

## ВОДНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ БАЛАНС ОЗЕРА ЧАЙКА ТА ЛИЧОВЕ (ЗМІЇВСЬКИЙ РАЙОН, ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ)

Карлюк А.А.

Науково-дослідна установа  
«Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»  
вул. Бакуліна, 6, 61166, м. Харків  
karluk93\_93@ukr.net

Визначені особливості формування гідрохімічного режиму озер Лиманської групи, розташованих у зоні впливу Зміївської ТЕС. Представлена схема взаємозв'язків у системі озеро «Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець». Розраховано водний та хімічний баланс озера Чайки, Личове та проведена оцінка самоочищення досліджених озер на основі аналізу, проведеного за допомогою фізико-хімічної моделі системи «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець», яку можна розглядати як модель для більш масштабних і складних водно-господарських комплексів. *Ключові слова:* поверхневі води, озера Лиманської групи, річка Сіверський Донець, Зміївська ТЕС, формування гідро-хімічного режиму, водний баланс, хімічний баланс.

**Водный и химический баланс озера Чайка и Лычовое (Змиевской район, Харьковская область). Карлюк А.А.** Определены особенности формирования гидрохимического режима озер Лиманской группы, расположенных в зоне влияния Змиевской ТЭС. Представлена схема взаимосвязей в системе озеро «Чайка – озеро Лычовое – река Северский Донец». Рассчитан водный и химический баланс озера Чайки, Лычовое и проведена оценка самоочищения исследованных озер на основе анализа, проведенного с помощью физико-химической модели системы «озеро Чайка – озеро Лычовое – река Северский Донец», которую можно рассматривать как модель для более масштабных и сложных водно-хозяйственных комплексов. *Ключевые слова:* поверхностные воды, озера Лиманской группы, река Северский Донец, Змиевская ТЭС, формирование гидро-химического режима, водный баланс, химический баланс.

**The water and chemical balance of Lake Chaika and Lychovoe (Zmiev district, Kharkiv region). Karluk A. A.** The peculiarities of formation of the hydrochemical regime of the lakes of Inundative group located in the zone of influence of the Zmiiv TPP are determined. The scheme of interconnections in the system “Chaika – Lychovoe – Seversky Donets River” is presented. The water and chemical balance of lake Chaika, Lychovoe were designed and estimation of self-clarification of investigated lakes is evaluated on the basis of the analysis carried out with the help of the physico-chemical model of the system “Lake Chaika – lake Lychovoe – Seversky Donets River”, which can be considered as a model for larger and complex water economy complexes. *Key words:* surface waters, lakes of inundative group, Seversky Donets River, Zmiiv TPP, formation of hydro-chemical regime, water balance, chemical balance.

**Постановка проблеми.** Зміївська ТЕС спеціалізується на виробництві теплової та електричної енергії на базі органічного палива, входить до переліку екологічно небезпечних об'єктів загальнодержавного значення, і вплив об'єктів на оточуюче середовище є досить різноманітним. Загальна кількість викидів в атмосферу за номінальної потужності ТЕС становить 250 000 т/рік. Озера Лиманської групи: оз. Чайка, оз. Комишувате, оз. Личове – знаходяться в зоні впливу Зміївської ТЕС та належать до заплавлених терас долини р. Сіверський Донець. Озера системи поєднані між собою природними протоками (оз. Комишувате – оз. Чайка), штучними протоками (оз. Чайка – оз. Личове; оз. Личове – р. Сіверський Донець). На формування хімічного складу озер Лиманської групи впливає багато факторів. Основними факторами впливу на озера Лиманської групи є надходження забруднюючих речовин із викидами Зміївської ТЕС, поверхневим стоком із водозбору та ґрунтовими водами. Формування об'єднаного стоку озера Чайки відбувається за рахунок:

– природного стоку (перетікання по відкритому каналу з урочища Камишувате, поверхневий стік із площі водозбору, атмосферні опади та ґрунтові води з території)

– техногенного стоку (техногенні ґрунтові води зі сторони золівдвалу, госппобутові та промливневі стічні води, переливні води, що відводяться скидним каналом золівдвалу Зміївської ТЕС).

Всі категорії об'єднаних стічних вод скидаються у р. Сіверський Донець (рис. 1).

**Актуальність дослідження.** Наявність гідрологічного зв'язку між озерами Лиманської групи та р. Сіверський Донець зумовлює вплив озер на гідрологічний та гідрохімічний режим річки. Вивчення процесу формування хімічного складу вод озер Лиманської групи, їх здатності до самоочищення є актуальним завданням, без рішення якого не можна обґрунтувати заходи, спрямовані на забезпечення екологічної безпеки розвитку цього регіону.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** З огляду

на те, що дослідження хімічного балансу системи «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець» методом фізико-хімічного моделювання ще ніким раніше не проводилися, була поставлена задача створення фізико-хімічної моделі системи «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець». У зв'язку з цим були поставлені такі завдання:

- представити схему взаємозв'язків у системі «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець»;
- створити водну балансову модель всіх потоків і витрат системи «Озеро Чайка – озеро Ли-



Рис. 1. Озера Лиманської групи (Чайка та Личове) та їх зв'язок із р. Сіверський Донець

чове» у відрізок часу активного антропогенного навантаження;

- розрахувати хімічні баланси системи «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець».

У міру зростання антропогенного навантаження на озера Лиманської групи та річку Сіверський Донець відбуваються негативні незворотні зміни, що стосуються всіх сторін існування водної екосистеми. При управлінні природоохоронною діяльністю важливим етапом є визначення найбільш вагомих джерел забруднення озер та впровадження необхідного комплексу водоохоронних заходів при мінімальних фінансових витратах. Визначення масобалансу дасть змогу оцінити ефект господарських заходів, пов'язаних із використанням водних ресурсів, та побачити сукупний вплив усіх чинників, які впливають на зміну запасів води в озері.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останніми роками зростає вплив на водний баланс озер, зокрема пов'язаний із прийманням стічних вод та стоку вод з урбанізованих територій. Тому особливо важливим є визначення елементів структури балансу при оцінці накопичувальних властивостей та самоочищення озер. Дослідження озер та визначення водного балансу та масобалансу були виконані Р.А. Нежиховським [1], З.А. Вікуліною [2], О.Г. Васенко [3],

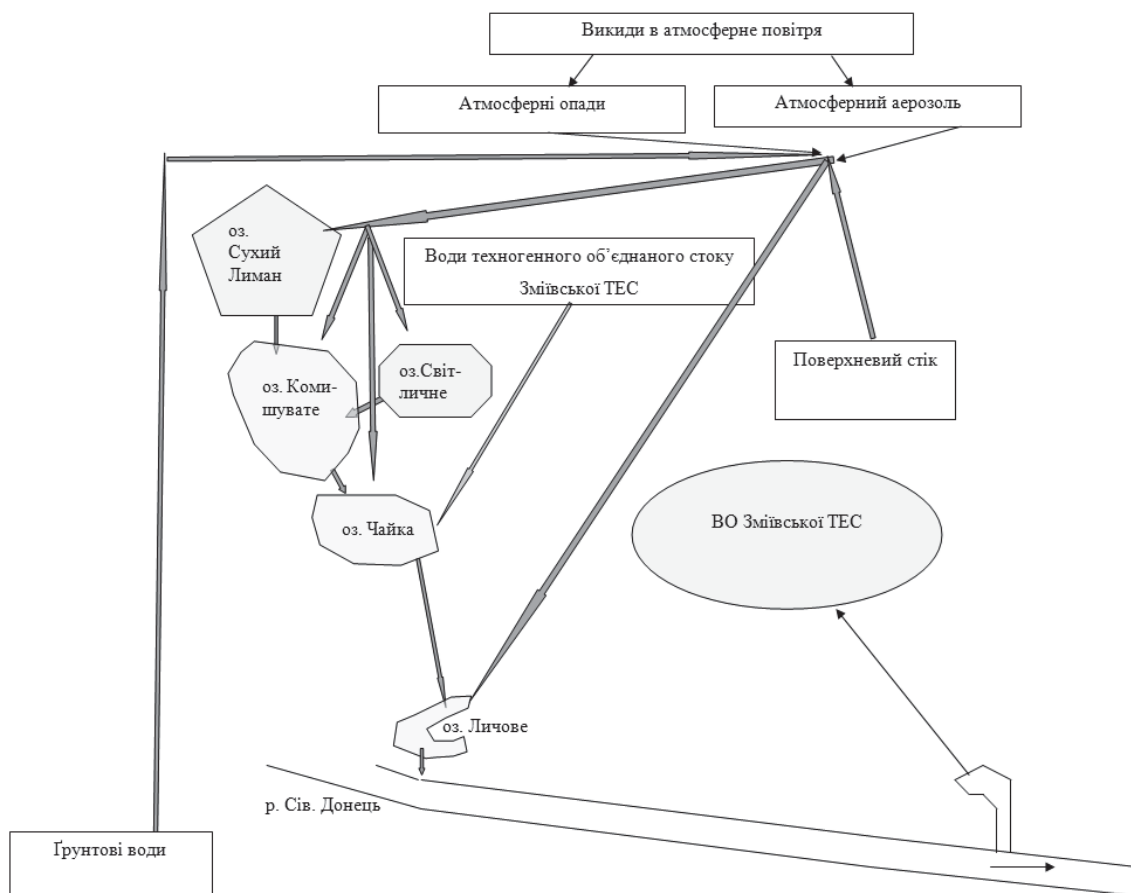


Рис. 2. Схема взаємозв'язків у системі «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець»

О.Ю. Астраханцевою [4], Ю.С. Медведєвою [5], А.М. Догановським [6] та ін.

**Метою** роботи є визначення водного та хімічного балансу озера Чайки, Личове та оцінка самоочищення досліджених озер на основі аналізу, проведеного за допомогою фізико-хімічної моделі системи «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець».

**Новизна.** «Озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець» – система з визначеними фізико-хімічними характеристиками, що пов'язана потоками речовин між водними об'єктами (рис. 2). Для визначення ролі впливу джерел забруднення озер Лиманської групи були проведені розрахунки балансу озер Чайки та Личове. Для загальної оцінки внеску джерел забруднення у формування гідрохімічного режиму озер та ділянки р. Сіверський Донець вперше виконано розрахунок масобалансу в системі «Озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець».

**Виклад основного матеріалу.** Розрахунок водного та хімічного балансу проведено за даними статистичної звітності Зміївської ТЕС 2ТП-водгосп, звітів УКРНДЦЕП та своїх досліджень за період 2016–2017 рр. Для балансових розрахунків використані дані якості води в таких моніторингових точках:

- оз. Комишувате – характеризує якість води, що надходить в оз. Чайки до впадання обвідного каналу золовідвалу;

- обвідний канал золовідвалу – характеризує якість води, що сформована стоками води очисних споруд смт. Слобожанське, фільтраційними водами золовідвалу та промливневими стоками ТЕС;

- оз. Личове – характеризує якість води, що надходить до р. Сіверський Донець після змішування всіх потоків в оз. Чайки, процесів розбавлення та біологічного самоочищення.

Водний баланс озер Лиманської групи системи «Озеро Чайка – озеро Личове» визначається процесами надходження та витратами води. На основі аналізу, проведеного за допомогою фізико-хімічної моделі системи «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець», був визначений водний та хімічний баланс озер Чайки та Личове. Розрахунки

проводилися за багаторічними даними хімічного складу води досліджених озер, об'ємами природного, техногенного та об'єднаного стоків.

Водний режим озера Чайки складається з притоку води з різних джерел і відтоку у результаті перетоку її в озеро Личове. Середньобагаторічні величини притоку води в озеро Чайки становлять (у тис. м<sup>3</sup> на рік): природний стік – 4 897,9; техногенний стік – 3 994,6. Тобто доля техногенного стоку становить 45%, а природного стоку – 55%. Середньобагаторічні дані щодо перекачування води в озеро Личове становлять 7 100 тис. м<sup>3</sup> на рік (табл. 1). Приток води в озеро Личове становить 7 815,6 тис. м<sup>3</sup>, а витратна частина – 6 788,1 тис. м<sup>3</sup>.

При визначенні масобалансу системи «Озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець» варто враховувати міграції та трансформації хімічних речовин в озерах, а саме середні багаторічні акумуляції речовин, що надходять в озера Чайки та Личове.

Розраховано хімічний баланс озера Чайки (1), т/рік

$$\sum m_{iпч} - \sum m_{iвч} = (m_{i1ч} + m_{i2ч}) - m_{i3ч}, \quad (1)$$

$m_{iпл/вл}$  – маса речовини в озері (2), т/рік.

$$m_{iпл/вл} = c * Q, \quad (2)$$

$c$  – концентрація речовин, мг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – витрата води, м<sup>3</sup>/рік;

$\sum m_{iпч}$  – прихідна частина водного балансу;

$\sum m_{iвч}$  – витратна частина водного балансу;

$m_{i1ч}$  – приток вод об'єднаного техногенного стоку Зміївської ТЕС (фільтраційні та переливні води золовідвалу, промзливові води Зміївської ТЕС, очищені господарсько-побутові стічні води с. Слобожанське та Зміївської ТЕС), що надходять до оз. Чайки;

$m_{i2ч}$  – приток вод природного стоку (надходження води із оз. Світличне, Сухий Лиман, Комишувате, а також поверхневого стоку з площі водозбору);

$m_{i3ч}$  – витрати води, що надходять з оз. Чайки до оз. Личове.

Розраховано хімічний баланс озера Личове (3), т/рік:

$$\sum m_{iпл} - \sum m_{iвл} = (m_{i1л} + m_{i2л}) - m_{i3л}, \quad (3)$$

$m_{iпл/вл}$  – маса речовини в озері (4), т/рік.

Таблиця 1

Водний баланс озер Лиманської групи

Прихідна частина водного балансу				Витратна частина водного балансу	
Об'єм техногенного стоку, тис.м <sup>3</sup>	Техногенний стік, %	Об'єм природного стоку, тис.м <sup>3</sup>	Природний стік, %	Випаровування, тис.м <sup>3</sup>	Скид стічних вод, тис.м <sup>3</sup>
Загальний об'єм стоку					
Озеро Чайка					
3994,6	45 %	4897,9	55 %	1792	7100
Озеро Личове					
7815,6				1028	6788,1

Таблиця 2

Середньобогаторічний склад хімічних речовин у потоках, що впадає в озеро Чайки, та витрати води, що поступають в озеро Личове

Компоненти хімічного балансу	Прихідна частина масобалансу			Витратна частина масобалансу	Різниця між притоком та витратами води, од.	Ступінь самоочищення, %
	Вміст речовин притоку озера Чайки, т/рік		Загальний вміст речовин, т/рік	Стік з оз. Чайки, що поступає до оз. Личове, т/рік		
	Води техногенного стоку Зміївської ТЕС	Приток природного стоку				
Сухий залишок	3531	2542	6037	7125,39	0,8	-
Хлориди (Cl)	304	253,8	558	563,85	0,9	-
Азот амонійний (N-NH <sub>4</sub> )	1,6	2,64	4,24	3,15	1,3	0,25
Сульфати (SO <sub>4</sub> )	960,7	190,5	1151,2	2258,35	0,5	-
Фосфати (PO <sub>4</sub> )	5,7	1,37	7,07	10,69	0,6	-
Легкоокислювані речовини за БСКпов	23	19,42	42,42	45,57	0,9	-
Нітрити (NO <sub>2</sub> )	0,42	0,34	0,76	0,83	0,9	-
Нітрати (NO <sub>3</sub> )	13,7	9,25	22,95	24,65	0,9	-
Зважені речов.	42	46,28	88,28	114,66	0,7	-
Нафтопродукти	0,15	0,83	0,98	0,47	2,08	0,52
Залізо (Fe)	0,58	0,97	1,55	1,16	1,3	0,25
СПАР	0,37	1,12	1,49	1,77	0,8	-
ХСК	156	260,12	416,12	340,84	1,2	0,18

Таблиця 3

Середньобогаторічний склад хімічних речовин у воді, що потрапляє в озеро Личове, та витрати води, що надходять у річку Сіверський Донець

Компоненти хімічного балансу	Прихідна частина масобалансу	Витратна частина масобалансу	Різниця між притоком та витратами води, од.	Ступінь самоочищення, %
	Загальний вміст речовин притоку озера Личове, т/рік	Стік з оз. Личове, що поступає до р. Сіверський Донець, т/рік		
Сухий залишок	7843,35	6103,35	1,2	22
Хлориди (Cl)	620,66	512,95	1,2	17
Азот амонійний (N-NH <sub>4</sub> )	3,47	2,86	1,2	18
Сульфати (SO <sub>4</sub> )	2485,89	1708,42	1,4	31
Фосфати (PO <sub>4</sub> )	11,77	9,57	1,2	19
Легкоокислювані речовини за БСКпов	50,16	29,57	<b>1,6</b>	<b>41</b>
Нітрити (NO <sub>2</sub> )	0,91	0,70	1,3	23
Нітрати (NO <sub>3</sub> )	27,13	23,30	1,2	14
Зважені речов.	126,21	78,46	<b>1,6</b>	<b>38</b>
Нафтопродукти	52	0,41	1,2	21
Залізо (Fe)	1,28	1,09	1,2	15
СПАР	1,95	0,61	<b>3,2</b>	<b>69</b>
Забруднюючі речовини за ХСК	375,18	267,13	1,4	29

$$m_{\text{плл/вл}} = c * Q, \quad (4)$$

$c$  – концентрація речовин, мг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – витрата води, м<sup>3</sup>/рік;

$\sum m_{\text{плл}}$  – прихідна частина водного балансу;

$\sum m_{\text{влл}}$  – витратна частина водного балансу;

$m_{1\text{пл}}$  – приток вод з оз. Чайка до оз. Личове;

$m_{2\text{ч}}$  – приток природного стоку в оз. Личове (надходження поверхневого стоку з площі водозбору);

$m_{3\text{л}}$  – витрати води, що надходять з оз. Личове до р. Сіверський Донець.

У зоні впливу Зміївської ТЕС оз. Чайка відіграє важливу роль, приймаючи природні та техногенні води, їх доочистки на природному озерному «біоплато», а також у захисті р. Сіверський Донець від забруднення можливими аварійними скидами електростанції. В таблиці 2 були відображені фактичні зміни вмісту хімічних речовин об'єднаного та природного стоку, після його проходження через озеро Чайки.

Згідно з розрахованим хімічним масобалансом озера Чайка, варто зазначити, що значення компонентів хімічного балансу техногенного стоку вищі від природного за сухим залишком (3 531 т/рік), хлоридами (304 т/рік), сульфатами (960,7 т/рік), фосфатами (5,7 т/рік), нітритами (0,42 т/рік), нітратами (13,7 т/рік) та за значенням БСКпов (23 т/рік), а нижчі – за азотом амонійним (1,6 т/рік), зваженими речовинами (42 т/рік), нафтопродуктами (0,15 т/рік), залізом (0,58), СПАР (0,37 т/рік) та за значенням ХСК (156 т/рік). Головним фактором більшого притоку хімічних компонентів зважених речовин, заліза, азоту амонійного, СПАР та нафтопродуктів, на відміну від техногенного стоку, є неорганізований скид господарсько-побутових стічних вод, неконтрольоване застосування добрив стік, що поступає в озеро Комишувате з вище розташованих озер (Світличне, Сухий Лиман). Головною причиною більшого вмісту речовин у техногенному стоці є надходження в озеро Чайки промзливових, стічних вод та вод золівдвалу Зміївської ТЕС. Особливо треба зазначити вплив золівдвалу Зміївської ТЕС на вміст сульфатів у водах техногенного стоку [7].

Згідно з проведеним аналізом виявлено різницю між притоком води, що надходить до озера Чайки, та витратами води в озері Чайки, що перетікає до озера Личове, за деякими хімічними показниками. Витратна частина масобалансу озера Чайка менша у 2–3 рази, порівняно з притоком, за такими речовинами, як залізо, азот амонійний, нафтопродукти та значенням ХСК. Така зміна вмісту хімічних речовин у притоці та витратах в озері пояснюється тим, що в озері Чайка проходять процеси самоочищення, але дуже слабо (до 2%). При проходженні через зарості рослин маса речовин техногенного стоку зменшується шляхом осадження зважених речовин на їх вегетативних органах і поглинання в процесі метаболізму [8–11]. Варто зауважити, що у донних

відкладеннях озера Чайки накопичуються відмерлі компоненти біотичної складової частини екосистеми і деякі речовини адсорбуються, що зменшує масо перенесення речовин до озера Личове [12].

Самоочищення об'єднаного стоку в озері Чайка за хімічними компонентами, такими як сухий залишок, хлориди, сульфати, фосфатами, нітрити, нітрати, зважені речовини, СПАР та БСКпов не відбувається. У місці впадіння каналу в озеро через різке падіння швидкості води в озері накопичуються зважені речовини. Обстеження озера Чайка показало, що вода, що надходить до озера з обвідного каналу золівдвалу, знаходиться в озері незначний час. Витікаючи з каналу, потік відразу повертає і практично по прямій надходить у підвідний канал насосної станції. Тобто в озері не відбувається повноцінного самоочищення води, оскільки об'єднаний стік, що надходить по обвідному каналу золівдвалу, має занадто малий час перебування в озері Чайка для повного перемішування з природним стоком і біологічного самоочищення [13].

Варто зазначити високу різницю між вмістом притоку води за сульфатами та їх витратами в озері Чайки. Тобто витрати води за сульфатами в 2 рази вищі за їх приток. Це можна пояснити впливом ґрунтових вод та викидів Зміївської ТЕС на хімічний баланс озер Лиманської групи. Був встановлений значимий кореляційний зв'язок 0,93 між викидами сірки Зміївської ТЕС та зміною хімічного складу сірки в озері Личове.

Варто взазначити, що внаслідок активних біоседиментаційних процесів донні відклади стали потужним додатковим джерелом надходження біогенних речовин та сульфатів у воду. Згідно з проведеними дослідженнями, вміст сполук азоту (нітритів), фосфору в донних відкладеннях озера Чайки на порядок перевищує їхній вміст у воді [14]. У період розвитку відновлювальних умов в озері при рН 7,8 і менше відбувається вихід окремих біогенних речовин, а також сульфатів із донних відкладень. Цей процес призводить до збільшення масовиносу хімічних речовин з озера Чайки в озеро Личове.

Стосовно притоку вод з озера Чайки до озера Личове варто зауважити, що різниця між притоком та витратами води за дослідженими компонентами хімічного балансу незначна, окрім таких речовин, як зважені речовини, СПАР та БСКпов. Треба зазначити, що у місці скиду води, що перекачується з озера Чайки по трубопроводу, спостерігається перенасичення води киснем. Для екосистеми озера Личове наявність аераційної зони є позитивним моментом, оскільки це сприяє інтенсифікації гідробіологічних та фізико-хімічних процесів деструкції органічної речовини. Але з проведеного аналізу ми можемо сказати, що в озері Личове процес самоочищення проходить слабо (від 14% до 30%), окрім притоку за такими компонентами, як зважені речовини, СПАР, а також за значенням БСК (від 30% до 60%).

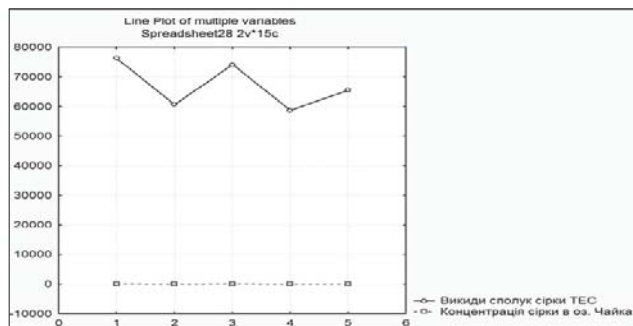


Рис. 3. Вплив викидів сірки Зміївської ТЕС на вміст сірки в озері Личове

**Висновки і перспективи подальших досліджень у цьому напрямі.** Згідно з проведеним аналізом водного балансу можна зробити висновок, що прихідна частина водного балансу техногенного стоку менша на 10% від природного стоку. Проведені дослідження дали змогу виявити особливості формування масобалансу озер Чайки та Личове. При визначенні масобалансу системи «Озеро Чайка – озеро Личове» було встановлено, що в озері Чайки більшість хімічних компонентів витрат води переважають над притоком води. Насамперед, це пов'язано з неврахованим фактором при розрахунку водного балансу, а саме осідання хімічних речовин в озеро Чайки з викидами в атмосферу. Цей фактор було підтверджено значимим кореляційним зв'язком. Також вплив ґрунтових вод може вплинути на зміну притоку води в озері. Найбільші значення вмісту

хімічних компонентів, таких як сульфати та фосфати, визначаються в техногенному стоці оз. Чайка. Встановлено, що лише концентрація води за нафтопродуктами, яка поступає до оз. Личове з оз. Чайка, менша в 2 рази, порівнюючи з притоком води, так, як техногенний стік, що надходить по обвідному каналу золотидвалу, має занадто малий час перебування в озері Чайки для повного перемішування з природним стоком і біологічного самоочищення. В наявних умовах роль оз. Чайки в поліпшенні якості води об'єднаного стоку Зміївської ТЭС незначна.

Що стосується оз. Личове, то проведений аналіз показав, що екосистема озера бере участь у зменшенні концентрацій деяких хімічних речовин (відмічено СПАР) скидних вод об'єднаного стоку Зміївської ТЭС. Внаслідок процесів самоочищення в озері до р. Сіверський Донець потрапляє вода зі зменшеними концентраціями. Озеро Личове як «біоплато» доочищення в паводковий сезон затоплюється водою р. Сіверський Донець, і тому дуже важливим є питання доочистки техногенного стоку в озері Чайки методом інтенсифікації процесів самоочищення.

Таким чином, розрахований хімічний баланс озер Лиманської групи та оцінка самоочищення досліджених озер на основі аналізу, проведеного за допомогою фізико-хімічної моделі системи «озеро Чайка – озеро Личове – річка Сіверський Донець», можна розглядати як модельний об'єкт для подальших більш масштабних і складних водно-господарських комплексів.

### Література

1. Нежиховский Р.А. Гидрологические расчёты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 191 с.
2. Викулина З.А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза. Л., Гидрометеиздат, 1979. 173 с.
3. Васенко О.Г. Комплексні експедиційні дослідження екологічного стану водних об'єктів басейну р. Уди (суббасейну р. Сіверський Донець) / О.Г. Васенко, М.Л. Лунгу, Ю.А. Ільєвська, О.В. Клімов та ін. / Під ред. О.Г. Васенко. Х.: ВД «Райдер», 2006. С. 66–74.
4. Астраханцева О.Ю., Чудненко К.В., Глазунов О.М. Химический баланс Южного резервуара оз. Байкал. Вестник ИрГТУ. 2011. № 8 (55). С. 16–28.
5. Медведева Ю.С. Методика розрахунку складових водного балансу озера Китай. НЗ «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія» / КНУіТШ 2014. Т. 4. С. 35.
6. Догановский А.М., Нестерева М.И. Водный баланс и внешний водообмен озер Якутии. Ученые записки. СПб.: РГГМУ, 2015. № 3 (40). С. 15–30.
7. Карлюк А.А. Особливості формування гідрохімічного складу вод оз. Камишувате та оз. Чайки під впливом діяльності Зміївської ТЭС Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції. Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Харків, 21 квіт. 2017 р.). Том II / ГО «Регіонал. Центр наук.-техніч.розвитку», Харків. держ. наук. б-ка ім. В.Г. Короленка; укладач: І.В. Бондаренко. Київ: «Інтерсервіс», 2017. С. 64–68.
8. Мережко А.И. Роль высших водных растений в самоочищении водоемов. Гидробиол. журн. 1973. Т. 9. № 4. С. 118–125.
9. Кадукин А.И., Красинцева В.В., Романова Г.И., Тарасенко Л.В. Аккумуляция железа, марганца, цинка, меди и хрома у некоторых водных растений. Гидробиол. журн. 1982. Т. 18. № 1. С. 79–82.
10. Щепаньски А.О макрофитах озер и их роли в круговоротах веществ. Гидробиол. журн. 1977. Т. 13. № 6. С. 23–27.
11. Hobbie J.E. A new method for the study of bacterie in lakes: description and resilt. Mitt.Int.Verein.Limnol., 1968, 14, P. 64–71.
12. Коншин В.Д. Формы азота в озерных иловых отложениях. Труды лимнологич. общ. в Косине. 1934. Вып. 17. С. 29.
13. Мониторинг состояния гидроценозов в зоне влияния Змиевской ТЭС на примере озера Чайки / А.Г. Васенко, Н.В. Старко, Л.Ф. Глушенко та інші. Вестник БГТУ. 2004. № 8, ч. III. С. 39–41.
14. Koike I., Wada E., Tsuji T., Hattori A. Studies on denitrification in a brackish lake. Arch.Hydrobiol. 1972. Bd. 69. N 4, S. 508–520.