

УДК 502.51(282):582.26/.27(477.612)

Т. Е. КОМИСОВА, канд. биол. наук, доц., **Л. И. ЛЕСНЯК**, ст. преп.,
О. В. СИМЧУК, студ.

Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко

ВОДОРОСЛИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ УРБООКСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ г. ЛУГАНСКА)

Показано использование альгофлоры для индикации концентраций загрязнителей воды, содержащихся в выбросах промышленных предприятий и бытовых сточных вод. Показателями сильной загрязненности вод такими фитоиндикаторами являются диатомовые водоросли (*Tabellaria*, *Symbella*, *Gomphonema*, *Nitzschia*) и сине-зеленые водоросли (*Chroococcus* и *Oscillatoria*). Фитопланктон может служить, как в качестве абсолютного узкого индикатора химического состава воды, так и широкого или переменного индикатора, что позволяет определять концентрацию химических загрязнителей вод с использованием систем уравнений регрессии.

Ключевые слова: урбоэкосистема, альгофлора, фитоиндикаторы

Комісова Т. Є, Лесняк Л. І., Симчук О. В. ВОДОРОСТІ ЯК ІНДИКАТОРИ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ УРБООКОСИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ Р. ЛУГАНСЬКА)

Показано використання альгофлори з метою індикації концентрації забруднювачів води, що містяться у промислових та побутових стічних водах. Показниками сильної забрудненості вод такими фітоіндикаторами є діатомові водорості (*Tabellaria*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Nitzschia*) та синьо-зелені (*Chroococcoides* і *Oscillatoria*). Фітопланктон може слугувати, як у якості абсолютного вузького індикатора хімічного складу води, так і широкого або змінного індикатора, що дозволяє визначати концентрацію хімічних забруднювачів води з використанням систем рівнянь регресії.

Ключові слова: урбоєкосистема, альгофлора, фіто індикатори

Komisova T., Lesnjak L., Simchuk O. ALGAE AS INDICATORS OF WATER POLLUTION URBOECOSYSTEMS (FOR EXAMPLE, LUGANSK)

Article shows to us use of phytoplankton for indicate the concentrations of water pollutants, which are contained in the emissions of industrial enterprises and domestic wastewater. Indicators of strong water pollution by such phytoindicators are diatoms (*Tabellaria*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Nitzschia*) and blue-green alga (*Chroococcoides* and *Oscillatoria*). Phytoplankton can serve both as absolute indicators of narrow chemical composition of water and as wide indicators or variables indicators, which allows to determine the concentration of chemical contaminants of water using systems of regression equations.

Key words: urban ecosystems, algal flora, phytoindicators

ВВЕДЕНИЕ

Реки г. Луганска, Лугань, Ольховая, относятся к объектам интенсивного антропогенного воздействия. По течению рек располагаются промышленные предприятия, объекты рекреации. Таким образом, экосистема рек подвержена значительному антропогенному прессингу, и находится в критическом состоянии по многим параметрам. Установлено, что за многолетний период уменьшилось вдвое разнообразие фитопланктона рек, изменились количественные характеристики, приобрели доминирующее положение отдельные виды альгофлоры [6].

Проблема загрязнения пресных водоёмов сбросами промышленных предприятий и бытовыми сточными водами, контроль над степенью их загрязнения в настоящее время становится одной из важнейших задач стоящих перед экологической наукой. Особенно актуальным является контроль над состоянием водоёмов в пределах урбоэкосистем, одной из которых является г. Луганск. Способами контроля пресных водоёмов в таких экосистемах является фитоиндикационный мониторинг, основанный на состоянии альгофлоры фитопланктона и фитобентоса водоёмов и влияния на нее химических загрязнителей воды, которые поступают в водоёмы урбоэкосистем [1, 2, 5].

Состояние вопроса. Водоросли являются очень чувствительным показателем суммарного загрязнения водоёмов. Изучение качественного и количественного состава

водорослей загрязнённых промышленными и бытовыми сточными водами позволило ученым составить перечень водорослей-индикаторов загрязнённых водоёмов и почв [1, 8, 10, 12].

Особенно перспективным является поиск и разработка методики использования в качестве фитоиндикаторов видов местной альгофлоры – региональных фитоиндикаторов химического состава водоёмов промышленных центров. Видовой состав водорослей водоёмов г. Луганска изучен достаточно подробно [6, 10]. Однако основное внимание уделялось изучению загрязнения водоёмов органикой сине-зелеными водорослями полисапробных групп и микробиологическому состоянию водоёмов. Проблема выявления фитоиндикаторов регионального значения для определения химического загрязнения, особенно в промышленных и коммунальных сбросах, до настоящего времени не достаточно изучена, что и обусловило актуальность избранной темы исследований.

Целью настоящего исследования было выявление среди альгофлоры планктона г. Луганска таксономических групп водорослей, которые могли бы быть использованы в качестве фитоиндикаторов на содержание различных химических компонентов, поступающих в водоёмы со сбросами, разработать способы применения альгофлоры планктона в фитоиндикационных целях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования были проведены на экологических стационарах реки Лугань (Парк 1 Мая, ПАТ Луганск-тепловоз, с. Весёленькое) и реки Ольховая (ЛГБ № 3, завод им. Пархоменко, Луганское водохранилище), где осуществлялся сбор проб фитопланктона. На этих же стационарах Луганской СЭС, отделом мониторинга при Луганском областном управлении экологии и природных ресурсов, проводится мониторинг по химическому анализу воды (по показателям химической лаборатории "Восток" ГРПП). Сбор материала проводили общепринятыми

методами (планктонная сеть, отбор определенного объема воды) [4]. Полученные пробы сгущались методом отстаивания, фиксировались 4% раствором формальдегида и обрабатывались на световом микроскопе МБР-3. Определение водорослей до рода и определение их количества в 1 л. воды с использованием камеры Горяева проводили с использованием определителей М. М. Голлербах и др. [3], А. М. Матвиенко [9]. Роды водорослей приведены по системе, принятой в «Algae of Ukraine» [13, 14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ химического состава промышленных отходов предприятий, которые расположены вблизи рек Лугань и Ольховая, свидетельствуют о том, что их воды загрязнены, как нетоксическими, так и токсическими для водорослей химическими веществами, которые и определяют качественный и количественный состав альгофлоры этих рек. Сопоставив качественный состав фитопланктона с химическим составом воды выяснилось, что показателями незагрязнённых водоёмов являются зелёные водоросли рода *Volvox* и *Ulotrix*. Для слабозагрязнённых водоёмов характерными были зеленые водоросли *Clorococcum*, *Ankistrodesmus*, *Closterium*, а также диатомовые водоросли *Melosira*, *Navicula*, *Synedra*, из сине-зелёных водорослей – *Aphanizomenon* и *Anabaena*.

В среднезагрязнённых водоёмах доминировали среди зелёных водорослей *Eudorina*, среди диатомовых - *Pinnularia* и *Cymbella*, а из сине-зелёных - *Chroocokk* и *Oscillatoria*. Сильнозагрязнённые водоёмы характеризовались содержанием в них зелёной водоросли *Pandorina*, диатомовых водорослей *Tabellaria*, *Gomphonema*, *Nitchia*, сине-зелёных водорослей *Chroocokk* и *Oscillatoria*. Некоторые виды фитопланктона оказались индифферентны к химическим загрязнителям, так как встречаются в водоёмах с различной степенью химического загрязнения. К ним принадлежали зелёные водоросли *Chlorella* и *Chlamydomonas*. Все указанные группы водорослей фитопланктона, кроме индифферентных к химическим загрязнениям, могут использоваться в каче-

стве фитоиндикаторов химического состава воды.

По количественному соотношению между химическим составом воды и планктонными водорослями, могут быть выделены абсолютные узкие фитоиндикаторы, которые встречаются только при строго определённых концентрациях химических веществ в воде. Например, индикатором содержания марганца с концентрацией 0,1 мг/дм³ (табл. 1) являются водоросли *Clorococcum*, *Volvox*, *Closterium*, а для концентрации марганца больше 0,6 мг/дм³ индикаторами будут планктонные водоросли *Cymbella*, *Pinnularia*, *Gomphonema* (табл. 2).

В таблицах 1,2 представлены абсолютные узкие индикаторы и концентрации различных веществ в воде водоёмов, показателями которых они являются. Эту группу фитоиндикаторов можно подразделить на индикаторы химического состава, умеренно-минерализованных и слабозагрязнённых тяжёлыми металлами водоёмов, и фитоиндикаторы сильно минерализованных и сильнозагрязнённых тяжёлыми металлами водоёмов. К первой группе индикаторов относятся роды *Clorococcum*, *Volvox*, *Closterium*, *Ankistrodesmus*, *Ulotrix*, *Melosira*, *Navicula*, *Synedra*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*. Ко второй группе – *Eudorina*, *Cymbella*, *Tabellaria*, *Gomphonema*, *Nitchia*.

Полученные данные свидетельствуют, что главными индикаторами сильноминерализованной и сильнозагрязненной тяжёлыми металлами воды являются представители различных родов диатомовых водорослей.

Таблица 1

Абсолютные узкие фитоиндикаторы химического состава слабоминерализованной и слабозагрязненной тяжелыми металлами воды

Химические компоненты воды	Фитоиндикаторы	Показатели фитоиндикации (мг/дм ³)
Калий	Clorococcum, Volvox, Closterium Ankistrodesmus Ulotrix Melosira Navicula Synedra Aphanizomenon Anabaena	6 -7
Натрий		150-200
Кальций		140 – 180
Магний		49-60
Железо		10
Аммоний		0,1 – 0,3
Кремневая кислота		20 -40
Бор		0,5 -0,10
Нитрит - ионы		3 -10
Нитрат-ионы		10 -40
Хлорид-ионы		300-350
Сульфат-ионы		200 -400
Гидрокарбонат-ионы		300 -360
Бром		до 0,7
Марганец		до 0,1
Литий		до 5
Цинк		до 0,07

Однако, в ряде работ, главными показателями состояния таких водоемов, являются различные роды сине-зеленых водорослей [4,7]. Следует также отметить, что забор проб проводился в начале осени, что является благоприятным периодом для развития сине-зеленых водорослей [9]. Это свидетельствует о перспективности выделения региональных индикаторов среди альгофлоры фитопланктона.

Среди планктонных фитоиндикаторов была также выделена группа постоянных широких индикаторов, которые индицируют содержание в водоёмах тех или иных веществ или ионов не своим присутствием в водоёме, а количеством особей, содержащихся в 1 литре воды. Такие фитоиндикаторы имеют чёткую тенденцию изменения численности при воздействии того или иного химического компонента. При этом численность вида индикатора или возрастает, или убывает. На этом основании мы выделяли среди альгофлоры фитопланктона широкие положительные или отрицательные ин-

дикаторы. Например, с ростом содержания в воде катионов магния количество особей *Pinnularia* в 1 л. уменьшается (рис.1).

При возрастании содержания сурьмы в водоёме количество *Chrookokk* в 1 л. воды растёт (рис. 2).

Всего было выявлено 4 широких постоянных планктонных альгоиндикатора. К ним относятся *Pandorina*, *Pinnularia*, *Oscillatoria* и *Chrookokk*. В таблице 3 показаны, обнаруженные при исследовании, тенденции в изменении их численности при действии различных химических компонентов, попадающих в водоём.

Из полученных данных следует, что для одного химического компонента один и тот же фитоиндикатор может быть положительным, а для другого – отрицательным. Например, *Chrookokk* является положительным фитоиндикатором для калия, железа, аммония, кремниевой кислоты, нитратов, карбонатов, брома, бериллия, селена и отрицательным фитоиндикатором для натрия, магния, бора, хлоридов, сульфатов и сурьмы.

Таблица 2

Абсолютные узкие фитоиндикаторы химического состава
сильноминерализованной и сильнозагрязненной тяжелыми металлами воды

Химические компоненты воды	Фитоиндикаторы	Показатели фитоиндикации (мг/дм ³)
Калий	Eudorina	10
Натрий	Cymbella	больше 300
Кальций	Tabellaria	больше 180
Магний	Gomphonema	больше 80
Железо	Nitchia	1 больше 0
Аммоний	Pinnularia	больше
Кремневая кислота		12 - 20
Бор		0,1
Нитрит-ионы		10
Нитрат-ионы		20-25
Хлорид-ионы		200 - 260
Сульфат-ионы		700 - 800
Карбонат -ионы		8 - 12
Гидрокарбонат-ионы		больше 380
Бром		больше 0,7
Марганец		больше 0,6
Литий		больше 0,5
Цинк		0.09 и больше

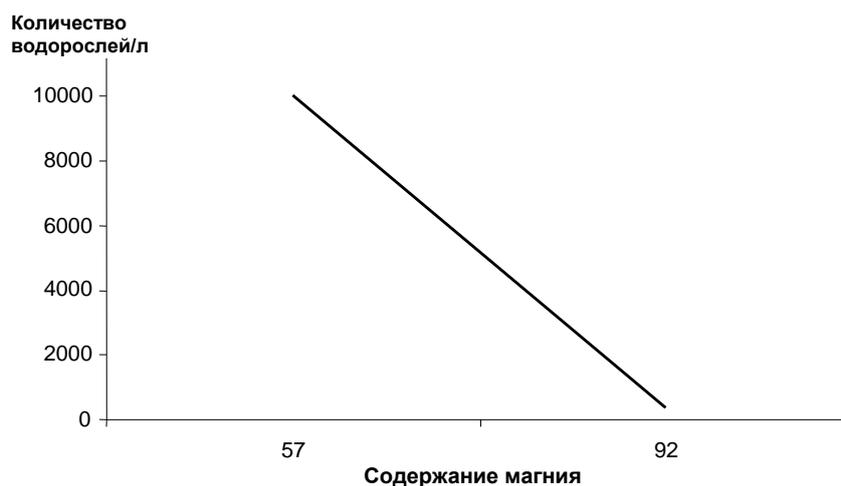


Рис. 1 – Влияние содержания магния на численность Pinnularia

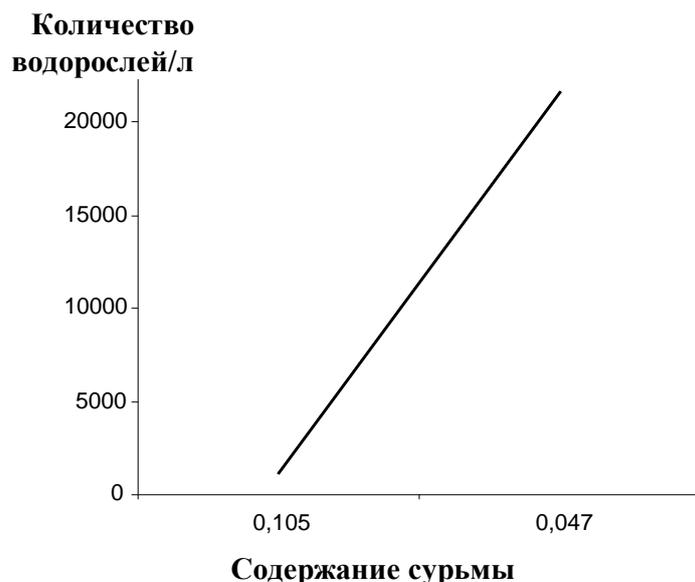


Рис. 2 – Влияние содержания сурьмы на численность *Chroocokk*

Аналогічні тенденції в зміні численності ряду представників альгофлори фітопланктону показані і в інших дослідженнях [5, 10]. Однак, в аэротенках і ґрунтах, зрошуваних стічними водами, відмічено, що фітоіндикація має однакову тенденцію [7]. Разом з тим, в наведених вище дослідженнях не отрицается разнонаправленный характер фітоіндикації забруднювачів одним і тим же родом водорослей.

Кореляційний аналіз показав, що між вмістом в воді наведених вище хімічних компонентів і численністю особин альгоіндикатора в 1 л води існують тісні функціональні зв'язки, які можуть бути представлені регресійними рівняннями лінійної функції. Рівняння регресії для всіх таких випадків представлені в таблиці 4.

Серед планктонних водорослей були види, яких можна вважати індикаторами змінного типу. До них належать ті роди планктонних водорослей, у яких численність змінюється з різними тенденціями при понижених і підвищених кон-

центраціях в воді різних хімічних речовин і іонів. Згідно з проведеними дослідженнями до таких фітоіндикаторів належить єдиний рід з відділу Зеліні водорослі, Порядка вольвоксових – *Pandorina*. Так, численність особин *Pandorina* в 1 л води при збільшенні концентрації катіонів натрію до 200 мг/дм³ зменшується, а при подальшому збільшенні концентрації іонів натрію в водоемі численність *Pandorina* в 1 л води зростає (рис. 3).

Кореляційний аналіз вказує на існування тісної функціональної зв'язки між численністю особин *Pandorina* в 1 л води і концентрацією різних хімічних речовин і іонів в воді. Ця зв'язка може бути описана рівняннями регресії параболічної функції, представленою в таблиці 4. На можливість використання змінних індикаторів, подібних *Pandorina*, показано в ряду досліджень [11]. Разом з тим кількісні підходи для цього в достатній мірі ще не були розроблені.

ВЫВОДЫ

1. Водорослі фітопланктону можуть бути індикаторами забруднення водоемів в урбоєкосистемах.
2. Узкими абсолютними індикаторами хімічного складу умереномінералізо-

ваних і слабозабруднених важкими металами водоемів є *Clostridium*, *Volvox*, *Closterium*, *Ankistrodesmus*, *Ulotrix*, *Melosira*, *Navicula*, *Synedra*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*.

Таблица 3

Постоянные широкие индикаторы химического состава воды

Химический состав воды	Фитоиндикатор	Тенденция изменения численности индикатора с возрастанием компонента
Кальций Кремневая кислота Нитрат-ионы Хлорид-ионы	Pandorina	увеличивается
Марганец		снижается
Натрий Магний	Pinnularia	снижается
Кальций Аммоний		увеличивается
Калий Железо Аммоний Кремневая кислота Нитрат-ионы Карбонат -ионы Бром Селен Бериллий	Oscillatoria	увеличивается
Натрий Магний Бор Хлорид-ионы Сульфат-ионы Сурьма		снижается
Калий Железо Аммоний Кремневая кислота Нитрат-ионы Бром Бериллий Селен	Chrookokk	увеличивается
Натрий Магний Бор Хлорид-ионы Сульфат-ионы Сурьма		снижается

Таблиця 4

Уравнения регрессии между численностью постоянных широких индикаторов и содержанием химического состава воды

Фитоиндикаторы	Химические вещества	Уравнения регрессии
Pandorina	Нитриты	$y=2885x+5656$
	Марганец	$y=1211x+4358$
Pinnularia	Натрий, магний	$y=-9657x+19647$
	Кальций	$y=9657x-9324$
	Аммоний	$y=9657x-9324$
Oscillatoria	Калий, натрий, магний, железо, аммоний, бор, хлорид-ионы, сульфаты, карбонаты, нитраты, бериллий, сурьма	$y=2430,9x-1265,4$
	Кремневая кислота	$y=11,9x-11,8$
	Бром	$y=2430,9x-1265,4$
	Селен	$y=0,004x+0,001$
Chrookokk	Калий, аммоний, натрий сульфаты, магний, железо, кремневая кислота, нитраты, бор, хлорид-ионы, бром селен, сурьма	$y=20579x-19580$
	Карбонаты	$y=11x-11$
	Бериллий	$y=0,047x-0,028$

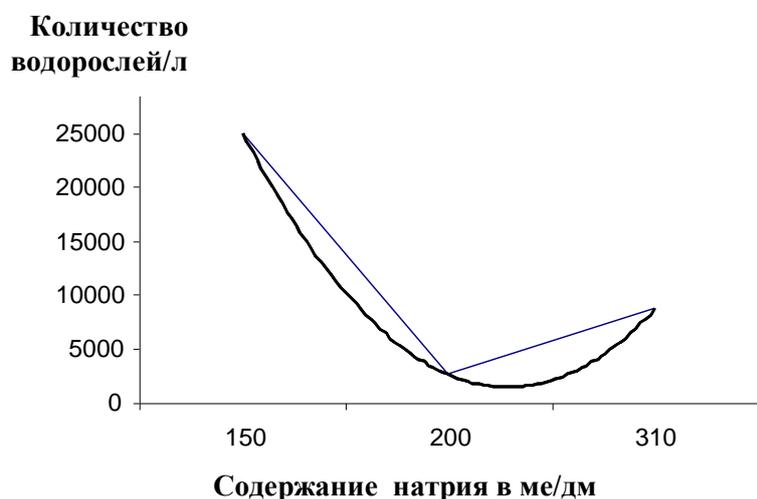


Рис. 3 – Влияние содержания натрия на численность Pandorina

3. Узкими абсолютными индикаторами химического состава сильно минерализованных и сильно загрязнённых тяжёлыми металлами водоёмов являются Eudorina,

Symbella, Tabellaria, Gomphonema, Nitzschia.

4. Постоянными широкими индикаторами химического состава воды являются

Pandorina, Pinnularia, Oscillatoria, Chroocokk .

5. Переменным индикатором на химический состав воды в водоёмах урбоэкосистем является зелёная водоросль Pandorina.
6. Используя, составленные в процессе исследований, фитоиндикационные таблицы

и уравнения регрессии, можно на основании данных о количестве водорослей в 1 л воды определять концентрацию химических веществ и ионов в воде в водоёмах Луганска и других урбоэкосистемах в пределах Юго-Востока Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакаева Е. Н. Гидробионты в оценке качества вод суши / Е. Н.Бакаева, А. М. Никаноров. – М.: Наука, 2006. – 239 с.
2. Беспалова С. В. Визначення порогів чутливості біоіндикаторів на дію екологічно несприятливих факторів середовища /С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, М. В. Говта та ін.// Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвід. зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУ, 2010. – № 10(1). - С. 24–33
3. Голлербах М. М. Синезелёные водоросли / М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Полянский. – М.: Совет. наука, 1953. – 650 с. [Опред. пресновод. водор. СССР. Вып. 2].
4. Винберг Г. Г. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях / Винберг Г. Г. – М.: Прогресс, 1984. – 125 с.
5. Дегтярев Е. В. Мониторинг фитопланктона р.Кальмиус / Е.В. Дегтярев, А.И. Титов. //Мат. Всеукр. науч. конф.«Мониторинг природных и техногенных сред». – Симферополь: ДИАЙПИ, 2008. – С.45 – 48.
6. Ісаєва Р. Я. Альгофлора водойм міста Луганська/ Р. Я. Ісаєва, В. Р. Маслова, Т. М. Косонова. // Вісн. Луган. Держ. Пед. Ун-ту ім. Т. Шевченка.- 2002. - №7 (51): Біол. науки. – С.13-21.
7. Липницкая Г.П. Влияние фенольных и роданистых соединений на видовой состав аэротенка. Устойчивость растений к стрессовым условиям / Г.П. Липницкая, Т.В. Паршикова, С.К.Топанова. – Донецк, 1991. – С. 12 – 18.
8. Лялюк Н. М. Видовое разнообразие водорослей планктона прудов г. Донецка / Н. М. Лялюк, М. Ю. Омельченко.// Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвід. зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУ, 2010. – № 10(1). – С. 74-78.
9. Матвієнко О. М. Пірофітові водорості – Ругорphyta / О. М. Матвієнко, Р. М. Литвиненко. – К.: Наук. думка, 1977. – 388 с. [Визн. прісновод. водор. УРСР. Вип. III, ч. 2].
10. Матвиенко А. М. Альгофлора естественных водоемов долины Северского Донца как показатель их санитарно-биологического состояния /А. М Матвиенко., Т. В., Догадина, В. Ф. Веретенникова //Тез. докл. VII съезда УБО. – Киев, 1982. – С.305 -306.
11. Окснюк Ю. П. Проект дифференциальной системы для характеристики континентальных водоемов и водотоков и ее применение для анализа качества вод / Ю. П. Окснюк, В. Б. Георгиевский, В. Н. Жукинский //Гидробиологический журнал. – 1976 – Т.12, №6. – С. 103 -112.
12. Щербак В. І. Екологічна характеристика фітопланктону річкової екосистеми (на прикладі р. Тетерів) / В. І. Щербак, Ю. С. Кузьмінчук // Укр. ботан. журн. — 2006. — Т. 63, № 1. — С. 47-55.
13. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprocarvota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, haeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta / Eds.: P. M. Tsarenko, S. P. Vasser & Eviatar Nevo. – Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag, 2006. – 713 p.
14. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2. Bacillariophyta / Eds.: P. M. Tsarenko, S. P. Vasser & Eviatar Nevo. – Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag, 2009. – 413 p.

Надійшла до редколегії 24.03.2012