

ДООЧИЩЕННЯ ОБ'ЄДНАНОГО СТОКУ ЗМІЇВСЬКОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СТВОРЕННЯ ГІДРОСПОРУДЖЕННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТА ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ САМООЧИЩЕННЯ ОЗЕРА

Васенко О.Г., Карлюк А.А.

Науково-дослідна установа

«Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

вул. Бакуліна 6, 61166, м. Харків

alexandr.vasenko@gmail.com

karluk93_93@ukr.net

Проведені моніторингові дослідження стану озер Лиманської групи (Світличне, Сухий Лиман, Комишувате, Чайка, Личове) та ділянок басейну Сіверського Донця в районі с. Черкаський Бишкін униз за течією до смт Червоний Донець (Харківська область, Зміївський р-н), визначені основні забруднюючі речовини якісного складу вод. Запропонована вдосконалена схема доочищення на біоплато озера Чайки з використанням резерву його асиміляційної здатності, створеного завдяки вищій водній рослинності та зооценозу, для доочищення об'єднаного стоку перед випуском у річку Сіверський Донець. *Ключові слова:* озера Лиманської групи, моніторингові дослідження, техногенний стік, самоочищення озера, річка Сіверський Донець, екологічна безпека.

Доочистка объединенного стока Змиевской теплоэлектростанции с помощью создания гидросооружения как элемента интенсификации процесса самоочищения озера. Васенко А.Г., Карлюк А.А. Проведены мониторинговые исследования состояния озер Лиманской группы (Светличное, Сухой Лиман, Камышеватое, Чайка, Лычевое) и участка бассейна Северского Донца в районе с. Черкасский Бишкін вниз по течению до пгт Червоний Донець (Харьковская область, Змиевской р-н), определены основные загрязняющие вещества качественного состава вод. Предложена усовершенствованная схема доочистки на биоплато озера Чайки с использованием резерва его ассимиляционной способности, созданного за счет высшей водной растительности и зооценоза, для доочистки объединенного стока перед выпуском в реку Северский Донець. *Ключевые слова:* озера Лиманской группы, мониторинговые исследования, техногенный сток, самоочищение озера, река Северский Донець, экологическая безопасность.

Polishing of the Zmiivska thermal power station by creating of hydro power system as an element of the intensification of the lake self-cleaning process. Vasenko O., Karliuk A. The monitoring studies of the lakes of Inundative group are conducted: Svetlichnoye, Sukhoy Liman, Kamyshevatoe, Chaika, Lychovoe and a section of the Seversky Donets basin in the area of Cherkas'kyi Byshkyn downstream to with Chervonyi Donets (Zmiev district, Kharkiv region) and main pollutants of the qualitative composition of water are identified. The proposed scheme of polishing of in the lake Chaika is improved, using the reserve of lake assimilation capacity, creating at the expense of aquatic higher plants and zoocenosis, for polishing before release into the Seversky Donets River. *Key words:* lakes of Inundative group, monitoring studies, sewage water, lake self-cleaning, Seversky Donets River, environmental safety.

Постановка проблеми. Під час ухвалення водоохоронних рішень спрямованих на забезпечення стійкого екологічного стану водних об'єктів, попередження погіршення якості води, необхідні знання про функціонування та зміну водних екосистем під впливом антропогенних та природних чинників.

До водних об'єктів, що підпадають під вплив Зміївської теплоелектростанції (далі – ТЕС) передусім належать: річка Сіверський Донець на ділянці від с. Черкаський Бишкін униз за течією до пгт Червоний Донець, ставок-охолоджувач ТЕС, обвідний дренажний канал золівдвалу ТЕС, озера Світличне, Сухий Лиман, Комишувате, Чайка, Личове. Озера системи поєднані між собою природними протоками: оз. Комишувате – оз. Чайка; штуч-

ними протоками: оз. Чайка – оз. Личове; оз. Личове – р. Сіверський Донець. На формування хімічного складу озер Світличне, Сухий Лиман, Комишувате, Чайка, Личове впливає потрапляння забруднюючих речовин із викидами Зміївської ТЕС, поверхневим стоком із водозбору та ґрунтовими водами. Крім того, об'єднаний стік озера Чайки формується природними та техногенними стоками (стічні води с. Слобожанське, промливневі стоки та води золівдвалу Зміївської ТЕС). Техногенний стік, на відміну від природного, вносить в озера багато біогенних, органічних, зважених та інших сполук [1–2], що підтверджує необхідність проведення постійних моніторингових досліджень та ухвалення водоохоронних рішень.

Сьогодні розбавлення техногенного стоку водою озера Чайки природним стоком (що надходить з ур. Комишувате) не є достатньо ефективним. Це пов'язано із впливом таких чинників: техногенний стік, що надходить обвідним каналом золовідвалу, має занадто малий час перебування в озері для повного перемішування із природним стоком і біологічного самоочищення. Вода, що надходить обвідним каналом золовідвалу в озеро Чайку, далі йде на найменшій відстані від лівого берега каналу до початку підвідного каналу насосної станції уздовж східного берега озера. Про це свідчить слабка течія та регулярна поява суцільного килима плаваючих нитчастих водоростей [1].

Актуальність дослідження. За наявності активного антропогенного навантаження на озеро Чайку стає все більш актуальною проблема забезпечення здатності екосистеми озера зберігати свою структуру і функціональні властивості. Скидання очищених стічних вод в озеро призводить до порушення стійкості його екологічного стану. Сьогодні необхідно відновлювати власну систему біологічного самоочищення озера з використанням резерву асиміляційної здатності природного біологічного плато, створеного завдяки вищій водній рослинності (очерету звичайного, рогозу широколистяного), для доочищення об'єданого стоку перед випуском у річку Сіверський Донець.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню впливу Зміївської ТЕС на водойму-охолоджувач присвячено низку практичних робіт [4–7]. Відомості про рівень антропогенного навантаження на озера Лиманської групи, розташовані в районі Зміївської ТЕС, та розроблення заходів для забезпечення екологічного благополуччя озер практично відсутні. Проведено детальний аналіз літературних даних стосовно конструктивних рішень інтенсифікації процесів самоочищення озер [8–12].

Метою роботи є проведення моніторингових досліджень озер Лиманської групи, р. Сіверський Донець та розроблення заходів із забезпечення інтенсифікації процесів самоочищення озера Чайки для доочищення об'єданого стоку перед скидом його в річку.

Виклад основного матеріалу. Результати обстежень екологічного стану озер Лиманської групи, проведені у 2016–2018 рр., дозволяють зафіксувати загальну картину їх забруднення та дослідити процеси їх біологічного самоочищення. Дослідження якості води озер Лиманської групи та ділянки р. Сіверський Донець виконано в таких моніторингових точках: оз. Сухий Лиман, оз. Світличне, оз. Комишувате, оз. Чайка (об'єднаний стік), оз. Чайка (насосна станція), оз. Личове, р. Сіверський Донець (с. Черкаський Бишкін), р. Сіверський Донець (пгт Червоний Донець). Середньорічні значення показників якості води в розглянутих пунктах контролю наведені в таблицях 1, 2.

Аналіз даних якісного складу вод озер Лиманської групи та ділянки р. Сіверський Донець показав, що основними забруднюючими речовинами є: органічні сполуки, біогенні речовини, сульфати та важкі метали [13]. Виявлено, що наявний резерв асиміляційної здатності природного біологічного плато оз. Чайки не використовується для доочищення об'єданого стоку перед випуском у р. Сіверський Донець.

Під час вибору водоохоронних заходів ми схилиємося до «м'якого» перетворення природних комплексів і конструювання штучних екосистем на екологічних принципах, властивих живій природі [14].

До очисних споруд, які використовують біологічні процеси самоочищення, відносяться біоплато, ботанічні площадки (гідроботанічні майданчики), ставки-фільтри, біологічні ставки з посадками вищих водних рослин, фільтраційні пристрої, штучні субстрати, біоінженерні споруди регулювання якості води та ін.

Аналіз літературних даних показав, що одним з ефективних методів очищення води є біологічний, що являє собою інфільтраційні басейни з посадками вищих водних рослин (далі – ВВР). Основним компонентом штучно сформованого біоценозу цих споруд є ВВР, бактерії, гриби, актиноміцети, безхребетні, водорості та продукти їхньої життєдіяльності. Всі вони беруть участь у біологічному самоочищенні води від зважених речовин (91–97%), біогенних (73–96%) та органічних речовин (69–93%), заліза (до 58,4%), сульфатів (33%), хлоридів (до 77%) [15–17].

Розглянуто низку технічних рішень штучних субстратів, що споруджуються у водоймах і водотоках для формування біоценозів. Технічні рішення можуть слугувати аналогами тих біотопів, які стануть основою субстратів для спрямованого формування біоценозів. Ефективність вилучення біогенів із води розвиненим перефітоном становить 90–97%, БСК₅ – 97%, ХСК – 87%, зважених речовин – 71% [18–19].

На підставі аналізу літературних даних, а також результатів власних досліджень пропонується вдосконалена схема доочищення (рис. 1) об'єданого техногенного стоку Зміївської ТЕС і сел. Слобожанське на біоплато, що використовує природний процес самоочищення наявного біоценозу акваторії озера Чайки.

Запропоновано створення в зазначеному озері неглибокого ковша з метою перехоплення об'єданого техногенного стоку. Перед струєроздільною дамбою заплановано побудувати нафтоловушку, щоб перехоплювати залпові скиди нафтопродуктів, що потрапляють в об'єднаний стік обвідного каналу. За нафтоловушкою передбачається створення струєроздільної дамби, що сприятиме зменшенню швидкості потоку об'єданого техногенного стоку, збільшенню площі плавного розтікання потоку, а також більш ефективному використанню самоочисної здатності озера. Після струєроздільної

Таблиця 1

Середньорічні значення показників якості води в р. Сіверський Донець, мг/дм³ (2016–2017 рр.)

Пункт контролю	рН	ХПК	БПК ₅	N – NO ₂	N – NO ₃	N – NH ₄	PO ₄	Cl	SO ₄	Сухий залишок	Fe	Mg	Zn
ГД Кр. г.	6,5–8,5	50	3	0,02	9	0,5	0,7	300	100	1 000	0,1	0,01	0,01
ГД Кк. п.	6,5–8,5	15–30	2,3–4,5	1	10		1,2	350	500	1 000	0,3	0,1	1
Р. Сіверський Донець (с. Черкаський Бишкін)	мін.	28	1	0,01	0,4	0,2	1,8	55	92	498	0,1	0,1	<0,01
	макс.	62	5,6	0,4	1	0,5	2,1	69	225	630	0,2	0,2	<0,01
	середн.	43	2,4	0,03	0,9	0,3	1,9	63	134	566	0,2	0,1	<0,01
Р. Сіверський Донець (сміт Червоний Донець)	мін.	10	1,4	0,01	0,6	0,2	1,7	55	75	519	0,1	0,04	<0,01
	макс.	56	2,1	0,04	1,1	0,7	2,2	69	162	610	0,3	0,2	<0,01
	середн.	38	1,7	0,03	0,9	0,4	1,9	64	133	570	0,2	0,1	<0,01

Таблиця 2

Середньорічні значення показників якості води озер Лиманської групи, мг/дм³ (2016–2017 рр.)

Пункт контролю	рН	ХПК	БПК ₅	N – NO ₂	N – NO ₃	N – NH ₄	PO ₄	Cl	SO ₄	Сухий залишок	Fe	Mg	Zn
ГД Кр. г.	6,5–8,5	50	3	0,024	9,1	0,5	0,70	300	100	1 000	0,1	0,01	0,01
ГД Кк. п.	6,5–8,5	15–30	2,26–4,5	1	10,2		1,17	350	500	1 000	0,3	0,1	1
Світличне	мін.	51	2,9	0,01	1	0,4	0,05	562	264	2 070	0,06	0,01	0,03
	макс.	309	12,7	0,03	2,3	2,5	1,7	980	785	3 300	0,23	0,27	0,1
	середн.	8,4	6,7	0,01	1,4	1,55	1,2	808	295	2 800	0,12	0,09	0,05
Сухий Лиман	мін.	79	1,76	0,004	0,4	0,38	0,02	11	4	281	0,6	0,03	0,01
	макс.	161	5,2	0,03	0,7	0,71	0,23	20	25	339	1,6	0,7	0,09
	середн.	110	3,17	0,007	0,5	0,55	0,06	15,37	5	322	0,8	0,35	0,04
Комишувате	мін.	60	0,004	0,008	1,6	0,39	0,01	62	20	465	0,05	0,01	0,02
	макс.	192	0,03	1	9,2	0,88	0,26	165	46	720	0,2	0,07	0,04
	середн.	8	3,9	0,5	0,6	0,55	0,09	112	38	581	0,12	0,04	0,03
Чайка (об'єднаний стік)	мін.	14	0,8	0,007	0,4	0,15	1,6	80	168	670	0,2	0,13	<0,01
	макс.	72	2,8	0,04	1,1	0,4	2,3	118	360	930	0,3	0,27	<0,01
	середн.	40	1,8	0,02	0,9	0,26	2,04	94,5	208	813	0,3	0,18	<0,01
Чайка (насосна станція)	мін.	38	6,08	0,004	0,05	0,18	0,13	92	208	810	0,05	0,2	0,01
	макс.	149	13,4	0,03	1,2	2,28	0,37	115	731	940	0,36	0,4	0,03
	середн.	8,8	8,4	0,01	0,7	0,83	0,26	104	269	865	0,27	0,3	0,03
Личове	мін.	4	4,6	0,01	0,4	0,3	0,15	7,6	238	710	0,07	0,14	0,01
	макс.	154	16,9	0,09	1	2,6	1,94	108	420	860	0,65	0,72	0,11
	середн.	8,5	9,9	0,03	0,6	1,2	0,3	197	281	765	0,38	0,3	0,04

дамби починається саме біоплато, обмежене з південного боку струеспрямувальною дамбою, з північного – огорожувальною дамбою, із заходу воно закінчується гирловим біоплато. Як доочистку рекомендується використовувати перефітон, який обростатиме струеспрямувальну дамбу. На основі проведених гідробіологічних досліджень рекомендований видовий склад перефітону за основними представниками: *Lymnaea stagnalis*, *Lymnaea ovate*, *Viviparus viviparus*, *Bithynia tentaculata*, *Physa acuta*, *Planorbis planorbis*.

З огляду на практику впровадження й експлуатації біоплато в Україні та інших країнах, на їхню ефективність, можна припустити, що об'єднаний техногенний стік, пройшовши біоплато, всю акваторію оз. Чайки, піддається фізико-хімічним і біохімічним впливам. У результаті процесів очищення частина речовин видаляється у вигляді газів (CO_2 , N_2 , H_2 , CH_4 , H_2S), інша – в розчиненому стані з очищеною рідиною, третя – з фітомасою ВВР, біомасою бактерій і водоростей, частина речовин залишається в озері і використовується рослинами для подальшого розвитку. Додатковим агентом очищення буде слугувати фільтраційна здатність перефітону (біофільтратори), що забезпечуватиме інтенсивне зменшення зважених органічних речовин.

Якщо спиратися на літературні дані, то під час впровадження технічних рішень, спрямованих на інтенсифікацію біологічних процесів самоочищення озера, можна досягти зниження таких концентрацій забруднюючих речовин: зважених речовин – на 91–97%, органічних речовин – на 69–97%, біогенних

речовин – на 73–97%, сульфатів – на 33%, хлоридів – на 77%, заліза – на 58%.

Пропонується розрахунок параметрів гідротехнічного спорудження для поліпшення умов розбавлення та біологічного самоочищення. Найважливішою характеристикою для визначення конструкції та параметрів гідротехнічної споруди є мінімально необхідний час контакту води, що піддається очищенню, з біогеоценозом. Тому необхідно визначити час проходження вод об'єданого техногенного стоку Q з обвідного каналу через біоплато. Для розрахунку бралися такі дані:

- витрата вод техногенного стоку – 3 994,6 тис. $\text{м}^3/\text{рік}$, або $0,12 \text{ м}^3/\text{с}$;
- довжина БІС – 1 250 м;
- довжина струероздільної дамби – 220 м;
- висота фільтруючого шару води на біоплато влітку – 0,4 м;
- висота фільтруючого шару води на біоплато взимку – 0,9 м.

Розрахунки проводилися з урахуванням витрат вод техногенного стоку Q , який залишається рівним в одиницю часу до та після надходження до біоплато, якщо вважати, що баланс до та після струероздільної дамби вже встановився.

Оскільки

$$V_1 \times S_1 = Q_1, \quad (1)$$

$$V_2 \times S_2 = Q_2, \quad (2)$$

де: Q_1 – усереднені витрати об'єданого техногенного стоку до біоплато; Q_2 – усереднені витрати об'єданого техногенного стоку після біоплато;

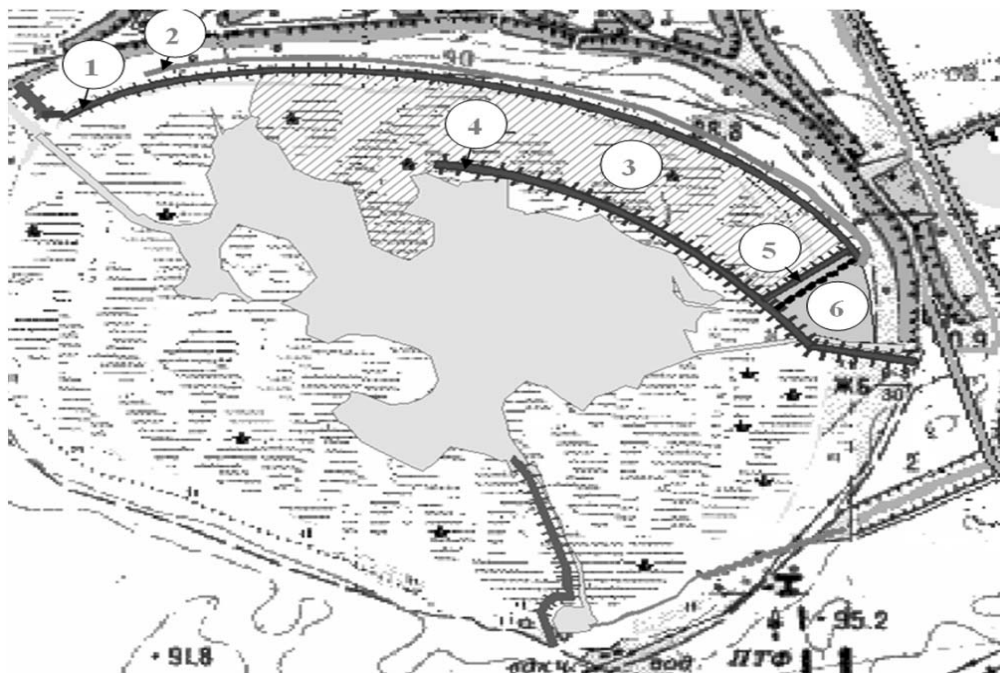


Рис. 1. Гідроспоруда як елемент інтенсифікації процесу самоочищення озера
1 – дренажний канал, 2 – огорожувальна дамба, 3 – біоплато, 4 – струменевоспрямувальна дамба, 5 – струменевороздільна дамба, 6 – коши об'єданого техногенного стоку

V_1 – швидкість об'єданого техногенного стоку вимірюваної ділянки обвідного каналу; V_2 – швидкість проходження об'єданого техногенного стоку вимірюваною ділянкою біоплато; S_1 – площа перетину в обвідному каналі; S_2 – площа перетину в біоплато.

Оскільки

$$V_1 = \frac{L_1}{t_1} \quad (3)$$

$$V_2 = \frac{L_2}{t_2} \quad (4)$$

де: L_1 – довжина вимірюваної ділянки обвідного каналу; L_2 – довжина вимірюваної ділянки біоплато; t_1 – час проходження об'єданого техногенного стоку вимірюваною ділянкою обвідного каналу; t_2 – час проходження об'єданого техногенного стоку всією площею біоплато, то отримуємо для Q_1 і Q_2 :

$$Q_1 = L_1 \times \frac{S_1}{t_1} \quad (5)$$

$$Q_2 = L_2 \times \frac{S_2}{t_2} \quad (6)$$

Виходячи з того, що:

$$Q_1 = Q_2 = Q, \quad (7)$$

де Q – усереднені витрати об'єданого техногенного стоку, що залишаються рівними в одиницю часу до і після надходження в біоплато, маємо:

$$t_2 = \frac{L_2 \times S_2}{Q} \quad (8)$$

Отримуємо:

$$t_2 = \frac{(1250 * 220 * 0,4)}{0,12} = 916667 \text{ с} = 11 \text{ діб.}$$

Отже, розрахунковий час проходження води через біоплато влітку становить у середньому $t_2 = 11$ діб.

Вихідні дані для проектування:

– усереднені витрати об'єданого техногенного стоку – $0,12 \text{ м}^3/\text{с}$;

– довжина струменевоспрямувальної дамби – 1250 м ;

– довжина струменевороздільної дамби – 220 м ;

– довжина захисної дамби – 1850 м ;

– довжина дренажного каналу – 1650 м ;

– середня ширина біоплато – 220 м ;

– площа біоплато – 30 га ;

– швидкість течії на вході в біоплато – $0,0486 \text{ м/с}$;

– середня швидкість потоку в біоплато – $0,00193 \text{ м/с}$;

– час проходження потоку через біоплато (влітку) – 11 діб.

Висновки і перспективи подальших досліджень в цьому напрямі. Аналіз якісного складу вод озер Лиманської групи та ділянки р. Сіверський Донець показав, що основними забруднюючими речовинами є: органічні сполуки, біогенні речовини, сульфати та важкі метали. Проведені дослідження свідчать про те, що в сучасних умовах роль озера Чайки в поліпшенні якості води техногенного стоку Зміївської ТЕС незначна. Запропонована вдосконалена схема доочищення на біоплато озера Чайки, що включає в себе природний біоценоз. Основним агентом біологічної очистки стічної води, що поступає до озера Чайки, в акваторії інтенсивного самоочищення є мікрофлора на ВВР, що забезпечує високу інтенсивність деструкційних процесів органічної речовини. Додатковим агентом очищення є фільтраційна здатність зооценозу, що забезпечує інтенсивне зменшення зважених органічних речовин. Схема доочищення не потребує значних експлуатаційних витрат, проста в будівництві й обслуговуванні. У разі впровадження технічних рішень, спрямованих на інтенсифікацію біологічних процесів самоочищення озера Чайки, можна досягти зниження концентрації забруднюючих речовин: зважених речовин – на $91\text{--}97\%$, органічних речовин – на $69\text{--}97\%$, біогенних речовин – на $73\text{--}97\%$, сульфатів – на 33% , хлоридів – на 77% , заліза – на 58% .

Література

1. О мониторинге состояния окружающей среды в районе размещения Змиевской ТЭС / А. Васенко, В. Ермоленко, В. Лысенков и др. Экология: образование, наука, промышленность и здоровье: материалы II Международ. научно-практ. конфер. (Белгород, 2004 г.): сб. науч. ст.: в 2-х т. Белгород: НИ «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова», 2004. Ч. III. С. 39–43.
2. Колісник А. Моніторинг водних об'єктів в зоні розташування теплових електростанцій. Безпека життєдіяльності: тези доповідей Науково-методичної конференції (Харків, 11–14 листопада 2005 р.). Харків, 2005. С. 81
3. Васенко А., Мовчан Л. Гидробиологический и гидрохимический режимы водоема-охладителя Змиевской ГРЭС – оз. Лиман. Энергетика и экология: тезисы докладов к II Всес. научно-технич. совещанию, М., 1982.
4. Васенко А., Волерман И. Антропогенная сукцессия сообщества макрофитов озера Лиман. Состояние и перспективы развития методологических основ химического и биологического мониторинга поверхностных вод суши: тез. докл. на XXIX Всес. гидрохимич. совещ. Т. III. Ростов-на-Дону, 1987.
5. Васенко А., Старко Н., Ермоленко В. и др. Влияние донных отложений на гидрохимический режим водоема-охладителя Змиевской ГРЭС. Состояние и перспективы развития методологических основ химического и биологического мониторинга поверхностных вод суши: тез. докл. XXIX Всес. гидрохимич. совещ. (Ростов-на-Дону, 28–30 окт. 1987 г.). Ростов-на-Дону, 1987, Т. I. С.115–116.
6. Васенко О. Екологічні основи водоохоронної діяльності в теплоенергетиці. Бібліотека журналу ІТЕ. Т. 1. Харків: УкрНДІЕП, 2000. 243 с.
7. Магмедов В., Захарченко М., Чепурно І. та ін. Посібник до застосування водоохоронних біоінженерних споруд (БІС) для очищення немінералізованих забруднених вод сільськогосподарського виробництва України. Харків, 1993. 17 с.
8. Магмедов В., Захарченко М., Яковлева Л. та ін. Патент України № 7705. Споруда для біологічної очистки стічних вод. 1995 р.

9. Яковлева Л., Магмедов В. та ін. Патент України № 7708. Спосіб біологічної очистки стічних вод від сполук азоту та сульфатів. 1995 р.
10. Эйнон Л. Ботаническая площадка – биоинженерное сооружение для доочистки сточных вод. Водные ресурсы. 1990. № 4. С. 149–160.
11. Kusch Peter, Wießner Arndt, Wießbrodt Erika, Stottmeister Ulrich. Annual cycle of nitrogen removal in a pilot-scale horizontal flow constructed wetland. Abstracts ISEB 2001 meeting phytoremediation, 15–17 May 2001. UFZ Centre for Environmental Research. P. 89.
12. Карлюк А. Оценка роли озера Чайки в доочистке стока с промплощадки Змиевской ТЭС. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. ст. XII Міжнар. науково-практ. конференції (м. Харків, 5–9 вересня 2016 р.). Х.: Райдер, 2016. С.105–110.
13. Васенко О. Екологічне управління водоохоронною діяльністю. Проблеми охорони навколишнього природного середовища: збір. наук, праць. Харків: ВД «Райдер», 2006. С. 38–60.
14. Gearheart R. Use of Constructed Wetlands to treat Domestic Wastewater, City of Arcata, California. Wat. Sci. Tech. 1992. Vol. 26. № № 7–8. P. 1625–1637.
15. Захарченко М., Рыжикова И., Яковлева Л. Опыт эксплуатации биоинженерных сооружений (БИС) типа Constructed Wetlands в Золочеве Харьковской обл. Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: сб. науч. тр. XII Междунар. науч.-техн. конф. Т. 3. Харьков, 2004. С. 557–561.
16. Zakharchenko M., Dziubenko Y., Ryzhykova I. The Experience of Exploitation of Constructed Wetlands in Ukraine. 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control (2006, Lisbon, Portugal). 2006. P. 56–59.
17. Пат. 789429 СССР, М. кл.3 С 02 F 3/32. Способ биологической очистки сточных вод / Е. Маневич, Б. Еремич, Н. Васинкин, Л. Шаповалова; заявитель и патентообладатель Ташкентский филиал Всесоюзного науч.-исслед. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии. № 2714965/29–26; заявл. 18.01.79; опубл. 23.12.80. Бюл. № 47.
18. Пат. 939406 СССР, М. кл.3 С 02 F 3/32, Н 04 J 13/00. Способ очистки воды от биогенных веществ, преимущественно соединений азота и фосфора, и устройство для его осуществления / Ю. Лошаков, Н. Прима, А. Воронкин, А. Семьян, И. Сухорукова; заявитель и патентообладатель Всесоюзный науч.-исслед. ин-т по охране воды. № 2944510/23–26; заявл. 20.06.80; опубл. 30.06.82. Бюл. № 24.