

УДК 574.55

## **СТРУКТУРНЫЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА И ВЕРОЯТНОСТЬ ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ГИБЕЛЬ РЫБЫ**

Костоусов В. Г., кандидат биологических наук, доцент  
E-mail: vkostousov@tut.by

Апсолихова О. Д., кандидат биологических наук, доцент  
Попиначенко Т. И., научный сотрудник  
E-mail: lablakeirh@gmail.com

Сенникова В. Д., старший научный сотрудник  
E-mail: belniirh@mail.ru

Лишко В. И., младший научный сотрудник  
E-mail: lablakeirh@gmail.com

Республиканское Унитарное Предприятие «Институт рыбного хозяйства»  
Республиканское Унитарное Предприятие «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,  
г. Минск, Беларусь

Аннотация. На 27 водоемах Беларуси, в которых ранее были отмечены немотивированные (не связанные с зимними заморами или залповыми сбросами токсикантов) случаи гибели рыб, изучен состав и количественное развитие фитопланктона, а также преобладание таксонов водорослей в зависимости от гидрохимических показателей. Всего отмечено наличие 87 различных таксонов водорослей, относимых к 6 отделам. Установлено, что массовое развитие сине-зеленых водорослей на водоемах не несет токсического воздействия на их ихтиофауну. Гибель рыбы была отмечена как в периоды с высоким, так и с низким удельным значением цианобактерий.

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

## **THE STRUCTURAL COMPOSITION OF PHYTOPLANKTON AND THE PROBABILITY OF ITS INFLUENCE ON FISH DEATH**

Kostousov V. G., candidate of biological sciences, associate professor  
E-mail: vkostousov@tut.by

Apsolikhova O. D., candidate of biological sciences, associate professor  
Popinachenko T. I., researcher  
E-mail: lablakeirh@gmail.com

Sennikova V. D., senior researcher  
E-mail: belniirh@mail.ru

Lishko V. I., junior researcher  
E-mail: lablakeirh@gmail.com

Republican Unitary Enterprise «Fish Industry Institute»,



Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center of the Belarus National Academy for Sciences on Animal Husbandry», Minsk, Belarus

**Annotation.** In 27 reservoirs of Belarus, in which previously unmotivated cases of fish death (not related to winter kills or volley discharges of toxicants) have been noted, the composition and quantitative development of phytoplankton, as well as the predominance of algae taxa depending on hydrochemical parameters have been studied. In total, the presence of 87 different algae taxa, classified into 6 divisions, has been noted. It has been established that the massive development of blue-green algae in water bodies does not have the toxic effect on their ichthyofauna. Fish mortality has been observed during both periods of high and low cyanobacteria abundance.

**Keywords:** water bodies, reservoirs, phytoplankton, cyanobacteria, qualitative composition, quantitative indicators

**Введение.** Фитопланктон является обязательным и средообразующим компонентом водных экосистем, определяющим продукционные возможности водоемов и условия обитания рыб. Интенсивность развития и таксономический состав фитопланктона не только дают возможность для питания всех последующих звеньев пищевой цепи в водоеме (водных беспозвоночных и рыб), но и определяют степень насыщения воды растворенным кислородом и углекислотой, реакцию среды (рН), условия освещенности (прозрачность) и мощность фотического слоя, скорость и глубину утилизации продуктов обменных процессов и трансформации неорганического вещества в органическое. Массовое развитие («цветение») и последующее отмирание клеток водорослей способствует ухудшению качества воды вследствие образования большого количества вторичных метаболитов. Отдельные компоненты сообщества (сине-зеленые, или цианобактерии) способны вырабатывать токсические вещества, которые при массовом развитии этих водорослей могут вызывать гибель рыб либо способствовать накоплению в мясе рыб цианотоксинов (микроцистинов) с последующим отравлением потребителей [1-4]. По этим причинам исследования уровней развития и



состава сообществ планктонных водорослей является необходимым условием, характеризующим условия среды обитания рыб.

Участившиеся случаи летней немотивированной гибели рыб в водоемах Беларуси 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.

Методика. В качестве полигонов наблюдения в период проведения исследований были выбраны водоемы и водотоки Беларуси, на которых ранее или в период проведения исследований были зафиксированы случаи гибели рыбы различной интенсивности. Всего наблюдениями были охвачены 27 водных объектов в шести областях (Брестской, Витебской, Гродненской, Гомельской, Минской, Могилевской) и г. Минске. Для характеристики сообщества микроводорослей в период открытой воды отбирали пробы и обрабатывали собранный материал фитопланктона в соответствии с общепринятыми методиками гидробиологических исследований [5]. Всего было собрано и обработано 62 пробы фитопланктона. При обработке проб фитопланктона особое внимание было уделено выявлению потенциально токсиногенных форм цианобактерий (сине-зеленых).

Результаты. Сообщество планктонных водорослей в анализируемых водоемах было представлено таксонами основных систематических групп, определяющих интенсивность «цветения» водоемов. Всего установлено наличие 87 различных таксонов водорослей, относимых к 6 отделам. Наиболее разнообразно представлены зеленые (33 формы, или 37,9 % от общего числа установленных таксонов), диатомовые (24, или 27,6 %) и сине-зеленые (19, или 22,8 %) водоросли. Биоразнообразие других групп (пирофитовых, эвгленовых, золотистых) существенно ниже и представлено от 3 до 4 таксонами. Количественное развитие водорослевого сообщества в период открытой воды



определяется ходом прогрева водных масс и темпом смены доминирующих таксонов и отделов. На момент обследования видовой (качественный) состав сообществ по отдельным водным объектам не отличался большим разнообразием и насчитывал от 7 до 40 таксономических единиц при невысоком уровне их количественного развития для большей части водных объектов. Максимальные показатели численности и биомассы водорослей зафиксированы для оз. Усвея – 7875,0 тыс. экз./л и 36,96 мг/л; вдхр. Волчковичи – 14750,0 тыс. экз./л и 45,21 мг/л, Крыницы – 4843,75 тыс. экз./л и 31,24 мг/л, Курасовщинское – 9625,0 тыс. экз./л и 37,34 мг/л, Чигиринское – 2819,34 тыс. экз./л и 47,24 мг/л, Стайки – 1437,5 тыс. экз./л и 13,92 мг/л, Миничи – 4796,8 тыс. экз./л и 22,46 мг/л; рек Ведьма – 481637,0 тыс. экз./л и 96,51 мг/л, Сенница – 17500,0 тыс. экз./л и 98,43 мг/л, Свислочь – 5685,41 тыс. экз./л и 30,99 мг/л, Лошица – 5500,0 тыс. экз./л и 22,13 мг/л; канала Слепянской водной системы – 7750,0 тыс. экз./л и 21,87 мг/л соответственно (таблица 1, рисунок 1, 2).

Наличие такого уровня развития в указанных водных объектах в большинстве случаев обеспечивалось относительно небольшим числом доминирующих форм – преимущественно сине-зеленых, зеленых и диатомовых водорослей (например, в вдхр. Стайки зеленые – до 55,2 %, сине-зеленые – до 36,7% в составе общей биомассы водорослей, в оз. Усвея сине-зеленых – до 57,8 %, зеленых – до 35,5 % от общей биомассы) (таблица 1). Следует отметить, что не во всех случаях с высокими показателями развития фитопланктона («цветением») имела место гибель рыб.

Значение сине-зеленых и пиррофитовых водорослей возрастало в более эвтрофированных (загрязненных) водных объектах. В вдхр. Курасовщина численность сине-зеленых водорослей составляла 37,7 % биомасса – 31,2 %, пиррофитовых – 24,7 % и 24,3 % соответственно, в вдхр. Волчковичи сине-зеленых – 45,8 % и 51,9 %, пиррофитовых – 22,0 и 21,6 % соответственно.



Перечисленные водоемы по ряду показателей характеризовались как «весьма загрязненные» [6]. В водных объектах с относительно высоким качеством вод (олиго- и β-мезосапробные) в показателях количественного развития доминировали диатомеи и зеленые водоросли при относительно небольших величинах биомассы. Численность и биомасса диатомовых водорослей в вдхр. Дрозды составляли 74,0 и 54,5 %, оз. Лукомльское 98,6 и 95,9 % соответственно (таблица 1), данные водоемы практически по всем показателям воды характеризовались как «вполне чистые» [6].

В весенний период отмечены пики развития фитопланктона в ряде водохранилищ (Осиповичское, Миничи, Тетеринское, Чигиринское), которые были обусловлены развитием относительно холодостойких диатомей. С прогревом воды и сменой доминирующих групп количественные показатели развития по этим водоемам снизились, что особенно заметно по первым двум водохранилищам. Ранний пик развития фитопланктона в вдхр. Осиповичском может объясняться большим объемом поступления условно очищенных вод по р. Свислочь (источник – ЖКХ г. Минска), тогда как для вдхр. Тетеринское и Чигиринское причиной могли служить диффузные источники загрязнения в водосборе или сбросы недостаточно очищенных вод из выше расположенных коммунальных объектов (гг. Ляховичи и Круглое). В прочих водных объектах уровни развития микроводорослей находились на уровне природного фона для поверхностных вод.

Таблица 1 – Количественные показатели развития фитопланктона по водным объектам Беларуси в период наблюдений 2021-2023 гг.

Водоем	Отделы водорослей	Численность видов	Численность		Биомасса	
			тыс.экз./л	%	мг/л	%
1	2	3	4	5	6	7
вдхр. Заславское	Зеленые	3	187,5	17,6	0,61	8,4
	Сине-зеленые	3	437,5	41,2	3,64	50,0
	Диатомовые	1	375,0	35,3	2,6	35,7
	Пирофитовые	1	62,5	5,9	0,43	5,9
	<b>Итого:</b>	<b>8</b>	<b>1062,5</b>	<b>100,0</b>	<b>7,28</b>	<b>100,0</b>



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
вдхр. Крыницы	Зеленые	5	156,25	3,2	0,68	2,2
	Сине-зеленые	3	2875	59,4	25,395	81,3
	Диатомовые	4	1750	36,1	5,08	16,3
	Пирофитовые	1	62,5	1,3	0,05	0,2
	Эвгленовые	1	62,5	1,3	0,12	0,4
	<b>Итого:</b>	<b>14</b>	<b>4843,75</b>	<b>100,0</b>	<b>31,24</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Дрозды	Зеленые	2	31,25	4,0	0,12	4,3
	Сине-зеленые	3	109,4	14,0	1,04	37,5
	Диатомовые	6	578,1	74,0	1,51	54,5
	Золотистые	1	62,5	8,0	0,10	3,6
	<b>Итого:</b>	<b>12</b>	<b>781,25</b>	<b>100,0</b>	<b>2,77</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Комсомольское озеро	Зеленые	1	125,0	11,1	0,25	8,4
	Диатомовые	8	1000,0	88,9	2,73	91,6
	<b>Итого:</b>	<b>9</b>	<b>1125,0</b>	<b>100,0</b>	<b>2,98</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Цнянское	Зеленые	1	125,0	4,7	0,47	5,3
	Сине-зеленые	1	375,0	14,0	4,69	52,8
	Диатомовые	9	1188,0	44,2	2,83	31,8
	Золотистые	1	1000,0	37,2	0,90	10,1
	<b>Итого:</b>	<b>12</b>	<b>2688,0</b>	<b>100,0</b>	<b>8,89</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Чижевское.	Зеленые	1	1468,75	12,6	4,335	10,5
	Сине-зеленые	1	4875	41,7	25,01	60,8
	Диатомовые	4	3625	31,0	11,44	27,8
	Эвгленовые	1	250	2,1	0,365	0,9
	<b>Итого:</b>	<b>8</b>	<b>11687,5</b>	<b>100,0</b>	<b>41,15</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Волчковичи (Птичь)	Зеленые	6	3000,0	20,3	7,33	16,2
	Сине-зеленые	4	6750,0	45,8	23,48	51,9
	Диатомовые	6	1750,0	11,9	4,65	10,3
	Пирофитовые	1	3250,0	22,0	9,75	21,6
	<b>Итого:</b>	<b>17</b>	<b>14750,0</b>	<b>100</b>	<b>45,21</b>	<b>100</b>
вдхр. Дубровское	Зеленые	1	656,25	25,00	1,55	21,56
	Сине-зеленые	1	1031,25	39,29	4,20	58,41
	Диатомовые	7	750,00	28,57	1,02	14,19
	Пирофитовые	1	93,75	3,57	0,27	3,76
	Эвгленовые	1	62,50	2,38	0,06	0,83
	Золотистые	1	31,25	1,19	0,09	1,25
	<b>Итого:</b>	<b>12</b>	<b>2625,00</b>	<b>100</b>	<b>7,19</b>	<b>100</b>
оз. Сергеевичское	Зеленые	1	750,0	24,0	3,25	36,3
	Сине-зеленые	1	1000,0	32,0	2,93	32,7
	Диатомовые	6	1000,0	32,0	1,66	18,5
	Пирофитовые	1	250,0	8,0	0,75	8,4
	Эвгленовые	1	125,0	4,0	0,36	4,1
	<b>Итого:</b>	<b>10</b>	<b>3125,0</b>	<b>100</b>	<b>8,95</b>	<b>100</b>



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
вдхр. Миничи	Зеленые	4	1218,8	25,4	5,46	24,3
	Сине-зеленые	7	1250,0	26,1	4,47	19,9
	Диатомовые	4	2265,6	47,2	12,1	53,9
	Пирофитовые	1	62,4	1,3	0,43	1,9
	<b>Итого:</b>	<b>16</b>	<b>4796,8</b>	<b>100,0</b>	<b>22,46</b>	<b>100,0</b>
р. Щара	Зеленые	1	31,25	6,3	0,08	3,8
	Сине-зеленые	3	375,0	75,0	1,36	64,5
	Диатомовые	2	62,5	12,5	0,58	27,5
	Пирофитовые	1	31,25	6,2	0,09	4,2
	<b>Итого:</b>	<b>5</b>	<b>500,0</b>	<b>100,0</b>	<b>2,11</b>	<b>100,0</b>
р. Ведьма (2021)	Зеленые	4	31,25	<0,01	0,07	0,07
	Сине-зеленые	2	481575,0	99,98	96,32	99,81
	Диатомовые	6	31,25	<0,01	0,12	0,12
	<b>Итого:</b>	<b>12</b>	<b>481637,0</b>	<b>100,0</b>	<b>96,51</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Курасовщина (Лошицкое, 2021)	Зеленые	16	1750,0	18,2	1,70	4,5
	Сине-зеленые	3	3625,0	37,7	11,64	31,2
	Диатомовые	4	1250,0	13,0	8,43	22,6
	Пирофитовые	2	2375,0	24,7	9,08	24,3
	Эвгленовые	3	375,0	3,9	6,26	16,8
	Золотистые	1	250,0	2,5	0,23	0,6
	<b>Итого:</b>	<b>29</b>	<b>9625,0</b>	<b>100</b>	<b>37,34</b>	<b>100</b>
р. Свислочь, в среднем по створам в черте города	Зеленые	7	427,08	7,52	1,32	4,26
	Сине-зеленые	10	3437,50	60,46	23,21	74,90
	Диатомовые	8	1133,33	19,93	3,75	12,10
	Пирофитовые	3	520,83	9,16	0,98	3,16
	Эвгленовые	3	166,67	2,93	1,73	5,58
	<b>Итого:</b>	<b>31</b>	<b>5685,41</b>	<b>100</b>	<b>30,99</b>	<b>100</b>
Слепянская водная система, в среднем по створам в черте города	Зеленые	6	656,3	8,47	1,93	8,92
	Сине-зеленые	5	4250,0	54,85	14,52	66,39
	Диатомовые	6	2375,0	30,65	5,06	23,14
	Пирофитовые	3	312,5	4,03	0,07	0,32
	Эвгленовые	3	125,0	1,61	0,26	1,19
	Золотистые	1	31,2	0,40	0,03	0,14
	<b>Итого:</b>	<b>24</b>	<b>7750,0</b>	<b>100</b>	<b>21,87</b>	<b>100</b>
р. Сенница	Зеленые	9	5500,0	31,4	18,00	18,3
	Сине-зеленые	5	8500,0	48,6	73,00	74,2
	Диатомовые	5	2000,0	11,4	3,08	3,1
	Эвгленовые	3	1500,0	8,6	4,35	4,4
	<b>Итого:</b>	<b>22</b>	<b>17500,0</b>	<b>100</b>	<b>98,43</b>	<b>100</b>
р. Лошица	Зеленые	16	4000,0	72,7	10,67	48,2
	Сине-зеленые	3	125,0	2,3	0,38	1,7
	Диатомовые	5	625,0	11,4	1,49	6,7
	Пирофитовые	2	250,0	4,5	0,73	3,3
	Эвгленовые	3	375,0	6,8	8,85	40,0
	Золотистые	1	125,0	2,3	0,01	0,1
<b>Итого:</b>	<b>30</b>	<b>5500,0</b>	<b>100</b>	<b>22,13</b>	<b>100</b>	



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
вдхр. Тетеринское	Зеленые	2	62,5	4,7	3,9	37,2
	Сине-зеленые	2	632,8	47,4	3,95	37,7
	Диатомовые	3	492,19	36,9	1,97	18,8
	Пирофитовые	2	115,69	8,7	0,62	5,9
	Эвгленовые	1	23,44	1,8	0,04	0,4
	Золотистые	1	7,38	0,6	0,01	0,1
	<b>Итого:</b>	<b>11</b>	<b>1334</b>	<b>100</b>	<b>10,49</b>	<b>100</b>
вдхр. Стайки	Зеленые	2	843,75	58,7	7,69	55,2
	Сине-зеленые	3	406,25	28,3	5,11	36,7
	Диатомовые	1	31,25	2,2	0,12	0,9
	Пирофитовые	1	125,0	8,7	0,80	5,7
	Эвгленовые	1	31,25	2,2	0,20	1,4
	<b>Итого:</b>	<b>7</b>	<b>1437,5</b>	<b>100,0</b>	<b>13,92</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Осиповичское	Зеленые	6	656,25	60,0	1,75	61,0
	Сине-зеленые	2	125,00	11,4	0,56	19,5
	Диатомовые	13	312,50	28,6	0,56	19,5
	<b>Итого:</b>	<b>21</b>	<b>1093,75</b>	<b>100,0</b>	<b>2,87</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Селец	Зеленые	4	93,75	8,1	0,98	22,5
	Сине-зеленые	5	937,55	81,1	2,77	63,7
	Диатомовые	5	62,5	5,4	0,23	5,3
	Эвгленовые	1	31,25	2,7	0,09	2,1
	Золотистые	1	31,25	2,7	0,28	6,4
	<b>Итого:</b>	<b>12</b>	<b>1156,25</b>	<b>100,0</b>	<b>4,35</b>	<b>100,0</b>
р. Ведьма (2022)	Зеленые	4	62,50	8,3	0,15	17,9
	Сине-зеленые	2	625,0	83,3	0,63	75,0
	Диатомовые	6	62,50	8,3	0,06	7,1
	<b>Итого:</b>	<b>12</b>	<b>750,0</b>	<b>100,0</b>	<b>0,84</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Лошицкое (2022)	Зеленые	14	578,13	17,7	2,0	16,2
	Сине-зеленые	7	1000,0	30,6	3,2	25,8
	Диатомовые	7	1562,5	47,8	4,93	39,8
	Эвгленовые	2	93,75	2,9	2,22	17,9
	Золотистые	1	31,25	1,0	0,03	0,3
	<b>Итого:</b>	<b>31</b>	<b>3265,63</b>	<b>100</b>	<b>12,38</b>	<b>100</b>
вдхр. Чигиринское	Зеленые	15	1125,0	39,9	5,95	12,6
	Сине-зеленые	6	116,5	4,1	0,73	1,5
	Диатомовые	13	1390,3	49,3	39,78	84,2
	Пирофитовые	3	164,1	5,8	0,71	1,5
	Эвгленовые	3	23,44	0,8	0,07	0,1
	<b>Итого:</b>	<b>40</b>	<b>2819,34</b>	<b>100,0</b>	<b>47,24</b>	<b>100,0</b>
оз. Усвея	Зеленые	2	2500	31,7	13,11	35,5
	Сине-зеленые	4	4437,5	56,3	21,37	57,8
	Диатомовые	4	750	9,5	1,855	5,0
	Пирофитовые	2	62,5	0,8	0,4	1,1
	Эвгленовые	1	125	1,6	0,225	0,6
	<b>Итого:</b>	<b>13</b>	<b>7875,0</b>	<b>100,0</b>	<b>36,96</b>	<b>100,0</b>



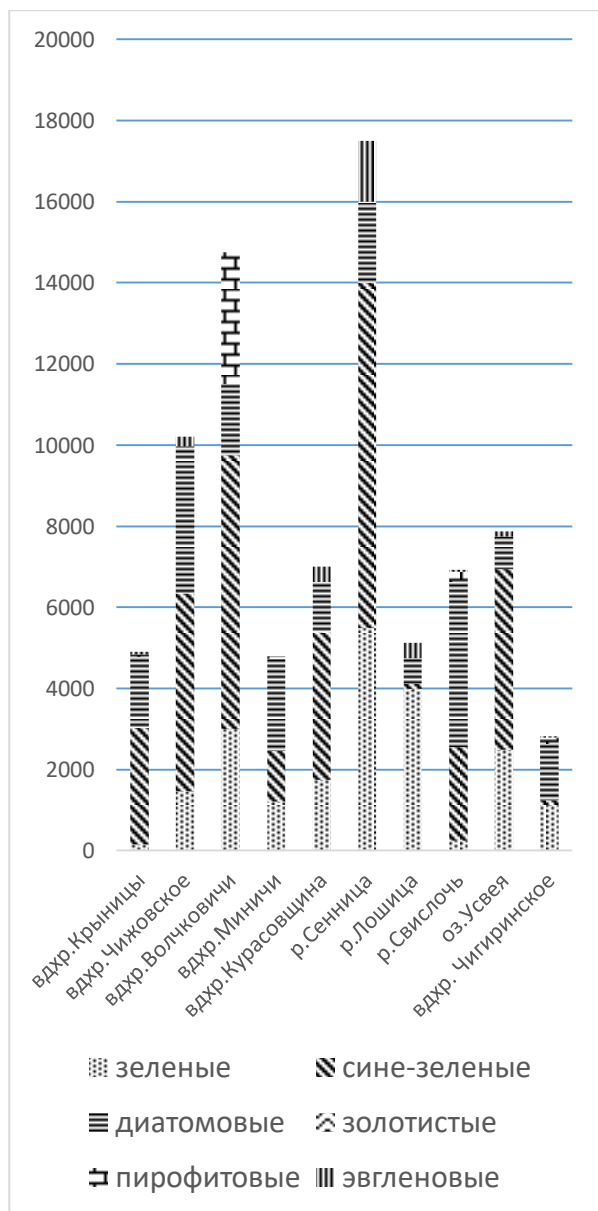


Продолжение таблицы 1

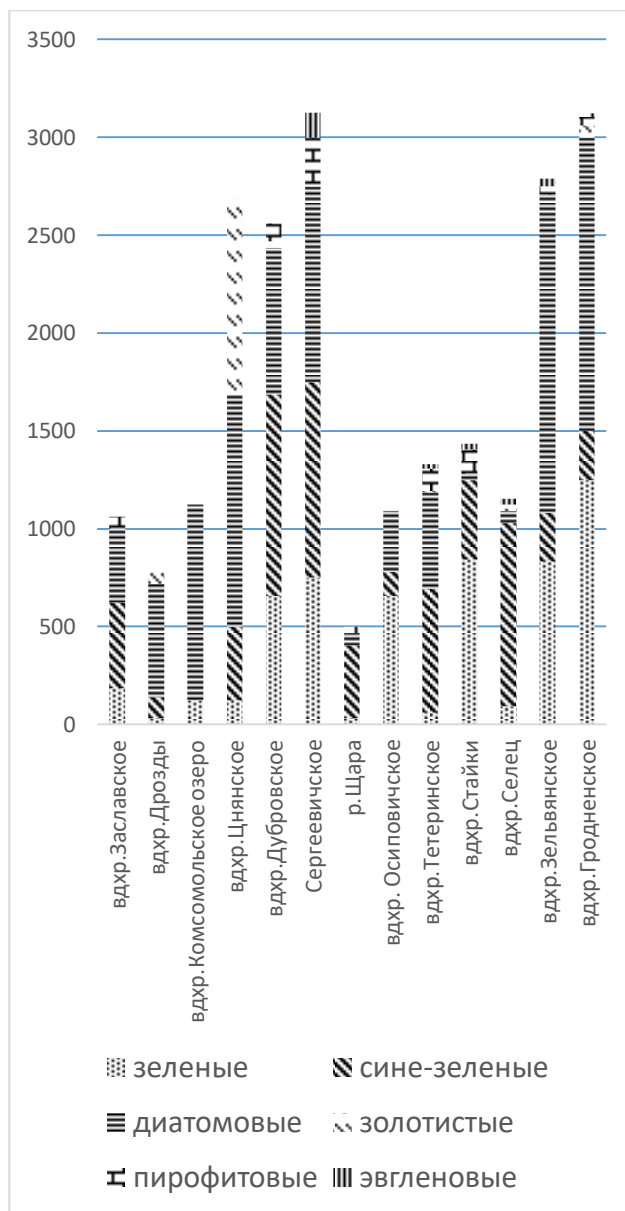
1	2	3	4	5	6	7
вдхр. Зельвянское	Зеленые	5	833,33	29,9	1,95	18,1
	Сине-зеленые	5	250,00	9,0	0,81	7,5
	Диатомовые	5	1625,00	58,2	6,72	62,3
	Пирофитовые	3	41,67	1,5	0,27	2,5
	Эвгленовые	1	41,67	1,5	1,04	9,7
	<b>Итого:</b>	<b>14</b>	<b>2791,67</b>	<b>100,0</b>	<b>10,79</b>	<b>100,0</b>
вдхр. Гродненское	Зеленые	7	1250	39,2	3,2	44,0
	Сине-зеленые	1	250	7,8	0,75	10,3
	Диатомовые	6	1500	47,1	2,67	36,8
	Пирофитовые	1	62,5	2,0	0,4	5,5
	Эвгленовые	1	62,5	2,0	0,18	2,5
	Золотистые	1	62,5	2,0	0,065	0,9
	<b>Итого:</b>	<b>17</b>	<b>3187,5</b>	<b>100,0</b>	<b>7,265</b>	<b>100,0</b>
р. Свислочь ниже выпуска МОС	Зеленые	8	250	3,6	0,75	4,2
	Сине-зеленые	10	2312,5	33,3	8,745	49,0
	Диатомовые	8	4062,5	58,6	8,155	45,7
	Пирофитовые	3	250	3,6	0,025	0,1
	Эвгленовые	3	62,5	0,9	0,18	1,0
	<b>Итого:</b>	<b>32</b>	<b>6937,5</b>	<b>100,0</b>	<b>17,855</b>	<b>100,0</b>
оз. Лукомльское	Зеленые	1	15,6	0,9	0,05	3,4
	Диатомовые	7	1695,3	98,6	1,39	95,9
	Золотистые	1	7,8	0,5	0,01	0,7
	<b>Итого</b>	<b>9</b>	<b>1718,8</b>	<b>100,0</b>	<b>1,45</b>	<b>100,0</b>

Маркерами уровней трофности могут служить количественные показатели развития пирофитовых водорослей, тогда как доленое значение эвгленовых свидетельствует о наличии биогенного загрязнения. Максимальные значения долевого участия пирофитовых в составе биомассы водорослей отмечено для вдхр. Волчковичи (21,6 %), вдхр. Курасовщина (24,3 %), вдхр. Заславское (5,9 %), вдхр. Тетеринское (5,9 %) и вдхр. Стайки (5,7 %) (таблица 1). Максимальные величины долевого значения эвгленовых водорослей отмечены для вдхр. Курасовщина (16,8 %), вдхр. Лошицкое (17,9 %), р. Лошица (40,0 %), вдхр. Зельвянское (9,7 %) (таблица 1, рисунок 1, 2).





а)

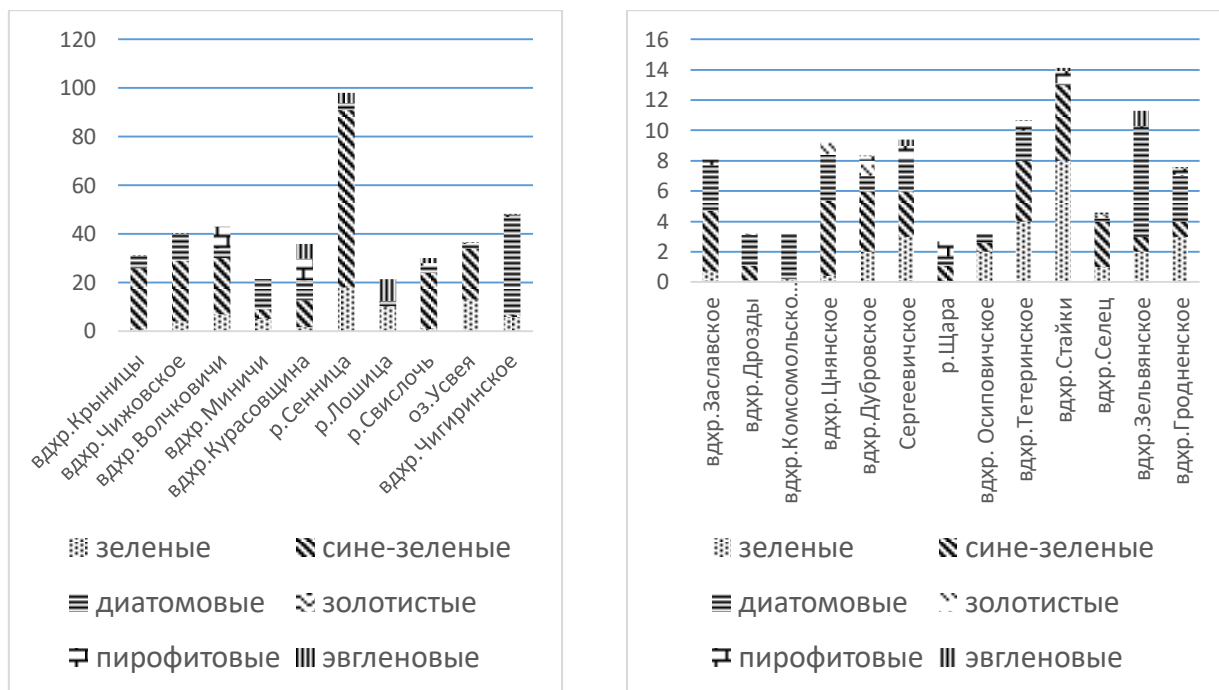


б)

Рисунок 1 – Численность фитопланктона, тыс. экз./л

По суммарному содержанию биогенных загрязнителей особенно выделяются вдхр. Курасовщина и р. Лошица (например, концентрация  $\text{NH}_4^+$  колебалась от 2,26 до 6,70 мг/л и от 2,71 до 2,99 мг/л соответственно), что отмечает общий более высокий уровень загрязнения этих угодий и коррелирует с высоким уровнем развития пиррофитовых и эвгленовых водорослей.





а) б)  
Рисунок 2 – Биомасса фитопланктона, мг/л

В целом среди видов фитопланктона на ряде водоемов (вдхр. Дубровское, Чигиринское) преобладали представители  $\beta$ -мезосапробной зоны, тогда как на других (вдхр. Миничи, Тетеринское, Осиповичское, Дрозды, Селец) –  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробной, что дает основание характеризовать воды как «умеренно загрязненные». Вдхр. Стайки, р. Ведьма и р. Щара имеют в составе своих планктонных сообществ представителей полисапробной зоны и могут характеризоваться как «относительно благополучные». Индикаторы загрязнения по уровню сапробности в целом четко коррелируют с общим биогенным загрязнением водных объектов (таблицы 2).

Доминирующей в отдельных водоемах по количественному развитию группой в летний период выступают сине-зеленые водоросли, среди которых зафиксированы и потенциально токсиногенные виды рр. *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria* и *Aphanizomen* (таблица 2). Максимальные показатели долевого значения развития сине-зеленых установлены для вдхр. Крыницы (81,3 % в составе общей биомассы водорослей), р. Ведьма (99,8 %), р. Сенница (74,2 %), р. Свислочь (74,9 %), вдхр. Чижовское (60,8 %). В настоящее время массовое



развитие цианобактерий рассматривается как реальная угроза для экологической и экономической устойчивости пресноводных экосистем [3]. Повышение концентраций биогенных веществ в воде не только способствует массовому развитию цианобактерий, но и влияет на токсичность среды в результате этого явления [7]. Если уровень развития сообщества в целом воздействует на среду обитания рыб, то количественное развитие и таксономический состав сине-зеленых водорослей (цианобактерий) способны повлиять на физиологический статус рыбы и ее жизнедеятельность через выделение цианотоксинов. Повышение содержания цианотоксинов в среде может происходить как в результате прямого воздействия биогенных элементов, при увеличении скорости продуцирования микроцистинов в каждой водорослевой клетке, так и косвенно – в результате увеличения численности и биомассы вида продуцента [7].

По результатам планктонных съемок нами выделено 10 таксонов цианобактерий из 19 выявленных, потенциально рассматриваемых как источники цианотоксинов (таблица 2). Наиболее часто встречаются представители рр. *Microcystis* и *Anabaena*. В Беларуси цианотоксины были идентифицированы в нескольких водных объектах [8], в т. ч. в период проведения исследований для р. Свислочь, вдхр. Заславского и вдхр. Птичь. В рассматриваемой системе водных объектов потенциально токсичные сине-зеленые отмечены по 15 точкам и створам наблюдений, а их видовое разнообразие колеблется в пределах 1-6 форм. Наиболее разнообразно представлены водоросли рр. *Microcystis*, *Oscillatoria* и *Anabaena*. Сравнительный анализ известных случаев массовой гибели рыбы и уровня количественного развития планктонных водорослей не дает оснований говорить о наличии их прямой связи. Гибель рыб наблюдалась как на пике развития фитопланктона («цветения»), так и при умеренных или относительно небольших его значениях. Очевидно, что непосредственно степень развития водорослей может оказывать влияние на газовый режим (по примеру рыбоводных прудов с дневными максимумами и ночными минимумами содержания кислорода и обратными величинами содержания углекислоты) и опосредованно на бактериальный фон водоема при деструкции отмирающих клеток.



Таблица 2 – Видовой состав и относительная численность цианобактерий по обследованным водным объектам

№ п/п	Вид и отдел водорослей	вдхр. Комсомольское озеро	вдхр. Цнянское	вдхр. Дрозды	вдхр. Криница	вдхр. Чижевское	вдхр. Дубровское	вдхр. Миничи	вдхр. Заславское	вдхр. Крыницы	вдхр. Волковичи (Птичь)	р. Свислочь	Слепянская водная система	р. Лошица	р. Сенница	вдхр. Чигиринское	вдхр. Осиповичское	вдхр. Дрозды	вдхр. Дубровское	р. Щара	р. Вельма	вдхр. Селец	вдхр. Тетеринское	вдхр. Стайки	вдхр. Гродненское	оз. Усвея	вдхр. Зельвянское	оз. Лукомльское
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
		<b>Сине-зеленые</b>																										
1	<i>Microcystis aeruginosa</i>	-	+	++	++	++	+	+	-	+	+	++	-	++	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-
2	<i>Microcystis sp.</i>	-	-	-	++	-	-	+	+	-	+	-	+	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	<i>Microcystis wesenbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	<i>Microcystis pulvereae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
6	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	-	-	-	-	-	+	+	-	-	++	++	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	++	+	-	-	-	-
7	<i>Anabaena scherimettii</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
8	<i>Anabaena flos-aquae</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	++	-	-



Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
9	<i>Anabaena spiroides</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	<i>Oscillatoria limnetica</i>	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+++	+	-	-	-	+	-	+	-	++	-	+	-			+++	-	-
12	<i>Oscillatoria amoena</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	++	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	<i>Oscillatoria redeckeii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	++	-	+	-	-	-	++++	++	-
14	<i>Spirulina sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
15	<i>Merismopedia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	<i>Synechococcus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
17	<i>Coelasphaerium dubium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-
18	<i>O. amoena</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
19	<i>Gomphosphaeria aponina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

Примечание: выделены потенциально токсиногенные формы:

- - не отмечен;

+ - встречается;

++ - обычен;

+++ - многочисленный;

++++ - очень многочисленный



Выводы. Состав планктонных сообществ представлен рядом таксонов водорослей, определяющих уровень развития и интенсивность «цветения» воды. Смена доминант в структуре фитопланктона происходит в направлении диатомовые – зеленые – сине-зеленые и определяется гидрологическими условиями и темпом прогрева водных масс. Доминирующее значение по ряду водоемов на момент обследования приобрели сине-зеленые водоросли (цианобактерии), помимо них существенное значение имели зеленые и диатомовые водоросли. Таксономический состав и количественное развитие водорослей подчеркивают эвтрофный характер водных объектов. В составе сообщества цианобактерий преобладающее значение имели потенциально токсичные представители р. *Microcystis*.

Не нашло подтверждения предположение о токсическом воздействии массового развития сине-зеленых водорослей на случаи немотивированной гибели рыб, поскольку в прежние годы они были отмечены 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 источников

1. Калинникова Т. Б., Гайнутдинов М. Х., Шагидуллин Р. Р. Цианотоксины – потенциальная опасность для пресноводных экосистем и здоровья человека // Российский журнал прикладной экологии, 2017. № 2. С. 3-19.
2. Jewel M.A., Affan M.A., Khan S. Fish mortality due to cyanobacterial bloom in an aquaculture pond in Bangladesh // Pakistan J. Biol. Sci. 2003. V. 6. P. 1046-1050.
3. Kangur K., Kangur A. Strong cyanobacterial bloom and fish kill in Lake Peipsi in summer 2002 // Management of Transboundary Water on the European Fringe (MANTRA-East) Newsletter. – 2002. – V. 5. – №. 6.



4. Пилип Л. В. Биологическое загрязнение окружающей среды отходами животноводства // Вестник Вятского ГАТУ. 2021. № 1 (7). С. 1-7.
5. Окснюк О. П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 4. С. 62-76.
6. ГОСТ 17.1.2.04-77. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. Москва: [б. и.], 1977. 17 с.
7. Facey J.F., Arte S.C., Simon M. et al. A review of the effect of trace metals on freshwater cyanobacterial growth and toxin production // Toxins. 2019. V. 11. № 643. P.1.
8. Фитопланктон рекреационных и городских водоемов г. Минска / В. Г. Костоусов, Т. И. Попиначенко, В. Д. Сенникова, О. Д. Апсолихова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2022. № 37. С. 201-215.

