

ВИЗНАЧЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ВИХІДНОЇ ВОДИ ЗА ДАНИМИ ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОЗАБОРУ м. КИЄВА**Д. В. Чарний¹, І. С. Кузмич²**1 – Інститут водних проблем і меліорації НААНУ, м. Київ
e-mail: dmitriych10@gmail.com2 – Київський національний університет будівництва і архітектури м. Київ
e-mail: egor_ks@i.ua

Основне джерело водопостачання в Україні - це води найбільших річок. У зв'язку із трендом кліматичних змін відбуваються характерні зміни якості води у головних джерелах водопостачання. Як наслідок, відбуваються зміни у характері розвитку фітопланктону, що призводить до ускладнення роботи існуючих станцій водопідготовки. В даній статті проаналізовані багаторічні спостереження за станом якості води Київського водозабору за період активної вегетації фітопланктону. Було вивчено дані з 2006 по 2011 роки, а для порівняння були взяті роки до початку температурного стрибка (з 1983 по 1985 роки). Проаналізовано взаємозв'язки кольоровості, мутності, фітопланктону та його складових, температури, біогенних елементів. За основу взяті кореляційні зв'язки між кожним з елементів, які наведені у вигляді кореляційних матриць. Зроблено перевірку одержаних даних на відповідність нормальному закону розподілу. Кореляція визначалась за методами Пірсона та Спірмена. Спираючись на отримані кореляції, визначено вимоги до очисних споруд у відповідності до існуючого температурного тренду. Одним з головних висновків є необхідність підвищення бар'єрної здатності споруд для затримки фітопланктону, марганцю, розчинних органічних речовин, колірності та забезпечення спроможності таких споруд до аерації вихідної води.

Ключові слова: фітопланктон, кореляція, температура, нітрати, нітрити, кисень, водопостачання, рН, мутність, колірність.

Вступ

Існуюча проблема. Україна вважається однією з найменш забезпечених водними ресурсами країн Європи (тут формується тільки 0,3% світових водних ресурсів). Інтенсивність водокористування в Україні досягла рівня, який перевищує екологічну ємність ресурсу водного потенціалу. В окремі роки відбирається 30 і більше відсотків мінімального стоку. В той же час використання поверхневих вод в структурі систем водопостачання є найбільшим і становить близько 74 – 80 % від загального забору води. Визначення факторів, що сприяють погіршенню якості вихідних вод поверхневих джерел водопостачання, є важливим підґрунтям для вироблення стратегії розвитку водопровідного господарства України, особливо в умовах прискореної зміни клімату, обумовленої глобальним потеплінням.

Одним з головних маркерів змін якості вихідної води може слугувати поведінка фітопланктону [1]. Останній є одним з наймасовіших членів гідробіоценозу, який безпосередньо пов'язаний з більшістю факторів, що впливають на якість води і, в той же час, при певних умовах стає самостійним чинником, який безпосередньо визначає характер роботи систем водопідготовки [2].

Шляхи вирішення проблеми. Питання визначення статистичних залежностей зміни якості води розглядалися в публікаціях [3-7]. Автори, головним чином, аналізували зв'язок між зміною витрат води в джерелах водопостачання і зміною якісного складу – найчастіше, мутністю. В свою чергу, ми розглядаємо взаємозв'язки між багатьма показниками з метою визначити загальні тенденції, обумовлені кліматичними змінами в період активної вегетації фітопланктону. Визначення кореляційних зв'язків між головними показниками, що

вимірюються на водозабірних спорудах, за певний проміжок часу з врахуванням нарощування температурних аномалій та порівняння з базовими показниками періоду 80-их років ХХ сторіччя має дозволити виявити кореляційні зв'язки та визначити напрямки можливих дій при тих або інших змінах.

Об'єкт досліджень

Для проведення аналізу відібрані дані по зміні якості води Дніпровського водозабору м.Києва. Вибірка робилася за активний вегетаційний період фітопланктону з червня по жовтень з 2006 по 2011 роки. За базові показники прийняті ті ж дані по якості води Дніпровського водозабору за відповідний період з 1983 по 1985 роки. Основні дані наведені на рис. 1-3.

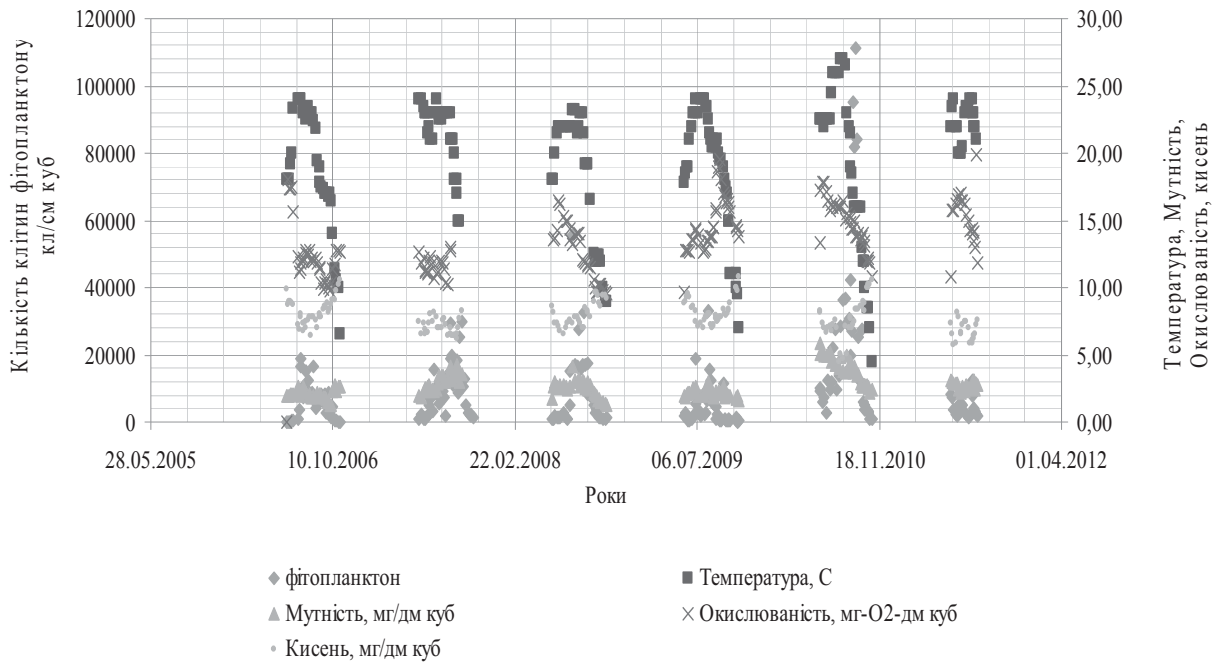


Рис. 1. Показники фітопланктону, температури, мутності, окислюваності (ХСК), кисню у воді за вегетаційні періоди.

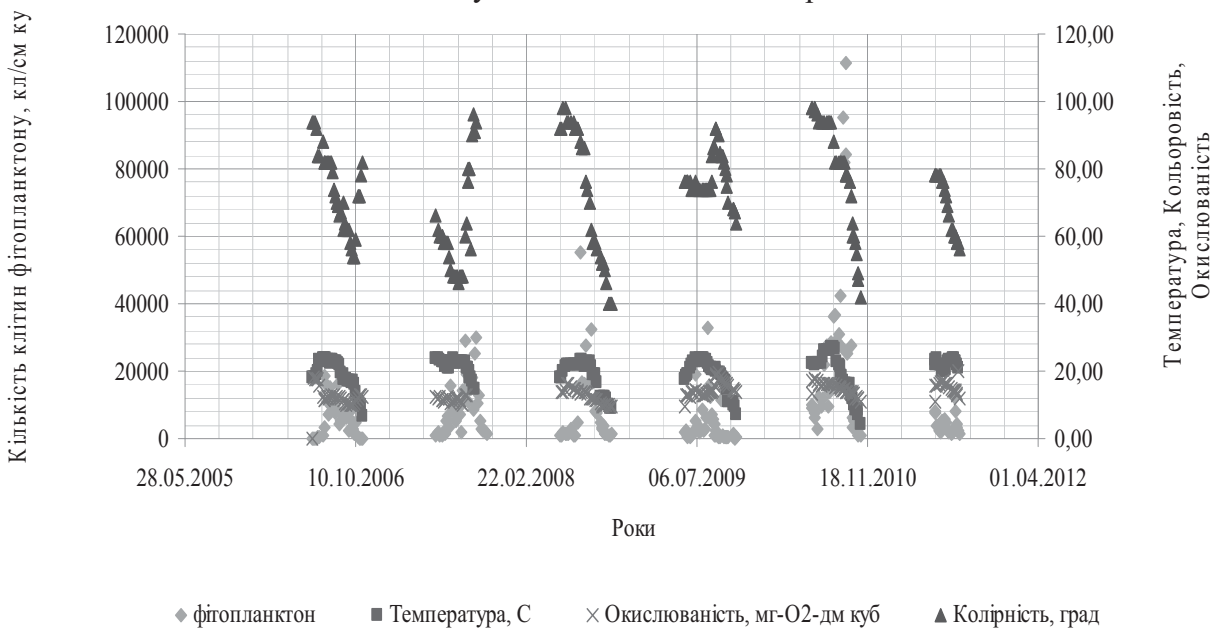


Рис.2. Показники фітопланктону, температури, колірності, окислюваності за 2006-2011 рр. Крім того, за цей період аналізувалися рН, вміст NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , $\text{Fe}_{\text{заг}}$, Mn^{2+} , фосфатів.

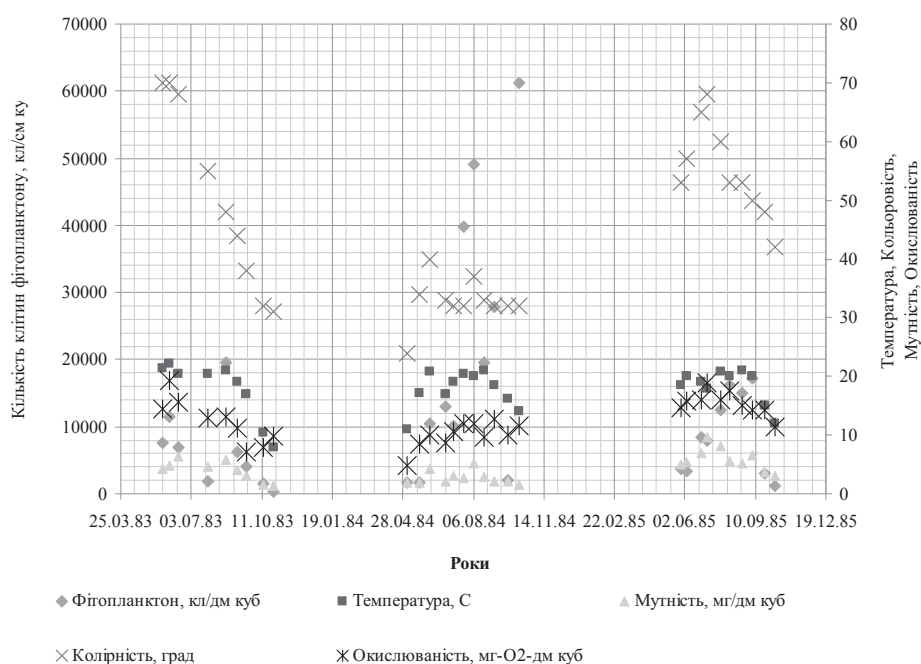


Рис. 3. Показники фітопланктону, температури, мутності, окислюваності, колірності за вегетаційні періоди 1983 - 1985 рр.

Методика проведення аналізу

Аналіз проводився на базі програмного забезпечення за ліцензією GNU, для проведення аналізу використовувалися Gnumeric, SciDAVis та PSPP відкритий аналог SPSS [8-12].

Аналізувалися дані як період в цілому, так і по окремих роках (з червня по жовтень), а також за період найбільших теплових аномалій, відповідних до періоду 2010 року та він сам.

Визначалося, чи відповідає закон розподілу даних у змінних нормальному. Далі визначались кореляційні матриці за Пірсоном та Спірменом. Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$.

Таблиця 1. Кореляційна матриця за Пірсоном. Загальний період: червень-жовтень, 2006-2011 рр.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$								
	Фіто-планктон	Синьо-зелені	Діатомові	Зелені	Температура	Мутність	O ₂	Колірність	ХСК
Температура	0,08	0,05	0,03	0,27	1,00	0,39	-0,79	0,38	0,26
NH ₄ ⁺	0,00	-0,05	0,12	0,27	0,40	0,13	-0,22	0,57	0,33
Мутність	0,51	0,43	0,36	0,14	0,39	1,00	-0,45	0,34	0,32
Колірність	0,22	0,17	0,14	0,23	0,38	0,34	-0,31	1,00	0,73
Зелені	0,06	-0,07	0,23	1,00	0,27	0,14	-0,15	0,23	0,04
ХСК	0,08	0,06	0,09	0,04	0,26	0,32	-0,32	0,73	1,00
NO ₂ ⁻	0,34	0,34	-0,01	0,01	0,16	0,10	-0,17	0,08	0,08
pH	0,38	0,33	0,19	0,21	0,11	0,44	-0,07	-0,05	-0,23
Фітопланктон	1,00	0,97	0,20	0,06	0,08	0,51	-0,10	0,22	0,08
Синьо-зелені	0,97	1,00	-0,04	-0,07	0,05	0,43	-0,09	0,17	0,06
Діатомові	0,20	-0,04	1,00	0,23	0,03	0,36	-0,02	0,14	0,09
Mn ²⁺	-0,07	-0,07	-0,07	0,17	0,03	-0,18	0,08	0,04	-0,11
Fe заг.	0,26	0,25	0,10	-0,09	0,01	0,24	-0,09	0,09	-0,15
NO ₃ ⁻	-0,16	-0,12	-0,14	-0,16	-0,32	-0,30	0,29	0,30	0,39
O ₂	-0,10	-0,09	-0,02	-0,15	-0,79	-0,45	1,00	-0,31	-0,32

Продовження таблиці 1. Кореляційна матриця за Пірсоном. Загальний період: червень-жовтень, 2006-2011рр.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$					
	Fe _{заг.}	pH	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Mn ²⁺
Температура	0,01	0,11	0,40	0,16	-0,32	0,03
NH ₄ ⁺	0,21	0,11	1,00	0,15	0,29	0,04
Мутність	0,24	0,44	0,13	0,10	-0,30	-0,18
Колірність	0,09	-0,05	0,57	0,08	0,30	0,04
Зелені	-0,09	0,21	0,27	0,01	-0,16	0,17
ХСК	-0,15	-0,23	0,33	0,08	0,39	-0,11
NO ₂ ⁻	0,16	0,24	0,15	1,00	0,08	-0,19
pH	0,38	1,00	0,11	0,24	-0,46	-0,06
Фітопланктон	0,26	0,38	0,00	0,34	-0,16	-0,07
Синьо-зелені	0,25	0,33	-0,05	0,34	-0,12	-0,07
Діатомові	0,10	0,19	0,12	-0,01	-0,14	-0,07
Mn ²⁺	-0,21	-0,06	0,04	-0,19	0,05	1,00
Fe _{заг.}	1,00	0,38	0,21	0,16	-0,09	-0,21
NO ₃ ⁻	-0,09	-0,46	0,29	0,08	1,00	0,05
O ₂	-0,09	-0,07	-0,22	-0,17	0,29	0,08

Таблиця 2. Кореляційна матриця за Спірменом. Загальний період: червень-жовтень, 2006-2011рр.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$								
	Фіто-планктон	Синьо-зелені	Діатомові	Зелені	Температура	Мутність	O ₂	Колірність	ХСК
Температура	0,301	0,181	0,230	0,331	1,000	0,312	-0,650	0,233	0,177
Зелені	0,210	-0,069	0,563	1,000	0,331	0,221	-0,224	0,180	0,113
Мутність	0,574	0,490	0,419	0,221	0,312	1,000	-0,491	0,308	0,337
Фітопланктон	1,000	0,902	0,314	0,210	0,301	0,574	-0,378	0,101	-0,013
NH ₄ ⁺	-0,141	-0,021	-0,182	0,086	0,279	0,091	-0,129	0,653	0,410
Колірність	0,101	0,159	0,024	0,180	0,233	0,308	-0,207	1,000	0,753
Діатомові	0,314	-0,031	1,000	0,563	0,230	0,419	-0,169	0,024	0,143
NO ₂ ⁻	0,199	0,307	-0,236	-0,102	0,214	0,129	-0,288	0,140	0,070
Синьо-зелені	0,902	1,000	-0,031	-0,069	0,181	0,490	-0,223	0,159	-0,062
ХСК	-0,013	-0,062	0,143	0,113	0,177	0,337	-0,259	0,753	1,000
pH	0,431	0,384	0,199	0,080	0,157	0,345	-0,068	-0,066	-0,213
Mn ²⁺	0,141	0,150	0,073	0,094	0,032	0,051	-0,044	0,133	-0,015
Fe _{заг.}	0,086	0,198	0,007	0,076	-0,075	0,284	-0,024	0,192	-0,106
NO ₃ ⁻	-0,330	-0,143	-0,450	-0,232	-0,335	-0,340	0,303	0,319	0,143
O ₂	-0,378	-0,223	-0,169	-0,224	-0,650	-0,491	1,000	-0,207	-0,259

Продовження таблиці 2. Кореляційна матриця за Спірменом. Загальний період: червень-жовтень, 2006-2011рр.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$					
	Fe _{заг.}	pH	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Mn ²⁺
Температура	-0,075	0,157	0,279	0,214	-0,335	0,032
Зелені	0,076	0,080	0,086	-0,102	-0,232	0,094
Мутність	0,284	0,345	0,091	0,129	-0,340	0,051
Фітопланктон	0,086	0,431	-0,141	0,199	-0,330	0,141
NH ₄ ⁺	0,221	0,025	1,000	0,238	0,359	-0,023
Колірність	0,192	-0,066	0,653	0,140	0,319	0,133
Діатомові	0,007	0,199	-0,182	-0,236	-0,450	0,073
NO ₂ ⁻	0,305	0,222	0,238	1,000	0,069	-0,022
Синьо-зелені	0,198	0,384	-0,021	0,307	-0,143	0,150
ХСК	-0,106	-0,213	0,410	0,070	0,143	-0,015
pH	0,413	1,000	0,025	0,222	-0,401	0,044
Mn ²⁺	0,031	0,044	-0,023	-0,022	0,056	1,000
Fe _{заг.}	1,000	0,413	0,221	0,305	-0,054	0,031
NO ₃ ⁻	-0,054	-0,401	0,359	0,069	1,000	0,056
O ₂	-0,024	-0,068	-0,129	-0,288	0,303	-0,044

Результати кореляційного аналізу даних за базовий період (до температурних аномалій двотисячних років) з 1983 по 1985 наведені в табл. 3 – 4.

Таблиця 3. Кореляційна матриця за Пірсоном. Загальний період: червень-жовтень, 1983-1985рр.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$							
	Фіто-планктон	Темпе-ратура	Мут-ність	Колір-ність	pH	ХСК	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
Фітопланктон	1,00	0,20	-0,04	-0,22	0,11	0,12	0,33	-0,03
Температура	0,20	1,00	0,65	0,58	0,09	0,62	0,10	-0,23
Мутність	-0,04	0,65	1,00	0,79	0,46	0,75	-0,15	-0,37
Колірність	-0,22	0,58	0,79	1,00	0,17	0,84	-0,35	-0,40
pH	0,11	0,09	0,46	0,17	1,00	0,42	0,15	-0,46
ХСК	0,12	0,62	0,75	0,84	0,42	1,00	-0,09	-0,47
NO ₂ ⁻	0,33	0,10	-0,15	-0,35	0,15	-0,09	1,00	0,35
NO ₃ ⁻	-0,03	-0,23	-0,37	-0,40	-0,46	-0,47	0,35	1,00
Fe _{заг.}	-0,19	-0,13	0,07	0,05	0,01	-0,14	-0,01	0,52
NH ₄ ⁺	-0,22	0,18	0,43	0,53	0,22	0,40	-0,07	-0,07
O ₂	-0,19	-0,79	-0,51	-0,43	-0,17	-0,44	-0,04	0,42
Mn ²⁺	-0,13	0,06	0,05	0,16	-0,23	-0,08	-0,28	-0,19
PO ₄ ³⁻	-0,22	-0,08	0,03	-0,15	-0,09	-0,21	-0,10	-0,12
F ⁻	0,00	-0,44	-0,19	-0,09	0,19	0,00	-0,19	-0,14

Продовження таблиці 3. Кореляційна матриця за Пірсоном. Загальний період: червень-жовтень, 1983-1985рр.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$				
	Fe _{заг.}	NH ₄ ⁺	O ₂	Mn ²⁺	PO ₄ ³⁻
Фітопланктон	-0,19	-0,22	-0,19	-0,13	-0,22
Температура	-0,13	0,18	-0,79	0,06	-0,08
Мутність	0,07	0,43	-0,51	0,05	0,03
Колірність	0,05	0,53	-0,43	0,16	-0,15
pH	0,01	0,22	-0,17	-0,23	-0,09
ХСК	-0,14	0,40	-0,44	-0,08	-0,21
NO ₂ ⁻	-0,01	-0,07	-0,04	-0,28	-0,10
NO ₃ ⁻	0,52	-0,07	0,42	-0,19	-0,12
Fe _{заг.}	1,00	0,34	0,06	-0,06	0,00
NH ₄ ⁺	0,34	1,00	-0,03	0,05	-0,02
O ₂	0,06	-0,03	1,00	-0,19	-0,07
Mn ²⁺	-0,06	0,05	-0,19	1,00	0,15
PO ₄ ³⁻	0,00	-0,02	-0,07	0,15	1,00
F ⁻	0,01	0,02	0,38	0,00	-0,10

Таблиця 4. Кореляційна матриця за Спірменом. Загальний період: червень-жовтень, 1983-1985рр.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$							
	Фіто-планктон	Темпе-ратура	Мут-ність	Колір-ність	pH	ХСК	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
Фітопланктон	1,000	0,523	0,272	0,035	0,222	0,290	0,316	0,003
Температура	0,523	1,000	0,590	0,590	-0,019	0,529	-0,084	-0,064
Мутність	0,272	0,590	1,000	0,836	0,386	0,815	-0,044	-0,209
Колірність	0,035	0,590	0,836	1,000	0,135	0,831	-0,249	-0,235
pH	0,222	-0,019	0,386	0,135	1,000	0,434	0,272	-0,311
ХСК	0,290	0,529	0,815	0,831	0,434	1,000	0,020	-0,244
NO ₂ ⁻	0,316	-0,084	-0,044	-0,249	0,272	0,020	1,000	0,265
NO ₃ ⁻	0,003	-0,064	-0,209	-0,235	-0,311	-0,244	0,265	1,000
Fe _{заг.}	-0,012	0,303	0,475	0,560	0,011	0,484	0,069	0,018
NH ₄ ⁺	-0,165	0,073	0,386	0,514	0,156	0,435	0,018	0,093
O ₂	-0,460	-0,756	-0,439	-0,384	-0,100	-0,326	0,072	0,251
Mn ²⁺	-0,059	0,127	0,160	0,355	-0,164	0,257	-0,355	-0,168
PO ₄ ³⁻	-0,154	-0,043	0,062	-0,106	0,038	-0,114	-0,246	-0,178
F ⁻	-0,094	-0,228	-0,168	-0,111	0,287	0,044	-0,167	-0,212

Продовження таблиці 4. Кореляційна матриця за Спірменом. Загальний період: червень-жовтень, 1983-1985рр.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$				
	Fe _{заг.}	NH ₄ ⁺	O ₂	Mn ²⁺	PO ₄ ³⁻
Фітопланктон	-0,012	-0,165	-0,460	-0,059	-0,154
Температура	0,303	0,073	-0,756	0,127	-0,043
Мутність	0,475	0,386	-0,439	0,160	0,062
Колірність	0,560	0,514	-0,384	0,355	-0,106
pH	0,011	0,156	-0,100	-0,164	0,038
XCK	0,484	0,435	-0,326	0,257	-0,114
NO ₂ ⁻	0,069	0,018	0,072	-0,355	-0,246
NO ₃ ⁻	0,018	0,093	0,251	-0,168	-0,178
Fe _{заг.}	1,000	0,461	-0,211	0,033	-0,132
NH ₄ ⁺	0,461	1,000	0,013	0,377	0,050
O ₂	-0,211	0,013	1,000	-0,133	-0,040
Mn ²⁺	0,033	0,377	-0,133	1,000	0,165
PO ₄ ³⁻	-0,132	0,050	-0,040	0,165	1,000
F ⁻	-0,008	0,092	0,220	0,227	-0,132

На рис. 4–7 наведені показники зміни кореляцій за щорічний період з червня по жовтень з 2006 по 2011 роки з нанесеними середніми температурами за кожен рік цього періоду.

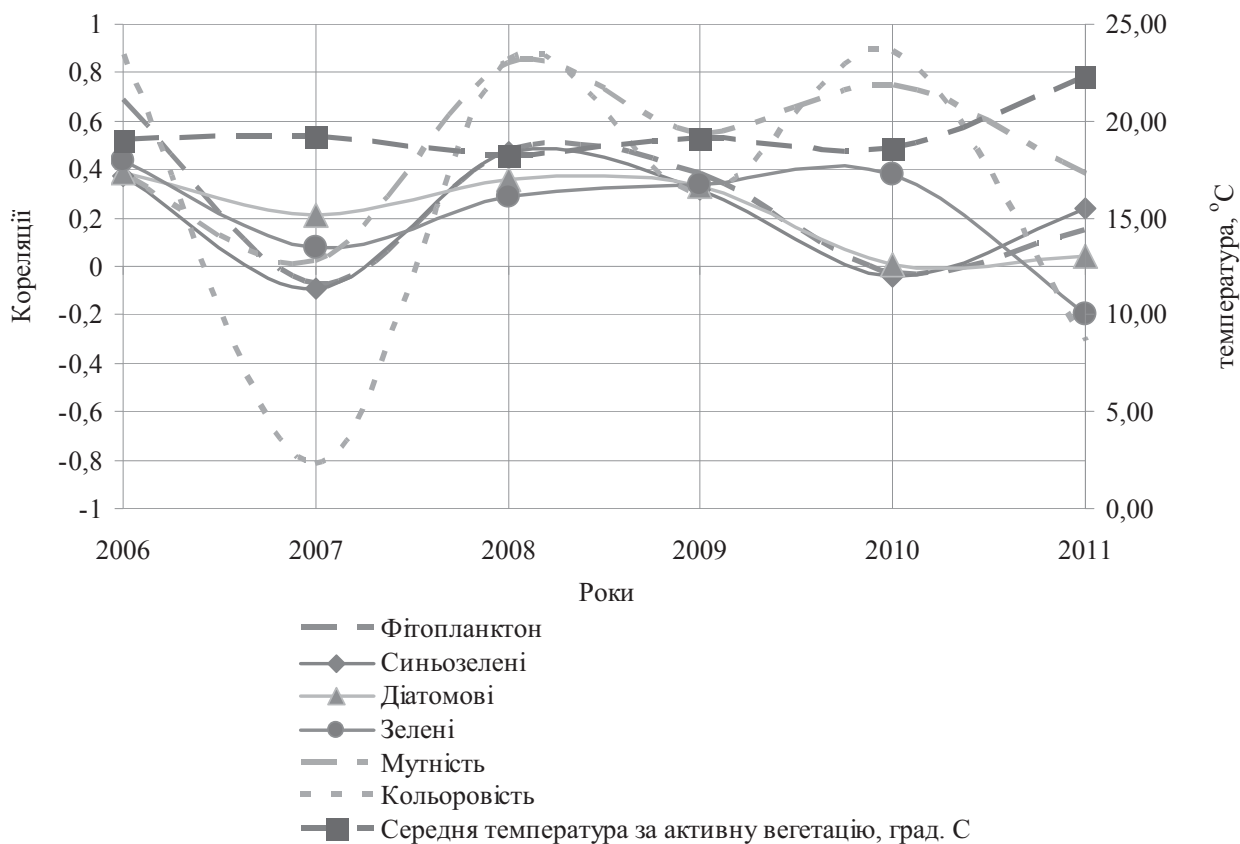


Рис. 4. Кореляційні зв'язки та середня за вегетацію температура по роках.

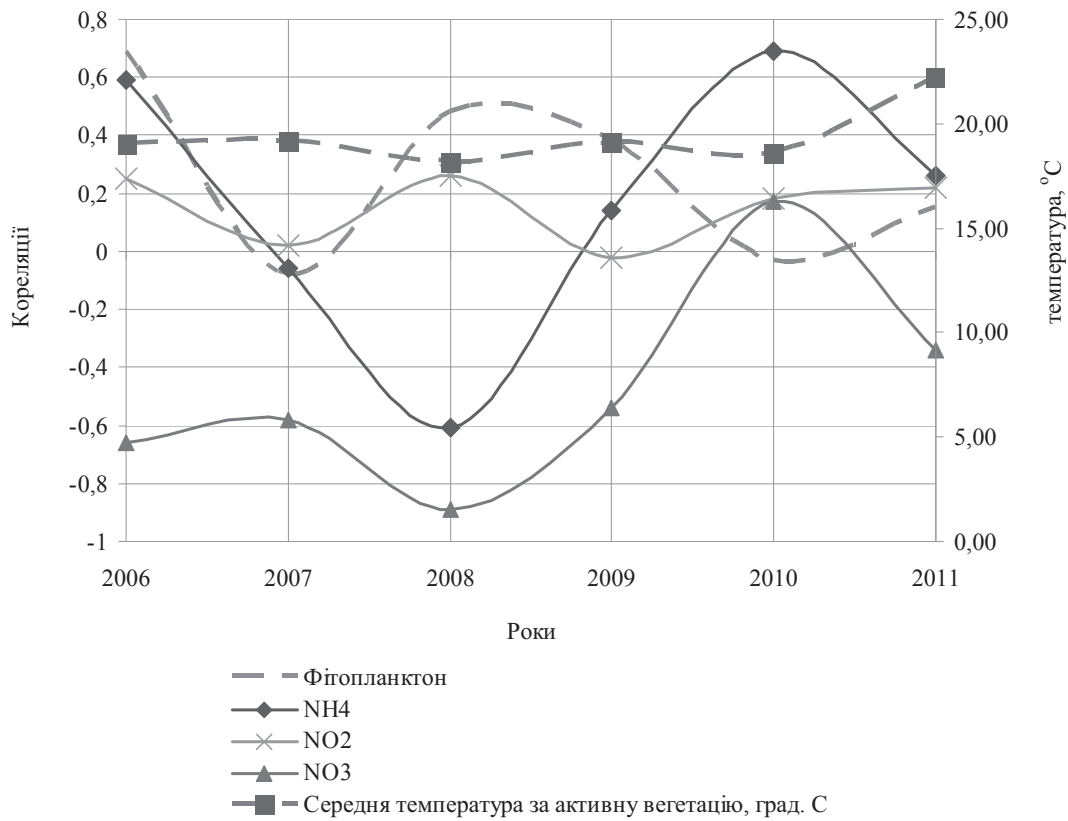


Рис. 5. Кореляційні зв'язки та середня за вегетацію температура по роках.

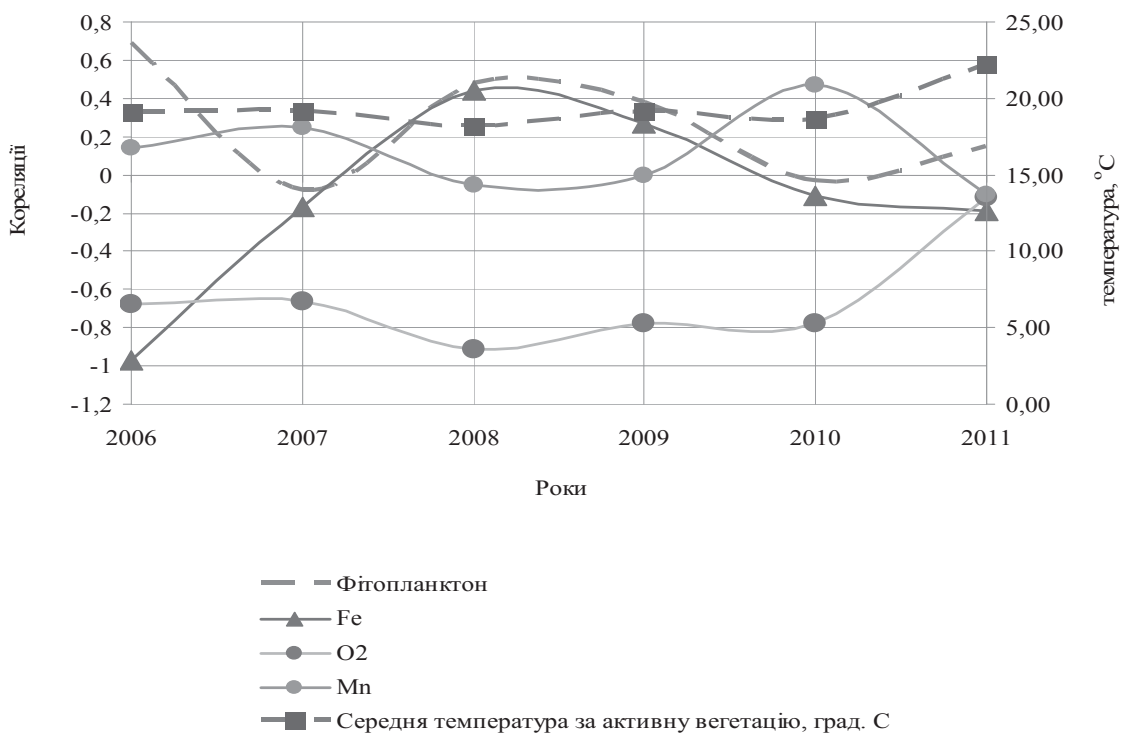


Рис. 6. Кореляційні зв'язки та середня за вегетацію температура по роках.

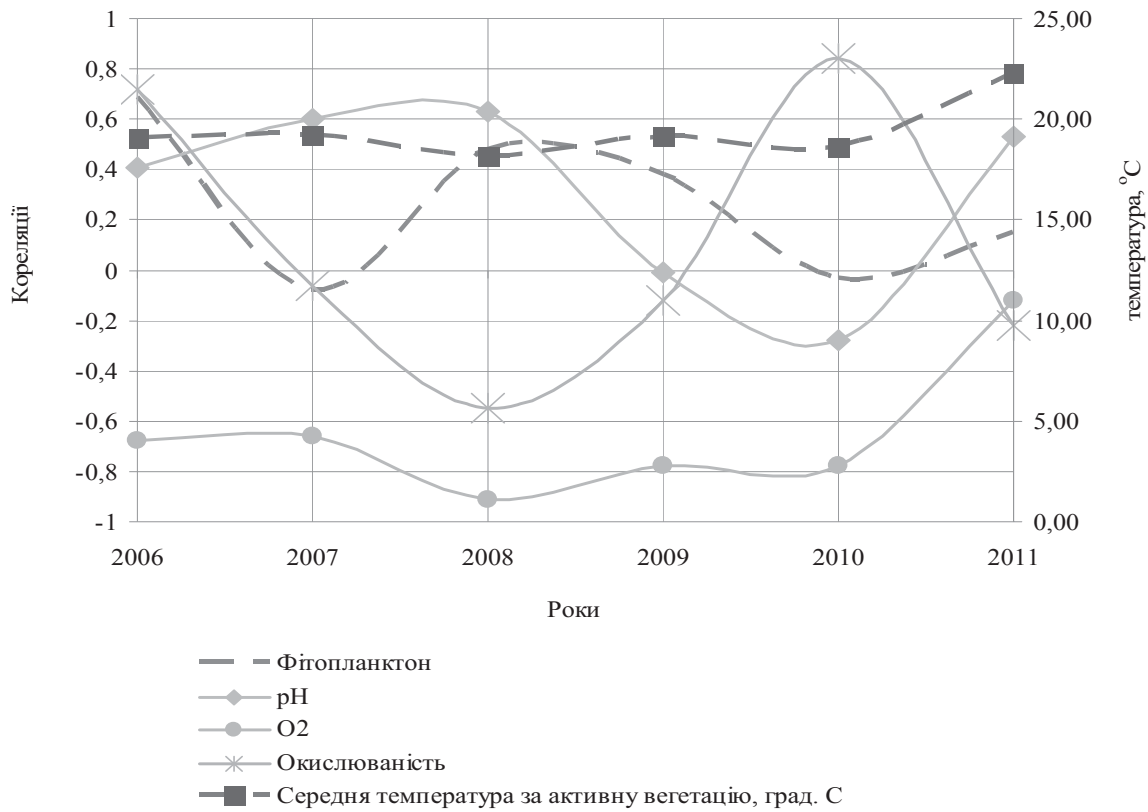


Рис. 7. Кореляційні зв'язки та середня за вегетацію температура по роках.

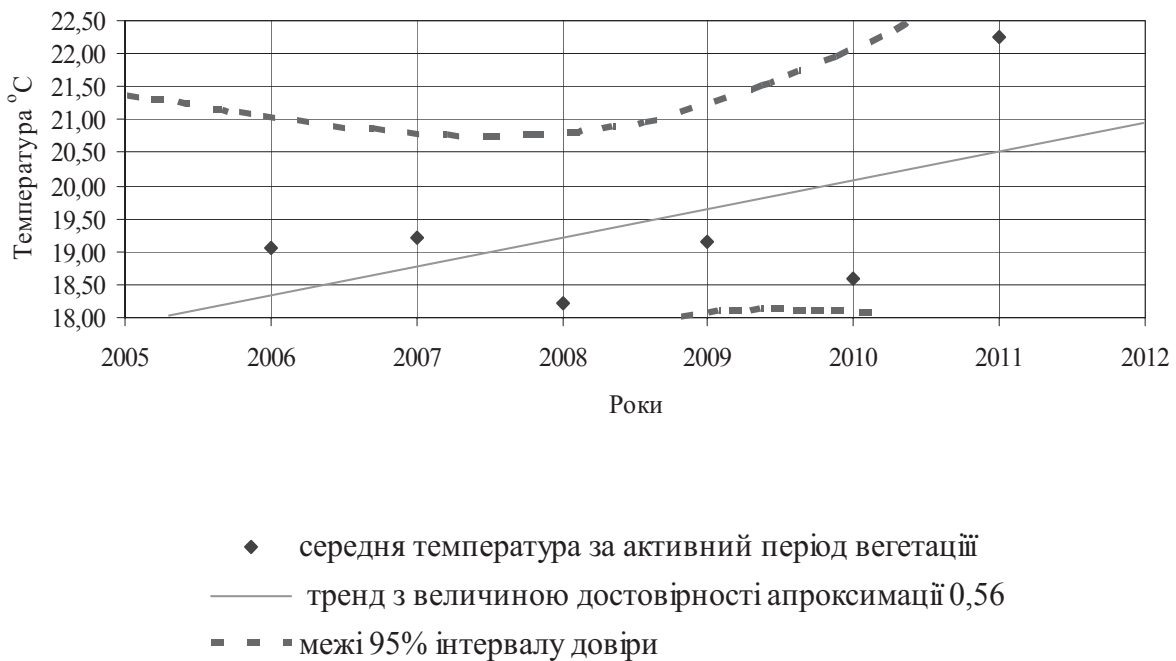


Рис. 8. Діаграма тренду середніх показників температури води за активний період вегетації.

Дані кореляційних зв'язків за період двох місяців аномального температурного стрибка 2010 року наведено в табл. 5, 6.

Таблиця 5. Кореляційна матриця за Пірсоном за аномальний температурний період 2010р.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$							
	Фіто- планктон	Синьо- зелені	Діато- мові	Зелені	Темпера- тура	Мут- ність	O ₂	Колір- ність
Фітопланктон	1,00	0,96	-0,02	-0,38	-0,46	-0,26	0,29	-0,45
Синьо-зелені	0,96	1,00	-0,31	-0,38	-0,42	-0,35	0,24	-0,45
Діатомові	-0,02	-0,31	1,00	-0,04	-0,08	0,30	0,13	0,00
Зелені	-0,38	-0,38	-0,04	1,00	0,45	0,46	-0,28	0,69
Температура	-0,46	-0,42	-0,08	0,45	1,00	0,60	-0,70	0,84
Мутність	-0,26	-0,35	0,30	0,46	0,60	1,00	-0,47	0,72
O ₂	0,29	0,24	0,13	-0,28	-0,70	-0,47	1,00	-0,54
Колірність	-0,45	-0,45	0,00	0,69	0,84	0,72	-0,54	1,00
ХСК	-0,46	-0,43	-0,06	0,64	0,87	0,69	-0,58	0,92
Fe _{заг.}	0,67	0,61	0,11	-0,47	-0,72	-0,39	0,47	-0,65
pH	0,23	0,26	-0,13	-0,33	-0,08	-0,14	0,42	-0,21
NH ₄ ⁺	-0,31	-0,40	0,31	0,54	0,56	0,84	-0,34	0,67
NO ₂ ⁻	0,72	0,73	-0,16	-0,45	-0,21	-0,13	0,03	-0,44
NO ₃ ⁻	0,35	0,38	-0,14	-0,23	-0,20	-0,12	-0,11	-0,12
Mn ²⁺	-0,41	-0,39	-0,07	0,77	0,53	0,30	-0,34	0,68

Продовження таблиці 5. Кореляційна матриця за Пірсоном за аномальний температурний період 2010р.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$						
	ХСК	Fe _{заг.}	pH	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Mn ²⁺
Фітопланктон	-0,46	0,67	0,23	-0,31	0,72	0,35	-0,41
Синьо-зелені	-0,43	0,61	0,26	-0,40	0,73	0,38	-0,39
Діатомові	-0,06	0,11	-0,13	0,31	-0,16	-0,14	-0,07
Зелені	0,64	-0,47	-0,33	0,54	-0,45	-0,23	0,77
Температура	0,87	-0,72	-0,08	0,56	-0,21	-0,20	0,53
Мутність	0,69	-0,39	-0,14	0,84	-0,13	-0,12	0,30
O ₂	-0,58	0,47	0,42	-0,34	0,03	-0,11	-0,34
Колірність	0,92	-0,65	-0,21	0,67	-0,44	-0,12	0,68
ХСК	1,00	-0,73	-0,13	0,67	-0,47	-0,10	0,61
Fe _{заг.}	-0,73	1,00	0,12	-0,53	0,50	0,61	-0,55
pH	-0,13	0,12	1,00	-0,20	0,25	-0,11	-0,23
NH ₄ ⁺	0,67	-0,53	-0,20	1,00	-0,23	-0,38	0,27
NO ₂ ⁻	-0,47	0,50	0,25	-0,23	1,00	0,08	-0,46
NO ₃ ⁻	-0,10	0,61	-0,11	-0,38	0,08	1,00	-0,23
Mn ²⁺	0,61	-0,55	-0,23	0,27	-0,46	-0,23	1,00

Таблиця 6. Кореляційна матриця за Спірменом за аномальний температурний період 2010р.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$							
	Фіто-планктон	Синьо-зелені	Діатомові	Зелені	Температура	Мутність	O ₂	Колірність
Фітопланктон	1,000	0,986	-0,809	-0,700	0,378	-0,502	-0,148	-0,662
Синьо-зелені	0,986	1,000	-0,855	-0,717	0,349	-0,540	-0,123	-0,714
Діатомові	-0,809	-0,855	1,000	0,745	-0,139	0,594	0,305	0,807
Зелені	-0,700	-0,717	0,745	1,000	-0,313	0,410	0,067	0,837
Температура	0,378	0,349	-0,139	-0,313	1,000	-0,256	-0,398	0,313
Мутність	-0,502	-0,540	0,594	0,410	-0,256	1,000	0,078	0,430
O ₂	-0,148	-0,123	0,305	0,067	-0,398	0,078	1,000	-0,090
Колірність	-0,662	-0,714	0,807	0,837	0,313	0,430	-0,090	1,000
ХСК	-0,460	-0,528	0,654	0,831	0,316	0,614	-0,018	0,833
Fe _{заг.}	0,444	0,462	-0,279	-0,323	-0,032	-0,110	0,137	-0,493
pH	0,327	0,348	-0,342	-0,441	-0,290	-0,201	0,573	-0,454
NH ₄ ⁺	-0,263	-0,389	0,425	0,450	-0,152	0,487	0,009	0,349
NO ₂ ⁻	0,801	0,872	-0,888	-0,832	0,247	-0,541	-0,206	-0,795
NO ₃ ⁻	-0,037	-0,037	0,018	-0,274	0,164	-0,263	-0,042	-0,026
Mn ²⁺	-0,338	-0,370	0,173	0,435	0,085	0,121	-0,356	0,345

Продовження таблиці 6. Кореляційна матриця за Спірменом за аномальний температурний період 2010р.

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$						
	ХСК	Fe _{заг.}	pH	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Mn ²⁺
Фітопланктон	-0,460	0,444	0,327	-0,263	0,801	-0,037	-0,338
Син-зелені	-0,528	0,462	0,348	-0,389	0,872	-0,037	-0,370
Діатомові	0,654	-0,279	-0,342	0,425	-0,888	0,018	0,173
Зелені	0,831	-0,323	-0,441	0,450	-0,832	-0,274	0,435
Температура	0,316	-0,032	-0,290	-0,152	0,247	0,164	0,085
Мутність	0,614	-0,110	-0,201	0,487	-0,541	-0,263	0,121
O ₂	-0,018	0,137	0,573	0,009	-0,206	-0,042	-0,356
Колірність	0,833	-0,493	-0,454	0,349	-0,795	-0,026	0,345
ХСК	1,000	-0,200	-0,332	0,425	-0,693	-0,356	0,240
Fe _{заг.}	-0,200	1,000	-0,061	-0,403	0,449	-0,398	-0,296
pH	-0,332	-0,061	1,000	-0,093	0,226	-0,205	-0,204
NH ₄ ⁺	0,425	-0,403	-0,093	1,000	-0,570	0,193	-0,089
NO ₂ ⁻	-0,693	0,449	0,226	-0,570	1,000	0,131	-0,333
NO ₃ ⁻	-0,356	-0,398	-0,205	0,193	0,131	1,000	-0,131
Mn ²⁺	0,240	-0,296	-0,204	-0,089	-0,333	-0,131	1,000

Дані кореляційного зв'язку між фітопланктоном і мутністю, отримані спираючись на результати аналізів фільтрату фільтрувальної установки, що розташована на Дніпровському водозаборі, наведені в табл. 7, 8.

Таблиця 7. Кореляційна матриця за Пірсоном

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$				
	Мутність	Фіто-планктон	Синьо-зелені	Діатомові	Зелені
Мутність	1,00	-0,46	-0,62	0,29	0,24
Фітопланктон	-0,46	1,00	0,93	-0,37	0,43
Синьо-зелені	-0,62	0,93	1,00	-0,54	0,22
Діатомові	0,29	-0,37	-0,54	1,00	-0,45
Зелені	0,24	0,43	0,22	-0,45	1,00

Таблиця 8. Кореляційна матриця за Спірменом

Змінні	Визначені кореляції значимі при $p < 0,05000$				
	Мутність	Фіто-планктон	Синьо-зелені	Діатомові	Зелені
Мутність	1,000	-0,383	-0,635	0,060	0,470
Фітопланктон	-0,383	1,000	0,881	-0,262	0,216
Синьо-зелені	-0,635	0,881	1,000	-0,262	-0,096
Діатомові	0,060	-0,262	-0,262	1,000	-0,180
Зелені	0,470	0,216	-0,096	-0,180	1,000

Аналіз результатів

Закономірність розподілу всіх оброблених даних не відповідає нормальному закону розподілу. Значення кореляції між температурою і фітопланктоном знаходиться в межах 0,08 – 0,52 в залежності від вибірки та методики визначення. Виявлено стійке значення кореляції між нітратами і фітопланктоном за період температур води 26 – 28 °С, яке становить 0,7 - 0,8 в залежності від методики визначення, в той же час, ця кореляція становить 0,2 – 0,4 за загальний період з червня по жовтень з 2006 по 2011 роки та подібна у 1983 – 1985 роках. Виявлено, що найбільший кореляційний вклад в загальний фітопланктон несуть ціанобактерії (синьо-зелені водорості), який становить більше 0,9. Існує сталий зв'язок фітопланктон – мутність, для якого кореляція знаходиться в межах 0,3 - 0,57. Більш вагомим є зв'язок кольоровість – температура: 0,58 та 0,59 за 1983–1985рр.; 0,38 та 0,23 за 2006–2011рр.; 0,81 та 0,31 за період температурної аномалії 2010р. за Пірсоном та Спірменом, відповідно. Кореляція температура – кисень від'ємна і становить $-(0,65-0,79)$ за всі періоди досліджень, а кореляція окислюваність (або ХСК) – температура знаходиться у межах 0,26 - 0,87 в залежності від вибірки та методики визначення. Інші фактори знаходяться за межами стійкого (значного) кореляційного зв'язку.

Обговорення та висновки

Виявлена стала тенденція до зростання середньої температури за активний період вегетації фітопланктону (рис. 8), яка за більшістю прогнозних оцінок має продовжуватися, як мінімум, у найближчі десятиріччя [13-16]

Характер розподілу даних у змінних не відповідає нормальному і, відповідно, більш достовірними мають бути кореляції, отримані непараметричним методом – у нашому випадку за Спірменом.

Головною складовою фітопланктону є ціанобактерії (синьо-зелені водорості), кореляція складає понад 0,9.

Зв'язок мутність – фітопланктон є помірним і сталим, таким же є зв'язок температури і колірності, дещо сильніший зв'язок окислюваність – температура.

Припущення про сильний зв'язок температура – фітопланктон не підтвердилося. Натомість, ми отримали загалом помірну кореляцію. Можливо це пояснюється впливом таких факторів, як зменшення вмісту кисню при підвищенні температури (сильний від'ємний кореляційний зв'язок близько -0,8) та, можливо, впливом факторів, пов'язаних з температурою, які не були враховані у наших дослідах, але значно впливають на життєдіяльність фітопланктону (наприклад, сонячної радіації в ультрафіолетовому спектрі, яка необхідна для фотосинтезу). Спроба визначити цей фактор серед біогенних показників, за виключенням кисню, не показала сильних кореляційних зв'язків. Найсильнішим з них ($\text{Fe}_{\text{зар}}$, рН, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Mn^{2+}) виявився NO_2^- , що має тенденцію підвищуватися з підвищенням температури і досягати 0,72 – 0,82 за Пірсоном та Спірменом, відповідно, в аномальний тепловий період у 2010 році. В той же час, Mn має від'ємну кореляцію з фітопланктоном (від -0,05 до -0,13 за період 1983–1985рр.; від -0,41 до -0,34 за період 2006–2011рр.; від -0,41 до -0,34 у період найбільшої температурної аномалії 2010 р.), хоча з температурою, як такою, Mn має незначний або помірний зв'язок.

Спираючись на зазначене, можливо спрогнозувати, що температура води в період активної вегетації фітопланктону буде і надалі зростати. При температурі води від 27 – 28 до 30 – 33 °С (після якої пригнічується фотосинтез) слід очікувати наступних явищ:

- зменшення розчинного кисню і, відповідно, пригнічення і відмирання біопланктону та пригнічення вищих форм;
- помірною збільшення колірності води;
- суттєвого збільшення ХСК;
- зменшення Mn, а після відчутного охолодження води, його залпового підвищення;
- плавного, але суттєвого збільшення фітопланктону;
- зменшення нітритного навантаження.

Відповідно, очисні споруди для забезпечення населення якісною питною водою в такий період повинні мати змогу затримати з мінімальними витратами, бажано прямо на водозаборі, підвищену кількість фітопланктону. Також вони мають бути розраховані на вилучення підвищеного вмісту органічних речовин та бути спроможними провадити додаткову аерацію води, а у наступний період похолодання мати достатню бар'єрну функцію для втримання стрибкового підвищення вмісту Mn.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ИСХОДНОЙ ВОДЫ ПО ДАННЫМ ДНЕПРОВСКОГО ВОДОЗАБОРА г. КИЕВА

Д. В. Чарний¹, И. С. Кузмыч²

1 - Институт водных проблем и мелиорации УААН, г. Киев

e-mail: dmitriych10@gmail.com

2 – Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев,

e-mail: egor_ks@i.ua

Основной источник водоснабжения в Украине - это воды крупнейших рек. В связи с трендом изменения климата происходят характерные изменения качества воды в главных источниках водоснабжения. Как следствие, происходят изменения в характере развития фитопланктона, что приводит к усложнению работы существующих станций водоподготовки. В данной статье проанализированы многолетние наблюдения за состоянием качества воды Киевского водозабора за период активной вегетации фитопланктона. Были изучены данные с 2006 по 2011 гг., а для сравнения взяты годы до начала температурного скачка (с 1983 по 1985 год). Анализировались взаимосвязи цветности, мутности, фитопланктона и его составляющих, температуры, биогенных элементов. За основу взяты корреляционные связи между каждым из элементов, которые приведены в виде корреляционных матриц. Проведена проверка на соответствие полученных данных нормальному закону распределения. Корреляция определялась по методам Пирсона и Спирмена. Опираясь на полученные корреляции, определены требования

к очистным сооружениям в соответствии с существующим температурным трендом. Одним из главных выводов является необходимость повышения барьерной способности сооружений для задержания фитопланктона, марганца, растворимых органических веществ, цветности и обеспечения способности таких сооружений к аэрации исходной воды.

Ключевые слова: фитопланктон, корреляция, температура, нитраты, нитриты, кислород, водоснабжение, рН, мутность, цветность.

DETERMINATION OF CORRELATION FACTORS AFFECTING SOURCE WATER QUALITY ACCORDING DNEPROVSKIE WATER INTAKES KYIV

D. Charniy¹, I. Kuzmych²

1 - Institute of Water Problems and Land Reclamation NAASU, Kyiv, Ukraine

e-mail: dmitriyich10@gmail.com

2 - Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

e-mail: egor_ks@i.ua

The largest rivers are the main source of water supply in Ukraine. Specific changes of water quality in main water supply sources are taking place due to climate fluctuation. There are changes in the nature of phytoplankton as well, which make existing water treatment plants work with difficulties. There is analyzed long-term research of water quality in Kyiv water intake during the period of active vegetation phytoplankton in this article. It was studied data from 2006 to 2011, years before the temperature jumped from 1983 to 1985 were taken for comparing. It was analyzed the relationship between color, turbidity, phytoplankton and its components, temperature, nutrients. They were taken the base correlations between each of the elements listed in the form of correlation matrices. It was made checking for compliance data distribution - normal. Correlation was determined by Pirsonm and Spearman. Based on these correlations the requirements for treatment facilities in accordance with the current temperature trend. One of the main conclusion is necessity to improve the ability of barrier structures for remove phytoplankton, manganese, soluble organic matter, color, and ability to provide such facilities to aeration source water.

Keywords: Phytoplankton, correlation, temperature, nitrate, nitrite, oxygen, water, pH, turbidity, color.

Список літератури:

1. Вовякина Е.Ю. Загрязнение цианотоксинами эвтрофных водоемов Санкт-Петербурга / Е.Ю. Вовякина, Я.В. Русских, Е.Н. Чернова, З.А. Жуковская // Экологические и гидрометеорологические проблемы в больших городах и промышленных зон Экогидромет IV международная научная конференция 2-4 июля 2012г. — С. 9 — 12.
2. Вагнер Е. В. Влияние технологических параметров и качества природной воды на образование галогенуксусных кислот в составе продуктов дезинфекции воды хлором / Е.В. Вагнер // Автореферат дис. к.х.н. Москва – 2012
3. Долгоносов Б.М. Статистические характеристики изменчивости качества воды, поступающей на водопроводную станцию / [Б.М. Долгоносов, Д.Ю. Власов, Д.В. Дятлов и др.] // Инженерная экология. — 2004. — № 3. — С. 2 — 20.
4. Минченко Е.М. Определение взаимосвязей между гидрохимическими показателями как элемент контроля данных о качестве вод / Е.М. Минченко // Наук. праці УкрНДГМІ. — 2003. — Вип. 252 — С. 97 — 102.
5. Долгоносов Б.М. Вероятностные закономерности неблагоприятных гидрохимических явлений / Б.М. Долгоносов, К.А. Корчагин // Водные ресурсы. — 2005. — Т. 32. — № 4. — С. 452 — 458

6. Долгоносов Б.М. Статистическая оценка взаимосвязи расхода воды в реке и ее мутности в водозаборных сооружениях / Б.М. Долгоносов, К.А. Корчагин // Водные ресурсы. — 2005. — Т. 32. — № 2. — С. 196 — 204
7. Долгоносов Б.М. Вероятностный прогноз экстремальных гидрохимических явлений в речных системах / Б.М. Долгоносов, К.А. Корчагин, Е.М. Мессинева // Мат. Вс. конф. "Проблемы безопасности в водохозяйственном комплексе России", 20-26 сент. 2010, Краснодар, 2010. — С. 250 — 261
8. Хахаев И.А. Gnumeric: Электронная таблица для всех / И.А. Хахаев. — М.: ALT Linux, 2011. — 192 с.
9. Пащиорковский В.В. SPSS для социологов. Учебное пособие / В.В. Пащиорковский, В.В. Пащиорковская. — М.: ИСПЭН РАН, 2005. — 433 с.
10. Lambert M. Surhone , Miriam T. Timpledon , Susan F. Marseken PSPP 2010 -148 с.
11. PSPP - Summary // <http://savannah.gnu.org/projects/pspp/>
12. Костин В.С. Построение обобщенной классификации / В.С. Костин, Ю.Г. Корнюхин // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях: Сб. тр. — Новосибирск, 2003. — Вып. 6. — С. 65 — 72.
13. Чарний Д.В. Аналіз впливу температурних аномалій літа 2010 р. на стан річкових басейнів України як джерел питного водопостачання України / Д.В. Чарний // Водне господарство України. — 2011. — Вип.2. — С. 31
14. П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату, підготовлене на виконання статті 4 та 12 Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та статті 7 Кіотського протоколу Київ, 2009.
15. Хаин В. Е. Цикличность геодинамических процессов: Её возможная природа / В.Е. Хаин, Э.Н. Халилов. — М.: Научный мир, 2008. — 520 с.
16. Хаин В. Е. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности / В.Е. Хаин, Э.Н. Халилов. — Burgas, SWB, 2008. — 304 с.