончарук Є.І.. Наукове обґрунтування гігієнічних нормативів (стандартів) якості питної води. Комунальна гігієна, 2006 <http://medbib.in.ua/nauchnoe-obosnovanie-gigienicheskikh-normativov.html>
4. Моніторинг якості води на питних водозаборах у 2019 році. <https://rovrrosi.gov.ua/monitorin-iakosti-vodi-na-pitnih-vodozaborah-u-2019-roci.html>