

Бондарчук С. П., к.с.-г.н., доцент, Бондарчук Л. Ф., к.с.-г.н., доцент, Федонюк М. А., к.геогр.н., доцент, Мерленко І. М., к.с.-г.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, s_bondarchuk@ukr.net, L_bondarchuk@ukr.net, m.fedoniuk@lntu.edu.ua, i.merlenko@lutsk-ntu.com.ua), **Ковальчук Н. С., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, n.s.kovalchuk@nuwm.ed.ua)

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ ЧЕРЕЗ УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ СКИДУ СТИЧНИХ ВОД НА ПРИКЛАДІ ОЧИСНИХ СПОРУД М. ЛУЦЬКА

У роботі досліджено: сучасні характеристики методів оцінки перемішування зворотних вод у річках; особливості сучасного збирання та очищення зворотних вод, які поступають на комунальні очисні споруди м. Луцька; вплив роботи випуску стічних вод на якісні характеристики води р. Стир в районі скиду зворотних вод м. Луцька; визначені можливі альтернативні варіанти випусків стічних вод комунальними очисними спорудами м. Луцька для зменшення забруднення води річки. У дослідженні проведений аналіз факторів, які суттєво впливають на процес розведення і змішування очищених стічних вод після їх скиду у річку Стир та виявлені їх основні особливості.

Дослідження показали, що покращення гідроекологічного стану води річки Стир у районі очисних споруд м. Луцька можна досягти без значного підвищення ефективності очищення стічних вод. Це можливо завдяки впровадженню більш ефективних методів скидання очищених стоків та їх змішування з водою у водоймі за допомогою сучасних випускних споруд.

Запропоновано покращення умов розведення стічних вод через можливу заміну берегового випуску на русловий для попередження надмірного забруднення води при несприятливих умовах.

Ключові слова: стічні води; очищення стічних вод; розведення стічних вод; кратність розведення; випуски стічних вод; самоочищення води.

Актуальність дослідження полягає в тому, що в сучасних умовах при скиді очищених стічних вод із очисних споруд м. Луцька досить часто виникають екологічні проблеми, які пов'язані із застарілістю даних споруд та недосконалістю їх роботи. Серед інших проблем є і сучасний береговий спосіб скидання стічних вод у річку Стир, який характеризується невисоким коефіцієнтом змішування і, відповідно, низьким ступенем розведення стічних вод, що скидаються до водойми.

Повернення стічних вод у поверхневі водні об'єкти передбачає використання спеціальних інженерних споруд – випусків стічних вод, які можуть бути різних конструкційних і технологічних рішень і особливостей у кожному конкретному випадку. Як показують дослідження, для досягнення оптимального повернення відпрацьованих вод у довкілля випуски та їх робота в плані розведення і змішування очищених стічних вод із водою природних водойм відіграють досить істотну роль.

Об'єктом досліджень вибрано річку Стир в районі скиду зворотних вод м. Луцька та робота споруд скиду стічних вод. Метою досліджень було визначення ефективності роботи берегового випуску стічних вод комунальними очисними спорудами м. Луцька та розробка можливості оптимізації даного процесу.

Матеріал та методи дослідження. В ході дослідження використовувались методики визначення особливостей розведення стічних вод при роботі зосереджених і розсіюючих випусків як спрощеними, так і детальними методами розрахунку турбулентної дифузії [8], на основі чого встановлювали основні характеристики для перемішування стічних вод із водою р. Стир – коефіцієнти змішування та кратності розведення стічних вод для різних випадків.

Завдання досліджень передбачало визначити вплив роботи випуску стічних вод на якісні характеристики води р. Стир в районі скиду зворотних вод м. Луцька та розглянути можливість використання альтернативних варіантів випусків стічних вод комунальними очисними спорудами м. Луцька для зменшення забруднення води.

Наукова новизна роботи. Вперше для скиду стічних вод очисних споруд м. Луцька було розроблено математичну модель розведення очищених стічних вод із водою р. Стир із визначенням

впливу на даний процес типу випуску стічних вод.

Огляд попередніх досліджень. Незважаючи на те, що комунальні очисні споруди видаляють багато забруднюючих речовин із стічних вод, у воді, яка повертається в навколишнє середовище, зазвичай залишаються певна кількість шкідливих речовин [1–2]. Користувачі води та навколишнє середовище нижче за течією можуть бути захищені від надмірного забруднення шляхом розведення або додаткової обробки води. Додаткове очищення води може бути дорогим, тому відповідне розбавлення стічних вод у водоймі, що приймає стічні води, зменшує витрати на очищення води та захищає водне середовище, особливо у критичні періоди малої водності природних водойм чи максимальних витрат стічних вод, не дозволяючи досягати перевищень допустимих концентрацій у воді забруднюючих речовин [2].

Існує багато підходів до моделювання, які можна застосувати для оцінки прогнозованих екологічних концентрацій хімічних речовин, що потрапляють із стічними водами у річки. Часова зміна концентрації хімічних речовин у поверхневих водах в основному зумовлена як сезонною мінливістю річкових стоків у гідродинамічному і гідрохімічному аспекті, так і та особливостями утворення стічних вод та ефективністю їх очищення, а також самоочищенням водного середовища [7–8].

При розгляді динаміки забруднення і самоочищення в ріках, озерах і водоймищах у першу чергу дослідники звертають увагу на процес розведення і переносу речовини як найбільш істотний фактор зниження забруднення води [8]. Більшість дослідників при аналізі забруднення водного середовища внаслідок скиду стічних вод, в основному, звертають увагу на особливості поширення домішок у водоймах залежно від гідрології і гідродинаміки водного об'єкта, аналізу течій, дифузії і т.д. [8]. При цьому мало уваги надається характеристикам точкового скиду забруднюючих речовин, роботі очисних споруд і технологічним особливостям випуску і розведення стічних вод.

Аналіз одержаних результатів. Каналізаційна мережа охоплює всю територію міста Луцька. Для транспортування стоків на очисні споруди функціонують каналізаційні насосні станції та колектори [3]. Система очищення стічних вод у м. Луцьку є типовою для більшості комунальних очисних споруд та включає кілька етапів, а саме

вловлення найбільш крупних домішок пісковловлювачами; осадження найбільш крупних нерозчинних забруднень у первинних радіальних відстійниках; нейтралізація більшої кількості органічних сполук та частини токсичних речовин за участі мікроорганізмів активного мулу у аеротенках та додаткове біологічне доочищення у біологічних ставках перед випуском стічної води у р. Стир.

Скидання очищених стічних вод у поверхневу водойму (р. Стир) здійснюється через береговий випуск. Однак цей метод є одним із найменш ефективних через повільне змішування стічних вод із водою річки. На протязі течії річки до контрольного перерізу нерідко зберігаються підвищені концентрації шкідливих речовин через недостатнє розведення, що може негативно впливати на екосистему водойми. Крім того, за спостереженнями, таке скидання рідких стоків сприяє утворенню піни, особливо у літній період.

Як свідчать численні дослідження на розведення стічних вод впливають такі фактори, як конструктивні і технологічні особливості випуску стічних вод, при цьому встановлено, що розведення протікатиме інтенсивніше при розсіювальних випусках [4; 7–8].

При потребі якісного розведення стічних вод найчастіше використовуються руслові зосереджені та розсіювальні випуски. Також можуть використовуватись різні оголовки розсіювальних випусків, які обладнуються різними типами насадок для покращення процесу розведення стічних вод та насичення води киснем повітря [4].

Для того, щоб визначити, який із випусків буде найбільш придатним в тих чи інших умовах, потрібно володіти даними щодо особливостей розведення стічної води у водотоці або водоймищі, а також необхідно визначити концентрацію одного або декількох забруднюючих речовин у будь-якій точці локальної зони водного об'єкта, яка піддається впливу стічних вод.

При детальному аналізі впливу різних факторів на процес розведення і змішування стічних вод після скиду очищених стічних вод у воду річки Стир, нами було встановлено, що оптимізація (збільшення) кратності розведення стічних вод із водою водойми може бути досягнута шляхом покращення умов змішування стічної води з водою водойми. Інші можливі варіанти збільшення кратності розведення стічних вод, такі як способи регулювання витратами води річки та потоками стічних вод, зміна гідравлічних факторів річки,

регулювання фоновим забрудненням виглядають такими, які практично не можна втілити, або втілення яких вимагає дуже великих матеріальних витрат. Прикладом цього може бути тимчасове зменшення витрат стічних через використання штучних водойм (чи ємностей), де мусить накопичуватись стічна вода, а потім, після критичного періоду, її все одно потрібно направляти у водойму, або ж перенаправляти у інше місце скиду. І той і інший варіант є малореалістичним і може бути реалізований лише у окремих дуже рідких варіантах. Тому, якщо складаються обставини, коли потрібно управління ситуацією розведення стічних вод із водою водойми в критичні періоди, то це практично можливо шляхом технічної оптимізації чи удосконалення процесу розведення стічних вод шляхом використання більш ефективних типів випусків стічних вод, які дозволяють покращити процес змішування і розведення стічних вод.

Зважаючи на те, що при скиді стічних вод у воду річки спільна концентрація залежить також від фонового вмісту у воді забруднюючих речовин, який формується вище за течією під впливом як природних, так і антропогенних факторів, та враховуючи його суттєву динаміку, покращення розведення стічних вод може в певній мірі зменшити концентрації шкідливих речовин у розрахунковому перерізі [5]. Особливо це стосується таких забруднюючих компонентів (рис. 1), як завислі речовини, біологічне споживання кисню (БСК), нітрит-іони та ряд інших шкідливих компонентів, які за результатами спостережень, у певні періоди (за даними моніторингових спостережень) вже перевищують допустимі показники у воді річки, ще до скиду стічних вод очисних споруд [7].

У такому випадку необхідно ще більш ретельно очищати стічні води, суттєво зменшуючи залишкові кількості даних шкідливих речовин у очищеній стічній воді, що не завжди можна реалізувати, або досягати більш ефективного розведення стічних вод у водоймі.

Використання берегового випуску є недосконалим також і через порівняно низьке насичення потоку води киснем, що погіршує стан водоймища, куди вони випускаються, і уповільнює процеси їхнього подальшого біологічного самоочищення. Для насичення очищених стічних вод киснем перед випуском їх у водоймище передбачають спеціальні пристрої: за наявності вільного перепаду рівнів між майданчиком очисних споруд та горизонтом води у

водному об'єкті – багатоступінчасті водозливи-аератори, швидкоплини та ін., в інших випадках проектують барботажні ємнісні споруди [4].

З метою визначення ефективності використання альтернативних типів випусків стічних вод ми спробували змоделювати даний процес використовуючи методи розрахунку турбулентної дифузії на прикладі таких шкідливих речовин як завислі речовини та біологічне споживання кисню (БСК) при використанні сучасного берегового випуску і за умови використання більш ефективного – руслового.

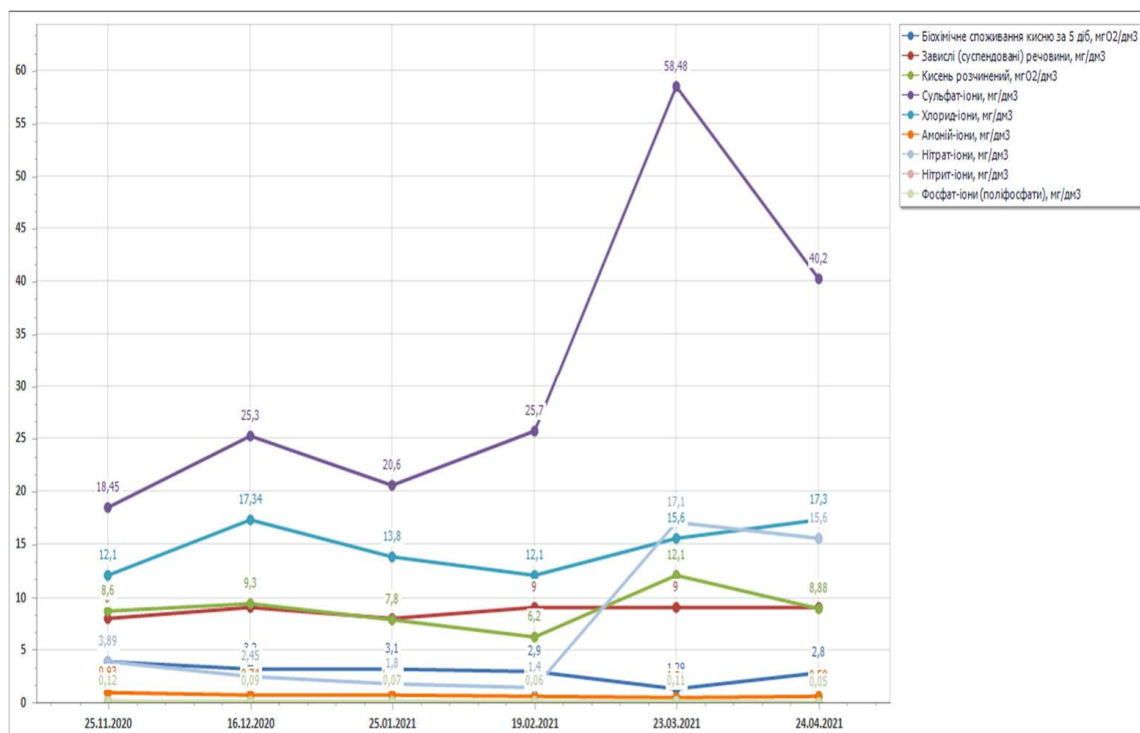


Рис. 1. Динаміка показників фонові якості води р. Стир поблизу місця скиду стічних вод (2020–21 рр.)

У нашому прикладі була використана розрахункова ситуація при визначенні розведення детальним методом за схемою вирішення плоскої задачі (рис. 2) не сприятлива для якості води після скиду стічних вод за вмістом завислих речовин, а саме при досить високому фоновому забрудненні води річки – 6,12 мг/дм³, що зустрічається не досить часто (переважно в періоди дощів чи танення снігу). Також ця несприятлива ситуація посилюється не досить ретельним очищенням потоку стічних вод на очисних

спорудах м. Луцька від завислих речовин – до 25 мг/дм³ (що може бути зумовлене технічними причинами), хоча зазвичай ступінь очищення стічних вод за завислими речовинами менше, ніж 15 мг/дм³.

Сфон=		6,12 мг/л			Сгдк=		15 мг/л																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
-------	--	-----------	--	--	-------	--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Рис. 2. Особливості розведення стічної води за вмістом завислих речовин при використанні берегового випуску

При використанні берегового випуску (рис. 2), концентрації понад 15 мг/дм³ (ГДК), мають місце до відстані 350 м від місця скиду очищених стічних вод. Також видно, що забруднений потік води рухається вздовж правого берега річки, повільно розмішуючись із основною течією.

При таких самих умовах скиду, але за умови використання руслового випуску, розведення стічних вод відбувається дещо по-іншому (рис. 3).

		Сфон= 6,12 мг/л			Сгдк= 15 мг/л													
		Свип= 25 мг/л																
		6,12	6,12	6,12	6,12	7,30	7,30	8,19	8,19	8,78	8,78	9,18	9,19	9,48	9,50	9,71		
Сфон		6,12	6,12	6,12	6,12	7,30	7,30	8,19	8,19	8,78	8,78	9,18	9,19	9,48	9,50	9,71		
		6,12	6,12	6,12	8,48	7,30	9,07	8,19	9,37	8,78	9,59	9,20	9,77	9,52	9,93	9,76		
		6,12	6,12	10,84	8,48	10,84	9,07	10,55	9,37	10,40	9,62	10,36	9,84	10,38	10,03	10,42		
		6,12	15,56	10,84	13,20	10,84	12,02	10,55	11,43	10,47	11,14	10,49	10,99	10,54	10,92	10,60		
		25,00	15,56	15,56	13,20	13,20	12,02	12,32	11,58	11,87	11,36	11,61	11,24	11,46	11,17	11,36		
Свип		25,00	15,56	15,56	13,20	13,20	12,61	12,61	12,32	12,24	12,09	11,98	11,93	11,80	11,81	11,68		
		6,12	15,56	10,84	13,20	12,02	13,20	12,32	12,91	12,32	12,61	12,24	12,37	12,15	12,19	12,07		
		6,12	6,12	10,84	10,84	13,20	12,02	13,20	12,32	12,98	12,39	12,76	12,38	12,57	12,33	12,41		
		6,12	6,12	10,84	13,20	12,02	13,20	12,32	13,05	12,46	12,91	12,52	12,77	12,51	12,64	12,47		
		6,12	15,56	15,56	13,20	13,20	12,61	12,91	12,61	12,83	12,65	12,78	12,65	12,71	12,61	12,62		
		25,00	25,00	15,56	13,20	13,20	12,61	12,91	12,61	12,83	12,65	12,78	12,65	12,71	12,61	12,62		
		0	35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420	455	490	525	L,м

Рис. 3. Особливості розведення стічної води за вмістом завислих речовин при використанні руслового зосередженого випуску стічних вод

На рисунку 2 і далі показані розрахункові схеми розведення очищених стічних вод від місця скиду до контрольного перерізу на відстані 500 м від місця скиду у окремих елементарних ділянках визначені за детальним методом при вирішенні плоскої задачі, де в окремих клітинках вказані розрахункові концентрації забруднюючих компонентів.

При використанні такого випуску видно, що елементарні ділянки річки із значеннями понад ГДК спостерігаються значно менше і відсутні на відстані від місця скиду на відстані понад 105 м.

Де-що по іншому виглядає ситуація із розведенням стічних вод у воді річки Стир за показником БСК₅ у неоптимальних умовах. Схема такого розведення для берегового і руслового випусків наведена на рис. 4–5.

	Сфон=	2,6	мг/л		Сгдк=	3	мг/л												
	Свип=	14,2	мг/л																
		2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,65	2,65	2,74	2,74	2,86	2,86	3,00			
		2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,65	2,65	2,74	2,74	2,86	2,86	3,00			
		2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,69	2,65	2,83	2,74	2,98	2,86	3,14	3,00			
Сфон		2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,78	2,69	3,01	2,83	3,22	2,98	3,41	3,14	3,58			
		2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,96	2,78	3,33	3,01	3,62	3,22	3,85	3,41	4,02	3,58			
		2,60	2,60	2,60	2,60	3,33	2,96	3,87	3,33	4,23	3,62	4,47	3,85	4,62	4,02	4,73			
		2,60	2,60	2,60	4,05	3,33	4,78	3,87	5,14	4,23	5,32	4,47	5,40	4,62	5,43	4,73			
		2,60	2,60	5,50	4,05	6,23	4,78	6,41	5,14	6,41	5,32	6,34	5,40	6,24	5,43	6,14			
Свип		2,60	8,40	5,50	8,40	6,23	8,04	6,41	7,68	6,41	7,36	6,34	7,09	6,24	6,85	6,14			
		14,20	8,40	11,30	8,40	9,85	8,04	8,94	7,68	8,31	7,36	7,83	7,09	7,46	6,85	7,16			
		14,20	14,20	11,30	11,30	9,85	9,85	8,94	8,94	8,31	8,31	7,83	7,83	7,46	7,46	7,16			
		14,20	14,20	11,30	11,30	9,85	9,85	8,94	8,94	8,31	8,31	7,83	7,83	7,46	7,46	7,16			
		0	35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420	455	490	525	L,м	

Рис. 4. Особливості розведення стічної води за вмістом БСК₅ при використанні берегового випуску

	Сфон=	2,6	мг/л		Сгдк=	3	мг/л												
	Свип=	14,2	мг/л																
		2,60	2,60	2,60	2,60	3,33	3,33	3,87	3,87	4,23	4,23	4,47	4,47	4,62	4,62	4,73			
		2,60	2,60	2,60	2,60	3,33	3,33	3,87	3,87	4,23	4,23	4,47	4,47	4,62	4,62	4,73			
		2,60	2,60	2,60	4,05	3,33	4,41	3,87	4,59	4,23	4,71	4,47	4,78	4,62	4,83	4,73			
Сфон		2,60	2,60	5,50	4,05	5,50	4,41	5,32	4,59	5,18	4,71	5,09	4,78	5,03	4,83	4,99			
		2,60	8,40	5,50	6,95	5,50	6,23	5,32	5,77	5,18	5,48	5,09	5,28	5,03	5,16	4,99			
		14,20	8,40	8,40	6,95	6,95	6,23	6,23	5,77	5,77	5,48	5,48	5,28	5,28	5,16	5,16			
Свип		14,20	8,40	8,40	6,95	6,95	6,23	6,23	5,77	5,77	5,48	5,48	5,28	5,28	5,16	5,16			
		2,60	8,40	5,50	6,95	5,50	6,23	5,32	5,77	5,18	5,48	5,09	5,28	5,03	5,16	4,99			
		2,60	2,60	5,50	4,05	5,50	4,41	5,32	4,59	5,18	4,71	5,09	4,78	5,03	4,83	4,99			
		2,60	2,60	2,60	4,05	3,33	4,41	3,87	4,59	4,23	4,71	4,47	4,78	4,62	4,83	4,73			
		2,60	2,60	2,60	2,60	3,33	3,33	3,87	3,87	4,23	4,23	4,47	4,47	4,62	4,62	4,73			
		0	35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420	455	490	525	L,м	

Рис. 5. Особливості розведення стічної води за вмістом БСК₅ при використанні руслового зосередженого випуску стічних вод

У даному випадку при змішуванні стічної води із водою річки навіть у контрольному перерізі утворюються концентрації, які більші за ГДК. Така ситуація відбувається тому, що розглядаються найнесприятливіші умови скиду стічних вод, які виникають при мінімальних витратах води у річці, максимальних витратах стічних вод, високому фоновому забрудненні води водойми і неоптимальній роботі очисних споруд стосовно вилучення або знешкодження даної забруднюючої речовини. У такому випадку ми спостерігаємо суттєве забруднення води понад встановлені норми.

Числове значення покращення умов розведення і змішування очищеної стічної води із водою річки при використанні руслового випуску при наших розрахунках характеризувалось тим, що коефіцієнт змішування стічної води з водою річки Стир при використанні берегового випуску стічних вод складає 0,827, а руслового випуску – 0,967. Відповідно, і кратність розведення стічних вод також зростає із 6,94 при використанні берегового випуску – до 8,12 при використанні руслового випуску стічних вод (за умов мінімальних витрат річкової води і максимальних витрат стічних вод).

Також особливістю даного випадку є те, що розведення забруднень берегового і руслового випуску має певні закономірності. Так, на рівні контрольного створу (500 м нижче за течією від випуску стічних вод) розведення за допомогою руслового випуску виглядає більш рівномірним – значення БСК₅ коливаються від 4,73 до 5,16 мг/дм³. При цьому такі ж показники для берегового випуску коливаються від 3 до 7,16 мг/дм³, що свідчить про значно гірші умови розведення і змішування очищеної стічної води із водою річки.

Аналізуючи отримані результати дослідження впливу роботи випуску стічних вод на якісні характеристики води р. Стир в районі скиду зворотних вод м. Луцька, можна зробити **висновки**:

1. В сучасних умовах покращення гідроекологічного стану води р. Стир в районі очисних споруд м. Луцька без суттєвого збільшення ефективності очищення стічних вод можливе шляхом використання більш ефективних способів скиду очищених стоків і їх розведення у водоймі за допомогою випускних споруд.
2. Як показали результати дослідження, для покращення розведення стічних вод потрібно використовувати русловий тип випуску стічних вод, який забезпечує кращі умови перемішування за рахунок збільшення швидкості течії та турбулентності потоку води, а

також дозволяє уникати кризових екологічних ситуації в несприятливі періоди. При запровадженні такого заходу покращилися б умови розведення стічних вод і зменшились випадки перевищення гранично-допустимих концентрацій.

1. Бондарчук С. П., Бондарчук Л. Ф. Оцінка впливу водовідведення м. Луцька на якість вод річки Стир. *Водне господарство – стан та перспективи розвитку водогосподарсько-меліоративного комплексу України* : матеріали конференції. Рівне, 2011. С. 13–19. 2. Бондарчук С. П., Бондарчук Л. Ф. Шляхи вдосконалення очищення стічних вод м. Луцька. *Сучасні проблеми збалансованого природокористування* : зб. наук. праць ПДАТУ. Спецвипуск до IX науково-практичної конференції. 2014. С. 154–157. 3. Бондарчук С. П., Бондарчук Л. Ф., Федонюк М. А., Мерленко І. М., Ковальчук Н. С. Особливості забруднення поверхневих водойм Волинської області сполуками азоту та шляхи покращення ситуації. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. 2022. Вип. 4(100). С. 38–48. 4. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с. 5. Мольчак Я. О., Бондарчук С. П., Бондарчук Л. Ф. Оцінка різних методів визначення кратності розведення зворотних вод м. Луцька із водою р. Стир. *Науковий вісник Чернівецького університету. Географія* : зб. наук. праць. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2018. Вип. 795. С. 155–159. 6. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (дата звернення: 10.01.2024). 7. Саблій Л. А., Бунчак О. М., Жукова В. С. Практикум з біотехнологій очищення води : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. 108 с. 8. Рудаков Д. В. Математичні моделі в охороні навколишнього середовища : навч. посіб. Д. : Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2004. 160 с.

REFERENCES:

1. Bondarchuk S. P., Bondarchuk L. F. Otsinka vplyvu vodovidvedennia m. Lutska na yakist vod richky Styr. *Vodne hospodarstvo – stan ta perspektyvy rozvytku vodohospodarsko-melioratyvnoho kompleksu Ukrainy* : materialy konferentsii. Rivne, 2011. S. 13–19. 2. Bondarchuk S. P., Bondarchuk L. F. Shliakhy vdoskonalennia ochyshchennia stichnykh vod m. Lutska. *Suchasni problemy zbalansovanoho pryrodokorystuvannia* : zb. nauk. prats PDATU. Spetsvypusk do IKh naukovo-praktychnoi konferentsii. 2014. S. 154–157. 3. Bondarchuk S. P., Bondarchuk L. F., Fedoniuk M. A., Merlenko I. M., Kovalchuk N. S. Osoblyvosti zabrudnennia poverkhnevyykh vodoim Volynskoi oblasti spolukamy azotu ta shliakhy pokrashchennia sytuatsii. *Visnyk NUVHP*.

Silskohospodarski nauky : zb. nauk. prats. 2022. Vyp. 4(100). S. 38–48. **4.** Kovalchuk V. A. Ochystka stichnykh vod. Rivne : VAT «Rivnenska drukarnia», 2002. 622 s. **5.** Molchak Ya. O., Bondarchuk S. P., Bondarchuk L. F. Otsinka riznykh metodiv vyznachennia kratnosti rozvedennia zvorotnykh vod m. Lutska iz vodoiu r. Styr. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu*. Heohrafiia : zb. nauk. prats. Chernivtsi : Chernivetskyi nats. un-t, 2018. Vyp. 795. S. 155–159. **6.** Monitorynh ta ekolohichna otsinka vodnykh resursiv Ukrainy. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (data zvernennia: 10.01.2024). **7.** Sablii L. A., Bunchak O. M., Zhukova V. S. *Praktykum z biotekhnologii ochyshchennia vody : navch. posib.* Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, Vyd-vo «Politekhnik», 2022. 108 s. **8.** Rudakov D. V. *Matematychni modeli v okhoroni navkolyshnoho seredovyscha : navch. posib. D. : Vyd-vo Dnipropetr. un-tu*, 2004. 160 s.

Bondarchuk S. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Bondarchuk L. F., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Fedoniuk M. A., Candidate of Geographical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Merlenko I. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), Kovalchuk N. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

WAYS TO REDUCE POLLUTION OF SURFACE BODY CONTAINERS THROUGH IMPROVING THE METHOD OF WASTEWATER DISCHARGE USING THE EXAMPLE OF TREATMENT PLANTS IN LUTSK

The study investigates the following: the current characteristics of methods for assessing the mixing of return waters in rivers; the specific features of modern collection and treatment of return waters entering the municipal wastewater treatment facilities in the city of Lutsk; the impact of wastewater discharge on the qualitative characteristics of the Styr River in the area of return water discharge in Lutsk; and the identification of possible alternative options for wastewater discharge from the municipal treatment facilities in Lutsk to reduce river pollution.

The research analyzed the factors significantly affecting the dilution and mixing processes of treated wastewater after discharge

into the Styr River and identified their key features.

The findings indicate that improving the hydro-ecological state of the Styr River in the area of Lutsk wastewater treatment facilities can be achieved without significantly enhancing the efficiency of wastewater treatment. This can be accomplished by implementing more effective methods of wastewater discharge and mixing with the river water through modern outfall structures.

The study proposes improving the conditions for wastewater dilution by potentially replacing the shoreline outfall with an in-stream outfall to prevent excessive water pollution under adverse conditions.

Keywords: wastewater; wastewater treatment; wastewater dilution; dilution factor, wastewater discharges, water self-purification.