

В.М. Пашинюк¹, О.Р. М'якуш, к. х. н., доц.², Л.В. Сиса, к. х. н., доц.¹
¹ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна;
² Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА ТЕРНОПІЛЬ ЗА КОМПЛЕКСОМ ГІДРОХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЧКИ СЕРЕТ

Вступ. Якість очищення стічних вод населених пунктів є важливою задачею нашого часу. Для оцінки ефективності роботи очисних споруд окремого міста часто використовують гідрохімічні показники водойми, у яку скидаються очищені стічні води. У роботі описано сучасну каналізаційну систему міста Тернополя та технологічний процес роботи загальноміських каналізаційних очисних споруд (КОС).

Мета роботи - з'ясувати, наскільки ефективно працюють КОС м. Тернополя, і чи не становить їх робота небезпеку для річки Серет та жителів прибережних населених пунктів.

Методи. Гідрохімічні параметри цих проб води вивчено у лабораторних умовах за відповідними нормативними методиками. Для досліджень використано потенціометричний, гравіметричний, фотометричний та інші методи хімічного аналізу.

Результати дослідження. Для лабораторного дослідження відібрано 2 проби води з річки Серет. Одна проба була відібрана вище за течією поблизу виходу у неї зливних труб цих споруд, друга проба – нижче за течією. За отриманими числовими результатами аналізів проведено оцінку ефективності роботи очисних споруд міста. Показано, що загальна якість води у річці Серет нижче за течією після виходу скидних труб очисних споруд міста є задовільною. Вмісти нітратів і фосфатів у досліджених пробах практично не виходять за межі ГДК, Забруднення річки пов'язане не лише з поганою роботою очисних споруд міста. На берегах річки розташовано чимало сільськогосподарських угідь, які часто використовують азотні та фосфорні мінеральні добрива. Значне перевищення граничного значення за хімічним споживанням кисню можна пояснити теплим сезоном (вересень). У цей час у природних водоймах накопичується багато біологічної органічної маси.

Висновки. У результаті досліджень встановлено, що очисні споруди міста Тернополя працюють у штатному режимі та забезпечують достатнє очищення стічних вод. За даними з відкритих джерел показано річну динаміку роботи згаданих очисних споруд. Як результат з'ясовано, що з 2017 року ефективність очищення стічних вод міста на каналізаційних очисних спорудах залишається стабільною. Такі показники свідчать про достатню ефективність роботи очисних споруд комунального підприємства «Тернопільводоканал».

Ключові слова: стічні води, гідрохімічні параметри, очисні споруди, ефективність роботи.

V.M. Pashnyuk¹, O.R. Myakush², L.V. Sysa¹

(¹ - Lviv State University of Life Safety;

² - Ukrainian National Forestry University)

EVALUATION OF TREATMENT FACILITIES EFFICIENCY IN TERNOPIL BY HYDROCHEMICAL PARAMETERS DETERMINATION OF THE SERET RIVER

Introduction. The quality of wastewater treatment in settlements is an important task of our time. To assess the efficiency of treatment plants in a particular city often use the hydrochemical parameters of the reservoir into which the treated wastewater is discharged. The paper describes the modern sewerage system of the city of Ternopil and the technological process of operation of citywide sewage treatment plants (STP). **The purpose** of the work is to find out how effectively the Ternopil STP work and whether their activity poses a danger to the Seret River and the inhabitants of coastal settlements. **Methods.** Hydrochemical parameters of these water samples were studied in the laboratory according to appropriate regulatory methods. Potentiometric, gravimetric, photometric and other methods of chemical analysis were used for research. **Results of the research.** 2 samples of water from the river Seret were taken for laboratory research. One sample was taken upstream near the outlet of the drain pipes of these structures, the second sample - downstream. Based on the obtained numerical results of the analyzes, the efficiency of the city's treatment facilities was assessed. It is shown that the overall water quality in the Seret River downstream after the discharge of the city's wastewater treatment

plants is satisfactory. The levels of nitrates and phosphates in the studied samples are almost on the border of the MPC, but this is not necessarily due to the poor performance of the city's treatment facilities. There are many agricultural lands on the banks of the river, which often use nitrogen and phosphorus fertilizers. Significant exceeding of the limit value for chemical oxygen consumption can be explained by the warm season (September). At this time, a lot of biological organic matter has accumulated in natural reservoirs. **Conclusions.** As a result of researches it is established that treatment facilities of the city of Ternopil work in a regular mode and provide sufficient sewage treatment. According to open sources, the annual dynamics of the mentioned treatment facilities is shown. As a result, it has been found that since 2017, the efficiency of the city's wastewater treatment at sewage treatment plants remains stable. Such indicators testify to the sufficient efficiency of the treatment facilities of the Ternopilvodokanal utility company.

Keywords: wastewater, hydrochemical parameters, treatment facilities, efficiency.

Постановка проблеми

Захист природних водойм від забруднення є одним з пріоритетних напрямків діяльності як екологів-дослідників, так і практиків. Ці водойми завжди були окрасою наших міст і сіл, зонами відпочинку, риболовлі, спортивних занять тощо. Більше того, значна частина мешканців невеликих населених пунктів і досі користуються відкритими водоймами для питного водопостачання.

До головних джерел хімічного та бактеріологічного забруднення гідросфери належать скиди промислових підприємств, викиди в атмосферу, поверхневі змиви з територій населених пунктів, сільськогосподарських угідь, викиди автотранспорту, природні катаклізми та техногенні аварії, пилові бурі та багато інших факторів [2].

Не менш небезпечними для екологічного та санітарного стану водойм є побутові комунальні стоки, які досить часто надходять з населених пунктів у річки й озера в недостатньо очищеному стані [3]. Такі стоки, як правило, містять значну кількість біогенних іонів (амонію, нітритів, нітратів та фосфатів), які за сприятливих температурних умов можуть призвести до евтрофікації поверхневих водойм.

Останнім часом у побутові стоки потрапляє все більше синтетичних мийних речовин. Навіть незначна кількість їхніх домішок викликає неприємний смак і запах води, а утворення піни на поверхні відкритих водоймищ утруднює доступ атмосферного кисню і веде до замору і загибелі водних організмів.

Для захисту довкілля від згаданих вище негативних чинників у всіх великих містах, а також на окремих підприємствах, споруджено каналізаційні очисні споруди (КОС). Від ефективності роботи цих споруд залежить стан прилеглих водойм, у які повинні відводитись очищені стічні води. Довести ефективність роботи конкретних КОС можна лише за реальними результатами їх роботи. А вони, у свою чергу, чітко відбиваються на чистоті водойми, куди відводяться очищені стічні води [6].

У цьому плані найбільш надійним способом оцінювання ефективності роботи окремих КОС є детальний аналіз гідрохімічних показників води

згаданих вище водойм [8]. Основна наукова проблема, яка вирішується у цій роботі – визначення рівня захищеності гідросфери від шкідливого впливу населеного пункту шляхом кількісного порівняння реальних (фактичних) значень органолептичних, фізичних, фізико-хімічних та інших параметрів природних вод із максимально допустимими значеннями.

Аналіз останніх публікацій

Станції, на яких очищують господарсько-комунальні стоки, були спроектовані й побудовані близько 40–50 років тому. Вихідна вода мала підвищені каламутність, кольоровість і значне бактеріальне забруднення. Тому «традиційна» технологія звичайно передбачала коагулювання з використанням відстоювання чи фільтрування (інколи відстоювання з наступним фільтруванням на піщаних чи вугільних фільтрах) і знезараження переважно хлоруванням. Ця технологія із незначними удосконаленнями здебільшого застосовується й сьогодні [2].

У сучасних публікаціях проводиться обговорення шляхів поліпшення процесу очищення стічних вод на станціях біологічного очищення. Приділяється увага недостатній ефективності роботи каналізаційних очисних споруд щодо очищення від сполук азоту. Для інтенсифікації роботи аеротенка пропонується внесення змін у його конструкцію, поділ на зони з пріоритетними процесами або процесами денітрифікації чи нітрифікації, побудована математична модель, яка може бути застосована при проектуванні нових конструкцій аеротенків [6].

Процеси нітрифікації залежать від температури стічної рідини. За температури +9 °C знижується швидкість нітрифікації (8 °C – мінімально допустима); за температури +6 °C процес припиняється повністю, а за понад +37 °C швидкість нітрифікації знижується у зв'язку зі зменшенням у воді розчиненого кисню. У діапазоні температур від 15 до 35 °C нітрифікація задовільна і її інтенсивність наростає з підвищенням температури [7].

Моделюванню процесу очищення стічних вод приділяється значна увага [1, 8], але пропоновані моделі недостатньо охоплюють різноманітні

чинники, що впливають на якість біологічного очищення стічних вод. Тому автори [9] провели дослідження з отримання математичних моделей, що дають змогу прогнозувати ефективність роботи очисної станції в різні пори року, своєчасно використовувати персоналом технічні можливості управління процесом для підвищення якості стічних вод.

Комунальне підприємство «Тернопільводоканал» приймає господарсько-побутові стоки від абонентів м. Тернопіль та прилеглих населених пунктів через систему водовідведення, яка складається з самопливних колекторів, каналізаційних насосних станцій та напірних трубопроводів. Господарсько-побутові стоки подаються на очисні споруди, де проходять повний цикл очищення з подальшим відведенням очищеної води в річку Серет (рис. 1). Така практика використовується у більшості країн світу [7, 9 та ін.].

ральні компоненти стічних вод і з найбільшою ефективністю проходить біологічне очищення. Цьому питанню присвячена робота авторів [1] та ін.

Наступним ключовим моментом в очищенні стічних вод є споруди біологічного очищення. Саме в них відбувається основне вилучення біогенних елементів і органічних забруднюючих домішок. Технологічна схема передбачає глибоке біологічне очищення стічних вод від сполук азоту та фосфору. Цей процес описаний багатьма авторами [3, 6 та ін.]

З метою підтримання епідеміологічної безпеки проводять знезараження стічних вод перед їх скидом у водойму. Комплекс обробки осаду, що утворюється в процесі очищення стічних вод, зменшує його обсяг до такого стану, який дає можливість транспортувати його та використовувати в різних областях (наприклад, як добриво).



Схема каналізації міста Тернополя

Рисунок 1 – Система каналізаційних мереж м. Тернопіль

На очисних спорудах м. Тернополя виділені такі технологічні вузли очищення стічних вод:

- вузол механічного очищення;
- вузол біологічного очищення;
- вузол знезараження очищених стічних вод;
- вузол реагентного видалення фосфору;
- комплекс обробки й зневоднення осаду.

Ефективна робота всього комплексу визначається, насамперед, механічним очищенням стічних вод від нерозчинних у воді мінеральних і органічних речовин. Механічним очищенням вилучаються міне-

Після здійснення описаних вище операцій, очищені стічні води міста Тернополя проходять через лоток Паршалья та камеру змішування, далі скидаються самопливом через контактні резервуари на біологічні ставки доочистки, а потім в р. Серет.

Залежно від ефективності роботи КОС, у наші річки та озера може скидатись дійсно очищена вода, а може – забруднена. Саме тому питання правильного функціонування цих споруд, від яких залежить чистота відкритих водойм поблизу населених пунктів, було і залишається **актуальним**.

Системи водопостачання і каналізації міст – це складні комплекси споруд та засобів, експлуатація яких потребує систематичного проведення

технічних, економічних та організаційних заходів. Від правильного вирішення задач, пов'язаних з їх проведенням, залежить не лише благоустрій міст, але і нормальне життя населення і робота промислових підприємств [3]. Навіть ідеально спроектована, побудована і налагоджена система водопостачання та каналізації з часом перестає забезпечувати потреби споживачів, які постійно зростають. Тому на етапі експлуатації можна здійснити оптимізацію роботи очисних споруд шляхом використання внутрішніх ресурсів без додаткових капітальних вкладень.

Мета цього дослідження – з'ясувати, наскільки ефективно працюють КОС м. Тернополя, і чи не становить їх робота небезпеку для річки Серет та жителів прибережних населених пунктів.

Виклад основного матеріалу

Для досягнення зазначеної мети було потрібно:

- провести хімічний аналіз проб води з річки Серет до того місця, де до неї надходять очищені стічні води міста, та нижче за течією від цієї точки;
- з'ясувати, чи наявні факти небезпечного перевищення окремих показників якості річкової води відносно ГДК;
- якщо такі факти є, то з'ясувати причинно-наслідкові зв'язки цих явищ із природними обставинами, антропогенною ситуацією та режимом роботи КОС м. Тернополя;
- зробити відповідні висновки щодо ефективності роботи згаданих КОС та, за необхідності, надати рекомендації щодо подальшої їх експлуатації.

Для виконання поставлених у роботі завдань у вересні 2019 р. з р. Серет поблизу виходу зливних труб КОС м. Тернопіль було відібрано 2 проби води:

пр. № 1 – 100 м вище за течією від місця, куди виходять труби з міських очисних споруд Тернополя;

пр. № 2 – 500 м нижче за течією від згаданого місця.

Такий вибір місць відбору мотивований такими положеннями: проба № 1 використана у

якості контрольної; вважається, що вона не забруднена стічними водами міських КОС. Течія р. Серет на обраній ділянці не є швидкою, тому ми вважали, що відстань у 500 м від виходу зливних труб цілком достатня для повного перемішування стічної очищеної води із річковою.

Зразки води відбирались за методикою «усередненої проби»: у кожній з точок на відстанях бл. 1 м, 2 м і 3 м від берега відбирались окремі проби об'ємом 1,5 дм³, які перемішували між собою. Із отриманої суміші відбиралась «робоча» проба об'ємом 2,0 дм³, яка і була об'єктом лабораторного вивчення.

Окремі показники якості води були заміряні на місці: температура, запах, кислотність, загальний вміст солей (TDS); усі інші – у НДЛ екологічної безпеки ЛДУ БЖД за методиками та відповідними КНД, вказаними у табл. 1.

Для визначення повного комплексу фізико-хімічних показників відібрані проби води консервувались, відповідно до встановлених НД вимог, і доставлялись у науково-дослідну лабораторію екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (НДЛЕБ ЛДУ БЖД). Ця лабораторія атестована на право виконання відповідних вимірювань у системі «Держстандартметрологія» (св. ат. № РЛ 127/17 від 14.11.2017 р.).

Лабораторне вивчення гідрохімічних параметрів відібраних проб води проводили згідно із загальноприйнятими НД і методиками (табл. 1).

Числові значення відповідних параметрів проб, отримані в результаті їх лабораторного дослідження, піддавались стандартній статистичній обробці. Зокрема, для кожного параметра, що визначався експериментально, проводилось не менше п'яти паралельних вимірювань. З них виводилась середня величина, абсолютне та стандартне відхилення, середня квадратична похибка і т.ін. За остаточний результат кожного з показників прийнято опрацьовані описаним вище шляхом величини. Саме ці величини (Аі) використано у наведених нижче таблицях та графіках [4].

Таблиця 1

Перелік методик (НД), які використані для лабораторного вивчення гідрохімічних показників проб води з р. Серет

Показник	Нормативний документ
Відбір проб, температура	ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков
Колір, прозорість, запах	Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. Справочник. М: Химия, 1989.
Завислі речовини	КНД 211.1.4.039-95 Методика гравіметричного визначення завислих (суспендованих) речовин в природних та стічних водах

Продовження таблиці 1

Сухий залишок	КНД 211.1.4.042-95 Методика гравіметричного визначення сухого залишку (розчинних речовин) в природних та стічних водах
pH, мінералізація	Згідно з інструкціями до відповідних приладів
Твердість загальна	Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. Справочник. - М: Химия, 1989
Твердість карбонатна	
Вміст хлоридів	
Вміст сульфатів	
Вміст нітритів	КНД 211.1.4.023-95 Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Грісса в поверхневих та очищених стічних водах
Вміст нітратів	КНД 211.1.4.027-95 Методика фотометричного визначення нітратів з саліциловою кислотою в поверхневих та біологічно очищених водах
Вміст амонію	КНД 211.1.4.030-95 Методика фотометричного визначення амоній-іонів з реактивом Неслера в стічних водах
Вміст фосфатів	КНД 211.1.4.043-95 Методика фотометричного визначення фосфатів у стічних водах
Вміст заліза (заг)	КНД 211.1.4.034-95 Методика фотометричного визначення загального заліза в поверхневих та стічних водах
ХСК	КНД 211.1.4.021 - 95 Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних водах.

Для порівняння експериментально отриманих значень гідрохімічних параметрів з вимогами нормативних документів обрано значення ГДК відповідних компонентів для води рибогосподарських підприємств.

Такий вибір ГДК зумовлений певною неузгодженістю у чинному водному законодавстві щодо значень ГДК для води [5]. Наприклад, ГДК компонентів у воді для рибогосподарського та господарсько-побутового призначення відрізняються у різних нормативних документах (табл. 2).

Таблиця 2

Деякі значення ГДК забруднюючих компонентів у воді для різних суб'єктів господарювання

№ з/п	Гідрохімічний показник	ГДК	
		для вододойм рибогосп. призн. (ГДК _{РГ})	для вододойм госп.-побут. викор. (ГДК _{ГП})
1	Завислі речовини, мг/дм ³	15	0,5 від фон. знач.
2	БСК ₅ , мгО/дм ³	не норм.	3,0
3	ХСК, мгО/дм ³	не норм.	15,0
4	Сума іонів (мінераліз.), мг/дм ³	не норм.	1000
5	Хлориди, мг/дм ³	300	350
6	Сульфати, мг/дм ³	100	500
7	Магній, мг/дм ³	40	50
8	Кальцій, мг/дм ³	180	не норм.

9	Сума (натрій+калій), мг/дм ³	120	200
10	Азот амонійний, мг/дм ³	0,39	1,5
11	Азот нітратний, мг/дм ³	9,0	10,0
12	Азот нітритний, мг/дм ³	0,02	1,0
13	Фосфати, мг/дм ³	0,0	3,5
14	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,3

Лабораторно визначені числові значення фізико-хімічних показників описаних вище двох проб води наведено у табл. 3 (відповідні колонки «факт»). Для порівняння, у сусідніх колонках цієї таблиці наведено відношення цих значень (Аі) до значень відповідних гранично допустимих концентрацій (ГДК), щоб наочно виявити можливі перевищення. Графічні співвідношення цих величин показано на рис. 2.

Таблиця 3

Фізико-хімічні параметри проб води з р. Серет (n=5)

№ з/п	Показник	ГДК	Проба № 1		Проба № 2	
			факт.	Аі/ГДК	факт.	Аі/ГДК
1	Прозорість	20	26	1,30	22	1,10
2	pH	6,5-8,5	6,9	0,99	6,8	0,97
3	Мінералізація	800	512	0,64	586	0,73
4	Завислі речовини	50	33,8	0,68	38,7	0,77

Продовження таблиці 3

5	Сухий залишок	1000	695	0,70	724	0,72
6	Лужність	6,5	5,1	0,78	4,8	0,74
7	Твердість	7	5,6	0,80	5,2	0,74
8	Азот амонійний	2	0,95	0,48	1,56	0,78
9	Нітриди	3,3	1,3	0,39	2,3	0,70
10	Нітрати	45	39,3	0,87	46,3	1,03
11	Фосфати	0,2	0,05	0,25	0,18	0,90
12	Хлориди	250	103	0,41	85,4	0,34
13	Сульфати	500	154	0,31	128	0,26
14	Залізо	0,3	0,12	0,40	0,19	0,63
15	ХСК	20	24,3	1,22	31,3	1,57

мало сільськогосподарських угідь, які часто використовують азотні та фосфорні мінеральні добрива.

2. Значне перевищення ГДК за хімічним споживанням кисню (ХСК) можна пояснити теплим сезоном (вересень), коли у природних водоймах після літа накопичилось багато біологічної органічної маси. Течія р. Серет у цьому місці не є дуже стрімкою, тому внаслідок малої аерації самоочищення річкової води від органіки відбувається повільно [6].

Зміна температури води викликає зміну розчинності кисню у воді. У теплий час року, коли фізіологічна активність мікроорганізмів підсилюється, розчинність кисню знижується; у зимовий період спостерігається протилежна картина. У зв'язку з цим, для підтримки досить високої ефективності біологічного очищення в теплий час року необхідно робити більш інтенсивну аерацію, а в зимовий – високу концентрацію мікро-

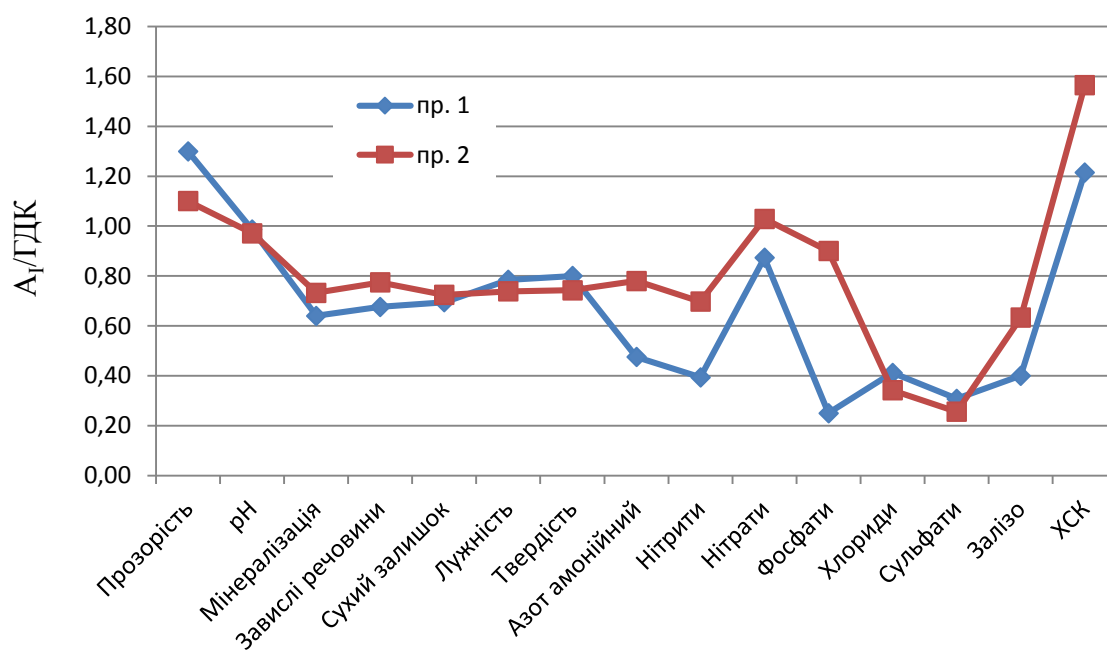


Рисунок 2 – Відношення фактичних значень окремих фізико-хімічних параметрів (A_i) проб води з р. Серет до відповідних ГДК

Як видно з таблиць та діаграми, абсолютна більшість досліджених параметрів води з р. Серет не виходить за допустимі межі. Винятками є такі параметри:

1. Вміст нітратів і фосфатів перебуває практично на межі ГДК, однак не можна стверджувати, що це пов'язано лише з поганою роботою КОС міста. На берегах річки розташовано чи-

організмів у зворотному мулі, а також збільшувати тривалість аераційного періоду. Підвищення концентрації кисню у воді в зимовий період до 5 мг/л активує обмінні процеси в клітинах [7].

Іншими словами, загальну якість води у р. Серет у місці нижче за течією після виходу скидних труб КОС м. Тернополя можна вважати задовільною. Це означає, що згадані очисні споруди працюють у штатному режимі та забезпечують достатню очистку стічних вод м. Тернополя.

Щодо числової оцінки ефективності роботи КОС, то ступінь очистки ними стічних вод від забрудників розраховується за формулою:

$$\varphi = \frac{C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}}}{C_{\text{вх}}}$$

де $C_{\text{вх}}$ – вміст забрудника на вході у систему очистки (мг/дм³); $C_{\text{вих}}$ – вміст забрудника після системи очистки (мг/дм³).

За даними річних, а також місячних чи кварталних звітів про результати проведених контролюючою організацією хімічних аналізів стоків до входу на КОС та після виходу з них можна спостерігати динаміку ефективності очистки від забрудників. Як правило, за такою методикою розраховують ефективність роботи КОС окремого населеного пункту за певний рік.

Як повідомляє аналітична лабораторія КП «Тернопільводоканал» у свої щорічних звітах, з 2016 року ефективність очистки стоків на КОС м. Тернополя за ХСК зросла. Окислюваність залежить від надходження органічних забрудників і це означає, що у 2017–2018 роках їх із стічною водою також надходило менше. У таких показниках, як завислі частинки і азот амонійний, не було відчутних змін в ефективності очистки. Проте в 2017 році спостерігалися темпи зростання більшості показників.

Оцінка сезонної (з січня по червень) динаміки ефективності очистки стоків показує, що вона в найхолодніші місяці сповільнюється і стабільно тримається в теплу пору року (особливо для ХСК). Це пояснюється вищою активністю живих організмів у теплу пору року. Таким чином, погодні умови частково впливають на якість очищення. Проте, вони взагалі не впливають на такі показники, як азот амонійний та завислі частинки (хоча в тепліші місяці в'язкість води є трохи нижчою).

Дані річних спостережень з 2016 по 2018 рік свідчать про те, що ступінь очистки стічних вод на КОС міста Тернополя для різних забрудників перебуває в межах 0,85-0,98. Вона також є дещо вищою у літні місяці. Річна динаміка показує, що з 2017 року ефективність очищення залишається стабільною. Такі показники свідчать про достатню ефективність роботи очисних споруд КП «Тернопільводоканал».

Висновки

1. За лабораторно визначеним комплексом гідрохімічних параметрів проб води з р. Серет у місцях вище та нижче за течією поблизу виходу скидних труб КОС міста Тернополя оцінено ефективність роботи цих очисних споруд.

2. Загальну якість води у р. Серет у місці нижче за течією після виходу скидних труб КОС м. Тернополя можна вважати задовільною. Це означає, що у даний час згадані очисні споруди

працюють у штатному режимі та забезпечують достатнє очищення стічних вод м. Тернополя.

3. Динаміка змін концентрацій речовин-забруднювачів у р. Серет за попередні роки показує, що з 2017 року ефективність очищення міських стічних вод залишається стабільною. Такі показники свідчать про високу ефективність роботи очисних споруд КП «Тернопільводоканал».

Література:

1. Hernández-Chover V., Bellver-Domingo Á. Efficiency of wastewater treatment facilities: The influence of scale economies. *Journal of Environmental Management*, 2018. No. 228. P. 77-84. DOI: [10.1016/j.jenvman.2018.09.014](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.014).

2. Яцик А.В. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, А.М. Хорєва. К.: Генеза, 2011. 146 с.

3. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти. К.: ВПЦ "Київський університет", 1999. 319 с.

4. Ломницька Я.Ф., Василечко В.О., Чихрій С.І. Склад та хімічний контроль об'єктів довкілля. Навчальний посібник з хімічних методів аналізу об'єктів довкілля. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 496 с.

5. Nabyvanets Yu., Yatsiuk M., Osadcha N. Adaptation of Ukrainian water resource assessment to European legislation. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 2017. No. 5(1). P. 37–45. DOI: [10.26491/mhwm/67267](https://doi.org/10.26491/mhwm/67267).

6. Nakajima Ju., Fujimura Y., Inamori Yu. Performance evaluation of on-sitetreatment facilities for wastewater from households, hotels and restaurants. *Water Science and Technology*, 1999. No. 39(8). P. 85-92. DOI: [10.1016/S0273-1223\(99\)00189-4](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00189-4).

7. Qishlaqi A., Kordian S., Parsaie A. Hydrochemical evaluation of river water quality – a case study. *Applied Water Science*, 2017. No.7. P. 2337–2342. DOI: [10.1007/s13201-016-0409-0](https://doi.org/10.1007/s13201-016-0409-0).

8. Vystavna Y., Diadin D., Vergeles, Y., Stolberg, F., Yakovlev, V. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface and ground waters in the transboundary (Russia/Ukraine) Seversky Donets basin. *Environmental Earth Sciences*, 2015. No. 74(1). P. 585-596. DOI: [10.1007/s12665-015-4060-0](https://doi.org/10.1007/s12665-015-4060-0).

9. Zhang B., Song X., Zhang Y. et al. Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in Songnen plain, Northeast China. *Water Research*, 2012. No. 46(8). No. 2737-2748. DOI: [10.1016/j.watres.2012.02.033](https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.02.033)

References:

1. Hernández-Chover, V., Bellver-Domingo, Á. (2018). Efficiency of wastewater treatment facilities: The influence of scale economies. *Journal*

of *Environmental Management*, 228, 77-84. DOI: [10.1016/j.jenvman.2018.09.014](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.014).

2. Jacik, A.V. (2011). *Vodne hospodarstvo v Ukraini* [Water management in Ukraine]. Kyiv: Genesis. [In Ukr.]

3. Khilchevsky, V.K. (2011). *Vodopostachannya i vodovidvedennya: hidroekolohichni aspekty* [Water supply and drainage: hydroecological aspects]. Kyiv: Kyiv University. [In Ukr.]

4. Lomnytska, Y.F., Vasylechko, V.O., Chikhriy, S.I. (2011). *Sklad ta khimichnyy kontrol' ob'yektiv dovkillya. Navchal'nyy posibnyk z khimichnykh metodiv analizu ob'yektiv dovkillya* [Composition and chemical control of environmental objects. A Tutorial on Chemical Methods for Analyzing Environmental Objects]. Lviv: Ivan Franko Lviv National University Publishing Center. [In Ukr.]

5. Nabyvanets, Yu., Yatsiuk, M., Osadcha, N. (2017). Adaptation of Ukrainian water resource assessment to European legislation. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 5(1), 37–45. DOI: [10.26491/mhwm/67267](https://doi.org/10.26491/mhwm/67267).

6. Nakajima, Ju., Fujimura, Y., Inamori, Yu. (1999). Performance evaluation of on-site treatment facilities for wastewater from households, hotels and restaurants. *Water Science and Technology*, 39(8), 85-92. DOI: [10.1016/S0273-1223\(99\)00189-4](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00189-4).

7. Qishlaqi, A., Kordian, S., Parsaie, A. (2017). Hydrochemical evaluation of river water quality – a case study. *Applied Water Science*, 7, 2337–2342. DOI: [10.1007/s13201-016-0409-0](https://doi.org/10.1007/s13201-016-0409-0).

8. Vystavna, Y., Diadin, D., Vergeles, Y., Stolberg, F., Yakovlev, V. (2015). Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface and ground waters in the transboundary (Russia/Ukraine) Seversky Donets basin. *Environmental Earth Sciences*, 74(1), 585-596. DOI: [10.1007/s12665-015-4060-0](https://doi.org/10.1007/s12665-015-4060-0).

9. Zhang, B., Song, X., Zhang, Y. et al. (2012). Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in Songnen plain, Northeast China. *Water Research*, 46(8), 2737-2748. DOI: [10.1016/j.watres.2012.02.033](https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.02.033)

***Науково-методична стаття**