

Role of the dissolved organic matter in metal migration in the Ros' River water

Linnik P.N., Zhezherya V.A., Ivanechko Ya.S.

The content and speciation of aluminium, iron and copper in the Ros' river water are investigated. It is established that Al(III) and Fe(III) substantially migrate in composition of the suspended substances, while Cu(II) – mainly in the dissolved state. Data about concentration of particular groups of dissolved organic matter (DOM): humic substances (HS), carbohydrates, protein-like substances and their seasonal changes are given. The influence of these groups on migration and distribution of Al(III), Fe(III) and Cu(II) is found out. The dissolved form of the metals investigated is mainly presented by complex compounds with DOM of the various chemical nature and molecular weight. The principal part of aluminium and copper was founded in the composition of acid group of DOM, i.e. in the form of complexes with HS, while iron – in the composition of neutral group of DOM. Among the anionic complexes of Al(III) and Fe(III), the compounds with molecular weight $\leq 2,0$ kDa are dominated (60 and 70% accordingly). The share of similar complexes of Cu(II) does not exceed 50%. Expressed in this paper is opinion that distribution of metals among organic complex compounds depends on the concentration and component composition of DOM, and competitive ability of metal ions.

Keywords: aluminium; iron; copper; speciation; dissolved organic matter; humic substances; carbohydrates; protein-like substances; the Ros' River.

Надійшла до редколегії 22.02.12

УДК 556.114.2(285.3)

Цапліна К.М., Меленчук Г.В., Лінчук М.І., Шушар О.С.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КИСНЕВОГО РЕЖИМУ ВОДОЙМ МІСЬКОЇ МЕРЕЖІ м. КИЄВА

Ключові слова: автотрофи, кисневий режим водойм, придаткова мережа водосховища

Вступ. До водних об'єктів міської мережі м. Києва відноситься верхня русьова частина Канівського водосховища та придаткова мережа (руслові водотоки, затоки, та інше). Всі вищезгадані водні об'єкти зазнають антропогенного навантаження за рахунок великого промислового міста і тому стан їх екосистем і якість води має велике значення. Однією з найважливіших характеристик стану водних екосистем є їх кисневий режим [4]. Дефіцит кисню негативно впливає на інтенсивність процесів самоочищення, що особливо важливо в умовах антропогенного навантаження на водойми прилеглих територій м. Києва.

В літературі питанню дослідження кисневого режиму водойм верхньої Київської ділянки Канівського водосховища приділено велику увагу. Досліджено, як впливають об'єми скидів води через греблю Київської ГЕС на кисневий режим водойм, прилеглих до території м. Києва [4,5], визначена роль вищих водних рослин у формуванні кисневого режиму водойм [6],

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т.1(26)

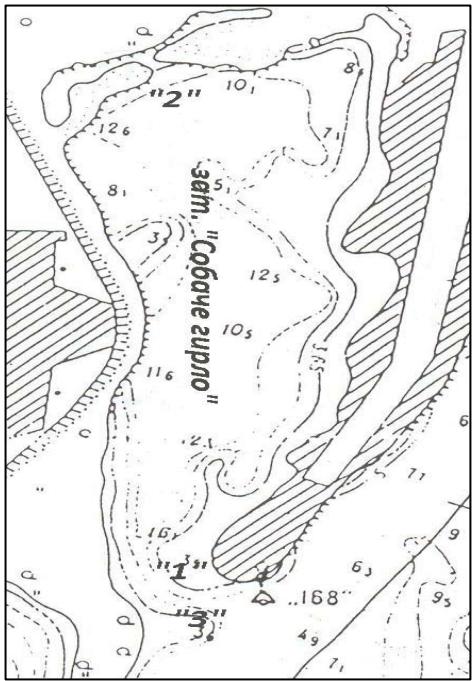


Рис. 1. Схема розташування відбору проб на затоці

досліджено вплив водообмінних процесів мілководь з глибоководдями на розчинений у воді кисень водойми [2], вплив затоки на газовий режим русової частини водосховища [7].

Мета нашої роботи: кількісно оцінити роль автотрофів у формуванні кисневого режиму водойм придаткової мережі верхньої ділянки Канівського водосховища в різних гідрологічних умовах.

Методика роботи. Комплексні дослідження проводились в 2009–2010 р. у районі Києва на 11 км вниз від греблі Київської ГЕС на затоці «Собаче гирло».

В заростях і на ділянках, вільних від рослин в 5 м від краю заростей (чистоводдя), були виділені стаціонарні майданчики: 1-а – на вході у затоку, 2-а – у верхів'ї затоки, 3-а – на виході з затоки у руслову частину водосховища.

Визначали видовий склад вищої водної рослинності та площі їх розташування, фітоепіфітону на вищих водних рослинах, фітопланктону у заростях, на чистоводдях і глибоководдях, мікрофітобентосу [3] (рис. 1).

Досліджувалась добова динаміка вмісту кисню на вході у затоку та у її верхів'ї, pH, температура, визначали вміст біогенних елементів та органічних речовин [1]. Вивчали у процесі фотосинтезу виділення і поглинання кисню вищими водними рослинами, фітоепіфітоном, фітомікробентосом, фітопланктоном як в заростях так і на чистоводних і глибоководних ділянках [3]. Вимірювались коливання рівня води протягом доби.

Результати досліджень і обговорення. Як відомо з літератури [4], кисневий режим верхньої ділянки Канівського водосховища влітку нестабільний і змінюється в широких межах (від 35% до 80% насищення), що негативно впливає на інтенсивність самоочисних процесів і зменшення забруднення води, особливо в період посиленого рекреаційного використання водосховища. Формування кисневого режиму дослідженої затоки, як відомо, перш за все відбувається за рахунок води, що надходить з основного русла водосховища в результаті роботи вище розташованої ГЕС. Попуски здійснюються нерегулярно та з різною інтенсивністю. При малих витратах води в нижній б'єф надходить вода в основному з глибинних шарів з дефіцитом кисню. Зі збільшенням попусків у нижній б'єф надходять поверхневі шари води зі збільшеним вмістом кисню. За даними досліджень [4], при витратах води $660 \text{ м}^3/\text{s}$ вміст розчиненого у воді кисню становив $4,8 \text{ мг}/\text{дм}^3$, при витратах води до $950 \text{ м}^3/\text{s}$ – $6,1 \text{ мг}/\text{дм}^3$, а при $1250 \text{ м}^3/\text{s}$ підвищувався до $7,6 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Тобто, збільшення вмісту кисню у воді у цих випадках відбувалось за рахунок атмосферної аерації. Чим більша швидкість

течії, тим більше кисню надходило у воду. Але основний внесок в формування кисневого режиму верхньої ділянки водосховища належить рослинним угрупованням: вищим водним рослинам, фітоперифітону на вищих водних рослинах, фіtoplanktonу на мілководних і глибоководних ділянках, мікрофітобентосу.

За нашими дослідженнями на мілководдях як основного русла, так і затоки інтенсивно вегетували вищі водні рослини і нитчасті водорості. У складі рослинних угруповань домінували водопериця колосиста (*Myriophyllum spicatum* L.) та кущир занурений (*Ceratophyllum demersum* L.). Серед рослин з плаваючим листям домінантами були глечики жовті (*Nuphar lutea* (L.) Smith) але їх площині незначні. Повітряно-водні представлені низько травними рослинами: сусаком зонтичним (*Butomus umbellatus* L.), стрілолистом стрілолистим (*Sagittaria sagittifolia* L.) (табл. 1). За нашими розрахунками площині вищих водних рослин у затоці досягали 0,07 км², що складало від її водної поверхні біля 10 %.

Продукційні характеристики занурених рослин на ділянках затоки різнились за роками. У 2009 р. при малих коливаннях рівня води в межень їх біомаси з 1 м² досягли 0,6-0,9 кг/м² сирої маси. При більших коливаннях рівня води, як було це в 2010 р., продукційні характеристики вищих водних рослин збільшилися до 3,6 кг/м² сирої маси. Для рослин з плаваючим листям, що мали невеликий відсоток заростання мілководних ділянок затоки, продукційні характеристики з 1 м² досягли 1,4 кг сирої маси.

Таблиця 1. Видовий склад та представліність макрофітів на мілководних ділянках затоки «Собаче гирло»

Рослини	№	Домінантні види	Вхід у затоку	Правий берег затоки	Верхів'я затоки	Лівий берег затоки
Занурені	1	Рдесник пронизанолистий	4	4	4	2
	2	Різуха морська	2	3	3	+
	3	Водопериця колосиста	3	3	4	2
	4	Елодея канадська	-	+	2	+
	5	Рдесник гребінчастий	+	+	+	/
	6	Рдесник кучерявий	-	+	-	-
	7	Кущир занурений	2	3	3	2
	8	Різак алоєвидний	-	-	2	-
	9	Жовтець фехнелевидний	/	3	2	/
З плаваюч. листям	10	Глечики жовті	2	-	-	-
Повітряно-водні	11	Сусак зонтичний	/	/	/	-
	12	Стрілолист стрілолистий	+	/	2	+
Нитчасті водорості	13	Едогоніум	+	+	2	+
	14	Кладофора	+	+	2	+

***Примітка:** «-» - поодинокі рослини; «+» - зустрічаються в малих кількостях; «2» - проективне покриття до 25%; «3» - проективне покриття 25-50%; «4» - проективне покриття 50 – 75%.

У фітоценозах саме занурених рослин розвивались також нитчасті водорості: едогоніум і кладофора. Біомаси їх варіювали від 0,6 до 4,0 кг/м² залежно від умов середовища. При розвитку малої біомаси занурених рослин на мілководдях біомаса нитчаток зростала, і навпаки. Характерною особливістю розвитку нитчаток у затоці є те, що в заростях рослин з плаваючим листям у зв'язку з алелопатичними взаємовідносинами вони не розвивалися.

Чисельність фітоепіфітону на занурених рослинах коливалася в межах 5,03-54,29 млн. кл/г сирої маси рослин, біомаса 3,06-36,81 мг/г сирої маси рослин. На рослинах з плаваючим листям 1,07-6,81 млн. кл/г сирої маси рослин та 1,02-1,53 мг/г сирої маси рослин відповідно. Черешок рослин з плаваючим листям мав чисельність 1,4-2,2 млн. кл/г сирої маси, а біомаса була в межах 1,41- 2,16 мг/г сирої маси.

Домінантами були діатомові водорості *Fragilaria capucina* Desm., *Melosira varians* Ag., *Aulacoseira granulata* (Ehr) Sim., *Coccconeis placentula* Ehr., *Epithemia sorex* Kütz., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., види роду *Cymbella* та ін. В динаміці розвитку фітоепіфітону на рослинах спостерігалось збільшення їх чисельності і біомаси в серпні, в період розвитку максимальної фітомаси вищих водних рослин.

Ще одним з компонентів фітоценозів вищих водних рослин є фітопланктон. Аналіз даних показав, що в заростях занурених рослин розвивались водорості таких відділів: синьозелені (*Cyanophyta*), зелені (*Chlorophyta*), діатомові (*Bacillariophyta*), динофітові (*Dinophyta*), криптофітові (*Cryptophyta*), евгленофітові (*Euglenophyta*), жовтозелені (*Xanthophyta*). Чисельність та біомаса досягала 6,21-7816,93 тис. кл/дм³ та 0,0045-6,87 мг/дм³ відповідно. Домінантами на рівні відділів були синьозелені, зелені та діатомові. Чисельність і біомаса їх відповідала: 1156,63-7816,93 тис. кл/дм³ та 0,31-6,87 мг/дм³. Найбільшу чисельність і біомасу фітопланктон мав серед заростей занурених рослин.

На глибоководних ділянках у фітопланктоні розвивались синьозелені, зелені, діатомові, динофітові, криптофітові водорості. Чисельність і біомаса залежала від горизонту води. На відстані від поверхні води 0,5 м чисельність і біомаса фітопланктону досягала 120,0-9100,0 тис. кл/дм³ та 0,07-8,13 мг/дм³ відповідно, в нижніх горизонтах чисельність і біомаса їх значно падала. Продукційні характеристики фітопланктону на глибоководдях також залежали від відстані його до поверхні води.

Мікрофітобентос у великій кількості розвивався на чистоводних ділянках мілководь затоки і мав різний кількісний та якісний склад залежно від зони. В зоні, яка знаходиться постійно під водою, домінантами були діатомові водорості (*Navicula cryptocephala* Kütz., *N. semen* Ehr., *Surirella ovata* Kütz., *Cymatopleura solea* (Bréb.) W.Sm., *Fragilaria crotonesis* Kitt. та ін.), обов'язково присутні синьо-зелені (*Oscillatoria chalybea* (Mert.) Gom., *O. geminata* (Menegh.) Gom., *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk.), хлорококові (*Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew. та ін.), рідше вольвоксові та десмідієві, зустрічались також представники золотистих,

динофітових та евгленових. Чисельність водоростей була високою – 257-549 тис. кл/10 см², біомаса коливалась в широких межах – 0,032-0,444 мг/10 см² (табл. 2).

Таблиця 2. Видовий склад автотрофів в заростях макрофітів в затоці «Собаче гирло»

Рослинні угруповання	Домінантні види на рівні відділів	Чисельність, тис. кл/дм ³	Біомаса, мг/дм ³
Фіто-планктон	Cyanophyta	7816,936	0,3075
	Euglenophyta	27,643	0,1886
	Dinophyta	43,686	0,2582
	Cryptophyta	52,214	0,2924
	Bacillariophyta	5392,364	6,8689
	Xanthophyta	6,214	0,0045
	Chlorophyta	1156,629	0,4528
Мікро-фітобентос	Cyanophyta	254-547 (тис. кл/10 см ²)	0,031-0,442 (мг/10 см ²)
	Bacillariophyta		
	Chlorophyta		
Фітоепіфітон	Bacillariophyta	2,54-54,27 (млн. кл/г)	1,51-36,78 (мг /г сирої маси рослини)

Вище урізу води якісний склад мікрофітобентосу обмежений діатомовими та синьозеленими водоростями; рідко зустрічались зелені та золотисті (*Dinobryon sertularia* Ehr.). Домінували *Melosira varians*, *Aulacoseira granulata* (Ehr) Sim., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Amphora ovalis* Kütz., *Merismopedia glauca* (Ehr.) Näg., *Oscillatoria tenuis* Ag. та ін. Біля урізу води, в зоні довготривалого зволоження чисельність досить висока – 110-558 тис. кл/10 см², вище урізу – значно менша.

Для визначення ролі рослинних угруповань у кисневому режимі затоки при різних режимах роботи Київської ГЕС, ми використали експериментально отримані величини виділення і поглинання кисню рослинами, що належали до різних екологічних угруповань. Для розрахунків були використані експериментальні дані виділення і поглинання кисню вищими водними рослинами з фітоепіфітоном, оскільки це є звичним явищем для функціонування цієї групи рослин, окрім фітоепіфітоном, фітопланктоном в заростях. На чистоводді мілководних ділянок і глибоководдях – виділення та поглинання кисню фітопланктоном і фітомікробентосом, які функціонували у цих умовах середовища. Експериментальні дані були використані за кінець липня – початок серпня, що припадає на пік вегетації вищих водних рослин (табл. 3).

Таблиця 3. Середні величини виділення і поглинання кисню рослинами у затоці «Собаче гирло». Серпень

Угруповання	Рік	А – валова	Р – деструкція
Вищі водяні з фітоепіфітоном	2009	5,7 г/м ² доб.	3,3 г/м ² доб.
Фітоепіфітон		1,7 г/м ² доб.	0,9 г/м ² доб.
Вищі водяні з фітоепіфітоном	2010	34,2 г/м ² доб.	19,3 г/м ² доб.
Фітоепіфітон		8,6 г/м ² доб.	4,5 г/м ² доб.
Нитчасті водорости	2009	4,2 г/м ² доб.	1,6 г/м ² доб.
	2010	0,6 г/м ² доб	0,24 г/м ² доб.

Аналіз показав, серед макрофітів при низьких коливаннях рівня води виділення і поглинання кисню як зануреними рослинами (див. табл. 3.) без фітоепіфітону так і нитчастими водоростями було майже однакове. Якщо враховувати, що біологія нитчастих водоростей пов'язана з їх швидким відміранням, на відміну від занурених рослин, в яких вегетація відбувається навесні і закінчується на початку жовтня, на деструкцію фітомаси нитчаток буде витрачатись розчинений у воді кисень. У рік з високими коливаннями рівня води найбільшу кількість кисню у воду виділяли занурені рослини, майже у 6,5 разів більше, ніж у рік з малими коливаннями рівня води (див. табл.3). Вплив нитчаток на кисневий режим заток у рік з високими скидами через греблю ГЕС незначний у порівнянні з попереднім 2009 роком.

Серед інших автотрофів найбільшу кількість кисню у воду на 1 м² виділяв фітопланктон на глибоководдях. В заростях і на чистоводді біля заростей виділення і поглинання кисню фітопланктоном майже в 2 – 3 рази менше. Щодо мікрофітобентосу на мілководдях затоки, поглинання кисню у середньому на 1 м² превалювало над його виділенням (табл. 4).

Таблиця 4. Середні величини виділення і поглинання кисню рослинами у затоці «Собаче гирло»

Угруповання	Одиниці виміру	Зарості	Чистоводдя	Глибоководдя
Фітопланктон	A – валова	1,1 г/м ² доб.	1,8 г/м ² доб.	4,5 г/м ² доб.
	R- деструкція	0,8 г/м ² доб.	1,0 г/м ² доб.	2,3 г/м ² доб.
Фітомікробентос	A – валова	0,09 г/м ² доб.	0,16 г/м ² доб.	-
	R- деструкція	0,32 г/м ² доб.	0,33 г/м ² доб.	-

За допомогою проведених досліджень ми змогли прорахувати виділення кисню у воду за рахунок всіх автотрофів на мілководних ділянках, що зарослі вищою водною рослинністю. З цією метою ми використали дані різниці між валовим фотосинтезом автотрофів і їх деструкцією (A–R). Результати показали, що за рахунок рослинних угруповання в кінці липня - на початку серпня у рік з малими коливаннями рівня води за добу під 1 м² буде виділятись у воду всіма автотрофами до 5 г кисню. У рік з високими коливаннями рівня води за нашими розрахунками автотрофами буде виділятися у воду до 15 г О₂/м² доб.

Як впливають водообмінні процеси на формування кисневого режиму затоки на мілководних її ділянках, показано на рис. 2А і 2Б.

При малих коливаннях рівня води (2009 р.) насичення кисню у воді серед заростей в денний період більше за 100%. Вночі вміст кисню у воді на чистоводді залишався стабільним за рахунок водообміну з заростями. У рік з високими коливаннями рівня води різниця між денними величинами розчиненого у воді кисню у заростях і на чистоводді незначні за рахунок водообміну між ними. Вночі на чистоводді вміст розчиненого у воді кисню значно збільшується з тієї ж причини (див. рис. 2).

Підтвердженням провідної ролі водообмінного комплексу у нічний час є добова динаміка кисню при водообміні між русловою частиною водосховища та затокою на вході (рис.3). Як показали наші дослідження, добова динаміка

розвиненого у воді кисню у русловій частині водосховища і на вході в затоку була наступною: при надходженні води у затоку з малим вмістом кисню концентрація його в затоці теж падала. При виході води з затоки вміст кисню збільшувався за рахунок насичення киснем води затоки, що його виділяли автотрофи в денний період доби.

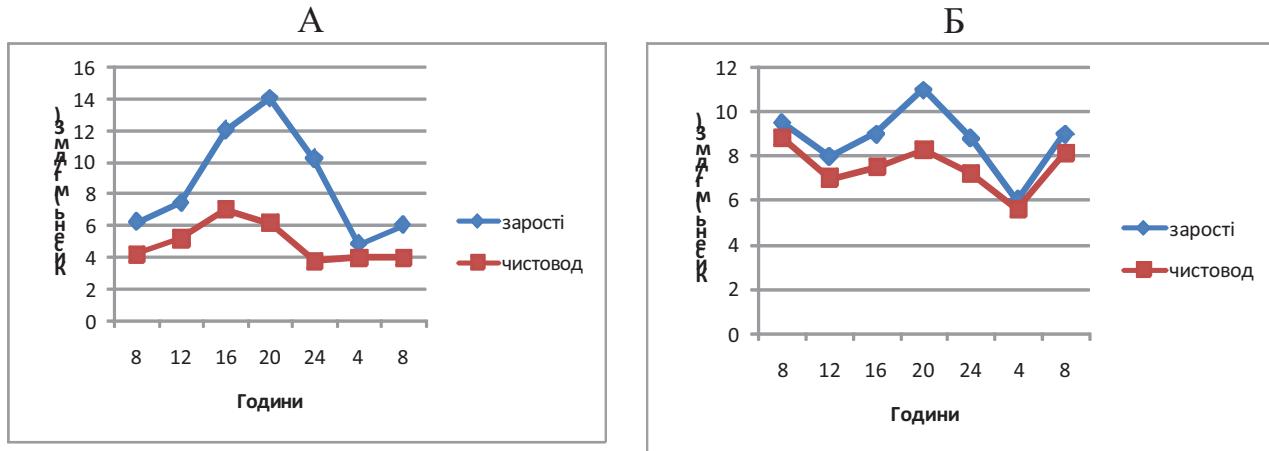


Рис. 2. Добова динаміка розчиненого кисню у воді на мілководдях затоки «Собаче гирло». А - 2009 р., Б - 2010 р.

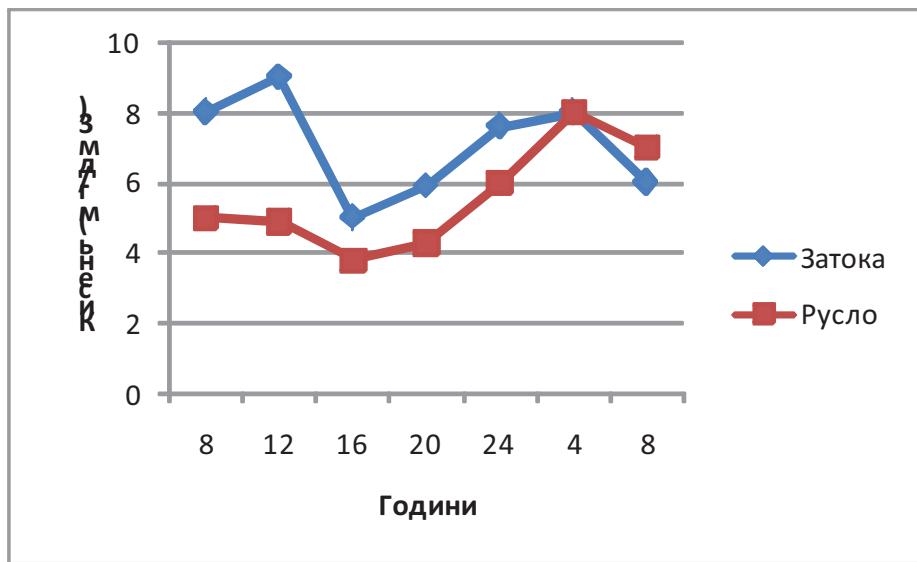


Рис. 3. Добова динаміка розчиненого кисню у воді в русловій частині водосховища і на вході у затоку

Як видно на рис. 3, в руслі водосховища і у воді затоки (4 год.) вміст розчиненого у воді кисню був одинаковий.

Висновки. Таким чином, в придатковій мережі водосховища у формуванні кисневого режиму основну роль відіграють рослинні угруповання. Найбільші величини кисню у воду затоки виділяли занурені рослини (від 5,7 до 34,2 мг О₂/дм³ доб.), що залежить від висоти коливань рівня води. Для фітопланктону на глибоководдях також характерні значні величини виділення у воду кисню (4,5 г О₂/дм² доб.). Найменше виділяв у воду кисень фітомікробентос. Взагалі, на мілководних ділянках поглинання кисню у мікрофітобентосі превалювало над його виділенням (0,09 г/м² доб. і 0,32 г/м² доб. відповідно).

Дослідження показали, що значну роль у формуванні кисневого режиму затоки відіграють водообмінні процеси глибоководних ділянок з мілководними, зарослими рослинністю. При високих коливаннях рівня води, які напряму залежать від її скидів через греблю Київської ГЕС, вплив на кисневий режим мілководь за рахунок автотрофів втрічі більший, ніж при низьких коливаннях рівня води. Крім того, водообмін мілководь з глибоководними ділянками затоки проходить більш інтенсивно, що сприяє більш рівномірному насыщенню води киснем по всій її акваторії.

Отже, формуванню кисневого режиму русової ділянки водосховища можуть також сприяти водообмінні процеси з іншими багаточисельними затоками, що знаходяться в межах м. Києва.

Список літератури

- 1.** Алекин О.А. Руководство по химическому анализу вод суши. / О.А. Алекин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев – Л.:Гидрометиздат, 1973. – 269 с.
- 2.** Дубняк С.С. Вплив попусків ГЕС на кисневий режим мілководь річкових ділянок водосховищ / С.С. Дубняк К.М. Цапліна, О.О. Кузько// Наук. зап. Тернопіль. пед.інституту. Серія: біологія. – 2001. - 4(15). – С. 211-213.
- 3.** Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / ред.. В. Д. Романенко.- К. : Логос, 2006. – 400 с.
- 4.** Состояние экосистемы Киевского участка Каневского водохранилища и пути его регулирования. / [О.П. Оксюк, В.М. Тимченко, О.А. Давыдов и др.] – К., 1999. – 60 с.
- 5.** Тимченко О.В. Гідрологічні чинники формування кисневого режиму Канівського водосховища : автореф. дисс. канд. геогр. наук / О.В. Тимченко. – К., 2007. – 20 с.
- 6.** Цапліна К.М. Роль вищих водяних рослин у формуванні кисневого режиму Канівського водосховища / К.М. Цапліна // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2004. – Т. 6. - С. 290-294.
- 7.** Цаплина Е.Н. Роль заливов в формировании кислородного режима Киевского участка Каневского водохранилища / Е.Н. Цаплина // Мат. V Международная науч.-практ. конф. «Урбосистемы: проблемы и перспективы развития» (26-27 марта, 2010, Ишим). – М., 2010. – С. 46-50.

Особливості формування кисневого режиму водойм міської мережі м.Києва

Цапліна К.М., Меленчук Г.В., Лінчук М.І., Шушар О.С.

Подана кількісна оцінка ролі автотрофів у формуванні кисневого режиму прилеглої мережі Канівського водосховища у різних гідрологічних умовах.

Ключові слова: автотрофи, кисневий режим водойм, придаткова мережа водосховища.

Особенности формирования кислородного режима водоемов прилегающих территорий г. Киева.

Цаплина Е.Н., Меленчук Г.В., Линчук М.И., Шушар Е.С.

Дана количественная оценка роли автотрофов в формировании кислородного режима придаточной сети Каневского водохранилища в разных гидрологических условиях.

Ключевые слова: автотрофы, кислородный режим водоемов, придаточная сеть водохранилища.

Patterns of oxygen regime formation in the water – bodies of adjacent territories of Kyiv
Tsaplina K.M., Melenchuk G.V., LinchukM.I., Shushar O.S.

The paper presents quantitative estimation of the autotrophic organisms' role in forming the oxygen regime of subsidiary water – bodies of the Kaniv water – reservoir upper section under different hydrologic conditions.

Keywords: autotrophs, oxygen regime of water – bodies, subsidiary system of water - reservoir.

Надійшла до редколегії 05.03.12