

УДК (581.526.44:628.3) (285.3)

П. Д. Клоченко, Т. Ф. Шевченко, Т. А. Васильчук,  
В. П. Осипенко, Т. В. Евтух, В. А. Медведь, З. Н. Горбунова

### К ЭКОЛОГИИ ФИТОЭПИФИТОНА ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА Р. ДНЕПР

Выявлено значительное сходство таксономической структуры фитоэпифитона высших водных растений в водоемах разного типа (водохранилищах Днепровского каскада и озерах г. Киева). Установлено, что ее характерной чертой является наличие в спектре ведущих таксонов стрептофитовых водорослей (класса Zygnematorphyceae, порядков Zygnematales и Desmidiaceae), которые наряду с диатомовыми и зелеными составляют основу численности и биомассы фитоэпифитона, а также входят в состав доминирующего комплекса. Streptophyta представлены в основном прикрепленными организмами и развиваются в мезотрофных и эвтрофных водах на участках с более высоким содержанием органических веществ. Они предпочитают более низкие значения pH среды и обильнее развиваются на участках водоемов с замедленным течением. Сопоставление экологических характеристик стрептофитовых водорослей с данными гидрохимических исследований подтверждает их статус надежных индикаторов условий окружающей среды.

**Ключевые слова:** фитоэпифитон, высшие водные растения, стрептофитовые водоросли, биоиндикация, экологические характеристики, гидрохимические показатели.

В настоящее время практически все водные объекты Украины подвергаются антропогенной нагрузке, сопровождающейся такими отрицательными явлениями, как эвтрофикация, ацидификация, термофикация, повышение минерализации и др. В связи с этим особую актуальность приобретает необходимость мониторинга их экологического состояния. Специфика современного подхода к оценке экологического состояния водных объектов базируется на экосистемном принципе, включая биотические и абиотические компоненты с приоритетным значением биоты. Абиотические условия (физико-химические и гидроморфологические) включаются в систему оценки экологического состояния водных объектов в качестве компонентов, которые обеспечивают жизнедеятельность биоты [20].

© П. Д. Клоченко, Т. Ф. Шевченко, Т. А. Васильчук, В. П. Осипенко,  
Т. В. Евтух, В. А. Медведь, З. Н. Горбунова, 2014

Весьма чувствительным к изменению природных и антропогенных факторов является перифитон. Прикрепленный способ существования, высокое биоразнообразие и способность накапливать различные загрязняющие вещества определяют широкое использование этой группировки гидробионтов в системе оценки экологического состояния поверхностных вод. Биоиндикационные возможности фитоперифитона реализуются двумя способами: 1) по видам — индикаторам определенных факторов среды (соленость, кислотность, сапробность и др.); 2) по качественным и количественным характеристикам сообществ. Однако общая оценка экологического состояния водных объектов и его изменения под антропогенным воздействием возможна только на основе связи структурно-функциональных показателей фитоперифитона с факторами среды [11].

Целью работы было выявление специфики таксономической структуры фитоэпифитона высших водных растений в разнотипных водоемах бассейна р. Днепр, а также анализ экологических характеристик эпифитных водорослей во взаимосвязи с гидрохимическими параметрами.

**Материал и методика исследований.** Материалом для настоящей работы послужили альгологические пробы, собранные в Киевском водохранилище (2010—2012 гг.), на речном (2003, 2004, 2009 и 2010 гг.) и озерном (2003—2006 гг.) участках Каневского водохранилища, а также в 13 озерах, расположенных на территории г. Киева (2005—2007, 2010—2012 гг.): Алмазном, Вербном, Вырлице, Голубом, Иорданском, Луговом (Опечень-5), Пидбирна, Радужном, Редькино, Синем, Солнечном, Тельбин и Центральном. Альгологический материал отбирали на протяжении вегетационного сезона с 32 видов высших водных растений, относящихся к трем экологическим группам: воздушно-водных (*Acorus calamus* L. — аир болотный, *Agrostis stolonifera* L. — полевица побегоносная, *Alisma plantago-aquatica* L. — частуха подорожниковая, *Butomus umbellatus* L. — сусак зонтичный, *Cyperus glomeratus* L. — сыть скученная, *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb. — манник большой, *Juncus effusus* L. — сытник развесистый, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. — тростник обыкновенный, *Sagittaria sagittifolia* L. — стрелолист стрелолистный, *Scirpus lacustris* L. — камыш озерный, *S. sylvaticus* L. — камыш лесной, *S. tabernaemontani* C.C. Gmel. — камыш Табернемонтана, *Sparganium erectum* L. — ежеголовник прямой, *Typha angustifolia* L. — рогоз узколистный, *T. latifolia* L. — рогоз широколистный и *Rorippa amphibia* (L.) Bess — водяной хрен земноводный), с плавающими листьями (*Trapa natans* L. — водяной орех плавающий, *Nymphaea alba* L. — кувшинка белая, *Nuphar lutea* (L.) Smith — кубышка желтая и *Polygonum amphibium* L. var. *natans* — горец земноводный (разновидность — плавающий)) и погруженных (*Batrachium circinatum* (Sibth.) Spach — шелковник завитой, *Ceratophyllum demersum* L. — роголистник погруженный, *Elodea canadensis* Michx. — элодея канадская, *Myriophyllum spicatum* L. — уруть колосистая, *Najas marina* L. — наяды морская, *Potamogeton acutifolius* Link. — рдест остролистный, *P. gramineus* L. — рдест злаковый, *P. crispus* L. — рдест курчавый, *P. pectinatus* L. — рдест гребенчатый, *P. perfoliatus* L. — рдест пронзеннолистный, *P. praelongus* Wulf. — рдест длиннейший и *Stratiotes aloides* L. — телорез алоэвидный).

Пробы фитозэпифитона отбирали с использованием методов, общепринятых в практике гидробиологических исследований [17, 34]. Численность и биомассу водорослей эпифитона рассчитывали на 1 г воздушно-сухой массы растения-субстрата. К числу доминантов относили виды, вклад которых в общую биомассу фитозэпифитона в пробе составлял  $\geq 25\%$ . Латинские названия и объем таксонов водорослей приведены в соответствии с классификационной системой [23, 38]. Таксономический анализ проводили с использованием методов, принятых в сравнительной флористике [1, 36]. Экологические характеристики водорослей-индикаторов даны согласно [1, 4, 5, 39, 40, 43].

Концентрацию неорганических соединений азота и фосфора в воде определяли колориметрическим методом, а содержание органических соединений — по перманганатной и бихроматной окисляемости (ПО и БО) [25]. Концентрацию растворенного в воде кислорода устанавливали методом Винклера [17].

Для определения общего содержания растворенных органических веществ (РОВ), а также их компонентного состава пробы воды фильтровали через мембранные фильтры с диаметром пор 0,40 мкм (Synpro, Чехия). Для исследования химической природы РОВ использовали метод ионно-обменной хроматографии [30] с применением ДЭАЭ- (диэтиламиноэтил) и КМ- (карбоксиметил) целлюлоз. РОВ кислотной природы (преимущественно гумусовые вещества) адсорбировали на колонке с ДЭАЭ-целлюлозой, а основной (преимущественно белковоподобные вещества) — на колонке с КМ-целлюлозой. Нейтральную фракцию РОВ (в основном углеводы), полученную после извлечения гумусовых и белковоподобных веществ, предварительно концентрировали в 10—12 раз вымораживанием.

Концентрацию гумусовых веществ определяли спектрофотометрическим методом по реакции азосочетания с диазотированным 4-нитроанилином [22]. Определение веществ белковой природы осуществляли по реакции Лоури [7], а углеводов — с помощью антрона [25].

Интенсивность освещения измеряли люксметром Ю-116, а величину рН воды устанавливали с помощью иономера ЭВ-74.

### ***Результаты исследований и их обсуждение***

В результате многолетних исследований установлено, что в водоемах разного типа (в Киевском водохранилище, на речном и озерном участках Каневского водохранилища, в 13 озерах г. Киева и в днепровских водохранилищах в целом) таксономическая структура фитозэпифитона высших водных растений характеризуется значительным сходством [8—10, 31—33, 35]. Ее отличительной чертой является наличие в спектре ведущих таксонов стрептофитовых водорослей (класса *Zygnematomphyceae*, порядков *Zygnematales* и *Desmidiaceae*), что не характерно для перифитона твердого искусственного неорганического субстрата и эпифитона зеленых нитчатых водорослей [35]. Так, на уровне отделов стрептофитовые водоросли занимают третье место после диатомовых и зеленых. На долю *Streptophyta* приходится от 11,7

(на речном участке Каневского водохранилища) до 17,1% (в озерах г. Киева) общего количества видов эпифитных водорослей (таблица).

Классу Zygnematomphuseae, на долю которого приходится от 11,2 (на речном участке Каневского водохранилища) до 16,7% (в озерах г. Киева) общего количества видов, принадлежит третье место после Bacillariophyceae и Chlorophyceae.

Порядок Desmidiaceae, относящийся к отряду Streptophyta, занимает второе ранговое место в структуре эпифитона Киевского водохранилища, озер г. Киева и озерного участка Каневского водохранилища и четвертое место — в эпифитоне его речного участка. Его вклад в водоемах разного типа колеблется от 10,1 (на речном участке Каневского водохранилища) до 16,1% (в озерах г. Киева) общего количества видов.

Семейство Desmidiaceae занимает первое ранговое место в структуре эпифитона озер г. Киева и второе — в эпифитоне Киевского и Каневского водохранилищ. Его вклад в общее количество видов составляет 8,5—13,1%.

В спектре ведущих родов первое ранговое место во всех обследованных водоемах также принадлежит представителям стрептофитовых водорослей, а именно — роду *Cosmarium* Corda ex Ralfs, вклад которого составляет 6,1—8,2% общего количества видов. В структуре эпифитона озер г. Киева род *Closterium* Nitzsch ex Ralfs занимает седьмое, в Киевском водохранилище — восьмое, а в Каневском — девятое место. В эпифитоне озер г. Киева в спектр ведущих таксонов входит также род *Staurastrum* Meyen emend. Pal.-Mordv., занимая шестое ранговое место.

Во всех обследованных водоемах стрептофитовые водоросли наряду с Bacillariophyta и Chlorophyta составляют основу численности и биомассы фитоэпифитона. Максимальный вклад Streptophyta в общую численность эпифитона в среднем составлял 6,5%, а их наибольший вклад в общую биомассу — 37,6%. В составе ведущего комплекса фитоэпифитона доля Streptophyta может достигать 27,3% общего количества доминирующих видов.

Всего в обследованных водоемах, с учетом литературных данных [24], обнаружено 122 вида стрептофитовых водорослей, представленных 133 внутривидовыми таксонами, включая те, которые содержат номенклатурный тип вида. Выявленные водоросли относятся к классу Zygnematomphuseae, двум порядкам — Zygnematales (8,2% общего количества видов) и Desmidiaceae (91,8%), шести семействам — Mougeotiaceae (3,3%), Spirogyraceae (4,9%), Closteriaceae (16,4%), Gonatozygaceae (1,6%), Peniaceae (0,8%), Desmidiaceae (73,0%) и 19 родам — *Mesotaenium* Nägeli (1 вид), *Mougeotia* C. Agardh (3), *Spirogyra* Link. in Nees (5), *Netrium* (Nägeli) Itzigs. et Rothe in Rabenh. (1), *Closterium* (20 видов, представленных 23 внутривидовыми таксонами), *Gonatozygon* De Bary (2), *Penium* Bréb. ex Ralfs (1), *Actinotaenium* Teil. (1), *Cosmarium* (51 вид, представленный 58 внутривидовыми таксонами), *Cosmoastrum* Pal.-Mordv. ex Pal.-Mordv. (6), *Desmidium* C. Agardh ex Ralfs (2), *Euastrium* Ehrenb. ex Ralfs (7), *Micrasterias* C. Agardh ex Ralfs (1), *Pleurotaenium* Nägeli (3), *Raphidiastrum* Pal.-Mordv. ex Pal.-Mordv. (1), *Spondylosium* Bréb. ex

**Количество видов (внутривидовых таксонов) водорослей эпифитона в разнотипных водоемах бассейна р. Днепр**

Отделы	Киевское водохранилище		Каневское водохранилище		Водохранилища Днепровского каскада в целом по литературным данным [23]	Озера г. Киева
	оригинальные данные	литературные данные [23]	речной участок	озерный участок		
Cyanoprokaryota	$\frac{25}{9,0}$	$\frac{36}{9,5}$	$\frac{16}{7,8}$	$\frac{23}{10,7}$	$\frac{65(68)}{12,4}$	$\frac{24(25)}{7,9}$
Euglenophyta	$\frac{9}{3,3}$	$\frac{16(17)}{4,3}$	$\frac{7}{3,4}$	$\frac{10}{4,7}$	$\frac{37(41)}{7,1}$	$\frac{15}{4,9}$
Chrysophyta	$\frac{3}{1,1}$	$\frac{3}{0,8}$	$\frac{1}{0,5}$	—	$\frac{9}{1,7}$	$\frac{4}{1,3}$
Xanthophyta	$\frac{2}{0,7}$	$\frac{6}{1,6}$	—	—	$\frac{9}{1,7}$	$\frac{5}{1,6}$
Bacillariophyta	$\frac{126(132)}{45,6}$	$\frac{165(184)}{43,9}$	$\frac{104(109)}{50,4}$	$\frac{86(90)}{40,0}$	$\frac{191(226)}{36,4}$	$\frac{113(125)}{37,0}$
Dinophyta	$\frac{3}{1,1}$	$\frac{4}{1,1}$	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{1}{0,4}$	$\frac{6}{1,2}$	$\frac{3}{1,0}$
Cryptophyta	—	—	—	—	$\frac{1}{0,2}$	$\frac{3}{1,0}$
Chlorophyta	$\frac{72}{26,1}$	$\frac{96}{25,5}$	$\frac{53(56)}{25,7}$	$\frac{64(65)}{29,8}$	$\frac{126(128)}{24,1}$	$\frac{86(96)}{28,2}$
Streptophyta	$\frac{36}{13,1}$	$\frac{50(53)}{13,3}$	$\frac{24(25)}{11,7}$	$\frac{31(32)}{14,4}$	$\frac{80(89)}{15,2}$	$\frac{52(54)}{17,1}$
Всего	$\frac{276(282)}{100}$	$\frac{376(399)}{100}$	$\frac{206(215)}{100}$	$\frac{215(221)}{100}$	$\frac{524(577)}{100}$	$\frac{305(330)}{100}$

Примечание. Над чертой — количество видовых таксонов в абсолютном выражении, под чертой — то же в %. В скобках указано количество внутривидовых таксонов с учетом тех, которые содержат номенклатурный тип вида.

Kütz. (1), *Staurastrum* (11 видов, представленных 12 внутривидовыми таксонами), *Staurodesmus* Teil. ex Compere (3) и *Xanthidium* Ehrenb. ex Ralfs (2 вида).

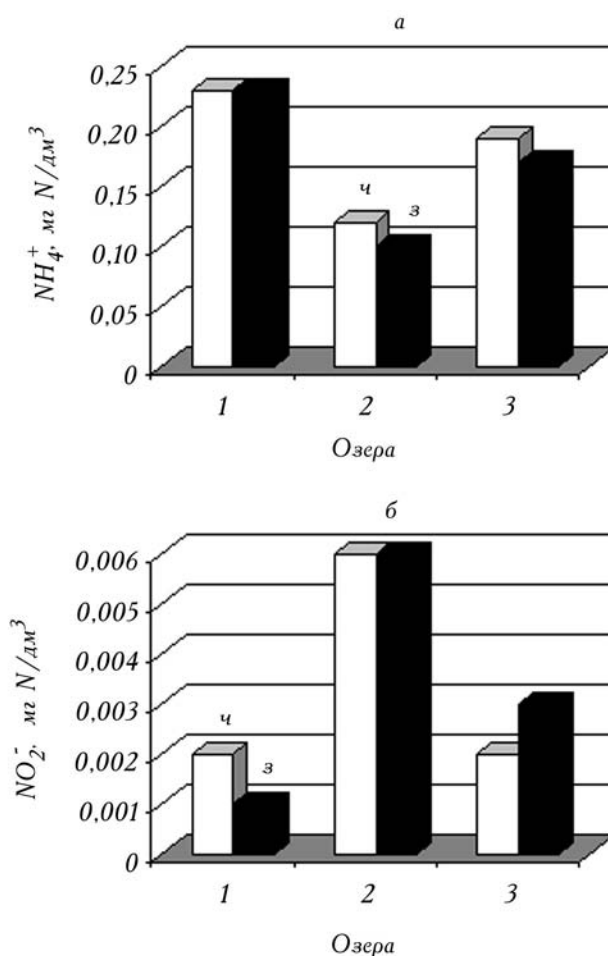
В результате проведенных исследований установлено, что практически все обнаруженные виды стрептофитовых водорослей являются бентосными (в широком смысле), то есть прикрепленными организмами (92% общего числа найденных видов), что согласуется с литературными данными [19, 40, 43, 44]. Вклад планктонных и бенто-планктонных организмов составлял соответственно всего лишь 1 и 7%.

Среди обнаруженных организмов 104 вида (78% общего числа найденных видов) являются индикаторами условий окружающей среды, а именно: минерализации (солености) воды — 35 видов, pH среды — 83 вида, нетоксического органического загрязнения (сапробности) — 29 видов и трофического статуса водоемов — 81 вид [1, 4, 5, 40].

Среди показателей трофического уровня водных экосистем отмечены обитатели эвтрофных, мезотрофных, олиготрофных, а также олиго-мезотрофных и мезо-эвтрофных водоемов [40, 43]. Вклад Streptophyta, обитающих в эвтрофных водных объектах (*Staurastrum paradoxum* Meyen, *Closterium acerosum* (Schrank) Ehrenb., *C. ehrenbergii* Menegh., *C. moniliferum* (Bory) Ehrenb., *C. venus* Kütz., *Cosmarium formosulum* Hoff., *C. laeve* Rabenh., *C. obtusatum* Schmidle, *C. regnellii* Wille и др.), составлял 29%. Доля стрептофитовых водорослей, обитающих в мезотрофных водах (*Closterium gracile* Bréb., *Pleurotaenium ehrenbergii* (Bréb.) De Bary, *Cosmarium quadratum* Ralfs, *C. margaritifera* Menegh., *Euastrum bidentatum* Nägeli и др.), несколько выше — 37%. На долю обитателей мезо-эвтрофных (*Cosmarium botrytis* Menegh., *C. granatum* Bréb., *C. meneghinii* Bréb. и др.), олиго-мезотрофных (*Penium margaritaceum* (Ehrenb.) Bréb. и др.) и олиготрофных водоемов и водотоков (*Mesotaenium endlicherianum* Nägeli и др.) приходилось соответственно 14, 14 и 6%.

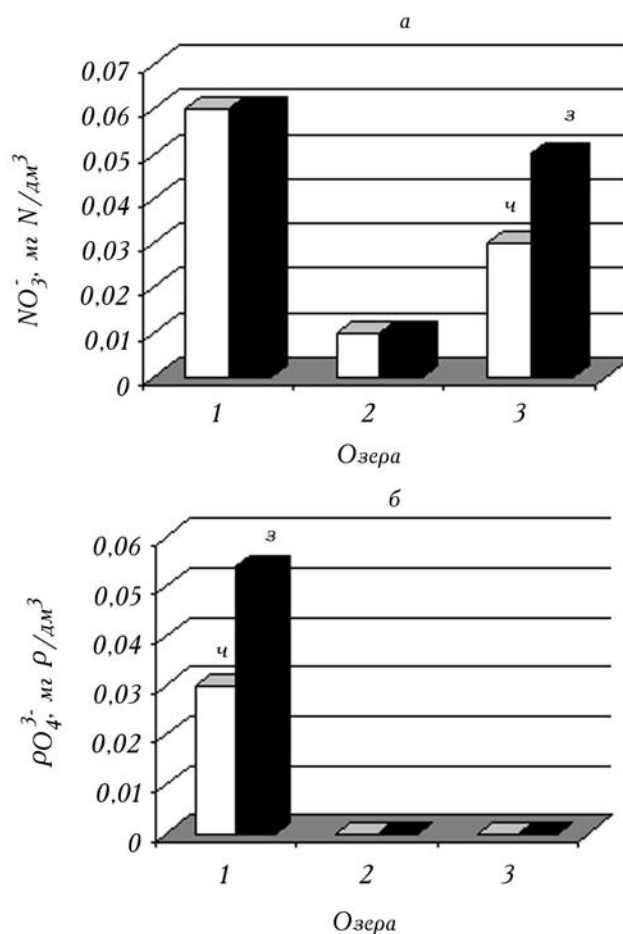
Важно подчеркнуть, что в водохранилищах Днепровского каскада вклад обитателей мезотрофных и эвтрофных вод составлял соответственно 38 и 30%, а в озерах г. Киева — 21 и 41%. Проведенная оценка трофического статуса водоемов г. Киева показала, что они разделяются на три группы: мезотрофные, эвтрофные и гипертрофные [28]. Киевское и Каневское водохранилища принадлежат к слабо-эвтрофному типу, а нижерасположенные водохранилища — к эвтрофно-гипертрофному [37].

Необходимо отметить, что содержание биогенных элементов не является лимитирующим фактором для развития Streptophyta [14]. В значительной степени это связано с размерами их тела и скоростью размножения [41]. В частности, установлено, что в водоемах с высоким содержанием биогенных элементов развиваются преимущественно представители родов *Cosmarium*, *Closterium* и *Staurastrum*, имеющие длину тела несколько десятков микрометров. Скорость их размножения составляет примерно одно деление в сутки. В водоемах с низким содержанием биогенных элементов развиваются преимущественно виды родов *Micrasterias* и *Euastrum*, достигающие в длину несколько сотен микрометров. Скорость их размножения значительно



1. Содержание аммонийного (а) и нитритного (б) азота на разных участках озер г. Киева. Здесь и на рис. 2—6: 1 — оз. Центральное; 2 — оз. Вырлица; 3 — оз. Радужное; ч — чистоводье; з — заросли высших водных растений (*Phragmites australis* — озера № 1, 2, *Typha angustifolia* — озеро № 3).

ниже — от нескольких дней до нескольких недель. Этим фактом объясняется то, что большинство стрептофитовых водорослей развивается преимущественно в водоемах с низким содержанием биогенных элементов, поскольку в водоемах с более высокой их концентрацией *Streptophyta* вытесняются быстро размножающимися представителями *Sphaeropleales* (*Chlorophyceae*), *Vacillariophyceae* и/или *Cyanophyceae*. И наоборот, быстро размножающиеся и требующие большего количества питательных веществ представители вышеперечисленных групп при низком содержании биогенных элементов уступают олиготрофным видам стрептофитовых водорослей с более экономичной жизненной стратегией. Анализ данных гидрохимических исследований показал, что в изученных нами озерах г. Киева содержание биогенных элементов было довольно низким (рис. 1, 2), что согласуется с полученными ранее результатами [8].

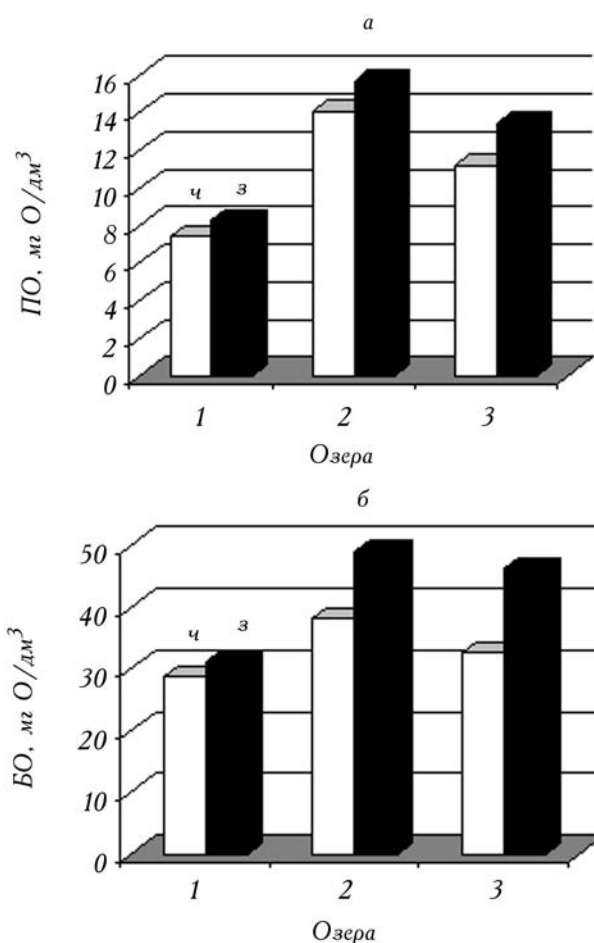


2. Содержание нитратного азота (а) и ортофосфатов (б) на разных участках озер г. Киева.

Индикаторы сапробности [4, 5, 40] представлены 29 видами водорослей, относящимися к трем основным ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ ) и четырем переходным ( $\alpha$ — $\beta$ ,  $\beta$ — $\alpha$ ,  $\alpha$ — $\beta$ ,  $\beta$ — $\alpha$ ) зонам сапробности с доминированием  $\beta$ -мезосапробных форм (38%). Меньшим числом видов представлены  $\alpha$ — $\beta$  (3%),  $\alpha$ - (17%),  $\alpha$ — $\beta$  (7%),  $\beta$ — $\alpha$  (3%) и  $\beta$ — $\alpha$  (22%) мезосапробные организмы. При этом и в водохранилищах, и в озерах преобладали  $\beta$ -мезосапробные организмы. Такое распределение индикаторов сапробности свидетельствует о довольно высоком содержании органического вещества на исследуемых участках водоемов.

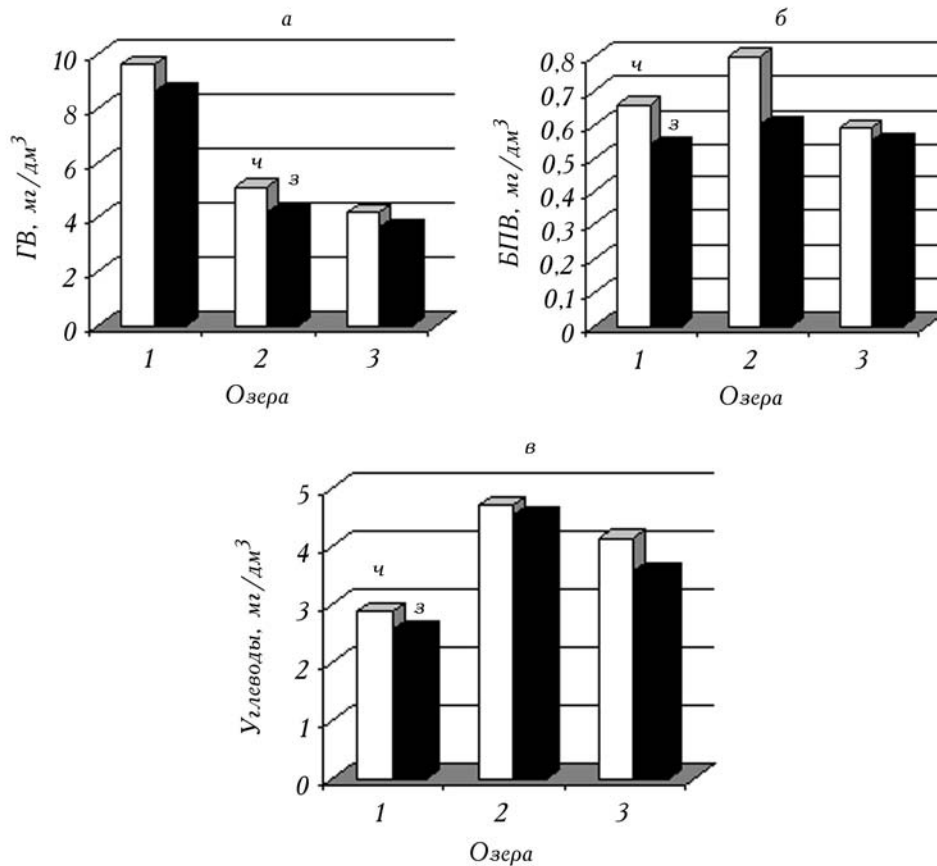
Полученные нами данные свидетельствуют о том, что величины ПО и БО в зарослях высших водных растений во всех случаях были выше, чем на открытых участках водоемов (рис. 3). В то же время несколько неожиданными оказались результаты фракционного анализа состава органического вещества. Так, на участках водоемов, свободных от зарослей высших водных растений, содержание углеводов, белковоподобных и гумусовых веществ было





3. Величины перманганатной (а) и бихроматной (б) окисляемости воды на разных участках озер г. Киева.

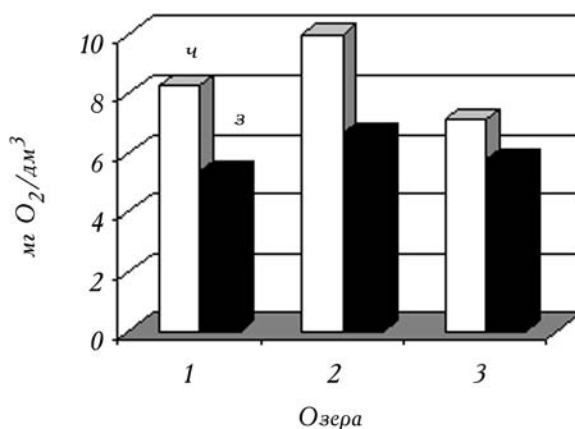
выше, чем в зарослях (рис. 4). С нашей точки зрения, это явление связано с интенсивностью развития фитопланктона, численность и биомасса которого на открытых участках были в среднем в 6,4 и 4,7 раза выше, чем в зарослях. Подтверждением этому могут служить ранее полученные материалы [2], указывающие на то, что содержание углеводов, белковоподобных и гумусовых веществ в воде тесно коррелирует с интенсивностью развития планктонных водорослей. Очевидно, в состав органического вещества в зарослях высших водных растений входят в первую очередь их экзометаболиты (аминокислоты, фенолкарбоновые кислоты, алкалоиды, терпены, глюкозиды, сапонины, витамины и другие вещества) [15, 16, 26]. Следует отметить, что стрептофитовые водоросли, так же как и диатомовые, нуждаются в экзогенных источниках физиологически активных органических веществ, в частности в витаминах [27].



4. Содержание гумусовых веществ — ГВ (а), белковоподобных веществ — БПВ (б) и углеводов (в) в воде на разных участках озер г. Киева.

Streptophyta могут развиваться в условиях низкой освещенности. Так, в зарослях воздушно-водных растений интенсивность освещения была в десять раз ниже, чем на открытых участках (соответственно 2500—4000 и 30000—45000 лк). Одним из адаптационных механизмов, позволяющим им развиваться в условиях низкой освещенности, является миксотрофный тип питания. При благоприятных условиях стрептофитовые водоросли осуществляют процесс фотосинтеза, обеспечивая поступление кислорода в воду, тогда как в условиях низкой освещенности и при отсутствии биогенных элементов они способны ассимилировать растворенные в воде органические соединения (осмотрофное питание), а также способны к фаготрофному поглощению пищевых частиц [27]. Важно подчеркнуть, что в зарослях высших водных растений содержание растворенного кислорода во всех случаях было ниже, чем на открытых участках водоемов (рис. 5).

По отношению к минерализации воды преобладали индифференты (63%). На долю галофобов приходилось 34%, тогда как вклад олигогалобов



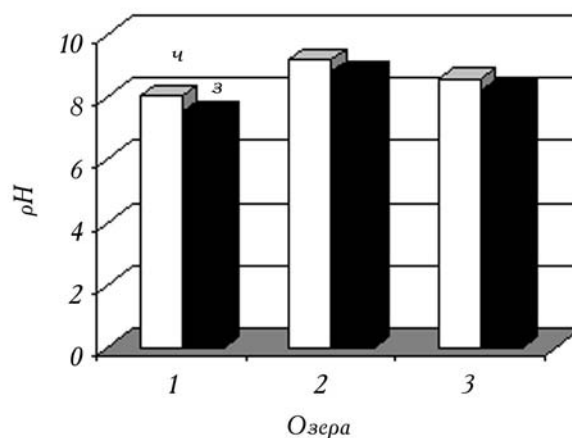
5. Содержание растворенного кислорода на разных участках озер г. Киева.

составлял лишь 3% [4]. В водохранилищах Днепровского каскада доля индифферентов составляла — 65%, а в озерах г. Киева — 60%.

По отношению к рН среды [4, 40, 43] выявлены водоросли, способные развиваться в нейтральной и щелочной среде (в диапазоне значений рН от 7 до 9) — 24%, а также в нейтральной и кислой среде (в диапазоне значений рН от 7 до 5) — 8%. Индифференты представлены меньшим количеством видов (19%). В то же время обращает на себя внимание высокий вклад ацидофилов (45%), тогда как на долю алкалифилов приходилось лишь 4%. Проведенные гидрохимические исследования свидетельствуют о том, что в зарослях высших водных растений значения рН во всех случаях были ниже, чем на открытых участках водоемов (рис. 6). Следует отметить, что в водохранилищах вклад ацидофилов выше (45%), чем в озерах (27%), что, по-видимому, объясняется тем фактом, что фитозэпифитон днепровских водохранилищ (особенно Киевского) формируется под влиянием вод р. Припяти, богатых гумусовыми веществами. Так, результаты определения компонентного состава РОВ на протяжении ряда лет на отдельных участках Киевского водохранилища показали, что воды Припятского отрога характеризовались максимальными значениями ПО и БО, что обусловлено, прежде всего, повышенным содержанием гуминовых и фульвокислот [3].

Данные об отношении Streptophyta к проточности ограничены. Известно, что в быстро текущей воде они, как правило, не развиваются [19]. Обращает на себя внимание тот факт, что на речном участке Каневского водохранилища с высокой скоростью течения, обусловленной попусками Киевской гидроэлектростанции, количество видов стрептофитовых водорослей, так же как и количественные показатели их развития, были значительно ниже, чем на участках водоемов с замедленным течением.

Еще одной специфической чертой стрептофитовых водорослей является то, что их оболочка пропитана железом. В тех случаях, когда железа откладывается много, оболочка приобретает желтый, ржавый или темно-корич-



6. Величины рН воды на разных участках озер г. Киева.

невый цвет [18, 19, 21]. Такие факторы, как пониженное содержание кислорода, более низкие значения рН и более высокое содержание органического вещества (см. рис. 3, 5, 6) по сравнению с открытыми участками водоемов способствуют повышению концентрации растворенного железа в зарослях высших водных растений [6, 12, 29, 45]. Именно растворенное железо доступно для гидрофитов и может утилизироваться, в частности, и стрептофитовыми водорослями.

В большинстве случаев клетки стрептофитовых водорослей окружены толстыми слизистыми покровами, биологическое значение которых весьма разнообразно. Именно посредством слизи многие виды *Streptophyta* приклеиваются к высшим водным растениям или другим водорослям. Слизь предохраняет клетку от недостатка влаги и защищает ее от высыхания. Благодаря слизи осуществляется движение водорослей. У всех стрептофитовых водорослей наблюдается положительный фототаксис [13, 19]. В водах, бедных питательными веществами, слизь служит для дополнительного захвата пищи [42]. Все эти адаптационные механизмы позволяют *Streptophyta* развиваться в обрастании высших водных растений.

### Заключение

В эпифитоне высших водных растений водоемов бассейна р. Днепр стрептофитовые водоросли разнообразны и представлены в спектре ведущих таксонов. Наряду с диатомовыми и зелеными водорослями они составляют основу его численности и биомассы и входят в состав доминирующего комплекса.

Анализ экологических характеристик *Streptophyta* свидетельствует о том, что эти организмы, в основном, ведут прикрепленный образ жизни, развиваются в мезотрофных и эвтрофных водоемах на участках с более высоким содержанием органического вещества и с замедленным течением, а также предпочитают более низкие значения рН среды. Определенные адаптационные механизмы (прикрепленный образ жизни, положительный фототаксис, миксотрофный тип пита-

ния и другие) обеспечивают Streptophyta возможность развиваться в обрастании высших водных растений в условиях низкого освещения. Стрептофитовые водоросли играют важную роль в самоочищении водоемов, обогащая воду кислородом и ассимилируя избыточное органическое вещество, а также являются надежными индикаторами условий водной среды.

\*\*

*Виявлено особливості таксономічної структури фітоепіфітону вищих водяних рослин у водоймах різного типу (водосховищах Дніпровського каскаду і озерах м. Києва). Встановлено, що її специфічною рисою є наявність у спектрі провідних таксонів стрептофітових водоростей (класу Zygnemataphyceae, порядків Zygnematales і Desmidiiales), які разом із діатомовими і зеленими становлять основу чисельності і біомаси фітоепіфітону, а також входять до складу домінуючого комплексу. Загалом Streptophyta належать до прикріплених організмів, розвиваються у мезотрофних і евтрофних водах на ділянках з більш високим вмістом органічних речовин. Вони надають перевагу більш низьким значенням рН середовища і у більшій кількості розвиваються на ділянках водойм з уповільненою течією. Співставлення екологічних характеристик стрептофітових водоростей з даними гідрохімічних досліджень підтверджує їхній статус надійних індикаторів умов навколишнього середовища.*

\*\*

*It has been found that in water bodies of various types (reservoirs of the Dnieper River and lakes of Kiev) the taxonomic structure of phytoepiphyton of higher aquatic plants is closely similar. It is characterized by the presence of Streptophyta (of the class Zygnemataphyceae and of the orders Zygnematales and Desmidiiales) in the spectrum of leading taxa. Streptophyta along with Bacillariophyta and Chlorophyta contributed significantly to the total numbers and biomass of phytoepiphyton. In addition they enter into the composition of the complex of dominant species. For the most part Streptophyta are attached organisms occurring in mesotrophic and eutrophic waters in the sections with a rather high content of organic matter. Acidophilous organisms often prevail in relation to pH. Streptophyta occur mainly in the sections with a low speed of water flow. Comparison studies of the ecological characteristics of Streptophyta and data of hydrochemical investigations suggest that these algae are reliable indicators of the environmental conditions.*

\*\*

1. Барінова С.С., Медведєва Л.А., О.В. Анисимова. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. — Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. — 498 с.
2. Васильчук Т.А., Клоченко П.Д. Компонентный состав растворенных органических веществ некоторых притоков р. Днепр и его взаимосвязь с развитием планктонных водорослей // Гидробиол. журн. — 2003. — Т. 39, № 5. — С. 101—114.
3. Васильчук Т.А., Осипенко В.П., Евтух Т.В. Особенности миграции и распределения основных групп органических веществ в воде Киевского водохранилища в зависимости от кислородного режима // Там же. — 2010. — Т. 46, № 6. — С. 105—115.
4. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. Ч. 1. Барінова С.С. Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей. Ч. 2. Барінова С.С., Медведєва Л.А., Аниси-

- мов О.В. Экологические и географические характеристики водорослей-индикаторов. — М.: ВНИИ природы, 2000. — 150 с.
5. *Водоросли*. Справочник. — Киев: Наук. думка, 1989. — 608 с.
  6. *Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ* / Отв. ред. М. А. Шевченко. — Киев: Наук. думка, 1989. — 216 с.
  7. *Дебейко Е.В., Рябов А.К., Набиванец Б.И.* Прямое фотометрическое определение растворимых белков в природных водах // *Гидробиол. журн.* — 1973. — Т. 9, № 6. — С. 109—113.
  8. *Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф., Мегведь В.О. та ін.* Особливості формування структури угруповань епіфітних водоростей // *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія.* — 2011. — 1(46). — С. 47—52.
  9. *Клоченко П.Д., Харченко Г.В., Шевченко Т.Ф.* Особенности распределения водорослей эпифитона в водоемах г. Киева // *Гидробиол. журн.* — 2012. — Т. 48, № 1. — С. 43—56.
  10. *Клоченко П.Д., Шевченко Т.Ф., Таращук О.С.* Ретроспективный анализ фитоэпифитона Киевского водохранилища // *Екологія водно-болотних угідь і торфовищ* (зб. наук. статей). — К.: ДІА, 2013. — С. 121—128.
  11. *Комулайнен С.Ф.* Экология фитоэпифитона малых рек восточной Финляндии. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. — 182 с.
  12. *Константинов А.С.* Общая гидробиология. — М.: Высш. шк., 1986. — 472 с.
  13. *Косинская Е.К.* Конъюгаты, или сцеплянки. II. Десмидиевые водоросли. — Л.: Изд-во АН СССР, 1960. — 706 с. — (Флора споровых растений СССР; Т. 5).
  14. *Лукницкая А.Ф.* Водоросли болотных экосистем северо-запада России // *Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы III Междунар. науч. конф., Нарочь, 17—22 сент. 2007 г.* — Минск: Изд. Белорус. ун-та, 2007. — С. 156—157.
  15. *Макрофиты* — индикаторы изменений природной среды / Отв. редакторы С. Гейны, К. М. Сытник. — Киев: Наук. думка, 1993. — 435 с.
  16. *Метейко Т.Я.* Метаболиты высших водных растений и их роль в гидробиоценозах (обзор) // *Гидробиол. журн.* — 1981. — Т. 17, № 4. — С. 3—14.
  17. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / Відп. ред. В.Д. Романенко. — К.: ЛОГОС, 2006. — 408 с.
  18. *Мордвинцева Г.М.* Порядок Десмидиевые (Desmiales) // *Жизнь растений.* — М.: Просвещение, 1977. — Т. 3. — С. 321—337.
  19. *Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые. Chlorophyta: Conjugatophyceae, Desmiales (2)* / Г.М. Паламарь-Мордвинцева. — Л.: Наука, 1982. — 620 с.
  20. *Оценка экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу.* — Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, 2006. — 32 с.

21. *Паламарь-Моргвинцева Г.М.* Кон'югати — Conjugatophyceae. Десмідієві — Desmidiaceae. — К.: Наук. думка, 1986. — 320 с. — (Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Вип. 8, ч. 2).
22. *Попович Г.М.* Сорбционное концентрирование и спектрофотометрическое определение гуминовых и фульвокислот в водах: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. — Киев, 1990. — 23 с.
23. *Разнообразие водорослей Украины* / Под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко // Альгология. — 2000. — Т. 10, № 4. — 309 с.
24. *Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ* / Под ред. Н. В. Кондратьевой. — Киев: Наук. думка, 1989. — 232 с.
25. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши* / Под ред. А. Д. Семенова. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 542 с.
26. *Сакевич О.Й., Усенко О.М.* Алелопатія в гідроекосистемах. — К.: Наук. думка, 2008. — 342 с.
27. *Семененко В.Е.* Способы питания водорослей и других хлорофиллоносных растений // Жизнь растений. — М.: Просвещение, 1977. — Т. 3. — С. 10—16.
28. *Семенюк Н.С.* Фітопланктон різнотипних водойм м. Києва: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — К., 2007. — 21 с.
29. *Сигоренко В.М., Величко И.М., Новак А.Л.* Перифитон как фактор формирования гидрохимического режима в зарослях высших водных растений // Гидробиол. журн. — 1984. — Т. 20, № 3. — С. 101—103.
30. *Сироткина И.С., Варшал Г.М., Лурье Ю.Ю., Степанова Н.П.* Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод // Журн. аналит. химии. — 1974. — Т. 29, № 8. — С. 1626—1632.
31. *Тарашук О.С., Шевченко Т.Ф., Клоченко П.Д.* Эпифитные водоросли озерного участка Каневского водохранилища (Украина) // Альгология. — 2011. — Т. 21, № 2. — С. 202—212.
32. *Тарашук О.С., Шевченко Т.Ф., Клоченко П.Д.* Кількісні показники розвитку епіфітних водоростей на озерній ділянці Канівського водосховища // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія. — 2011. — 3(48). — С. 38—43.
33. *Тарашук О.С., Шевченко Т.Ф., Клоченко П.Д.* Фітоэпифитон речного участка Каневского водохранилища (Украина) // Альгология. — 2012. — Т. 22, № 2. — С. 198—207.
34. *Топачевский А.В., Масюк Н.П.* Пресноводные водоросли Украинской ССР. — Киев: Вища шк. — 1984. — 334 с.
35. *Шевченко Т.Ф.* Распределение водорослей перифитона днепровских водохранилищ в зависимости от типа субстрата // Гидробиол. журн. — 2011. — Т. 47, №1. — С. 3—14.
36. *Шмигд В.М.* Статистические методы в сравнительной флористике. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. — 176 с.
37. *Шербак В.І.* Структурно-функціональна характеристика дніпровського фітопланктону: Автореф. дис. ... докт. біол. наук. — Київ, 2000. — 32 с.

38. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, Rhodophyta / Ed. by P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo. — Ruggell: Gantner Verlag, 2006. — 713 p.
39. *Brook A.J.* The biology of desmids. — Oxford; London; Edinburgh; Boston; Melbourne: Blackwell sci. publ., 1981. — 276 p.
40. *Coesel P.F.M.* The relevance of desmids in the biological typology and evaluation of fresh waters // *Hydrobiol. Bull.* — 1975. — Vol. 9, N 3. — P. 93—101.
41. *Coesel P.F.M.* The significance of desmids as indicators of the trophic status of freshwaters // *Schweiz. Z. Hydrobiol.* — 1983. — Vol. 45, N 2. — P. 388—393.
42. *Coesel P.F.M.* De Desmidiaceeën van Nederland, deel 5, Fam. Desmidiaceae (3). — Utrecht: Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, 1994. — 55 p.
43. *Štastný J.* Desmids (Conjugatophyceae, Viridiplante) from the Czech Republic, new and rare taxa, distribution, ecology // *Fottea*. — 2010. — Vol. 10, N 1. — P. 1—74.
44. *Štepankóv J., Hasler P., Hladká M., Pouličková A.* Diversity and ecology of desmids of peat bogs in the Jeseníky Mts: spatial distribution, remarkable finds // *Ibid.* — 2012. — Vol. 12, N 1. — P. 111—126.
45. *The freshwater algal flora of the British Isles: An identification guide to freshwater and terrestrial algae* / Ed. by D.M. John, B.A. Whitton, A.J. Brook. — 2nd ed. — Cambridge univ. press, 2011. — 878 p.