

УДК [581.526.325 :556.55] : 911.375

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФІТОПЛАНКТОНУ РІЗНОТИПНИХ ВОДОЙМ МЕГАПОЛІСА

Кравцова О. В., Семенюк Н. Є.

*Інститут гідробіології НАН України
04210, Україна, Київ, проспект Героїв Сталінграда, 12*

kravtsovaolga00@gmail.com

Проведено порівняльний аналіз розвитку фітопланктону у 2004–2016 рр., визначено сучасні величини основних його показників. У процесі статистичної обробки даних встановлено, що існують достовірні відмінності величин таких основних показників розвитку водоростевих угруповань планктону, як чисельність, біомаса та видове різноманіття. На сучасному етапі функціонування водойм спостерігається зниження цих показників. Виявлено кореляційні зв'язки структурно-функціональних показників розвитку фітопланктону з температурою водного середовища.

Ключові слова: таксономічний і видовий склад, чисельність, біомаса, сезонна динаміка фітопланктону.

Кравцова О.В., Семенюк Н.Е. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИТОПЛАНКТОНА РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ МЕГАПОЛИСА / Институт гидробиологии НАН Украины; 04210, Украина, Киев, проспект Героев Сталинграда, 12.

Проведен сравнительный анализ развития фитопланктона в 2004–2016 гг. установлены современные величины основных его показателей. В процессе статистической обработки данных установлено, что существуют достоверные различия величин таких основных показателей развития водорослевых сообществ планктона, как численность, биомасса и видовое разнообразие. На современном этапе функционирования водоемов наблюдается снижение этих показателей. Выявлены корреляционные связи структурно-функциональных показателей развития фитопланктона с температурой водной среды.

Ключевые слова: таксономический и видовой состав, численность, биомасса, сезонная динамика фитопланктона.

Kravtsova O.V., Semenyuk N.Y. LONG-TERM DYNAMICS OF PHYTOPLANKTON STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS IN DIVERSE METROPOLIS WATER-BODIES / Institute of Hydrobiology the NAS of Ukraine; 04210, Ukraine, Kiev, Geroiiv Stalingrada Ave., 12.

This paper deals with a comparative analysis of phytoplankton in 2004–2016. The modern values of its main parameters were determined. Statistical processing of the data found significant differences between the values of the main indicators of algal plankton communities, such as their abundance, biomass and species diversity. At the present stage of the water-bodies functioning these values tend to decrease. The structural and functional parameters of phytoplankton have been found to correlate with the temperature of water environment.

The development of aquatic organisms, such as phytoplankton depends of a large number of environmental factors, such as the water temperature. Global climate changes are seen in recent decades.

The purpose of work was to study phytoplankton long-term dynamics in different types of Kyiv city water bodies. It was based on the retrospective and current data.

The study of qualitative and quantitative diversity of phytoplankton in the water-bodies of Kyiv: Babyne flood lake, located on Trukhanov island, the saucer lake of the Pochayna river – Opechen II (Kyrylivske), Pond No. 2 on the Syrets brook in the park «Nivki» were held during the spring and autumn of 2016. Also we used the retrospective data of 2004-2005.

Algological samples were taken at the fixed sites twice a month. Samples of phytoplankton were conserved, concentrated and processed in the laboratory according to conventional hydrobiological methods. Statistical data processing was carried out with the help of STATISTICA 6.0 and Past software. We used Wilcoxon (Z) criterion to calculate the statistical significance of differences of phytoplankton development indicators.

We used a number of indicators: species diversity of phytoplankton, its size and biomass diversity, Shannon index, abundance and biomass of phytoplankton to assess changes in structural and functional organization of phytoplankton for 12 years.

It has been discovered that the average annual air temperature in the Kyiv city has increased by of 0,80°C since 2004.

A statistically significant decreasing ($p < 0,05$) has been observed in the phytoplankton abundance and biomass ($Z = 3,95$, $p = 0,000078$) and species diversity ($Z = 4,46$, $p = 0,000008$) in 2016 compared with 2004-2005.

Increasing in the share of Euglenophyta biomass and decreasing of Chrysophyta and Chlorophyta were observed in all water bodies in 2016. Increasing of Euglenophyta may indicate growing content of organic substances in water.

Diatoms and green algae had the largest representation in all bodies of water.

The seasonal dynamics of phytoplankton at the present stage of the water-bodies functioning is marked by several peaks of algal number and biomass.

Sharp rises of phytoplankton biomass in Lake Opechen II was observed in August and September due to the intensive Euglenophyta development. In the pond in the park «Nivki» two highs of biomass were caused by the development of Chlorophyta in summer and Euglenophyta in autumn. There were no distinct biomass peaks in the lake Babyne, but it should be noted that the biomass maximums were formed mainly by Dinophyta, Bacillariophyta and Chlorophyta.

Phytoplankton indicators that had changed significantly during the 2004-2016 may serve as biomarkers of environmental factors impact on water-bodies' biota. The increase in the average air and water temperature is probably one of these factors.

At the same time, the Shannon index have hardly changed over the period, which may indicate that it also depend on other environmental factors, in addition to temperature, and is less sensitive to the environmental factors effects on the diversity of phytoplankton of metropolis water objects.

Key words: taxonomic and species composition, abundance, biomass, seasonal dynamics of phytoplankton.

ВСТУП

На розвиток гідробіонтів, зокрема фітопланктону, впливає велика кількість факторів навколишнього середовища [1, 3-5, 8, 9], серед яких одне з основних місць займає температура води. Особливої актуальності це питання набуває в умовах глобальних кліматичних змін, що яскраво помітні в останні десятиліття.

Мета роботи – на основі ретроспективних і сучасних даних вивчити багаторічну динаміку фітопланктону різнотипних водойм м. Києва.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження якісного та кількісного різноманіття фітопланктону водойм м. Києва: заплавного озера Бабиного, розташованого на Трухановому острові, озера-стариці р. Почайна – Опечень II (Кирилівське) та ставу № 2 на струмку Сирець у парку «Нивки» проводилися впродовж весни-осені 2016 р. Також використано ретроспективні дані 2004–2005 рр.

Відбір альгологічних проб здійснювався на стаціонарних станціях двічі на місяць. Проби фітопланктону фіксували, концентрували та камерально опрацьовували загальноприйнятими в гідробіології методами [7].

Паралельно визначали температуру води, вміст розчиненого кисню, рН.

Для оцінки змін структурно-функціональної організації фітопланктону впродовж 12 років використано низку показників: видове різноманіття фітопланктону, його чисельність та біомасу, індекси інформаційного різноманіття Шеннона за чисельністю та біомасою фітопланктону.

Статистична обробка даних проводилась у програмах STATISTICA 6.0 та Past. Для розрахунку статистичної достовірності відмінностей показників розвитку фітопланктону було використано критерій Вілкоксона (Z).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Порівнявши середньорічну температуру повітря у м. Києві (згідно з [8]) у 2004-2005 рр. (8,7°C) та 2016 р. (9,5°C), встановлено зростання її на 0,8°C. Динаміку середньомісячної температури повітря у м. Києві в 2004, 2005, 2016 рр. наведено на рис. 1.

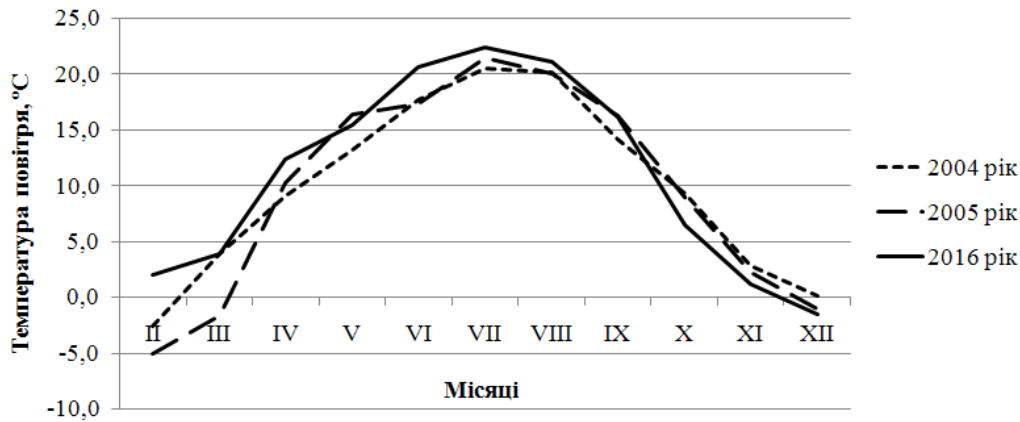


Рис. 1. Динаміка температури повітря в м. Києві по місяцях у 2004, 2005, 2016 рр. (за даними [9])

Багаторічні зміни структурно-функціональних показників розвитку фітопланктону. Нами було вивчено фітопланктон різнотипних водойм м. Києва за такими структурно-функціональними показниками: видове різноманіття, чисельність та біомаса фітопланктону, інформаційне різноманіття за індексом Шеннона (H_N – індекс Шеннона за чисельністю та H_B – індекс Шеннона за біомасою).

Серед показників розвитку фітопланктону (чисельність, біомаса, видове різноманіття, індекси інформаційного різноманіття, індекс сапробності) статистично значимі відмінності ($p < 0,05$) між 2004–2005 та 2016 рр. були встановлені для чисельності й біомаси фітопланктону ($Z = 3,95$, $p = 0,000078$) та видового різноманіття ($Z = 4,46$, $p = 0,000008$). Спостерігається зниження цих показників на сучасному етапі розвитку фітопланктону водойм (рис. 2).

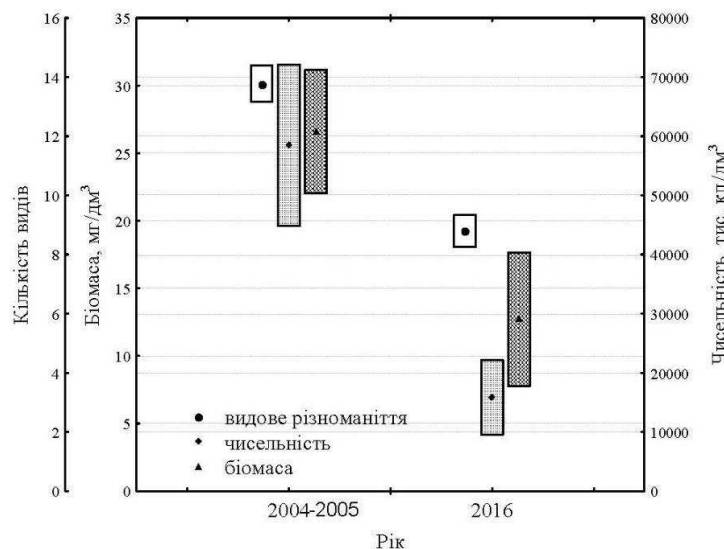


Рис. 2. Зміна середніх значень кількісних показників розвитку фітопланктону водойм м. Києва у 2004-2005 і 2016 рр.

Слід відзначити, що для досліджуваних водойм є певні відмінності. Якщо для озера Бабіне та ставу №2 в парку «Нивки» статистично достовірні відмінності були характерні для чисельності, біомаси та видового різноманіття фітопланктону (рис. 3-5), то для озера Опечень II такі відмінності були у видовому різноманітті, а також для індексів інформаційного різноманіття (HN та HB).

Кореляційний аналіз ($N = 148$) виявив певні кореляційні залежності між температурою води та такими показниками розвитку фітопланктону, як видове різноманіття ($r = 0,49$, $p = 0,0002$ у 2004–2005 рр. та $r = 0,43$, $p = 0,001$), біомаса водоростей ($r = 0,21$, $p = 0,009$), індекс Шеннона за біомасою ($r = 0,23$, $p = 0,006$).

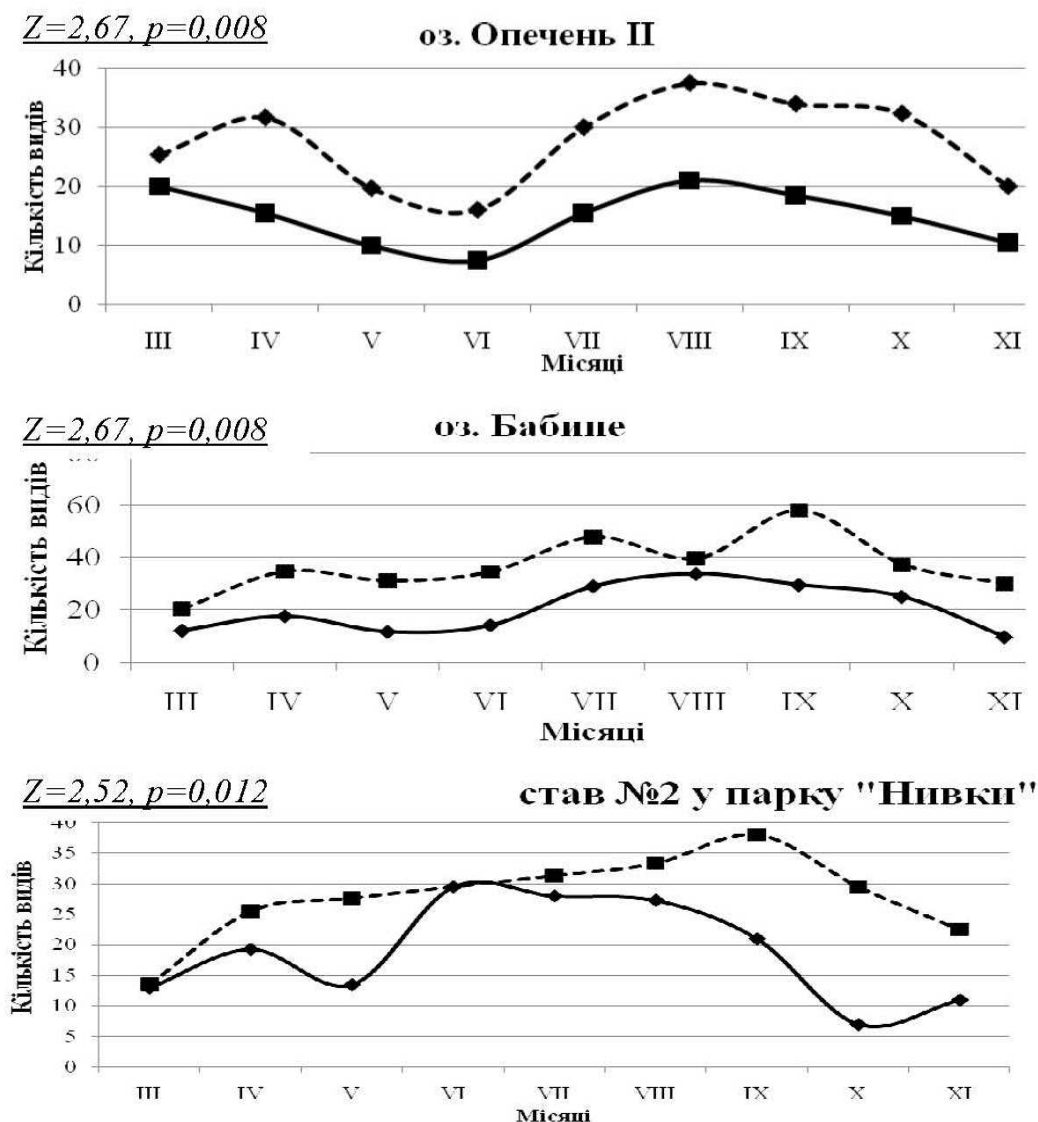


Рис. 3. Видове різноманіття фітопланктону деяких водойм м. Києва (по місяцях) у 2004-2005 і 2016 рр.

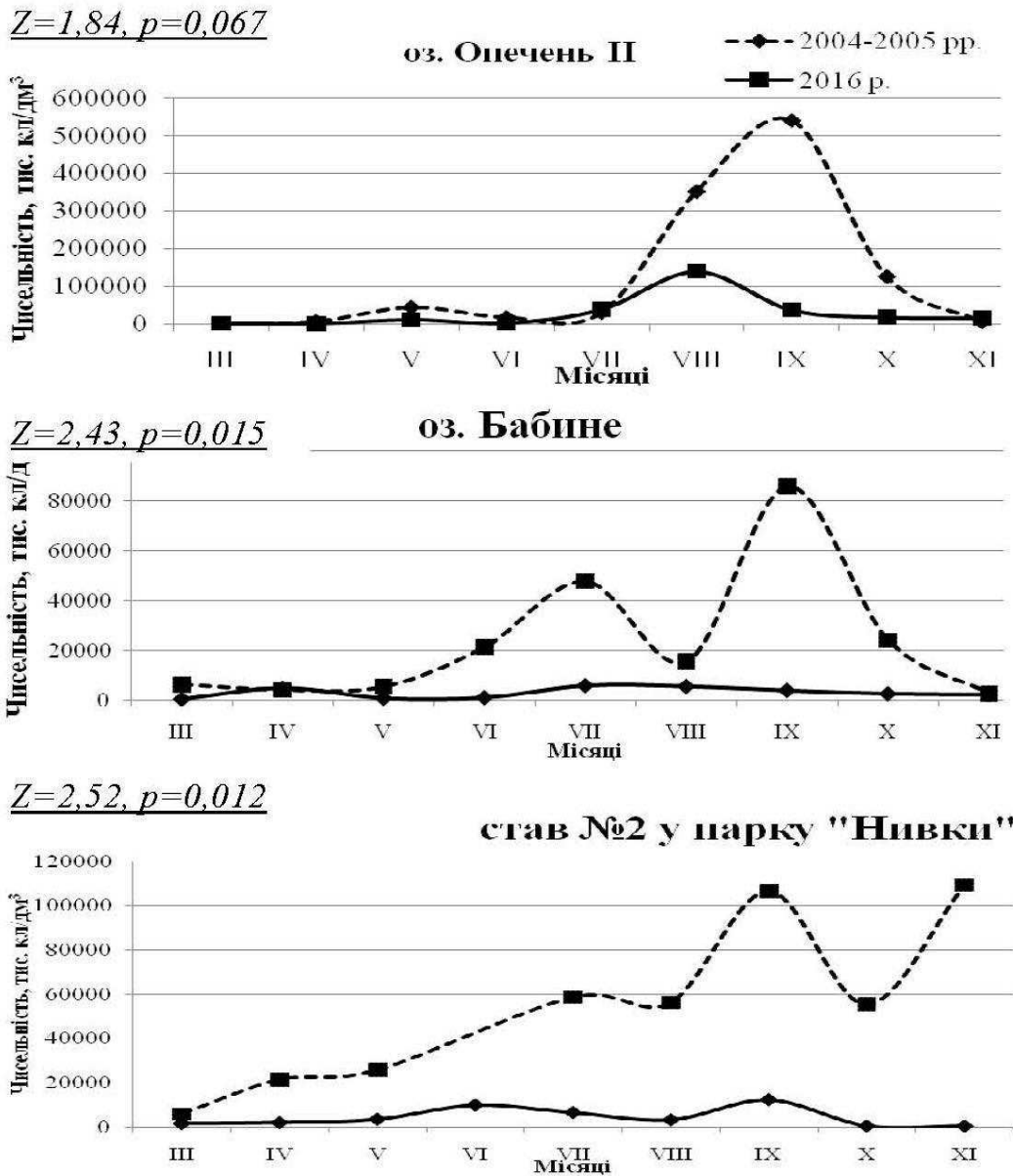
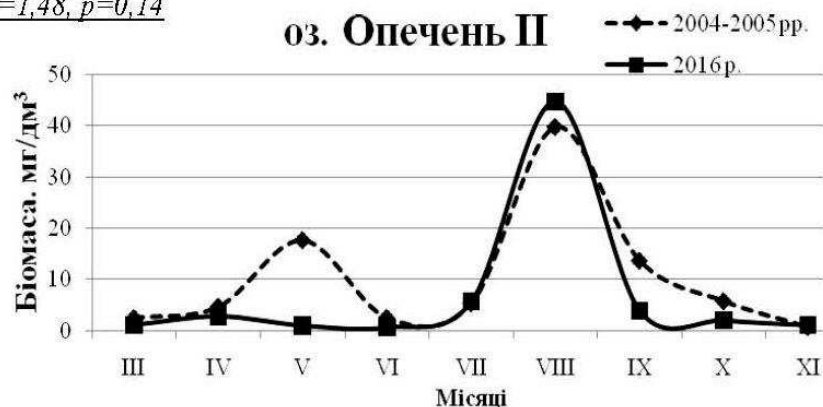
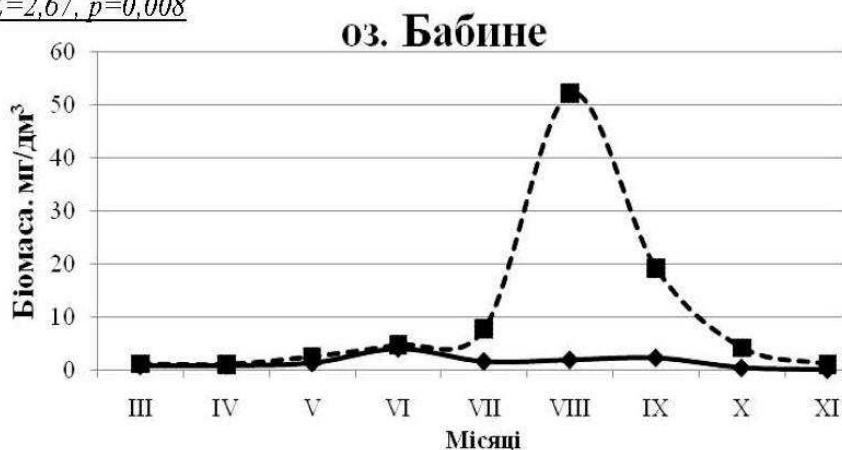


Рис. 4. Чисельність фітопланктону деяких водойм м. Києва у 2004-2005 і 2016 рр. (курсивом на діаграмі зазначено достовірність відмінностей за критерієм Вілкоксона)

$Z=1,48, p=0,14$



$Z=2,67, p=0,008$



$Z=2,52, p=0,012$

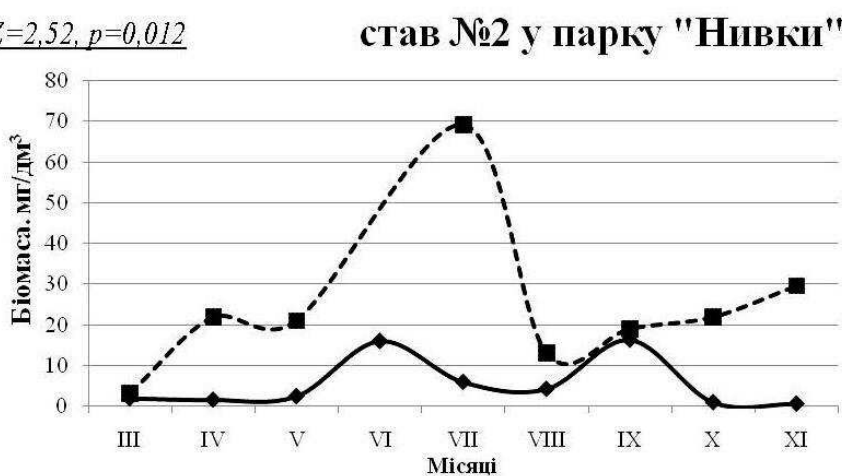


Рис. 5. Біомаса фітопланктону деяких водойм м. Києва у 2004-2005 і 2016 рр. (курсивом на діаграмі зазначено достовірність відмінностей за критерієм Вілкоксона)

Найбільша кількість кореляційних зв'язків між показниками розвитку водоростевих угруповань та температурою води була характерна для озера Бабине та ставу № 2 у парку «Нивки», тоді як для озера Опечень II температура води корелювала лише з індексом Шеннона за чисельністю фітопланктону ($r = -0,48, p = 0,0005$). Це свідчить про те, що в розвитку фітопланктону цієї водойми температурний фактор не відіграє ключової ролі.

Представники різних відділів водоростей мають різні оптимальні діапазони температур, і за межами цих оптимумів їхня біомаса та чисельність можуть знижуватися. Це саме стосується і загальної біомаси та видового різноманіття фітопланктону. Величини чисельності ж були найвищими при 15-20°C, що пов'язано в першу чергу з масовим розвитком синьозелених водоростей. Діатомові водорості характеризувались двома піками розвитку: за 10-15°C та 20-25°C, що пояснюється розвитком весняно-осінніх та літніх форм. Для золотистих та евгленових найбільша біомаса зареєстрована за температури води в межах 5-10°C, а зелених та жовтозелених – 25-30°C (рис. 6).

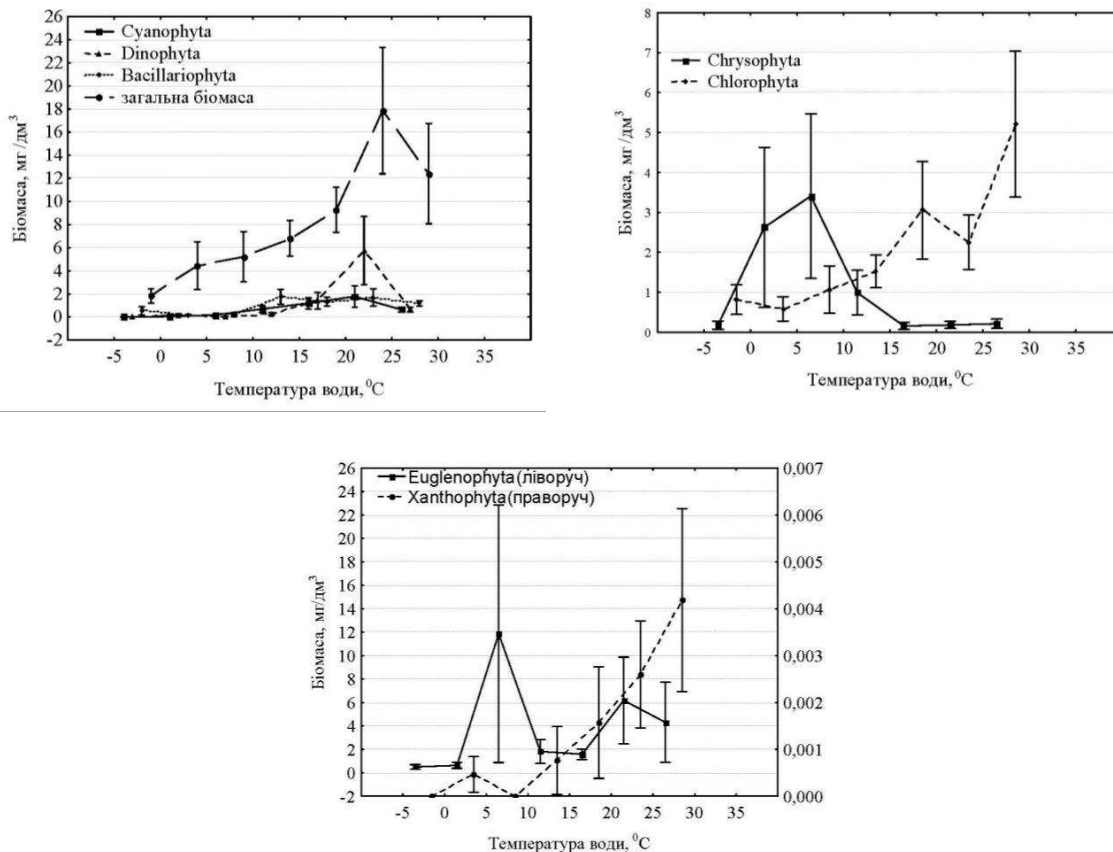


Рис. 6. Розподіл середніх величин біомаси відділів фітопланктону відносно температури води

Порівняно з 2004-2005 рр. у 2016 р. у всіх водоймах спостерігали збільшення частки біомаси евгленових і зменшення золотистих та зелених водоростей (табл. 1-2). Збільшення частки евгленових водоростей може свідчити про підвищення вмісту органічних речовин у водоймах.

Таблиця 1 – Мінімальні й максимальні (у чисельнику) та середні значення (у знаменнику) біомаси (мг/дм³) фітопланктону водойм м. Києва у 2004–2005 та 2016 рр.

Відділи	оз. Бабине		оз. Опечень		став у парку «Нивки»	
	2004-2005 рр.	2016 р.	2004-2005 рр.	2016 р.	2004-2005 рр.	2016 р.
<i>Cyanoophyta</i>	$\frac{0-1,143}{0,25}$ (3%)	$\frac{0-0,52}{0,13}$ (7%)	$\frac{0-19,3}{1,60}$ (19%)	$\frac{0-21,11}{2,31}$ (23%)	$\frac{0-4,19}{0,61}$ (3%)	$\frac{0-0,80}{0,09}$ (2%)
<i>Euglenophyta</i>	$\frac{0,01-5,5}{1,01}$ (12%)	$\frac{0-0,48}{0,12}$ (6%)	$\frac{0-3,50}{0,51}$ (6%)	$\frac{0-102,24}{5,92}$ (59%)	$\frac{0-97,72}{7,31}$ (35%)	$\frac{0,009-22,68}{2,45}$ (40%)
<i>Chrysophyta</i>	$\frac{0-3,05}{0,34}$ (4%)	$\frac{0-0,35}{0,04}$ (3%)	$\frac{0-2,65}{0,16}$ (2%)	$\frac{0-0,02}{0,002}$ (0,02%)	$\frac{0-35,5}{4,7}$ (23%)	$\frac{0-0,58}{0,06}$ (1%)
<i>Xanthophyta</i>	$\frac{0-0,05}{0,008}$ (<1%)	$\frac{0-0,01}{0,0005}$ (<1%)	<1%	не виявлено	не виявлено	$\frac{0-0,006}{(<1\%)}$
<i>Bacillariophyta</i>	$\frac{0-4,25}{0,65}$ (8%)	$\frac{0,01-3,38}{0,50}$ (26%)	$\frac{0,001-22,92}{1,69}$ (20%)	$\frac{0-1,41}{0,32}$ (3%)	$\frac{0-12,40}{2,17}$ (10%)	$\frac{0,01-5,30}{0,72}$ (12%)
<i>Dinophyta</i>	$\frac{0-87,8}{4,83}$ (58%)	$\frac{0-3,70}{0,62}$ (33%)	$\frac{0-8,15}{0,62}$ (7%)	$\frac{0-0,26}{0,06}$ (0,6%)	$\frac{0-5,23}{0,57}$ (3%)	$\frac{0-3,88}{0,59}$ (10%)
<i>Chlorophyta</i>	$\frac{0,01-6,02}{1,19}$ (14%)	$\frac{0,04-1,03}{0,34}$ (18%)	$\frac{0,09-48,62}{3,67}$ (44%)	$\frac{0,25-3,39}{1,39}$ (14%)	$\frac{0,14-22,23}{2,12}$ (35%)	$\frac{0,14-22,23}{2,12}$ (35%)
<i>Streptophyta</i>	$\frac{0-1,52}{0,13}$ (7%)	$\frac{0-1,52}{0,13}$ (7%)	не виявлено	$\frac{0-0,03}{0,004}$ (<1%)	$\frac{0-0,45}{0,045}$ (1%)	$\frac{0-0,45}{0,045}$ (1%)
<i>Cryptophyta</i>	$\frac{0-0,53}{0,08}$ (<1%)	не виявлено	$\frac{0-0,93}{0,07}$ (<1%)	не виявлено	$\frac{0-7,23}{0,38}$ (2%)	не виявлено
Всього:	$\frac{0,03-28,5}{8,36}$ (100%)	$\frac{0,13-4,75}{1,89}$ (100%)	$\frac{0,23-70,07}{8,33}$ (100%)	$\frac{0,49-126,10}{10,01}$ (100%)	$\frac{0,09-122,00}{20,86}$ (100%)	$\frac{0,66-30,42}{6,08}$ (100%)

Таблиця 2 – Мінімальні й максимальні (у чисельнику) та середні значення (у знаменнику) чисельності (тис. кл/дм³) фітопланктону водойм м. Києва у 2004–2005 та 2016 рр.

Відділи	оз. Бабине		оз. Опечень		став у парку «Нивки»	
	2004-2005 рр.	2016 р.	2004-2005 рр.	2016 р.	2004-2005 рр.	2016 р.
<i>Cyanoophyta</i>	$\frac{0-82435}{15967}$ (70%)	$\frac{0-6615}{1994}$ (48%)	$\frac{0-931770}{83274}$ (87%)	$\frac{0-306632}{33807}$ (84%)	$\frac{0-200096}{26839}$ (50%)	$\frac{0-10850}{1471}$ (29%)
<i>Euglenophyta</i>	$\frac{5-2378}{507}$ (2%)	$\frac{0-344}{82}$ (2%)	$\frac{0-480}{114}$ (<1%)	$\frac{0-46300}{2630}$ (7%)	$\frac{0-33720}{2674}$ (5%)	$\frac{11-3273}{479}$ (9%)
<i>Chrysophyta</i>	$\frac{0-10650}{855}$ (4%)	$\frac{0-299}{43}$ (1%)	$\frac{0-5325}{471}$ (0,5%)	$\frac{0-77}{7}$ (0,02%)	$\frac{0-67815}{9111}$ (17%)	$\frac{0-608}{88}$ (2%)
<i>Xanthophyta</i>	$\frac{0-100}{19}$ (<1%)	$\frac{0-13}{0,67}$ (<1%)	$\frac{0-20}{0,6}$ (<1%)	не виявлено	не виявлено	$\frac{0-13}{0,6}$ (<1%)
<i>Vacillariophyta</i>	$\frac{0-5985}{1369}$ (6%)	$\frac{48-863}{338}$ (8%)	$\frac{10-22750}{2986}$ (3%)	$\frac{0-4278}{732}$ (2%)	$\frac{0-12012}{3597}$ (5%)	$\frac{29-7414}{862}$ (17%)
<i>Dinophyta</i>	$\frac{0-2475}{243}$ (1%)	$\frac{0-180}{36}$ (1%)	$\frac{0-1700}{90}$ (<1%)	$\frac{0-53}{10}$ (0,03%)	$\frac{0-1368}{103}$ (<1%)	$\frac{0-484}{69}$ (1%)
<i>Chlorophyta</i>	$\frac{25-24003}{3505}$ (15%)	$\frac{138-3972}{1612}$ (39%)	$\frac{100-127743}{9056}$ (9%)	$\frac{188-16975}{3171}$ (7%)	$\frac{12-62920}{12029}$ (22%)	$\frac{204-9264}{2112}$ (41%)
<i>Streptophyta</i>	$\frac{0-47}{9}$ (0,2%)	$\frac{0-47}{9}$ (0,2%)	$\frac{0-48}{7}$ (0,02%)	$\frac{0-48}{7}$ (0,02%)	$\frac{0-171}{18}$ (<1%)	$\frac{0-171}{18}$ (<1%)
<i>Cryptophyta</i>	$\frac{0-1700}{192}$ (<1%)	не виявлено	$\frac{0-1600}{169}$ (<1%)	не виявлено	$\frac{0-14320}{745}$ (1,4%)	не виявлено
Всього:	$\frac{40-89415}{22656}$ (100%)	$\frac{683-10665}{4114}$ (100%)	$\frac{475-944818}{96159}$ (100%)	$\frac{1738-354315}{40368}$ (100%)	$\frac{1670-228256}{54098}$ (100%)	$\frac{476-17398}{5104}$ (100%)

В озерах Бабине, Опечень II та ставу в парку «Нивки» у 2016 р. було ідентифіковано відповідно 138 (144), 99 (104) та 136 (141) видів водоростей, тоді як у 2004-2005 рр. [1] 272 (278), 208 (214), 153 (162) видів (внутрішньовидових таксонів) відповідно. Надвидове різноманіття (кількість родів) протягом більш ніж десятирічного періоду теж знизилося, насиченість родів видами на сучасному етапі становить відповідно для водойм 1,97, 2,08, та 2,01 (у 2004–2005 рр. – 2,43, 2,29, 2,22).

Найбільшу представленість у всіх водоймах мали діатомові та зелені водорості (табл. 3).

Таблиця 3 – Видове та внутрішньовидове різноманіття фітопланктону деяких водойм м. Києва (2016 р.)

Відділи	оз. Бабине	оз. Опечень II	став у парку «Нивки»
<i>Cyanophyta</i>	$\frac{7(7)}{6}$	$\frac{10(10)}{10}$	$\frac{5(5)}{4}$
<i>Euglenophyta</i>	$\frac{13(17)}{12}$	$\frac{14(19)}{18}$	$\frac{31(34)}{24}$
<i>Chrysophyta</i>	$\frac{7(7)}{5}$	$\frac{3(3)}{3}$	$\frac{4(4)}{3}$
<i>Xanthophyta</i>	$\frac{1(1)}{1}$	не виявлено	$\frac{1(1)}{1}$
<i>Bacillariophyta</i>	$\frac{45(46)}{32}$	$\frac{23(23)}{22}$	$\frac{45(46)}{33}$
<i>Dinophyta</i>	$\frac{7(7)}{5}$	$\frac{6(6)}{6}$	$\frac{7(7)}{5}$
<i>Chlorophyta</i>	$\frac{52(53)}{57}$	$\frac{40(40)}{39}$	$\frac{40(40)}{29}$
<i>Streptophyta</i>	$\frac{6(6)}{4}$	$\frac{3(3)}{3}$	$\frac{3(3)}{2}$
Всього:	$\frac{138(144)}{100}$	$\frac{99(104)}{100}$	$\frac{136(141)}{100}$

Примітка. Над рискою – кількість видів (внутрішньовидових таксонів включно з номенклатурним типом виду), під рискою – вираження у відсотках.

Сезонна динаміка розвитку фітопланктону. Сезонна динаміка фітопланктону на сучасному етапі функціонування водойм відзначається кількома піками розвитку водоростей. Так, у структурі чисельності фітопланктону озера Бабине спостерігаються два піки його розвитку: перший – навесні, що викликано домінуванням переважно синьозелених, та другий – влітку-восени, зумовлений розвитком ще й зелених водоростей. У ставі № 2 в парку «Нивки» яскраво виражених максимумів розвитку водоростей було три: два в літній сезон (діатомові, зелені та синьозелені) та один восени (синьозелені та евгленові). В озері ж Опечень II двічі спостерігали підйом величин чисельності, що зумовлене домінуванням представників відділу *Cyanophyta* (рис. 7).

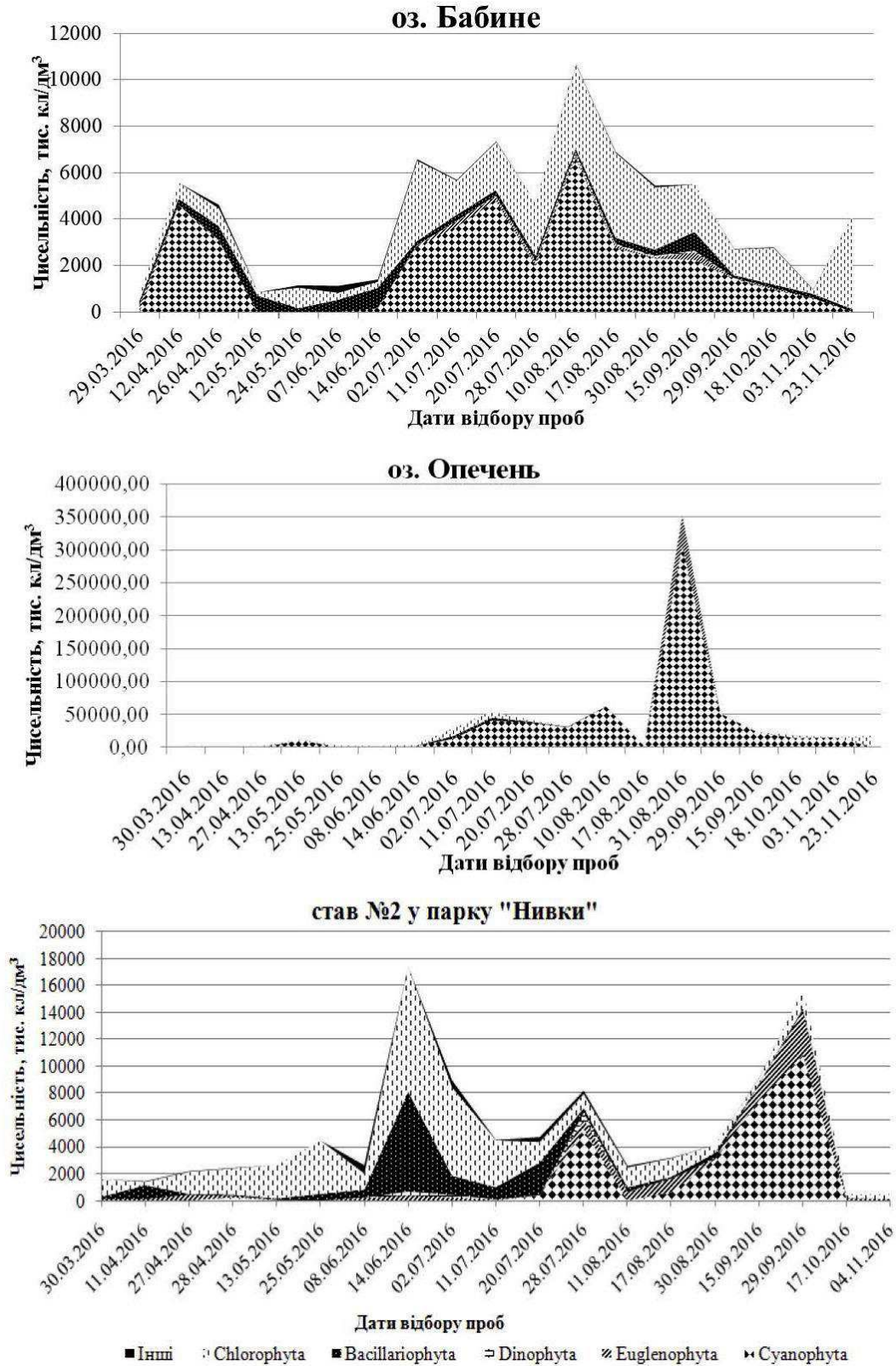


Рис. 7. Сезонна динаміка чисельності фітопланктону різнотипних водойм м. Києва (2016 р.)

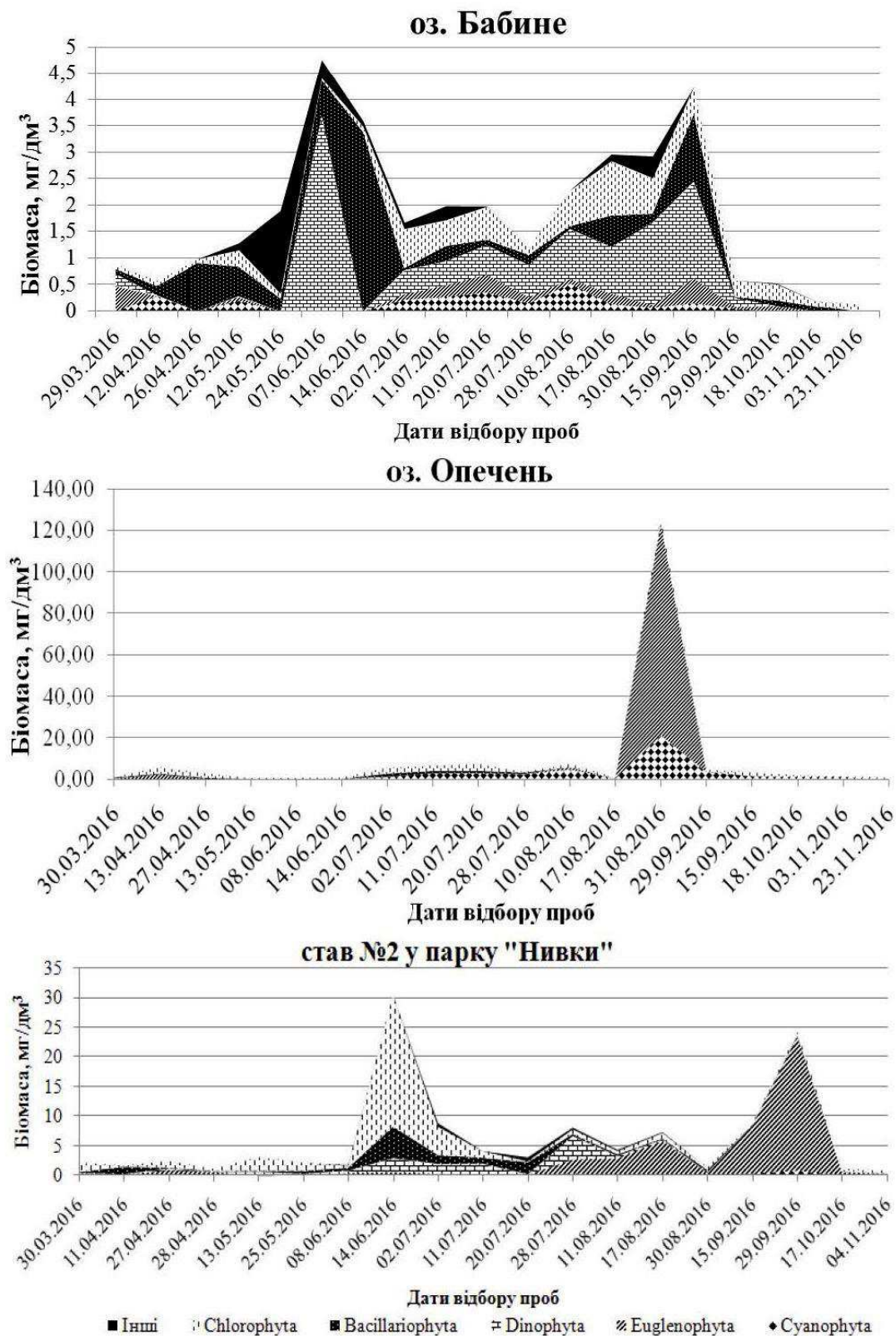


Рис. 8. Сезонна динаміка біомаси фітопланктону різнотипних водойм м. Києва (2016 р.)

Надалі планується продовжити дослідження фітопланктону цих водойм, а саме його продукційно-деструкційних характеристик, та з'ясування решти чинників навколишнього середовища, що впливають на основні його показники розвитку.

ВИСНОВКИ

Результати дослідження багаторічної динаміки фітопланктону різнотипних водойм міста Києва показали, що порівняно з ретроспективними даними за більш ніж десятирічний період у фітопланктоні відбулись зміни в якісних та кількісних показниках.

1. Достовірно знизилася видове різноманіття та насиченість родів видами водоростей.
2. Більше ніж вдвічі знизилася величини чисельності й біомаси фітопланктону.
3. У структурі біомаси зменшилася частка зелених і золотистих водоростей та збільшилась – евгленових, що може свідчити про посилення органічного забруднення водойм.
4. Показники розвитку фітопланктону, які суттєво змінилися впродовж 2004–2016 рр., можуть бути біомаркерами впливу чинників навколишнього середовища на біоту водойм. Одним із таких чинників, ймовірно, є підвищення середньорічної температури повітря й, відповідно, води.
5. Водночас індекс Шеннона за досліджуваний період майже не змінився, а це може вказувати на те, що, крім температури, він залежить ще й від інших чинників навколишнього середовища, і є менш чутливим до впливу чинників довкілля на різноманіття фітопланктону водних об'єктів мегаполісу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Девяткин В.Г. Гидрофизические факторы продуктивности литорального фитопланктона: влияние гидрофизических факторов на динамику продуктивности фитопланктона / В.Г. Девяткин, Н.Ю. Метелева, И.В. Митропольская // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1. – С. 45–52.
2. Задорожна Г. М. Вплив сонячної радіації і температури води на розвиток фітопланктону Канівського водосховища / Г. М. Задорожна, В. І. Щербак // Гидробиологический журнал. – 2016. – № 5. – С. 18–27.
3. Михеева Т.М. Сукцессии видов в фитопланктоне / Т.М. Михеева. – Минск : БГУ, 1983. – 70 с.
4. Роль гидрометеорологических условий в многолетней динамике продуктивности фитопланктона во внутренних водоемах / А. С. Литвинов, И. Л. Пырина, В.Ф. Рощупко, Е.Н. Соколова // Природно-ресурсные, экологические и социально-экономические проблемы окружающей среды в крупных речных бассейнах. – М. : Медиа-Пресс, 2005. – С. 70–81.
5. Сиренко Л.А. Активность Солнца и «цветение» воды / Л. А. Сиренко // Гидробиологический журнал. – 2002. – Т. 38, № 4. – С. 3–10.
6. Щербак В.І. Адаптація методів оцінки екологічного стану водойм мегаполісів України за фітопланктоном і фітомікроперифітоном відповідно до Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС / В.І. Щербак, Н.Є. Семенюк, Н.В. Майстрова // Доповіді Національної Академії Наук України: Математика. Природознавство. Технічні науки. – 2009. – № 10. – С. 206–211.
7. Щербак В.І. Методи визначення характеристик головних угруповань гідробіонтів водних екосистем. 1. Фітопланктон / В.І. Щербак // Методи гідроекологічних

досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. – НАН України: Ін-т гідробіології. – К. : ЛОГОС, 2006. – С. 8–27.

8. Щербак В.І. Фітопланктон кийвської ділянки Канівського водоймища та чинники, що його визначають / В.І. Щербак, Н.В. Майстрова. – К. : Ін-т гідробіології НАНУ, 2001. – 70 с.
9. Офіційний сайт Центральної геофізичної обсерваторії (режим доступу: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv&p=1)

REFERENCES

1. Devjatkin V.G. Gidrofizicheskie faktory produktivnosti litoral'nogo fitoplanktona: vlijanie gidrofizicheskikh faktorov na dinamiku produktivnosti fitoplanktona / V.G. Devjatkin, N.Ju. Meteleva, I.V. Mitropol'skaja // Biologija vnutrennih vod. 2000. № 1. S. 45–52.
2. Zadorozhna G.M. Vpliv sonjachnoyi radiaciyi i temperaturi vodi na rozvitok fitoplanktonu Kanivs'kogo vodoshovishha / G.M. Zadorozhna, V.I. Shherbak // Hidrobiologicheskij zhurnal. – 2016. – № 5. – S. 18–27.
3. Miheeva. T.M. Sukcessii vidov v fitoplanktone / T.M. Miheeva. – Minsk : BGU, 1983. – 70 s.
4. Rol' gidrometeorologicheskikh uslovij v mnogoletnej dinamike produktivnosti fitoplanktona vo vnutrennih vodoemah / A.S. Litvinov, I.L. Pyrina, V.F. Roshhupko, E.N. Sokolova // Prirodno-resursnye, jekologicheskie i social'no-jekonomicheskie problemy okruzhajushhej sredy v krupnyh rechnyh bassejnah. – M. : Media-Press, 2005. – S. 70–81.
5. Sirenko L.A. Aktivnost' Solnca i «vetenie» vody / L.A. Sirenko // Hidrobiologicheskij zhurnal. – 2002. – T. 38, № 4. – S. 3–10.
6. Shherbak V.I. Adaptacija metodiv ocinki ekologichnogo stanu vodojm megapolisiv Ukrayini za fitoplanktonom i fitomikroperifitonom vidpovidno do Vodnoyi Ramkovoyi Direktivi 2000/60/YS / V.I. Shherbak, N.Ye. Semenjuk, N.V. Majstrova // Dopovidi Nacional'noyi Akademiyi Nauk Ukrayini: Matematika. Prirodoznavstvo. Tehnichni nauki. – 2009. – № 10. – S. 206–211.
7. Shherbak V.I. Metodi viznachennja karakteristik golovnih ugrupovan' gidro biontiv vodnih ekosistem. 1. Fitoplankton / V.I. Shherbak // Metodi gidroekologichnih doslidzen' poverhnevih vod / Za red. V.D. Romanenka. – NAN Ukrayini: In-t gidrobiologiyi. – K. : LOGOS, 2006. – S. 8–27.
8. Shherbak V.I. Fitoplankton kiyivs'koyi diljanki Kanivs'kogo vodojmishha ta chinniki, shho jogo viznachajut' / V.I. Shherbak, N.V. Majstrova. – K. :In-t gidrobiologiyi NANU, 2001. – 70 s.
9. Ofitsiyyny sayt Tsentral'noyi heofizychnoyi observatoriyi (rezhim dostupu: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv&p=1)

УДК 582. 282. 23 : 54-32

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ КАРОТИНОУТВОРЕННЯ ДРІЖДЖІВ У ПРИСУТНОСТІ Zn²⁺

Крупей К. С., Сорокіна Д. Р., Сорокіна О. Р.

Запорізький національний університет
69600, Україна, Запоріжжя, вул. Жуковського, 66

krupeyznu@gmail.com

Вивчений вплив лимонної, щавлевої, бурштинової та яблукової кислот (0,01 та 0,001 М) на каротиносинтезувальні дріжджі в присутності Zn²⁺. Лимонна кислота продемонструвала найбільш високий позитивний ефект на пігментоутворення дріжджів *Rh. rubra* RA-10, *Rh. glutinis* Y-1333 та *Rh. aurantiaca* Y-1193 в присутності іонів Цинку. Щавлева кислота підвищувала поріг виживання та пігментоутворення лише в дріжджів *Rh. aurantiaca* Y-1193. У присутності щавлевої кислоти (0,01 М і 0,001 М) та іонів Цинку (100 мг/дм³) ріст та інтенсивність пігментоутворення *Rh. aurantiaca* Y-1193 дещо стимулювалися, порівняно за умов відсутності в середовищі кислоти.