



В.Г. Костоусов, Т.И. Попиначенко, В.Д. Сенникова, О.Д. Апсолихова

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

ФИТОПЛАНКТОН РЕКРЕАЦИОННЫХ И ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ Г. МИНСКА

Аннотация: Рассмотрен состав и количественное развитие фитопланктона в системе городских и рекреационных водоемов г. Минска. Установлено, что видовое разнообразие представлено 45 таксонами водорослей, относимых к 6 отделам. Наиболее обильно представлены диатомовые, зеленые и сине-зеленые водоросли, прочие отмечены 1–3 таксонами. Биоразнообразие форм по отдельным створам наблюдений колебалась в пределах 5–18 видов и определялось гидрологическими и гидрохимическими условиями. Наименьшее разнообразие форм было характерно для интенсивно «цветущих» водохранилищ, что свидетельствует о том, что «цветение» вызывается небольшим количеством определенных видов в периоды их массового развития. В динамике количественного развития фитопланктона по анализируемым створам водоемов системы р. Свислочь максимальные показатели установлены для второго в ряду вдхр. Крыница и на не зарегулированных участках протекания в черте г. Минска. Последнее может объясняться различием в скорости самоочистки воды на зарегулированных и не зарегулированных участках при установленном объеме поступления. В створах по Слепянской водной системе отмечается закономерный рост показателей количественного развития фитопланктона по направлению от верхних к нижним, что может объясняться эффектом накопления при незначительном их различии в части гидрологического режима. Не нашло подтверждения предположение о негативном влиянии потенциально токсичных цианобактерий, поскольку последние были выявлены как на участках протекания, где ранее была зафиксирована гибель рыб, так и на тех участках, где таковой не было отмечено.

Ключевые слова: водоемы, водотоки, фитопланктон, цианобактерии, качественный состав, количественные показатели



V.G. Kostousov, T.I. Popinachenko, V.D. Sennikova, O.D. Apsolikhova

RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus

PHYTOPLANKTON OF RECREATION AND URBAN WATER BODIES IN MINSK

Abstract: The composition and quantitative development of phytoplankton in the system of urban and recreational water bodies in Minsk is considered. It was found that the species diversity is represented by 45 taxa of algae belonging to 6 divisions. The most abundant are diatoms, green and blue-green algae, others are noted by 1–3 taxa. The biodiversity of forms in individual observation sections ranged from 5 to 18 species and was determined by hydrological and hydrochemical conditions. The smallest variety of forms was characteristic of intensively «bloomings» reservoirs, which indicates that «bloomings» is caused by a small number of certain species during the periods of their mass development. In the dynamics of the quantitative development of phytoplankton along the analyzed sections of water bodies of the R. Svisloch maximum indicators are set for the second in the row of water tanks. Krynitsa and in unregulated flow areas within the city of Minsk. The latter can be explained by the difference in the rate of self-purification of water in regulated and unregulated areas with a set volume of inflow. In the sections along the Slepianka water system, there is a regular increase in the indicators of the quantitative development of phytoplankton in the direction from the upper to the lower, which can be explained by the effect of accumulation, with their insignificant difference in terms of the hydrological regime. The hypothesis about the negative impact of potentially toxic cyanobacteria was not confirmed, since the latter were detected both in the areas of occurrence, where the death of fish was previously recorded, and in those areas where such was not noted.

Keywords: reservoirs, streams, phytoplankton, cyanobacteria, qualitative composition, quantitative indicators

Введение. Участвовавшие случаи летней немотивированной гибели рыб в городских и рекреационных водоемах г. Минска позволили высказать предположение о возможном воздействии комплекса факторов внешней среды, негативно влияющих на отдельные виды рыб, в том числе уровней количественного развития фитопланктона («цветения») и значения в его составе потенциально токсичных цианобактерий. Для проверки предположения в летний период 2021 г были проведены отборы материала и анализ качественного и количественного развития фитопланктона в системе водохранилищ по р. Свислочь, в самой реке

Применительно отдельных водоемов системы р. Свислочь биоразнообразие планктонных водорослей представлено 6-18 таксонами. Наибольшим разнообразием видов характеризовались створы 1, 2, 3 по р. Свислочь с преобладающим значением зеленых и сине-зеленых; тогда как в водохранилищах доминировали диатомовые водоросли (табл. 2).



Наименьшее разнообразие форм было установлено для интенсивно «цветущих» водохранилищ — Заславское, Комсомольское озеро, Чижовское. Последний факт свидетельствует о том, что «цветение» вызывается небольшим количеством определенных таксонов в периоды их массового развития [3, 4].

Биоразнообразие фитопланктона по створам системы р. Слепня было представлено 5—13 таксонами. Здесь также отмечается преобладание зеленых и сине-зеленых в створах канала, тогда как в вдхр. Цнянское — диатомовых (табл. 3).

Таблица 1. Состав и встречаемость видов водорослей, 2021
Table 1. Composition and occurrence of algae species, 2021

№ п/п	Вид и отдел водорослей	Водоёмы р. Свислочь							Водоёмы р. Слепня					
		вдхр. Заславское	вдхр. Криница	вдхр. Дрозды	вдхр. Комсомольское озеро	створ 1р. Свислочь	створ 2 р. Свислочь	створ 3р. Свислочь	вдхр. Чижовское	вдхр. Цнянское	створ 1 канал	створ 2 канал	створ 3 канал	створ 4 канал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Зеленые													
1	Scenedesmus quadricauda	+	+	-	+	+		+	+	+	+	+	-	-
2	Sc. obliquus	-	-	-	-		+		-	-	-	-	-	+
3	Coelastrum microporum	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
4	Dictyosphaerium pulchellum	-	-	-	-		+		-	-	-	-	-	-
5	Tetrastrum glabrum	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
6	Phacotus lenticularis	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
7	Pediastrum duplex	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Kirchneriella lunaris	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
9	Ankistrodesmus agustus	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
	Всего	2	4	0	1	3	6	4	2	1	2	1	1	3
	Сине-зеленые													
10	Microcystis aeruginosa	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+



Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
11	<i>Microcystis</i> sp.	-	+			+	+	-	-	-	+	+	+	+
12	<i>Gloeocapsa turgida</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
13	<i>Aphanizomenon flos — aquae</i>	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
14	<i>Anabaena flos-aquae</i>	+	-	-	-	+	+		-	-	-	-	-	-
15	<i>Anabaena spiroides</i>	-	-	-	-		+		-	-	-	-	-	-
16	<i>Aphanothece clathrata</i>	+	-	-	-		+		-	-	-	-	-	-
17	<i>Oscillatoria amoena</i>	-	-	-	-		+	+	-	-	-	-	+	-
18	<i>Spirulina</i> sp.	-	-	-	-		+		-					
19	<i>Merismopedia</i> sp.										+	+	+	+
	Всего	2	3	1	0	3	7	2	0	1	2	3	4	3
	Диатомовые													
20	<i>Navicula</i> sp.	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-
21	<i>Tabellaria flocculosa</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	<i>Tabellaria fenestrata</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	<i>Gomphonema</i> sp.	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
24	<i>Nitzshia</i> sp.	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
25	<i>Nitzshia acicularis</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-
26	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
27	<i>Stephanodiscus astraea</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
28	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
29	<i>Cyclotella comta</i>	-	-	+	-				-	+	-	-	-	-
30	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
31	<i>Pinnularia</i> sp.	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	<i>Amphora ovalis</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
33	<i>Melosira granulata</i>	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-
34	<i>Melosira varians</i>	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
35	<i>Synedra acus</i>	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-
36	<i>Synedra ulna</i>	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
37	<i>Cocconeis pediculus</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	<i>Cymbella</i> sp.	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-



Окончание табл. 1

39	<i>Diatoma vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	+		-	-	-	-
	Всего	1	4	13	7	4	4	3	7	9	0	2	2	2
	Пирофитовые													
40	<i>Peridinium</i> sp.	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
41	<i>Cryptomonas marssonii</i>	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+
42	<i>Phodomonas pusilla</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	Всего	1	0	0	0	2	1	2	0	0	0	2	0	2
	Эвгленовые													
	<i>Trachelomonas volvocina</i>	-	+	-	-	+		+	-	-	-	-	-	+
43	<i>Euglena viridis</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
44	<i>Phacus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
	Всего	0	1	0	0	1	0	2	0	0	1	0	1	2
	Золотистые													
45	<i>Dynobryon divergens</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	Всего	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Итого, таксонов	6	13	15	8	13	18	13	9	12	5	8	8	13

Примечание: + — установлено наличие; - — наличие не установлено

В системе р. Свислочь максимальные показатели численности и биомассы зафиксированы в вдхр. Криница (4843,8 тыс.экз./л и 31,24 мг/л), створах 1 (4656,3 тыс.экз./л и 9,37 мг/л), 2 (8812,5 тыс.экз./л и 67,71 мг/л), и 3 (4187,5 тыс.экз./л и 15,57 мг/л) (табл. 2, рис. 1, 2). В этих же створах доминировали и сине-зеленые, составляя от численности 59,4 %, 67,1 %, 66,0 % и 32,8 % соответственно. Сине-зеленые водоросли также доминируют и в вдхр. Заславское, составляя 41,2 % от численности и 50 % от биомассы. В вдхр. Криница, створах 1 и 2 по р. Свислочь зафиксированы более высокие концентрации потенциально токсичных форм цианобактерий из р. *Microcystis*. Диатомовые водоросли доминировали по численности и биомассе в вдхр. Дрозды (81,8 % и 63,9 %), Комсомольское озеро (88,9 % и 91,6 %) и Чижовское (66,7 % и 75,8 %) соответственно (табл. 2). В динамике количественного развития водорослей наблюдается сходная картина: как численность водорослей, так и их биомасса в системе наблюдаемых створов имела два пика — вдхр. Криница и створы на не зарегулированном участке



Таблица 2. Качественный состав фитопланктона водоемов системы р. Свислочь
Table 2. Qualitative composition of phytoplankton of reservoirs of the Svisloch river system

Отдел	вхр. Заслав- ское		вхр. Криница		вхр. Дрозды		вхр. Комсо- мольское озеро		створ 1 р.Свислочь		створ 2 р.Свислочь		створ 3 р.Свислочь		вхр. Чиков- ское									
	Число таксонов	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Биомасса, мг/л								
Зеле- ные	2	187,5	0,61	4	156,3	0,68	-	-	1	125,0	0,25	3	343,8	1,01	6	500,0	1,02	4	437,5	1,94	2	437,5	1,56	
Сине- зеле- ные	2	437,5	3,64	3	2875	25,40	1	125,0	1,56	-	-	3	3125,0	5,02	7	5812,5	60,21	2	1375,0	4,07	-	0	0	
Диато- мовые	1	375,0	2,6	4	1750	5,08	13	1125,0	2,96	7	1000,0	2,73	4	937,5	2,74	4	1625,0	6,39	3	1437,5	2,12	7	875,0	4,88
Пиро- фито- вые	1	62,5	0,43	1	62,5	0,05	-	0	0	0	0	2	125,0	0,37	1	875,0	0,09	2	562,5	2,47	-	0	0	
Эвгле- новые	-	0	0	1	62,5	0,12	-	0	0	0	0	1	125,0	0,23	-	0	0	2	375,0	4,97	-	0	0	
Золо- тистые	-	0	0	0	0	0	1	125,0	0,11	-	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	
Итого:	6	1062,5	7,28	13	4843,6	31,24	15	1375,0	4,63	8	1125,0	2,98	13	4656,3	9,37	18	8812,5	67,71	13	4187,5	15,57	9	1312,5	6,44



Таблица 3. Качественный состав фитопланктона водоемов Слепянской водной системы
Table 3. Qualitative composition of phytoplankton of reservoirs of the Slepyan water system

Отдел	вдхр. Цнянское			створ 1 канала			створ 2 канала			створ 3 канала			створ 4 канала		
	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л
Зеленые	1	125,0	0,47	2	250,0	0,20	1	375,0	0,97	1	750,0	1,03	3	1250,0	5,50
Сине-зеленые	1	375,0	4,69	2	1250,0	4,24	3	5625,0	16,13	4	1750,0	4,7	3	8375,0	33,01
Диатомовые	9	1188,0	2,83	1	1500,0	1,50	2	2125,0	4,15	2	2500,0	2,52	2	3375,0	12,08
Пирофитовые	-	0	0	-	0	0	2	1125,0	0,19	-	0	0	2	125,0	0,09
Эвгленовые	-	0	0	-	0	0	-	0	0	1	125,0	0,36	2	375,0	0,68
Золотистые	1	1000,0	0,90	-	0	0	-	0	0	-	0	0	1	125,0	0,11
Итого:	12	2688,0	8,89	5	3000,0	5,94	8	9250,0	21,44	8	5125,0	8,61	13	13625,0	51,47



р. Свислочь. Последнее можно объяснить тем, что относительно загрязненная (как по соединениям азота, так и по минеральному фосфору) и богатая биогенами вода из вдхр. Заславское поступает в нижерасположенное вдхр. Крыница, которое существенно меньше по площади водного зеркала и объему водных масс. Поступление достаточно больших объемов воды формирует рост показателей количественного развития водорослей (рис. 2, 3), но далее по системе идут процессы самоочищения, и вновь рост загрязнителей отмечается уже на не зарегулированных участках основного водотока. Последнее, вероятно, связано со снижением самоочищающей способности из-за меньшей степени развития русла и возможного наличия поверхностного стока по дождевым коллекторам [5]. В целом картина по минеральному составу воды в системе водохранилищ р. Свислочь (вдхр. Заславское → вдхр. Крыница → вдхр. Дрозды → вдхр. Комсомольское озеро → створы 1, 2, 3 на р. Свислочь → вдхр. Чижовское) имеет накопительный характер, что подтверждается фактом роста жесткости воды и содержания в ней солей кальция и магния.

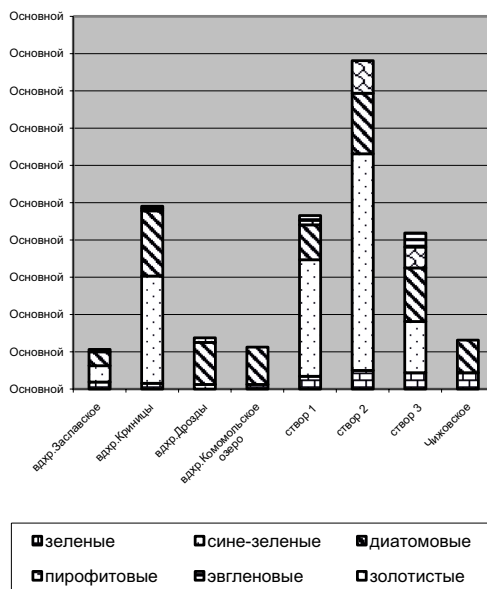


Рис. 1. Численность фитопланктона системы р.Свислочь, тыс.экз./л
Fig. 1. The abundance of phytoplankton in the Svisloch river system, thousand ind./l

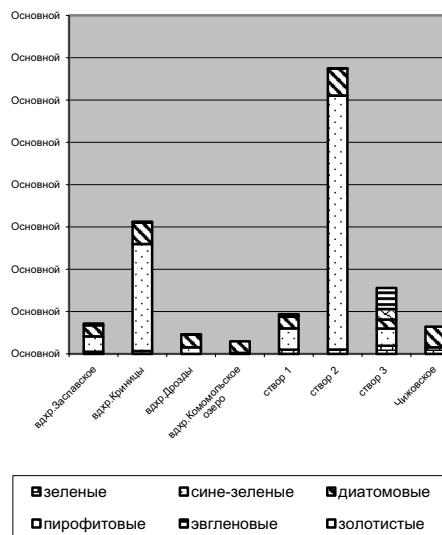


Рис. 2. Биомасса фитопланктона системы р.Свислочь, мг/л
Fig. 2. Phytoplankton biomass of the Svisloch River system, mg /

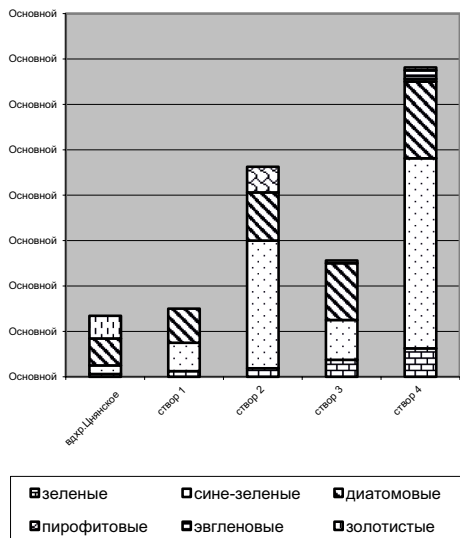


Рис. 3. Численность фитопланктона водотоков
Слепянской водной системы, тыс.экз./л
Fig. 3. The abundance of phytoplankton in the r.Slepnyia, thousand ind./l

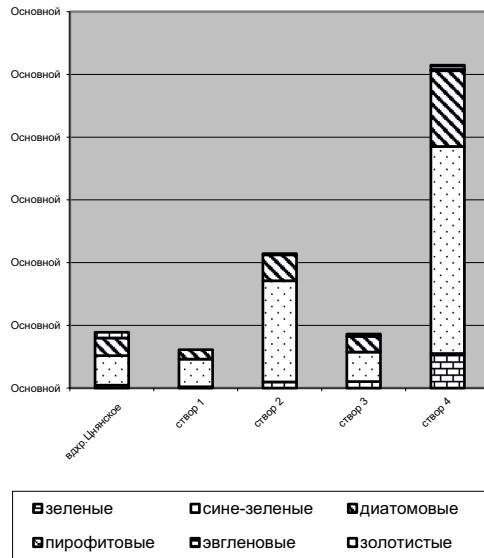


Рис. 4. Биомасса фитопланктона водотоков Слепянской водной системы, мг/л
Fig. 4. Phytoplankton biomass system p. Slepnya, mg / l

С увеличением минерализации и общей жесткости отмечено увеличение значений относительной численности диатомовых. Известно, что повышение концентраций общего железа негативно сказывается на развитии этой группы водорослей [6], что и подтверждается нашими данными. По количественному развитию фитопланктона воды р. Свислочь и ее водохранилищ на рассматриваемом участке протекания можно охарактеризовать как α -мезосапробные, а в створе 2 в черте города — как полисапробные [7].

В системе р.Слепня отмечена картина постепенного возрастания численности фитопланктона от начального к конечному створам. Минимальные значения установлены для вдхр. Цнянское, где численность фитопланктона составила 2688 тыс.экз./л; в створах 1, 2, 3 численность увеличивалась и достигала максимальных показателей к створу 4 — 13625,0 тыс.экз./л (табл. 3, рис. 3). Минимальные показатели биомассы отмечены в створе 1 — 5,94 мг/л, максимальные — также в створе 4 — 51,47 мг/л (табл. 3, рис. 4). Во всех исследованных створах наблюдений сине-зеленые доминировали по биомассе (от 52,8 % до 75,2 %), но в вдхр. Цнянское, створах 1 и 3 по численности отмечено преобладание



диатомовых (рис. 3, 4). Такое распределение может быть обусловлено тем фактором, что в канализированном русле р. Слепня не наблюдаются существенных различий по створам в степени зарастания макрофитами или развитии рипальной зоны, выступающими существенными факторами в самоочистке вод [5]. Воды р. Слепня по количественному развитию фитопланктона можно охарактеризовать как α - мезосапробные, а в створе 4 — как полисапробные [7].

Заключение. 1. Состав планктонных сообществ по рассматриваемым створам представлен рядом таксонов водорослей, определяющих уровень развития и интенсивность «цветения» воды. Доминирующее значение на момент обследования приобрели сине-зеленые водоросли (цианобактерии), помимо них существенное значение имели диатомовые водоросли.

2. По видовому разнообразию в водохранилищах доминировали диатомовые водоросли, в створах рек Свислочь и Слепня — зеленые и сине-зеленые водоросли.

3. Уровни количественного развития водорослей определяются слагающими гидрологическими условиями и интенсивностью протекающих процессов самоочистки. В системе водоемов по р. Свислочь максимальные значения выявлены для вдхр. Крыница и не зарегулированных створов р. Свислочь, минимальные — для срединных водохранилищ Дрозды и Комсомольское озеро. В Слепянской водной системе минимальные значения выявлены на верхнем (ниже вдхр. Цнянское) створе, максимальные — на нижнем створе, что подчеркивает накопительный характер динамики развития.

4. Не нашло подтверждения предположение о токсическом воздействии массового развития сине-зеленых водорослей, поскольку гибель рыбы в прежние годы была отмечена как на участках с высоким удельным значением микроцистин, так и на участках с их низким значением. Последнее дает основание предполагать комплексный характер причин гибели рыбы.

Список использованных источников

1. Усачев, П.И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона / П.И. Усачев // Тр. ВГБО, —1961. — В.ХІ. — С. 411–415.
2. Плотников, Г.К. Сборник классических методов гидробиологических исследований для использования в аквакультуре / Г.К. Плотников [и др.]. — Даугавпилс, Академическое изд-во Даугавпилсского университета «Сауле», 2017. — С. 80–99.



3. Рябушко, Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна / Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. — 288 с.
4. Михеева, Т.М. Цианобактерии и цианотоксины в планктоне зарегулированных водохранилищ и на городском отрезке реки Свислочь (Беларусь) / Т.М. Михеева, О.И. Белых, Е.Г. Сорокикова, А.С. Гладких, С.А. Потапов // ISEU. Экологический вестник. — 2011. — № 4 (18). — С. 30–37.
5. Биологические процессы и самоочищение на загрязненном участке реки (на примере верхнего Днепра) / А.П. Остапеня [и др.] ; под ред Г.Г. Винберга. — Минск, БГУ. 1973. — 192 с.
6. Городничев, Р.М. Взаимосвязь состава диатомовых комплексов, морфометрических и гидрохимических характеристик озерных экосистем севера Якутии: дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук ФГАОУ высшего профессионального образования Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Амосова, Якутск, 2015. — Режим доступа: <https://www.s-vfu.ru/upload/iblock/b69/b694a353a3ca26e34c93227472e565b6.pdf>.
7. Оксийук, О.П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Оксийук [и др.] // Гидробиологический журнал, 1993, Т. 29, № 4. — С. 62–76.

Reference

1. Usachev P.I. Kolichestvennaja metodika sbora i obrabotki fitoplanktona. Tr. VGBO. 1961, V.XI. S. 411–415.
2. Plotnikov G.K. Sbornik klassicheskikh metodov gidrobiologicheskikh issledovanij dlja ispol'zovanija v akvakul'ture. Daugavpils, Akademicheskoe izd-vo Daugavpilskego universiteta «Saule», 2017. S. 80–99.
3. Rjabushko L.I. Potencial'no opasnye mikrovodorosli Azovo-Chernomorskogo bassejna. Institut biologii juzhnyh morej im. A.O. Kovalevskogo NAN Ukrainy. Sevastopol': JeKOSI-Gidrofizika, 2003. 288 s.
4. Miheeva T.M., Belyh O.I., Sorokovikova E.G., Gladkih A.S., Potapov S.A. Cianobakterii i cianotoksiny v planktone zaregulirovannyh vodohranilishh i na gorodskom otrezke reki Svisloch' (Belarus'). ISEU. Jekologicheskij vestnik. 2011, № 4 (18). S. 30–37.
5. Ostapenja A.P. Biologicheskie processy i samoochishhenie na zagrizannom uchastke reki (na primere verhnego Dnepra). Minsk, BGU. 1973. 192 s.
6. Gorodnichev R.M. Vzaimosvjaz' sostava diatomovyh kompleksov, morfometricheskikh i gidrohimicheskikh harakteristik ozernyh jekosistem severa Jakutii: dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. biol. nauk FGAOU vysshego professional'nogo obrazovanija Severo-vostochnyj federal'nyj universitet im. M.K. Amosova, Jakutsk, 2015. — Rezhim dostupa: <https://www.s-vfu.ru/upload/iblock/b69/b694a353a3ca26e34c93227472e565b6.pdf>.
7. Oksijuk O.P. Kompleksnaja jekologicheskaja klassifikacija kachestva poverhnostnyh vod sushi. Gidrobiologicheskij zhurnal, 1993, T. 29, №4. S. 62–76.



Сведения об авторах

Костюсов Владимир Геннадьевич — кандидат биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: vkostousov@tut.by

Сенникова Виолетта Дмитриевна — старший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

Попиначенко Таисия Ивановна — научный сотрудник лаборатории рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lablakeirh@gmail.com

Ансолихова Ольга Дмитриевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lablakeirh@gmail.com

Information about authors

Kostousov Vladimir Gennadevich — Ph.D. of Biological Sciences, associate professor, deputy director of science of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: vkostousov@tut.by

Sennikova Violetta Dmitrievna — Senior Researcher of the Laboratory of Pond and Industrial Fish Farming of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Popinachenko Taisia Ivanovna — researcher, laboratory of fish farming and fisheries in natural waters of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

Apsolikhova Olga Dmitrievna — Ph.D. of Biological Sciences. leading Researcher of the Laboratory of Fish Farming and Fisheries in Natural of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by