

Взаимосвязь между биогенным составом взвешенного органического вещества пресноводных водоемов и структурными показателями зоопланктонного сообщества

Ю.К. Верес, А.Л. Егиян

Белорусский государственный университет

В работе приводятся сведения о содержании sestона в воде разнотипных озер Нарочь, Мясстро, Баторино и Большие Швакшты (Национальный парк «Нарочанский»), количестве взвешенных форм биогенных элементов в воде, а также о содержании биогенных элементов в сухой массе sestона и их соотношениях, которые могут характеризовать пищевую ценность sestона. Дана характеристика зоопланктона водоемов по основным структурным показателям сообщества (численность, биомасса). Проведенный корреляционный анализ полученных данных выявил некоторые взаимосвязи между этими компонентами озерных экосистем, которые могут служить доказательством тесных трофических взаимоотношений в системе «зоопланктон–сестон» в водных экосистемах.

Ключевые слова: сестон, взвешенное органическое вещество, биогенные элементы, зоопланктон, численность, биомасса, коэффициент корреляции.

Correlation between nutrients content in suspended organic matter and zooplankton structural characteristics in freshwater lakes

Y.K. Veres, A.L. Yehiyan

Belarusian State University

The article presents the data on nutrients content (C, N, P and its ratio) in suspended organic matter of lakes Naroch, Myastro, Batorino and Bolshie Shvakshty which are different in their trophic states and are situated on the territory of National park «Narochansky». Such parameters can describe the nutritive value of seston. Some structural characteristics (size and biomass of population) of zooplankton community as major seston consumer were estimated. The correlation analyses revealed some links between discussed parameters which can be the evidence of close trophic relations in the «zooplankton–seston» system of water ecosystems.

Key words: seston, suspended organic matter, nutrients, zooplankton, population size, biomass, correlation coefficient.

Взвешенное в толще воды вещество – сестон – представляет собой совокупность частиц живой и неживой природы, распределенных в толще воды, является важной и неотъемлемой частью водных экосистем и выполняет ряд функций в водоеме. Так, взвешенное вещество влияет на гидрооптические свойства воды, температурный режим в водоеме, участвует в процессах круговорота вещества и потока энергии, занимает одно из важных мест в трофических взаимоотношениях в экосистеме. Взвешенными частицами питаются животные-фильтраторы, представители зоопланктона, зообентоса, а также планктоноядные виды нектона. При потреблении sestона гидробионтами в основном усваивается органическая составляющая вещества – взвешенное органическое вещество (ВОВ), поэтому при характеристике sestона как пищевого объекта особое внимание необходимо уделять именно этой части вещества.

Для сбора взвешенного вещества в воде обычно используют фильтрацию чаще всего через стекло-

волоконные фильтры, задерживающие частицы диаметром не менее 0,5 мкм. Собранный на фильтрах материал может быть подвергнут дальнейшему исследованию, например, определению его основных компонент, таких, как, хлорофилл, биогенные элементы и другие составляющие.

При рассмотрении ВОВ как пищевого ресурса экосистемы важно не только его количественное содержание, но и качественный состав. В гидробиологической практике соотношение основных биогенных элементов (С:N:P) широко используется для качественной характеристики органического вещества [1]. Соотношение Редфилда $C_{40}:N_7:P_1$, установленное для сообщества морского фитопланктона, на сегодняшний день считается эталонным при сравнении соотношений данных элементов в водных экосистемах. Ряд исследователей обнаруживают взаимосвязь С:N:P соотношения со структурой сообщества, уровнем вторичной продукции, потоками веществ по пищевой цепи [1–3].

В пресноводных экосистемах основными потребителями ВОВ являются представители зоопланктона с фильтрационным типом питания [4]. Количество и качество пищи оказывают влияние на состояние сообщества и его основные параметры. Экспериментально было продемонстрировано, что недостаток фосфора в пище зоопланктона приводит к замедлению скорости роста особей, снижению продукции и торможению роста популяции [5]. Недостаток пищи рассматривается как причина смертности взрослых особей и уменьшения рождаемости рачков-фильтраторов [6]. Изменения в функциональных показателях зоопланктона могут отразиться и на популяционных параметрах сообщества, таких, как численность, биомасса популяций, количество видов.

Водоемы разного трофического статуса различаются как по содержанию сестона и его органической компоненты, так и по характеристикам зоопланктона. Выяснение влияния количества и качества пищи на структуру и функционирование сообществ является одним из важных вопросов в гидроэкологических исследованиях, решение которого представляет не только фундаментальную ценность, но и может помочь в реализации ряда прикладных задач, в частности, улучшить кормовую базу рыб-планктофагов. Основными целями данного исследования являются сопоставление основных количественных и качественных характеристик сестона в водоемах разного трофического уровня со структурными показателями зоопланктонного сообщества и поиск возможной взаимосвязи между этими компонентами озерных экосистем.

Материал и методы. Исследования проводились на озерах Нарочь, Мясстро, Баторино и Большие Швакшты, отличающихся по трофическому статусу (от мезо-олиготрофного до высокоэвтрофного) и ряду гидрологических показателей, основные из которых представлены в табл. 1. Водоемы расположены на территории НП «Нарочанский» на северо-западе республики. Три из исследованных озер – Нарочь, Мясстро и Баторино – протоками объединены в систему Нарочанских озер, начальным в которой является эвтрофное оз. Баторино, а конечным – оз. Нарочь, самый большой природный водоем в Беларуси. Озера принадлежат системе р. Вилия, бассейн р. Неман [7]. Оз. Б. Швакшты располагается на границе НП «Нарочанский» в Витебской области, принадлежит системе р. Страча, бассейн р. Неман. В последние десятилетия экологическая ситуация в водоеме претерпела значительные изменения, что отразилось на

увеличении его трофического статуса с мезотрофного до высокоэвтрофного.

Определение концентраций биогенных элементов в сестоне озер проводилось эпизодически, а исследования элементного состава взвешенного органического вещества оз. Б. Швакшты до сих пор не осуществлялись.

Исследования проходили в течение вегетационных сезонов 2009–2010 гг. В пелагических зонах озер отбирали интегральные пробы воды, в некоторых случаях отбор проб воды производили в литорали с горизонта 0,5–0,8 м. В ходе данных исследований определились концентрации основных биогенных элементов (С, N, P) в сестоне, для этого озерную воду фильтровали через стекловолконистые фильтры GF/F (Whatman) и предварительно определяли содержание взвеси стандартным гравиметрическим методом высушивая при температуре 60°C до постоянной массы. Содержание взвешенного органического углерода ($C_{орг}$) определяли с помощью метода мокрого сжигания в модификации [9], общего азота ($N_{общ}$) и фосфора ($P_{общ}$) – методом сжигания с персульфатом [10]. Для характеристики содержания взвешенного органического вещества в воде величины концентраций углерода ($C_{взв}$), азота ($N_{взв}$) и фосфора ($P_{взв}$) рассчитывали на 1 л озерной воды, а для установления содержания элементов (С, N, P) в озерном сестоне – на 1 мг сухой массы взвеси.

Пробы зоопланктона также отбирали в течение вегетационного периода 2009–2010 гг. в пелагиали рассматриваемых озер с использованием общепринятых методов. Отбор качественных проб осуществляли с помощью планктонной сети, протягивая ее по всей вертикали, количественных проб (10 л) – двухлитрового батометра Руттнера с последующей фильтрацией воды через планктонную сеть с диаметром ячеек 100 мкм или десятилитрового планктоночерпателя Вовка ($d_{ячей} = 100$ мкм). Весь собранный материал фиксировали 4% раствором формалина. Камеральную обработку проб проводили на счетной пластинке и в камере Богорова под бинокляром МБС-9 и микроскопом Zeiss Axiostar при увеличениях 32x и 100x, соответственно. Количественные показатели развития зоопланктона (численность, биомасса) определяли по стандартной методике [11].

Статистический анализ данных проводили с помощью программы Statistica 6.0. Для выявления взаимосвязей между исследуемыми параметрами использовали корреляционный анализ непараметрических данных (коэффициент корреляции Спирмена).

Таблица 1

Некоторые гидрологические характеристики исследуемых озер [по: 7–8]

Озеро	Нарочь	Мястро	Баторино	Большие Швакшты
Площадь водного зеркала, км ²	79,6	13,1	6,3	9,56
Глубина:				
средняя, м	8,9	5,4	3,0	2,3
максимальная, м	24,8	11,3	5,5	5,3
Хлорофилл, мкг/л	1,13	4,54	8,23	48,70
Содержание органического вещества, мгС/л	5,6	9,3	12,6	20,9
Прозрачность, м	7,2	3,6	1,2	0,70
Трофический статус	Мезо-олиготрофное	Мезотрофное	Эвтрофное	Высокоэвтрофное

Результаты и их обсуждение. За период исследований на водоемах были накоплены данные по содержанию sestona в воде, количеству взвешенных форм биогенных элементов в воде, а также по содержанию биогенных элементов в сухой массе sestona и их соотношениях. Осредненные значения показателей за вегетационные сезоны 2009–2010 гг. представлены в табл. 2.

По содержанию sestona исследуемые водоемы четко различаются между собой. Его концентрация закономерно увеличивается с повышением трофического уровня озера. Величины концентраций варьировали от 0,5 до 36,7 мг/л, составляя в среднем (2009–2010 гг.) для оз. Нарочь $1,03 \pm 0,30$ мг/л, оз. Мястро – $3,10 \pm 1,61$ мг/л, оз. Баторино – $8,20 \pm 2,27$ мг/л и оз. Б. Швакшты – $23,85 \pm 6,73$ мг/л. По содержанию взвешенных форм биогенных элементов в воде исследуемые озера также показывают закономерное увеличение значений в ряду исследованных водоемов (табл. 2). В целом, с повышением уровня трофики водоема количественные показатели ВОВ в водоеме также увеличиваются. Значения параметров укладываются в пределы колебаний, характерные для природных водоемов умеренной зоны [1, 12].

Содержание биогенных элементов в sestone (в мкг/мг с.м.) исследованных озер имеет другой характер распределения в зависимости от трофности водоема и проявляет общую тенденцию к снижению значений в ряду озер Нарочь – Мястро – Б. Швакшты – Баторино. Соотношения биогенных элементов в sestone исследованных озер, рассчитанные в весовом эквиваленте (в мкг:мкг), варьировали в широких пределах. Содержание С и N относительно Р проявляло тенденцию к увеличению значений с повышением трофического статуса водоема. Отношение С:N в разных озерах принимало

близкие значения. Полученные результаты вполне согласуются с литературными данными, в которых также отмечается варьирование соотношений, рассчитанных относительно Р, а для С:N соотношения указывается узкий диапазон определяемых значений [1].

Соотношения биогенных элементов во взвешенном веществе водоема могут говорить о качестве источника питания для водных организмов. Считается, что фитопланктон, по элементарному составу близкий к соотношению Рэдфилда, обитает в условиях, приближающихся к оптимальным. Рост планктонных организмов лимитируется фосфором при соотношении N:P больше 13:1, а азотом – меньше 4,4:1. С:N соотношение характеризует пищевую ценность и лабильность органического вещества: если соотношение меньше 17:1, органическое вещество может утилизироваться в пищевых цепях, при снижении этого отношения пищевая ценность, лабильность, скорость минерализации и, следовательно, интенсивность включения органического вещества в биотический круговорот возрастают [13].

По лабораторным и полевым исследованиям, проведенным на популяциях дафний [5], пороговые концентрации углерода, необходимые для прироста массы тела особи, составляют 0,01–0,045 мг С/л, начала репродукции разных видов дафний – 0,06–0,21 мг С/л. Лимитирование зоопланктона фосфором наблюдается при соотношении С:Р в пище примерно 300 [6].

Исходя из полученных данных, содержание биогенных элементов, заключенное во ВОВ Нарочанских озер, и их соотношения описывают благоприятные условия для развития зоопланктонного сообщества, за исключением оз. Мястро, в котором N:P соотношение указывает на возможное лимитирование развития организмов низким содержанием Р. Если взять за

эталон сраўнення саотношэнне Рэдфілда, то сродзі ісследаваных вадоемаў у сестоне оз. Нарочь і Мястро С:N:P саотношэння найбольш блізкі да сраўніваемых велічынаў, а ў оз. Баторіно і Б. Швакшты – значыльна вышэй. Па С:N саотношэнню лабільнасць і піщевая цэннасць сестона і, следавальна, яго арганічнай ком-

поненты дастаткова высокі. Сніжэнне саотношэння па меры ўзвядзення ўзрўня трэфіі вадоема ўказывае на ўзвядзенне лабільнасці вешчства. Такія жэ рэзультаты былі атрычаны пры ісследаванні лабільнасці арганічнага вешчства на Нарочанскіх озерах раней [14].

Табліца 2

Содержание сестона, взвешенных форм биогенных элементов в воде и в сестоне, а также их соотношения в сестоне исследованных озер, вегетационные сезоны 2009–2010 гг. (среднее±SD)

Показатель	Озеро			
	Нарочь	Мястро	Баторино	Б. Швакшты
Вегетационный сезон 2009 г.				
Сестон, мг/л	1,09±0,26	2,82±0,83	7,41±1,68	26,50±3,84
C _{взв} , мг С/л	0,43±0,13	1,09±0,39	2,10±0,44	8,82±2,19
N _{взв} , мг N/л	0,07±0,01	0,14±0,05	0,26±0,11	1,16
P _{взв} , мг P/л	0,007±0,001	0,020±0,008	0,013±0,002	0,063±0,012
C, мкг С/мг с.м.	401,14±37,53	365,41±28,56	284,50±3,52	342,01±54,62
N, мкг N/мг с.м.	74,53±18,91	57,82±6,10	35,11±8,53	44,94
P, мкг P/мг с.м.	6,32±0,76	6,95±1,10	2,02±0,43	2,47±0,34
C:P	64,1±9,4	53,8±12,0	144,9±28,8	138,4±6,0
N:P	12,1±4,3	8,5±1,5	18,1±6,1	16,9
C:N	5,6±1,4	6,4±1,1	8,4±2,0	8,4±1,2
Вегетационный сезон 2010 г.				
Сестон, мг/л	1,05±0,33	3,37±1,93	8,80±2,63	21,60±5,62
C _{взв} , мг С/л	0,38±0,10	0,84±0,34	2,07±0,49	5,89±1,40
N _{взв} , мг N/л	0,05±0,01	0,12±0,05	0,23±0,07	0,61±0,15
P _{взв} , мг P/л	0,006±0,002	0,018±0,006	0,018±0,008	0,066±0,012
C, мкг С/мг с.м.	354,69±67,61	280,74±88,66	245,06±17,04	275,61±19,69
N, мкг N/мг с.м.	46,36±5,12	36,45±10,19	25,90±3,35	28,83±2,10
P, мкг P/мг с.м.	5,84±1,17	5,97±1,56	2,09±0,73	3,12±0,34
C:P	62,4±14,9	46,9±6,4	128,7±43,1	89,1±11,6
N:P	8,2±2,0	6,2±1,0	13,6±4,7	9,3±4,7
C:N	7,7±1,5	7,7±1,2	9,6±1,4	9,6±0,9

Табліца 3

Структурные показатели развития зоопланктона в озерах Нарочанского региона, вегетационные сезоны 2009–2010 гг.

Озеро	Численность, тыс. экз./м ³ (± SD)			Биомасса, г/м ³ (± SD)		
	общ.	филтр.	% филтр.	общ.	филтр.	% филтр.
Вегетационный сезон, 2009 г.						
Нарочь	97,2 ± 53,5	95,4 ± 49,2	82,8 ± 6,7	0,6 ± 0,4	0,5 ± 0,2	74,6 ± 14,4
Мястро	293,6 ± 114,4	231,3 ± 113,5	82,2 ± 11,6	1,7 ± 0,5	1,0 ± 0,6	64,4 ± 32,6
Баторино	458,3 ± 109,3	370,6 ± 122,0	83,5 ± 7,2	1,9 ± 0,3	1,1 ± 0,1	64,1 ± 7,0
Б. Швакшты	430,0 ± 142,2	351,9 ± 108,5	82,3 ± 7,7	0,9 ± 0,3	0,5 ± 0,1	66,9 ± 21,3
Вегетационный сезон, 2010 г.						
Нарочь	153,2 ± 66,6	133,2 ± 61,6	86,6 ± 9,4	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,3	75,0 ± 21,5
Мястро	312,3 ± 135,0	268,4 ± 128,5	85,1 ± 8,1	1,3 ± 1,0	0,9 ± 1,0	61,5 ± 25,0
Баторино	327,3 ± 206,1	227,3 ± 129,4	71,4 ± 9,1	1,3 ± 0,8	0,6 ± 0,3	47,3 ± 19,7
Б. Швакшты	415,0	365,0	87,9	1,12	0,33	29,4

Общая численность и биомасса зоопланктона увеличивались в ряду озер Нарочь – Мястро – Баторино, средние значения показателей приведены в табл. 3. В 2009 году среднесезонная численность в оз. Нарочь составила 97,2 тыс. экз./м³ при биомассе 0,6 г/м³. В 2010 г. биомасса была такой же, несмотря на то, что численность возросла в 1,5 раза и составила 153,2 тыс. экз./м³. Это было обусловлено преобладанием мелкокоразмерных групп зоопланктона, таких, как науплии и младшие копепоиды, мелкие виды коловраток. В озерах Мястро и Баторино среднесезонные показатели биомассы зоопланктона существенно не различались. В 2009 году в оз. Б. Швакшты среднесезонная численность зоопланктона была на уровне, характерном для оз. Баторино, однако, биомасса была вдвое меньше (табл. 3). В 2010 году, несмотря на максимальную численность среди рассматриваемых озер, биомасса зоопланктона в оз. Б. Швакшты оставалась на уровне, характерном для озер Мястро и Баторино.

Среди трофических групп зоопланктона доминирующей были организмы-фильтраторы. Доля их в общей численности по трем озерам составила в среднем 83 и 82% при долевом участии в биомассе 68 и 65% в 2009 и 2010 гг. соответственно.

В 2010 году была отмечена тенденция уменьшения доли фильтраторов в общей биомассе зоопланктона с увеличением трофности озер. Это связано с тем, что в более трофных водоемах на протяжении вегетационного периода в большом количестве развивались мел-

коразмерные группы зоопланктонов: коловратки из родов *Polyarthra*, *Keratella*, *Kellicottia*, *Filinia*, мелкие клadoцеры из семейств Chydoridae, Bosminidae и др. Напротив, в менее трофных озерах на протяжении вегетационного сезона численно преобладали крупные представители клadoцер из родов *Daphnia*, *Diaphanosoma* и копепод – род *Eudiaptomus*. Следовательно, биомасса зоопланктона определяется его размерной структурой, которая в большей степени связана с воздействием биотических факторов (влияние хищников-планктофагов, концентрация пищи, особенности биологии видов планктона и др.).

С целью обнаружения взаимосвязи между изучаемыми параметрами в исследуемых водоемах был проведен корреляционный анализ. В силу небольшого количества доступных для сравнения величин ($n = 8$) использовали коэффициент корреляции по Спирмену, значения которого представлены в табл. 4. Корреляционная связь была установлена только для значений численности зоопланктона, а значения биомассы не коррелировали с содержанием взвешенных форм биогенных элементов и элементарным составом сестона. Согласно полученным коэффициентам корреляции, численность фильтраторов тесно взаимосвязана с содержанием сестона, концентрацией $C_{взв}$ и $N_{взв}$ в воде и C:N соотношением в сестоне. Так как основную долю численности зоопланктона составляют фильтраторы, то и общая численность сообщества показала сходные взаимосвязи.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции (Спирмена) между содержанием биогенных элементов в ВОВ и структурными показателями развития зоопланктона в исследованных озерах
(жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты, p -уровень $< 0,05$)

Сравниваемые параметры	Численность общая, тыс. экз./м ³	Биомасса общая, г/м ³	Численность фильтраторов, тыс. экз./м ³	Биомасса фильт- раторов, г/м ³	% фильтраторов по численности	% фильтраторов по биомассе
Сестон, мг/л	0,86	0,29	0,71	-0,02	-0,07	-0,60
$C_{взв}$, мг С/л	0,88	0,36	0,79	0,10	-0,14	-0,52
$N_{взв}$, мг N/л	0,88	0,36	0,79	0,10	-0,14	-0,52
$P_{взв}$, мг P/л	0,50	0,24	0,60	-0,05	-0,02	-0,60
C, мкг С/мг с.м.	-0,60	-0,40	-0,48	0,00	-0,10	0,86
N, мкг N/мг с.м.	-0,69	-0,48	-0,55	-0,05	-0,07	0,83
P, мкг P/мг с.м.	-0,81	-0,33	-0,55	-0,12	0,02	0,36
C:P	0,36	-0,17	0,40	-0,14	0,57	0,38
C:N	0,76	0,07	0,71	-0,31	0,43	-0,33
N:P	0,21	-0,19	0,24	-0,07	0,38	0,57

Между показателями общей численности зоопланктона и содержанием Р в сестоне была установлена статистически значимая отрицательная взаимосвязь (табл. 4). Относительное содержание фильтраторов (по биомассе) в зоопланктоне исследованных озер тесно взаимосвязано с концентрацией биогенных элементов, а именно С и N в сестоне.

Заключение. В ходе исследований, проведенных в течение вегетационных сезонов 2009–2010 гг., был получен значительный объем данных по содержанию и биогенному составу взвешенного органического вещества, а также структурным характеристикам зоопланктонного сообщества исследованных озер, который позволил провести анализ возможных взаимосвязей между изучаемыми компонентами.

Состав биогенных элементов в сестоне водоемов разного трофического статуса различается, что, вероятнее всего, отражается на его качестве как источника питания гидробионтов, а также степени участия в биотическом круговороте. Корреляционный анализ характеристик сестона с показателями развития зоопланктона как основного потребителя ВОВ выявил статистически значимые тесные взаимосвязи между величинами численности сообщества и содержанием биогенных элементов и их некоторыми соотношениями. Однако для установления более точных взаимоотношений необходимо увеличивать объем данных по разнотипным водоемам.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sterner, R.W. Scale-dependent carbon:nitrogen:phosphorus seston stoichiometry in marine and freshwaters / R.W. Sterner [et al.] // *Limnol. Oceanogr.* – 2008. – Vol. 53, № 3. – P. 1169–1180.
2. Sterner, R.W. Ecological stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere [electronic resource] / R.W. Sterner, J.J. Elser. – Princeton Univ. Press. – 2002. – Mode of access: <http://books.google.com/> – Date of access: 06.05.2011.
3. Sterner, R.W. Joint variation of zooplankton and seston stoichiometry in lakes and reservoirs / R.W. Sterner [et al.] // *Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart.* – 2000. – Vol. 27. – P. 1–6.
4. Гутельмахер, Б.Л. Метаболизм планктона как единого целого: трофометаболические взаимодействия зоо- и фитопланктона / Б.Л. Гутельмахер // *Труды Зоологического института АН СССР.* – Л.: «Наука», 1986. – Т. 133. – 155 с.
5. Полищук, Л.В. Динамика массы тела дафний в свете теории жизненных стратегий: анализ с использованием метода вкладов / Л.В. Полищук, Я. Файферберг // *Журнал общей биологии.* – 2006. – Т. 67, № 1. – С. 23–36.
6. Дубовская, О.П. Не связанная с хищниками смертность планктонных ракообразных, ее возможные причины (обзор литературы) / О.П. Дубовская // *Журнал общей биологии.* – 2009. – Т. 70, № 2. – С. 168–192.
7. Озера Беларуси. Справочник / Б.П. Власов [и др.]. – Минск: Минсктиппроект, 2004. – 284 с.
8. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2009 год) / под общ. ред. А.П. Остапеня. – Минск: БГУ, 2010. – 86 с.
9. Остапеня, А.П. Полнота окисления органического вещества водных беспозвоночных методом бихроматного окисления / А.П. Остапеня // *Докл. АН БССР.* – 1965. – Т. 9, № 4. – С. 273–276.
10. Унифицированные методы анализа вод / под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
11. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
12. Экологическая система Нарочанских озер / под ред. Г.Г. Винберга. – Минск: Университетское, 1985. – 302 с.
13. Остапеня, А.П. Сестон и детрит как структурные и функциональные компоненты водных экосистем: автореф. ... дис. д-ра биол. наук: 03.00.18 / А.П. Остапеня; Ин-т гидробиологии АН УССР. – Киев, 1969. – 42 с.
14. Ostapenia, A.P. Lability of organic carbon in lakes of different trophic status / A.P. Ostapenia [et al.] // *Freshwater Biology.* – 2009. – Vol. 54. – P. 1312–1323.

Поступила в редакцию 31.05.2011. Принята в печать 30.06.2011

Адрес для корреспонденции: 220064, г. Минск, ул. Курчатова, д. 8, ком. 91^б, тел.: (8-029) 390-95-84, e-mail: veres.julia.naroch@gmail.com – Верес Ю.К.